

Karakteristik Komposit Partikel Arang Kayu Akasia Bermatrik *Epoxy* Sebagai Salah Satu Alternatif Kampas Rem *Non-Asbestos*

Nur' Iman*, Dwi Widjanarko

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Gedung E9. Lt.2, Kampus Sekaran, Gunungpati Semarang. 50229 Telepon/Fax: 024-8508103

*E-mail: imanalilkha@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the characteristics of wear and impact composite epoxy acacia wood charcoal particle composite as an alternative to non-asbestos brake lining. The used method is an experimental method that aims to determine the consequences that will occur after given treatment. The variations used are 20%, 30%, 40% acacia wood charcoal particles. The material used is epoxy resin and acacia wood charcoal particles with a charcoal temperature of 300°C. Wear testing is done by Ogoshi method with Tokyo Testing Machine, impact testing using the Charpy method with the Gotech Impact Tester GT-7045-MD. Analysis of the data that used is descriptive analysis to provide a description of research subject based on data from variables obtained from the group of subject studied. The best wear value is obtained with an acacia wood charcoal particle volume fraction of 20% with a wear value of $2,98 \times 10^{-7}$ mm²/kg. The best impact price results at 30% volume fraction with an impact value of 0,0080 joules/mm².

Keywords: Brake lining, composite, acacia wood charcoal particle, wear, impact

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik keausan dan dampak komposit partikel arang kayu akasia bermatrik *epoxy* sebagai salah satu alternatif kampas rem *non-asbestos*. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui akibat yang akan terjadi setelah diberikan perlakuan. Variasi yang digunakan adalah 20%, 30% dan 40% partikel arang kayu akasia. Bahan yang digunakan adalah resin epoxy dan partikel arang kayu akasia dengan suhu pengarangannya 300°C. Pengujian keausan dilakukan dengan metode *Ogoshi* dengan alat *Tokyo Testing Machine*, pengujian impact dengan metode *Charpy* dengan alat *Gotech Impact Tester GT-7045-MD*. Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif untuk memberikan deskripsi mengenai subjek penelitian berdasarkan data dari variabel yang diperoleh dari kelompok subjek yang diteliti. Hasil nilai keausan terbaik diperoleh dengan fraksi volume partikel arang kayu akasia sebesar 20% dengan nilai keausan $2,98 \times 10^{-7}$ mm²/kg. Hasil harga impact terbaik pada fraksi volume 30% dengan nilai impact sebesar 0.0080 joule/mm².

Kata kunci: Kampas rem, komposit, partikel arang kayu akasia, keausan, dampak

NOMECLATURE

HI	Harga <i>impact</i> (joule/mm ²)
E	Energi yang diserap material (joule)
A	Luas penampang dibawah takikan (mm ²)
P _o	Beban (kg).
h	Kedalaman bekas injakan (mm).
r	Jari- jari (mm).
b	Lebar bekas injakan (mm).
B	Tebal (mm).
ω	Kecepatan putar (1430 rpm).

1. Pendahuluan

Terdapat beragam tipe, merk, dan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, sehingga kebutuhan material otomotif juga semakin besar. Kebutuhan material yang utama pada kendaraan salah satunya pada sistem pengereman. Sistem pengereman dirancang untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan yang bergerak dan mencegahnya bergerak jika kendaraan itu diam [1]. Namun produk yang dihasilkan masih menggunakan bahan-bahan

yang kurang ramah lingkungan. Sebagian besar bahan yang digunakan merupakan bahan-bahan yang cenderung merusak lingkungan dan mempengaruhi kesehatan manusia. Penggunaan bahan *asbestos* terutama dalam pembuatan kampas rem merupakan komponen yang kurang ramah lingkungan serta bersifat karsinogenik bagi kesehatan manusia. Kontak gesekan antara *disc* dan *pad* menghasilkan partikel dengan berbagai ukuran. Ini menghasilkan sebagian besar partikel berukuran mikron [2]. Kontribusi keausan rem untuk PM_{10} (*Particulate Matter* dengan diameter lebih kecil dari $10\mu m$) dan $PM_{2.5}$ (*Particulate Matter* dengan diameter $<2,5\mu m$) per kendaraan ringan masing-masing dapat berkisar antara 0-80 mg/km dan 0-5 mg/km [3]. Ini menunjukkan bahwa kampas rem menyumbang partikulat cukup tinggi mengingat pertumbuhan kendaraan saat ini yang terus meningkat.

