

Pengujian Sifat Mekanik dan Sifat Termal pada Kampas Rem Komposit Serbuk Gelas dengan Penambahan Serat Kulit Pisang

Happy Siska Fara Febryana[✉], Sutikno

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2022

Disetujui September 2022

Dipublikasikan September 2022

Keywords:

Kampas Rem, Serat Kulit Pinang, Koefisien Muai Panas.

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pengaruh penambahan serat kulit pinang pada kampas rem serbuk gelas. Penggunaan serat kulit pinang yang merupakan limbah dari lingkungan sekitar yang belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tentang pengaruh penambahan serat kulit pinang pada saat pembuatan komposit terhadap koefisien muai panas kekerasan, keausan, koefisien gesek, suhu dan serapan air. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk gelas, serat kulit pinang sebagai *filler* atau penguat dan resin epoksi sebagai matrix dari komposit. Dalam pembuatan kampas rem menggunakan metode *hot iso static pressing* dengan suhu 160°C, tekanan 9 ton, selama 3 jam. Masing-masing sampel menggunakan variasi fraksi volume serat kulit pinang sebesar 2% vol, 5% vol, 8% vol, 11% vol, dan 14% vol. Adapun hasil pengujian pada kampas rem komposit dari bahan serat kulit pinang hasil terbaik dengan kekerasan 77 HRB, keausan 5.16×10^{-4} mm/kg, koefisien gesek 0,240 -0,625, serapan air 3,49% dan penurunan kecepatan piringan cakra menaikkan suhu kampas rem hingga 102,5°C. Pengujian TMA (*Thermomechanical Analysis*) pada kampas rem komposit serat kulit pinang diperoleh koefisien muai panas tertinggi sebesar $48,79 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ dan nilai koefisien muai panas terendah $19,3 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Abstract

*This study discusses the effect of adding betel nut fibers to glass powder brake linings. The use of areca nut fiber which is a waste from the surrounding environment that has not been used optimally. This study aims to determine the effect of adding betel nut fiber during the manufacture of composites on the coefficient of thermal expansion, hardness, wear, coefficient of friction, temperature and water absorption. The materials used in this study were glass powder, areca nut fibers as filler or reinforcement and epoxy resin as the matrix of the composite. In the manufacture of brake linings using the hot iso static pressing method with a temperature of 160°C, a pressure of 9 tons, for 3 hours. Each sample using a volume fraction of betel nut fiber fraction of 2% vol, 5% vol, 8% vol, 11% vol, and 14% vol. The test results on composite brake linings made of betel nut fiber are the best results with a hardness of 77 HRB, wear of 5.16×10^{-4} mm/kg, coefficient of friction 0.240 -0.625, 3.49% water absorption and a decrease in the speed of the disc, increasing the temperature. brake lining up to 102.5°C. TMA (*Thermomechanical Analysis*) test on areca fiber composite brake pads obtained the highest thermal expansion coefficient of $48.79 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ and the lowest coefficient of thermal expansion $19.3 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.*

©2021 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
E-mail: happyfebryana@gmail.com

ISSN 2252-6935

PENDAHULUAN

Dalam dunia otomotif khususnya untuk kendaraan bermotor ada berbagai komponen penting yang mulai dikembangkan, salah satunya adalah komponen dalam sistem pengereman. Bahan gesek rem (kampas rem) pertama kali terbuat dari bahan kapas diresapi dengan larutan bitumen ditemukan oleh Herbert Frood pada tahun 1879. Berawal dari itu berdirilah Perusahaan Ferodo yang sampai sekarang masih memasok bahan kampas rem (Bashar *et al.*, 2012). Dimasa sekarang secara umum kampas rem terbuat dari bahan asbes tetapi ada juga yang menggunakan bahan non-asbes. Di Indonesia komposisi kampas rem telah berubah dengan cepat, sebagai akibat dari larangan penggunaan asbes berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No.Per.03/Men/Tahun1985. Oleh karna itu mulai dikembangkan kampas rem non-asbestos yang terbuat dari serat alam.

Kampas rem komposit memiliki banyak sifat yang diinginkan yang tentunya tidak dapat dicapai dengan satu komponen murni (Dong and Gauvin, 1993). Zat penyusun didalam bahan kampas rem terdiri dari serat, bahan pengisi dan bahan pengikat (matrik). Diantara semua serat alam di Indonesia, serat kulit pinang merupakan bahan yang menjanjikan karena murah, dan ketersediaan yang melimpah karena tidak banyak dimanfaatkan oleh masyarakat maupun industri bahkan kadang hanya dianggap sebagai sampah saja.

Serat kulit pinang adalah bahan serat yang mengandung senyawa *selulosa*, *hemiselluloce*, dan *lignin*. Senyawa tersebut adalah bahan pembentuk serat yang cukup baik sebagai bahan penyusun material partikel. Serat alam yang dimanfaatkan dan material papan komposit berpenguatan serat alam bias dijadikan material papan komposit yang ramah lingkungan (Nurdin H., 2015).

METODE PENELITIAN

1. Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah

Ayakan, gunting, lumping & alu, Mesin, Hot Isostatic Pressing, timbangan digital, oven, alat uji gesek, *Tachometer*, *Non-contact infrared thermometer*, *Ogoshi High Speed Universal Testing Machine (Type OAT-U)*, *Brinell Hardness Teste*, dan *Thermomechanical Analysis (TMA/SDTA 840 Mettler Toledo)*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin epoksi dan *hardener*, serat kulit pinang, serbuk logam, serbuk gelas, magnesium oksida, kalsium karbonat, seng oksida, asam stearat, Bakelit, sulfur, serbuk tempurung kelapa, Plat kampas Honda.

2. Persiapan serat kulit pinang

Serat kulit pinang yang digunakan pada penelitian ini tanpa melakukan perlakuan alkali (direndam dengan NaOH). Pembuatan serat kulit pinang dengan cara mengeringkan hingga benar – benar kering dengan estimasi 2-7 hari. Kulit pinang yang telah kering akan terlihat serat kulit pinang dan mudah dipisahkan dari selulosanya. Setelah dipisahkan dari selulosa serat dipotong kecil kecil sampai serat tidak saling menggumpal kemudian disaring menggunakan ayakan.



Gambar 1 Proses pemisahan serat dari kulit pinang.

3. Persiapan bahan

Menyiapkan bahan bahan kampas rem dengan menentukan presentase kandungan setiap bahan yang akan dicampurkan. Penentuan fraksi volume dilakukan pada bahan serat alam yaitu serat kulit pinang. Penambahan serbuk gelas dibuat tetap dengan kadar 22%. Pada penelitian ini serbuk logam dan serat kulit pinang yang divariasi. Pada penelitian ini serbuk logam divariasi dari 22% sampai dengan 10% dengan pengurangan 3%. Sedangkan pada serat kulit pinang divariasi dari 2% sampai dengan 14% dengan penambahan setiap 3%.

4. Pencetakan kampas rem

Bahan bahan yang telah tercampur menjadi satu, dituangkan kedalam cetakan pada mesin *pressing*. Sebelum menuangkan campuran, permukaan pelat ditutup dengan kertas glossy (*alumunium foil*) untuk mempermudah pemindahan komposit setelah pemanasan. Dalam proses penekanan menggunakan metode *hot isostatic pressing*, dengan demikian bahan akan dipadatkan dan dipanaskan secara bersamaan dengan suhu 160°C selama kurang lebih 3 jam dengan tekanan 9 ton.



Gambar 2. Proses pencetakan kampas rem.

5. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan kampas rem menggunakan alat uji *Brinell Hardness Tester*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai kekerasan *brinell* yang dinyatakan dengan satuan kg/mm². Pada penelitian ini pengujian menggunakan

uji kekerasan *brinell* dimana beban yang digunakan berupa indentor bola pejal dengan diameter 2,5 mm dan beban 625 N. Sampel kampas rem komposit yang telah diuji *brinell* terdapat bekas indentor. Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk mencari nilai kekerasan *Brinell* dengan melalui perhitungan rumus dalam pengujian kekerasan.

6. Pengujian Keausan

Pada penelitian ini pengujian menggunakan uji Keausan Ogoshi dimana benda uji digesekan dengan beban sebesar 2,12 kg dari cincin yang berputar dengan lama pengausan 1 menit dengan jarak tempuh pengausan 66,6 m, jari jari piringan pengaus 13,3 mm dan lebar piringan pengaus 3 mm. Pembebaan gesek ini akan menghasilkan kontak antara permukaan yang berulang-ulang dan pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan spesimen. Besarnya jejak permukaan dari spesimen yang tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material.