Bahan friksi pada komponen kampas rem sepeda motor merupakan bahan habis setelah dipakai. Maka dari itu dalam pembuatan kampas rem, bahan yang digunakan harus selalu tersedia secara terus menerus dan tidak akan habis. Kita tahu negara Indonesia merupakan negara agraris dengan banyak berbagai tanaman, salah satunya pohon akasia. Pada tahun 1996 sudah 123.000 hektar lahan sudah ditanami dengan A. mangium, menunjukkan nilai ekonomi dari spesies ini [4]. Berdasarkan hasil pengumpulan Data Kehutanan Triwulanan Tahun 2016 (DKT2016), jumlah produksi kayu bulat di Indonesia adalah sebesar 42,25 juta m^3 dengan produksi terbesar adalah kayu akasia sebanyak 54,72% dan jenis lainnya 45,28% [5]. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu sebagai *filler* dalam pembuatan komposit adalah jenis kayu, ukuran serbuk, fraksi volume / berat, dan kandungan air [6].

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencoba menjadikan limbah serbuk kayu sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit, sebagai pertimbangan menjadikan serbuk kayu akasia sebagai bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah ketersediaan limbah kayu akasia masih cukup banyak berasal dari pengrajin kayu dan penggergajian. Komposit dibuat dari dua bahan konstituen atau lebih yang berbeda secara fisik dan sifat kimia, bahwa ketika dikombinasikan, menghasilkan material dengan karakteristik berbeda dari komponen individu [7]. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi dan ketahanan aus. Dan bahan rangka (penguat) yang sering digunakan adalah serat alam selulosa dan serat sintesis [8].

Komposit mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan) berupa matriks. Beberapa fungsi matriks yaitu mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren, permukaan matriks/serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan dan tetap stabil setelah proses manufaktur [9]. Matrik yang cocok sebagai pengikat pada kampas rem harus memiliki keuletan yang baik agar kampas rem yang dihasilkan tidak mudah pecah. Jenis *polimer termoset* yang banyak tersedia di pasaran dan memiliki keuletan yang tinggi adalah resin *epoxy* [10]. Resin *epoxy* mempunyai kegunaan yang luas dalam industri teknik kimia, listrik, mekanik dan sipil sebagai perekat, cat pelapis, percetakan cor dan benda-benda cetakan. Resin epoksi bereaksi dengan pengeras dan menjadi unggul dalam kekuatan mekanik dan ketahanan kimia. Sifatnya bervariasi bergantung pada jenis, kondisi dan pencampuran dengan pengerasnya [11]. Pencampuran matriks *epoxy* dan partikel arang kayu akasia diharapkan dapat menjadi alternatif bahan kampas rem *non-asbestos*.

Komposisi struktur bahan kampas rem ada dua macam yaitu *asbestos* dan *non-asbestos*. Kampas rem *asbestos* akan terjadi blong atau tidak bekerja pada suhu pengereman $250^{\circ}C$ yang berakibat tingkat kecelakaan akan mudah terjadi. Sedangkan untuk kampas rem yang terbuat dari non asbestos lebih tahan panas dan terjadi rem blong pada saat suhu pengereman di atas $360^{\circ}C$ hal ini karena serat selulosa dan serat lainnya dapat meredam panas lebih baik dibandingkan dengan serat asbes [12]. Adapun persyaratan teknik dari kampas rem komposit yaitu : (1) Nilai kekerasan sesuai standar keamanan 68 – 105 (Rockwell R). (2) Ketahanan panas $360^{\circ}C$, untuk pemakaian terus menerus sampai dengan $250^{\circ}C$. (3) Nilai keausan kampas rem adalah $(5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} mm^2/kg)$. (4) Koefisien gesek 0,14 – 0,27. (5) Massa jenis kanvas rem adalah 1,5 – 2,4 gr/cm^3 . (6) Konduktivitas thermal 0,12 – 0,8 W.m. $^{\circ}K$. (7) Kekuatan geser 1300 – 3500 N/cm^2 . (8) Kekuatan perpatahan 480 – 1500 N/cm^2 [13].

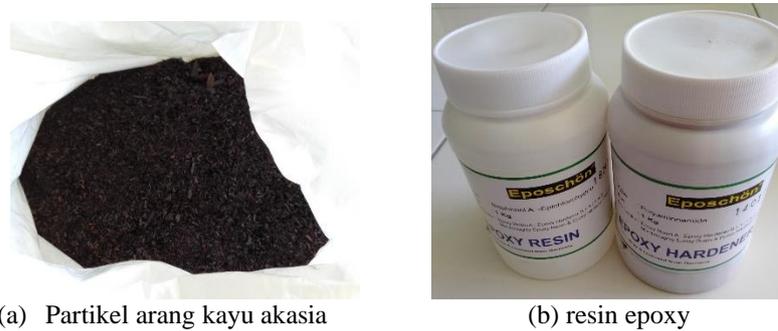
Nilai keausan spesifik dapat diketahui melalui rumus berikut: $W_s = \frac{B \cdot b^3}{8r \cdot p_o \cdot l_o}$ (mm^2/kg) dengan keterangan B = lebar piringan pengaus (mm), b = lebar keausan pada benda uji (mm), r = jari-jari piringan pengaus (mm). p_o = gaya tekan pada proses keausan berlangsung (kg). l_o = jarak tempuh pada proses pengausan (mm). W_s = harga keausan spesifik (mm^2/kg) (*Annual book ogoshi test machine*). Besarnya harga impact dapat digunakan persamaan berikut adalah $HI = \frac{E}{A}$ ($Joule/mm^2$) dimana HI = Harga impact ($Joule/mm^2$), E = Energi yang diserap material (Joule), A = Luas penampang dibawah takikan (mm^2) [14].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai keausan dan harga impact komposit partikel arang kayu akasia bermatrik *epoxy* sebagai salah satu alternatif kampas rem kendaraan yang ramah lingkungan. Bahan komposit mewakili elemen yang relevan dalam keselamatan transportasi dan, terlepas dari penggantian asbes, juga dalam pemuatan lingkungan [15].

2. Material dan Metode Penelitian

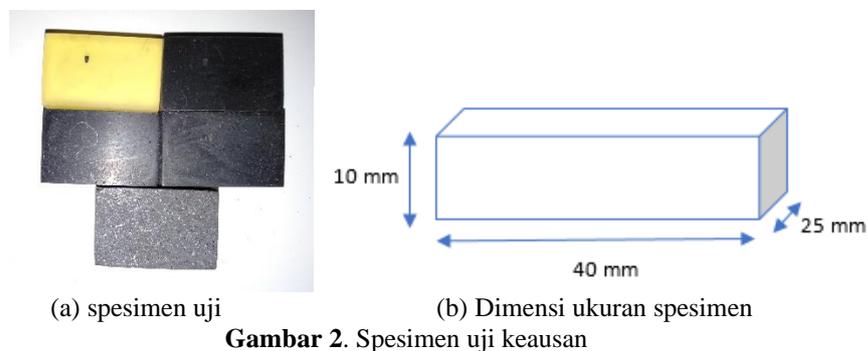
Bahan yang digunakan adalah serbuk kayu akasia, *release agent*, resin *epoxy* dan *hardener* (Gambar 1). Langkah-langkah penelitian sebagai berikut: Persiapan alat dan bahan, pembuatan partikel arang kayu akasia, pemilihan partikel arang kayu akasia dengan cara diayak, pembuatan komposit partikel arang kayu akasia (variasi fraksi volume penguat 20%, 30%, 40%) dengan proses pencetakan dengan metode *hand lay-up*, yaitu dengan cara menuangkan adonan komposit kedalam cetakan yang terbuat dari kaca, spesimen dilakukan pengujian keausan dan pengujian impact, hasil penelitian spesimen dianalisis data lalu dibuat simpulan.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposit partikel arang kayu akasia dengan variasi fraksi volume penguat 20%, 30%, dan 40%. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah uji keausan dan uji dampak. Adapun variabel kontrol pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Matrik yang akan digunakan adalah resin epoxy, durasi pengeringan selama 120 menit suhu pengeringan dalam oven 300°C, dimensi partikel 1 - 5 mm, kampas rem cakram mobil digunakan sebagai acuan pembanding dengan komposit.