7. Pengujian Koefisien Gesek

Pengujian koefisien gesek dilakukan dengan meletakkan sampel uji pada piringan cakram yang digerakkan menggunakan dynamo listrik. Penambahan beban dimisalkan sebagai beban pengereman. Untuk mengetahui berapa putaran piringan cakram, maka digunakan alat pengukur putaran atau *Tachometer*. Dalam penelitian ini menggunakan 5 variasi massa sebagai beban pengereman sebesar 5kg, 7 kg, 9 kg, 11 kg dan 14 kg dengan waktu pengereman dilakukan selama 5 menit.

8. Pengujian Suhu Kampas Rem

Pengukuran suhu kampas rem dilakukan secara manual menggunakan *Non-contact infrared thermometer* dan kecepatan piringan cakram diukur menggunakan *tachometer*. Pengujian suhu kampas rem dalam penelitian ini menggunakan 5 variasi massa sebagai beban pengereman sebesar 5kg, 7 kg, 9 kg, 11 kg, dan 14 kg dengan waktu pengereman dilakukan selama 5 menit.

9. Pengujian Muai Panas

Koefisien muai panas dari specimen kampas rem komposit serbuk gelas dengan campuran serat pinang diukur menggunakan *Thermomechanical Analysis* (TMA/SDTA 840 Mettler Toledo) di Laboratorium Energi LPPM ITS. Pengukuran koefisien muai panas dilakukan dengan atmosfer udara pada rentang suhu 150°C - 450°C dengan kenaikan suhu 50°C permenit.

10. Pengujian Serapan Air

Pengujian serapan air dilakukan dengan cara merendam sampel selama 10 menit dalam aquades. Sebelumnya sampel masing-masing bahan kampas rem komposit dengan *ingredient* serat kulit pinang dipotong dengan ukuran 2.5 cm × 1.5 cm. Sampel tersebut selanjutnya ditimbang kemudian dioven selama 2 jam pada suhu 50°C. Sampel kampas rem komposit yang telah dioven kemudian ditimbang lagi untuk mengetahui

massa sebelum dan sesudah dioven. Selanjutnya sampel kampas rem dari *ingredient* serat kulit pinang tersebut dimasukkan ke dalam gelas plastik yang telah diisi air akuades sebanyak 100 ml dan direndam selama 10 menit, sampel yang sudah direndam lalu ditimbang untuk menentukan beratnya sehingga dapat ditentukan hasil dari pengujian serapan air dari sampel kampas rem komposi tersebut.



Gambar 3 Uji serapan air kampas rem.

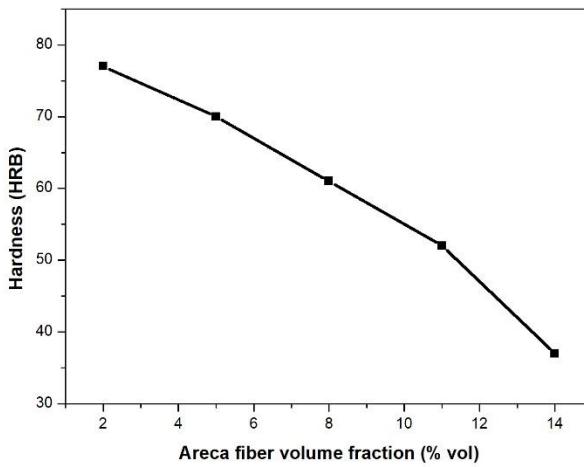
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Kekerasan

Sampel kampas rem komposit yang telah diuji Brinell terdapat bekas indentor, kemudian bekas indentor tersebut diamati dan diukur. Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk mencari nilai kekerasan Brinell dengan melalui perhitungan rumus dalam pengujian kekerasan. Dari hasil perhitungan rumus diperoleh HB yang kemudian dikonversi menggunakan tabel

konversi sehingga diperoleh HRB (*Hardness Rockwell Type B*)

Pada gambar 4 ditunjukkan grafik hasil uji kekerasan kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan variasi kadar serat kulit pinang (2%vol - 14%vol).