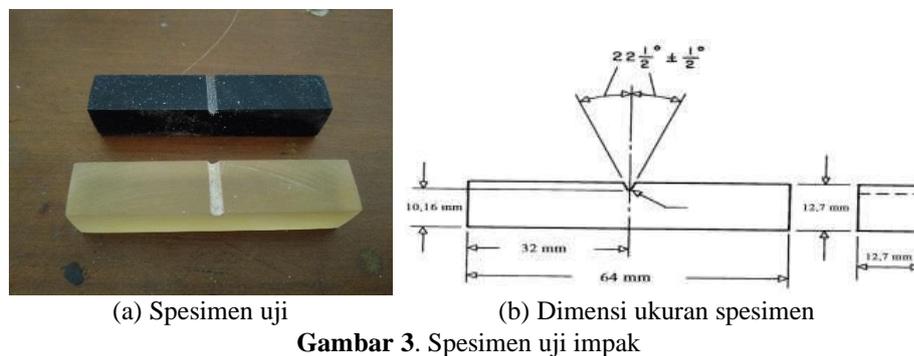


Gambar 1. Bahan pembuatan komposit

Pengujian keausan menggunakan alat uji dengan ukuran yang dibuat menyesuaikan ukuran standar dari alat uji yaitu panjang 40 mm, lebar 25 mm, dan tebal 10 mm. Pengujian dampak menggunakan standar pengujian ASTM D256 dengan ukuran panjang 64 mm, lebar 12,7 mm, tinggi 12,7 mm, kedalaman takik 2,54 mm dan sudut takik 45° (lihat Gambar 2 dan 3) [14].

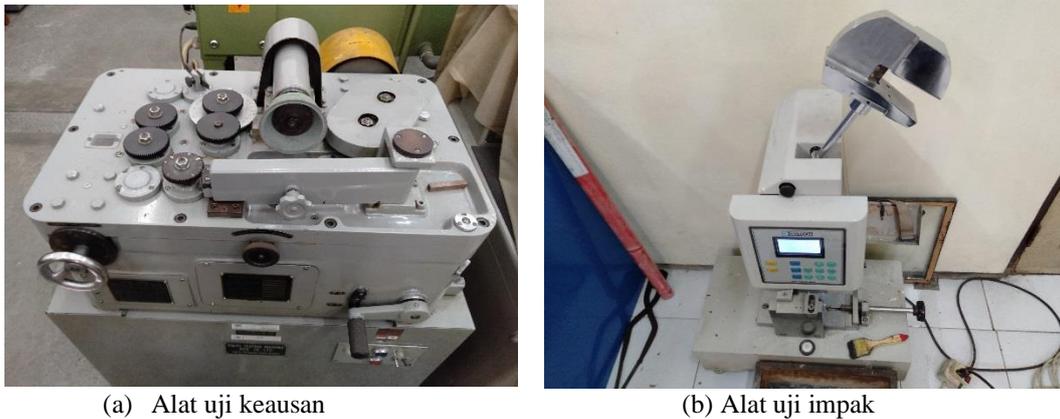


Gambar 2. Spesimen uji keausan



Gambar 3. Spesimen uji dampak

Alat yang digunakan untuk pengujian keausan adalah *Ogoshi Tokyo Testing Machine*. Pengujian keausan dilakukan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Mikroskop digunakan untuk mengetahui lebar goresan pada benda uji setelah proses uji keausan (Gambar 4). Alat uji dampak menggunakan *Gotech Impact Tester GT-7045-MD*. Pengujian dampak dilakukan untuk mengetahui ketahanan beban kejutan pada suatu bahan.

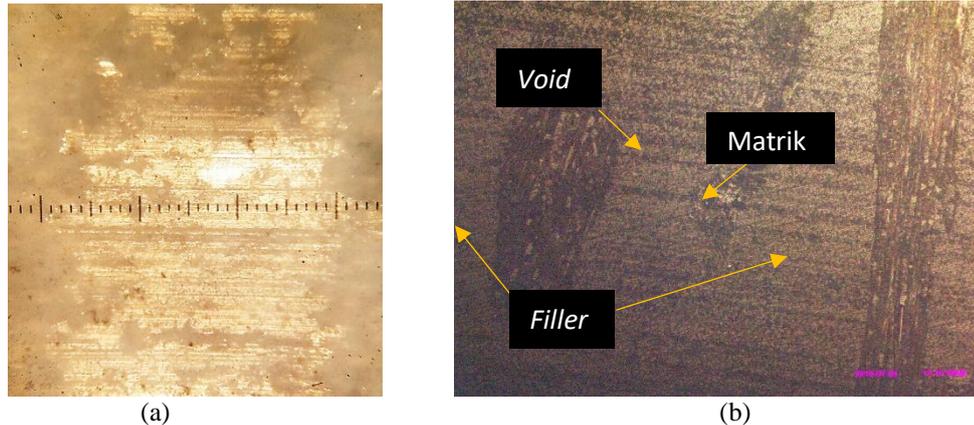


Gambar 4. Alat Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya pengawasan produk. Penelitian ini menggunakan teknik analisis data statistik deskriptif, yaitu menganalisis data dengan mendeskripsikan/menggambarkan data-data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa maksud membuat simpulan yang berlaku umum dari hasil penelitian. data yang diperoleh dalam penelitian yang berbentuk tabel kemudian diubah kedalam bentuk grafik dan selanjutnya dianalisis dan ditarik simpulan [16].

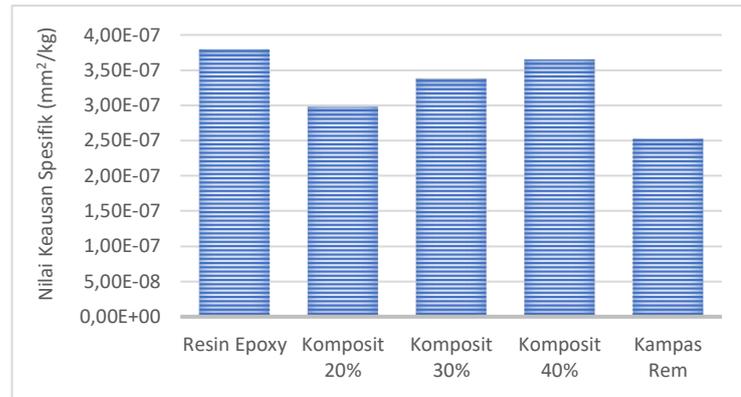
3. Hasil dan Pembahasan

Data diperoleh dari nilai rata-rata sampel yang telah diuji. Selain sampel yang diuji, sebagai pembandingan juga diuji kampas rem yang sudah ada yaitu kampas rem mobil dengan merk dagang *Toyota Genuine Parts*. Dari nilai rata-rata sampel hasil uji keausan *Ogoshi* tersebut akan dibandingkan dengan hasil uji keausan *Ogoshi* 3 kampas rem *Toyota Genuine Parts*, untuk angka keausan yang diambil adalah angka keausan yang paling mendekati angka keausan kampas rem *Toyota Genuine Parts*. Pada penelitian ini pengujian keausan *Ogoshi* menggunakan beban 2,12 kg, panjang lintasan 666 m, dan waktu pengausan 60 detik. Goresan pada benda uji setelah dilakukan pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Goresan terlihat pada mikroskop (a) pembesaran 50x (b) pembesaran 200x

Berdasarkan hasil perhitungan nilai keausan, Perbedaan karakteristik keausan pada masing-masing fraksi volume benda uji dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 6.