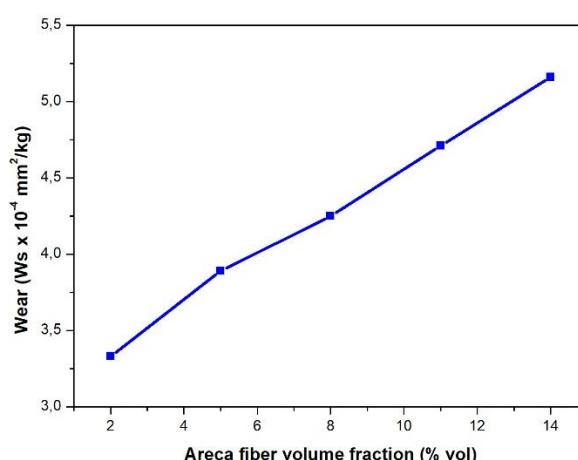
Gambar 4 Kekerasan kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan kenaikan kadar serat kulit pinang (2%vol - 14%vol)

Berdasarkan grafik 4 terlihat bahwa sampel S1 adalah yang tinggi nilai kekerasannya yaitu diperoleh nilai konversi HRB sebesar 77, kemudian sampel S2 memiliki nilai konversi HRB 70, kemudian sampel S3 yaitu memiliki nilai konversi HRB 61, selanjutnya sampel S4 yaitu memiliki nilai konversi kekerasan 52 sedangkan pada S5 adalah yang terendah memiliki kekerasan dengan nilai konversi HRB 37. Nilai kekerasan semakin menurun seiring dengan penambahan kadar serat kulit pinang. Hal ini dikarenakan tidak dilakukan perlakuan kimia pada serat kulit pinang yang digunakan. Menurut (Rokbi *et al.*, 2011) meningkatkan ikatan serat dan resin dapat

dilakukan dengan perlakuan kimia atau perendaman Natrium Hidroxide (NaOH) pada serat.

2. Hasil Pengujian Keausan

Hasil dari pengujian keausan berupa goresan bekas injakan berupa lubang dari *revolving disc*, bekas injakan tersebut kemudian diukur. Dari hasil pengukuran tersebut bisa diperoleh nilai keausan sampel. Pada gambar 3.1 ditunjukkan grafik hasil uji keausan kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan variasi kadar serat kulit pinang (2%vol - 14%vol).



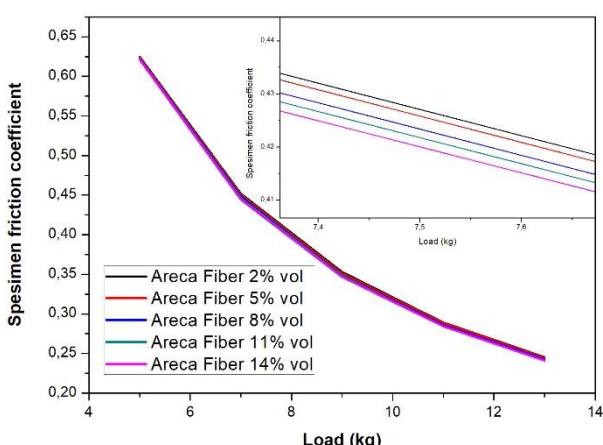
Gambar 5 Keausan kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan kenaikan kadar serat kulit pinang (2%vol - 14%vol).

Berdasarkan gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai keausan terkecil terlihat pada sampel S1 dengan fraksi volume serat kulit pinang 14% vol yaitu $3.33 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$, sedangkan nilai keausan terbesar pada sampel S5 dengan fraksi volume serat kulit pinang 2% vol yaitu $5.16 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Nilai keausan yang paling tinggi hingga yang terendah dimulai dari sampel S1 yaitu $3.33 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$, kemudian sampel S2 yaitu $3.89 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$, kemudian sampel S3 yaitu $4.26 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$, kemudian sampel S4 yaitu $4.71 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan yang tertinggi keausannya adalah sampel S5 yaitu $5.16 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Dari lima sampel ini memiliki keausan yang lebih rendah dibandingkan dengan produk kampas rem secara SNI

kecuali sampel S5 yang memiliki nilai keausan sebesar $5.16 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

3. Hasil Pengujian Koefisien Gesek

Tiap penambahan kadar serat kulit pinang nilai koefisien gesek menurun pada setiap pemberian beban. Pada beban penggereman 5 kg nilai koefisien gesek turun dari 0.625-0.621, beban penggereman 7 kg nilai koefisien gesek turun dari 0.452-0.444, beban penggereman 9 kg nilai koefisien gesek turun dari 0.353-0.346, beban penggereman 11 kg nilai koefisien gesek turun dari 0.289-0.284 dan beban penggereman 13 kg nilai koefisien gesek turun dari 0.245-0.240.

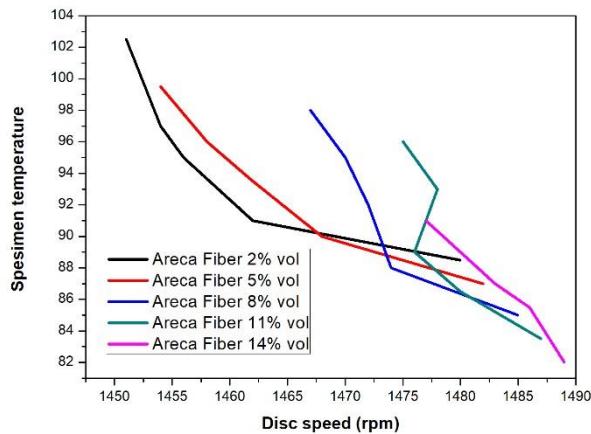


Gambar 6 Koefisien gesek kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan kenaikan kadar serat kulit pinang (2%vol - 14%vol).

Penurunan nilai koefisien gesek komposit disebabkan oleh sifat serat kulit pinang yang lebih halus. Permukaan yang kasar dapat meningkatkan besarnya koefisien gesek suatu bahan yang dihasilkan (Li *et al*, 2016). Semakin banyak kadar serat kulit pinang maka luas kontak penampang pada permukaan komposit dengan piringan cakram akan semakin kecil. Dengan sifat serat kulit pinang yang halus, maka komposit dengan kadar serat kulit pinang yang semakin besar akan memiliki koefisien gesek yang lebih kecil.

4. Hasil Pengujian Suhu Kampas Rem

Hasil pengujian suhu kampas rem tiap kenaikan beban (penggereman) kecepatan rotor menurun dan suhu kampas rem meningkat. Hal ini artinya beban penggereman mempengaruhi suhu kampas rem. Rentang suhu yang dihasilkan kampas rem saat pengujian ada pada kisaran 82°C - 102.5°C .



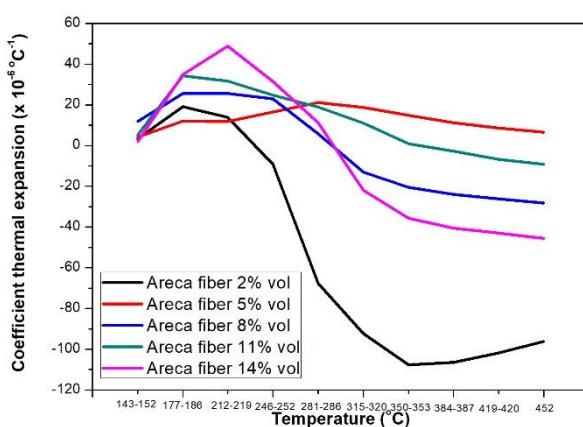
Gambar 7 Pengaruh kecepatan cakram terhadap suhu kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan kenaikan kadar serat kulit pinang (2 % vol – 14 % vol).

Pengujian yang dilakukan dengan waktu yang terbatas yaitu 5 menit menyesuaikan dengan kapasitas *dynamo* listrik yang digunakan dengan spesifikasi hanya 1 phase yang memiliki kapasitas pembebanan yang relatif rendah dan efisiensinya yang rendah, secara teknis pembebanan tidak dapat dilakukan dalam waktu yang cukup lama agar *dynamo* listrik tetap berfungsi dengan baik. Dari gambar 7 dapat diketahui suhu tertinggi 102.5°C pada kecepatan piringan cakram 1451 rpm dan suhu terendah 82°C saat kecepatan piringan cakram 1489 rpm, penambahan kadar serat kulit pinang pada pembebanan yang sama dapat menurunkan suhu kampas rem. Dari data tersebut setidaknya dapat diketahui

bahwa saat proses penggereman dimana beban penggereman bertambah membuat kecepatan piringan cakram berkurang maka suhu kampas rem akan meningkat.