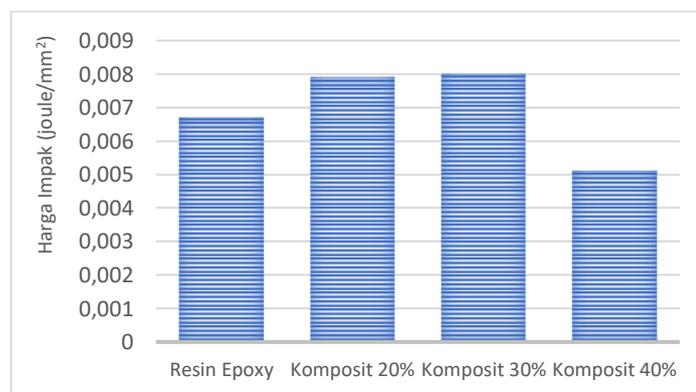


Gambar 6. Perbandingan nilai keausan spesifik kanvas rem, resin epoxy, dan komposit partikel arang kayu akasia

Grafik menunjukkan semakin tinggi partikel arang kayu akasia yang ditambahkan maka nilai keausan semakin tinggi. Bila nilai keausan tinggi menunjukkan bahwa bahan tersebut memiliki ketahanan aus yang semakin rendah. ketiga variasi fraksi volume komposit (20%, 30%, dan 40%), komposit partikel arang kayu akasia 20% memiliki rata-rata lebar keausan dan laju keausan spesifik paling kecil dengan nilai lebar keausan sebesar 1,47 mm dan nilai laju keausan spesifik sebesar $2,98 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Sedangkan komposit partikel arang kayu akasia 40% memiliki rata-rata lebar keausan dan laju keausan spesifik paling besar dengan nilai lebar keausan sebesar 1,54 mm dan nilai laju keausan spesifik sebesar $3,65 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Sedangkan rata-rata lebar keausan dan laju keausan spesifik resin epoxy lebih besar jika dibandingkan dengan ketiga komposit partikel arang kayu akasia (20%, 30%, dan 40%) dimana nilai rata-rata lebar keausan sebesar 1,57 mm dan nilai laju keausan spesifik sebesar $3,79 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Bahan komposit yang paling optimal dan nilai keausannya paling mendekati dengan kanvas rem standar adalah komposit fraksi volume 20% dengan selisih $0,46 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Kanvas rem memiliki nilai keausan spesifik paling rendah dibandingkan dengan nilai keausan bahan komposit partikel arang kayu akasia dan resin epoxy. Ini diakibatkan oleh komposisi kanvas rem standar yang menggunakan logam sebagai campuran pembuatan kanvas rem sehingga memiliki ketahanan aus yang lebih tinggi dibandingkan komposit yang hanya menggunakan partikel kayu akasia sebagai filler kanvas rem. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu sebagai filler dalam pembuatan komposit adalah jenis kayu, ukuran serbuk, fraksi volume / berat, dan kandungan air [6]. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji [17]. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar komposisi fraksi volume partikel arang kayu akasia pada komposit maka semakin besar pula lebar keausan dan laju keausan spesifiknya (semakin cepat aus). Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan semakin besar persentase komposisi serbuk tongkol jagung dan semakin kecil persentase serbuk kuningin maka semakin kecil nilai kekerasannya dan semakin besar nilai keausannya. Variasi bahan penyusun berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan nilai keausan [9].

Perbedaan dari setiap karakteristik dampak bahan komposit partikel arang kayu akasia tersebut maka dibuat grafik dari rata-rata harga dampak seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan harga dampak resin epoxy dan komposit partikel arang kayu akasia

Komposit partikel arang kayu akasia dengan fraksi volume 30% memiliki harga keuletan paling tinggi dibandingkan komposit 30% dan 40% yaitu sebesar 0,0079 joule/mm². Sedangkan untuk komposit partikel arang kayu akasia dengan fraksi volume 40% memiliki harga keuletan paling kecil yaitu sebesar 0,0051 joule/mm². Hasil pada grafik tersebut menunjukkan, semakin tinggi partikel arang kayu akasia yang ditambahkan maka ketangguhan bahan semakin tinggi. Namun pada tingkat penambahan yang terlalu banyak justru akan menurunkan ketangguhan dampak bahan komposit.

Penurunan ketangguhan impact pada komposit dikarenakan matriks kurang sempurna dalam mengikat partikel arang kayu akasia yang menjadikan ketangguhan impact menurun dan semakin besar fraksi volume partikel arang kayu akasia pada komposit mengakibatkan munculnya gumpalan partikel dan *void*. Adanya *void* pada komposit juga dapat diakibatkan oleh kurang meratanya proses pengadukan matriks dan hardener serta pencampuran partikel arang kayu akasia sehingga dapat mempengaruhi keuletan bahan yang dapat diketahui keuletannya dengan mengamati bentuk patahan setelah pengujian impact. Bentuk patahan komposit arang kayu akasia pada pengujian impact masing-masing dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Bentuk patahan spesimen setelah uji impact

Bentuk patahan dapat dikatakan semuanya berbentuk patahan campuran, dimana gabungan patahan getas dan patahan liat. Permukaan agak kusam dan sedikit berserat dan ada deformasi pada retakan. Patah campuran terjadi karena adanya dua komponen yang berbeda pada partikel penyusun komposit. Terlihat bahwa semakin tinggi fraksi volume partikel maka patahannya terlihat semakin kasar. Hal ini menggambarkan bahwa semakin besar fraksi volume partikel maka ikatan matriks akan menurun dan mengakibatkan menurunnya kekuatan komposit. Matriks yang cocok sebagai pengikat pada kampas rem harus memiliki keuletan yang baik agar kampas rem yang dihasilkan tidak mudah pecah. Jenis *polimer termoset* yang banyak tersedia di pasaran dan memiliki keuletan yang tinggi adalah resin *epoxy* [10].

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian pengaruh fraksi volume *filler* terhadap kekuatan *bending* dan ketangguhan impact komposit nanosilika – *phenolic* dengan hasil ketangguhan impact paling tinggi pada komposit dengan fraksi volume *filler* 30% [18] dan sesuai dengan penelitian tentang pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan lentur komposit resin berpenguat serbuk kayu menunjukkan bahwa komposit resin serbuk kayu ini cukup memadai untuk digunakan sebagai topeng komposit. komposisi terbaik dari komposit resin serbuk kayu ini adalah fraksi volume 30% dengan filler kayu karena memiliki kekuatan yang tinggi dan kekakuan tinggi [19].

4. Kesimpulan

Penambahan serbuk arang kayu akasia paling tahan aus adalah dengan fraksi volume sebesar 20% dengan nilai keausan sebesar $2,98 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Hal ini terjadi setelah menambahkan serbuk arang kayu akasia berperan dalam meningkatnya kekuatan mekanis komposit yang salah satunya meningkatkan kekerasan yang berdampak pada meningkatnya ketahanan aus pada benda uji. Penambahan serbuk arang kayu akasia dengan harga impact paling tinggi adalah fraksi volume sebesar 30% dengan harga impact sebesar $0,0080 \text{ joule/mm}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah partikel arang kayu akasia yang ditambahkan maka ketangguhan bahan semakin tinggi. Namun pada tingkat penambahan tertentu justru akan menurunkan ketangguhan impact bahan komposit. Penurunan ketangguhan impact pada komposit dikarenakan matriks kurang sempurna dalam mengikat partikel arang kayu akasia yang menjadikan ketangguhan impact menurun.

Hasil paling optimal didapat pada fraksi volume partikel arang kayu akasia 20%. Hasil pengujian yang didapatkan adalah nilai keausan sebesar $2,98 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan harga impact $0,0079 \text{ joule/mm}^2$. Pada penelitian selanjutnya penggunaan partikel kayu sebagai penguat komposit menggunakan partikel kayu akasia dengan diberikan tambahan bahan lain seperti serbuk logam agar memiliki kekerasan yg lebih tinggi dan memiliki ketahanan aus yang baik sehingga hasil nilai keausan yang diperoleh bisa lebih mendekati dengan kampas rem mobil yang sudah ada di pasaran.

Daftar Pustaka

- [1] Halderman, J.D. 2017. “*Automotive Brake Systems*”. Edisi Ketujuh. Amerika Serikat: Pearson.
- [2] Grigoratos, T., & Martini, G. 2015. “Brake wear particle emissions: a review”. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(4), 2491-2504.
- [3] Abu-Allaban, M., Gillies, J. A., Gertler, A. W., Clayton, R., & Proffitt, D. 2003. “Tailpipe, resuspended road dust, and brake-wear emission factors from on-road vehicles”. *Atmospheric environment*, 37(37), 5283-5293.
- [4] Xie, D., & Hong, Y. 2001. “In vitro regeneration of *Acacia mangium* via organogenesis”. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 66(3), 167-173.
- [5] Badan Pusat Statistik. Statistik Produksi Kehutanan 2016.
- [6] Bethony, F. R. 2014. “Analisis Sifat Mekanis Komposit Resin Epoksi Serbuk Kayu Bayam”. *DynamicSaint*, 1(2).
- [7] Sailesh, A. dan Prakash, S. 2013. “Review on Recent Developments in Natural Fiber Composites”. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(9), 2523-2525.
- [8] Suhardiman, S. dan Syaputra, M. 2017. “Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat dari Komposit Polimer Serbuk Padi dan Tempurung Kelapa”. *Inovtek Polbeng*, 7(2), 210-214.
- [9] Fitrianto, F. D., Estriyanto, Y., dan Harjanto, B. 2013. “Pemanfaatan Serbuk Tongkol Jagung Sebagai Alternatif Bahan Friksi Kampas Rem Non-Asbestos Sepeda Motor”. *Jurnal Nosel*, 1(3).
- [10] Puja, I. G. K. 2011. “Studi Kekuatan Tarik Dan Koefisien Gesek Bahan Komposit Arang Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati Dengan Matrik Epoxy”. *Mekanika*, 9(2).
- [11] Surdia, T dan Saito, S. 1992. “*Pengetahuan Bahan Teknik*”. Cetaka kedua. Jakarta : Pradnya Paramita.
- [12] Haroen, W. K., dan Waskito, A. T. 2009. “Peningkatan Standar Kanvas Rem Kendaraan Berbahan Baku Asbestos dan Non Asbestos (Selulose) untuk Keamanan”. BBPK Departemen Perindustrian.
- [13] Subyakto, G. 2011. “Pengaruh Jenis Kanvas Rem Dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda Dan Laju Keausan Kanvas Rem Pada Sepeda Motor”. *PROTON*, 3(2).
- [14] Hariyanto, A. 2015. “Peningkatan Kekuatan Tarik Dan Impak Pada Rekayasa Dan Manufaktur Bahan Komposit Hybrid Berpenguat Serat E-Glass Dan Serat Kenaf Bermatrik Polyester Untuk Panel Interior Automotive”. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- [15] Kukutschova, J., Roubíček, V., Malachová, K., Pavličková, Z., Holuša, R., Kubačková, J., ... & Filip, P. 2009. “Wear mechanism in automotive brake materials, wear debris and its potential environmental impact”. *Wear*, 267(5-8), 807-817.
- [16] Sugiyono, M. P. P. 2007. “*Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*”. Cetakan Kedua. Bandung: Alfabeta.
- [17] Firdaus, W. 2014. “Keausan Material Teknik”. <https://www.scribd.com/doc/231800717/KEAUSAN-MATERIAL-TEKNIK> diakses pada tanggal 24 Februari 2019.
- [18] Diharjo, K., Elharomy, I., dan Purwanto, A. 2014. “Pengaruh fraksi volume Filler terhadap Kekuatan Bending dan Ketangguhan Impak Komposit nanosilika-Phenolic”. *Rekayasa Mesin*, 5(1).27-32.
- [19] Gapsari, F., dan Setyarini, P.H. 2012. “Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kayu”. *Rekayasa Mesin*, 1(2), 59-64.