5. Hasil Pengujian Koefisien Muai Panas

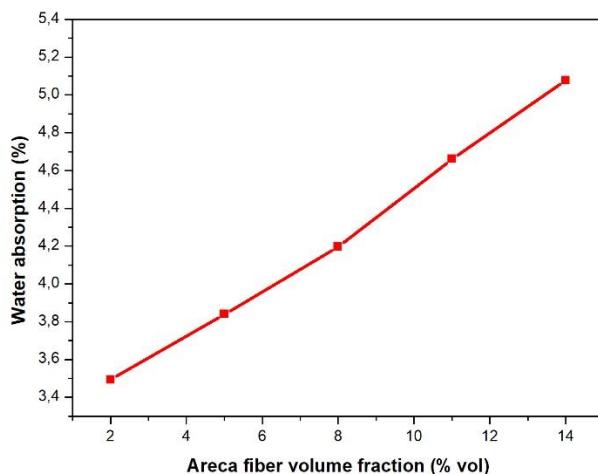
Pengujian muai panas dilakukan pada kampas rem komposit. Kampas rem diuji dengan TMA pada rentang suhu 150 sampai 450 °C dengan laju kenaikan suhu 50 °C/minit. Rentang suhu tersebut disesuaikan dengan suhu operasional kampas rem dimana kampas rem non-asbestos dapat fanding (blong) saat mencapai suhu 350°C.



Gambar 8 Pola pemuaian kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan berbahan serbuk gelas dengan kenaikan kadar serat kulit pinang (2 % vol – 14 % vol).

Pada sampel S1 pemuaian terjadi hingga suhu maksimal 282,78 °C, sampel S2 pemuaian terjadi hingga suhu maksimal 250,12 °C, sampel S3 pemuaian terjadi hingga suhu maksimal 216,04 °C, sampel S4 pemuaian terjadi hingga suhu maksimal 316,59 °C, dan sampel S5 pemuaian terjadi hingga suhu maksimal 248,89 °C. Setelah suhu maksimal semua sampel mengalami penyusutan.

6. Hasil Pengujian Serapan Air



Gambar 9 Serapan air kampas rem komposit berbahan serbuk gelas dengan kenaikan kadar serat kulit pinang (2 %vol – 14 %vol).

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa kenaikan fraksi volume dari bahan serat kulit pinang akan menikah persentase serapan air. Nilai persentase pengujian serapan air dari kampas rem komposit bahan kulit pinang paling baik pada sampel S1 yaitu 3.49%. Berdasarkan pengujian tersebut, semakin banyak penambahan serat kulit pinang maka hasil persentase serapan air kampas rem semakin naik dikarenakan serat kulit pinang menyebabkan ikatan antar partikel menjadi renggang.

SIMPULAN

Serat kulit pinang cukup potensial untuk dapat digunakan sebagai bahan pengisi atau *filler* pembuatan kampas rem serbuk gelas. Nilai tertinggi kekerasan dan keausan kampas rem komposit serbuk gelas dengan penambahan serat kulit pinang diperoleh 77

Pemuaian tertinggi mencapai 0.34% pada sampel S5 dengan nilai koefisien muai panas $48.79 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ dan pemuaian terendah mencapai 0.09% pada sampel S1 dengan nilai koefisien muai panas $19.13 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, semakin banyak penambahan fraksi volume maka koefisien muai panas semakin besar akan tetapi struktur dimensi kampas rem tetap utuh.

HRB dan $5.16 \text{ mm}^2/\text{kg}$ termasuk kedalam nilai kekerasan dan keausan kampas rem yang ada di pasaran. Kelebihan material alternatif ini adalah koefisien geseknya (0.625) lebih tinggi dari yang ada di pasaran, yang selanjutnya dapat menghasilkan penggereman yang lebih efektif.

Penurunan kecepatan piringan cakram menaikkan suhu kampas rem hingga 102.5°C. Dalam proses penggereman dimana beban penggereman bertambah membuat kecepatan piringan cakram berkurang maka suhu kampas rem akan meningkat. Nilai koefisien muai panas terendah $19.13 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, semakin banyak penambahan fraksi volume maka koefisien muai panas semakin besar (tidak tahan panas). Kemampuan kemampuan serapan air terendah sebesar 3.49%, semakin banyak penambahan fraksi volume maka persentase serapan air semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bashar Dan-abase, Peter B Madakson & Joseph Manji. 2012. *Material Selection and Production of a Cold-Worked Composite Brake Pad.* Zaria: Department of Mechanical Engineering, Ahmadu Bello University.
- Dong S., & R. Gauvin. 1993. *Application of Dynamic Mechanical Analysis for the Study of the Interfacial Region in Carbon Fiber/ Epoxy Composite Materials.* Mechanical Engineering Department Ecole Polytechnique Montreal, Quebec H3C 3A7 Canada. POLYMER COMPOSITES, OCTOBER 1993, Vol. 14, No. 5
- Nurdin, H. 2015. Analisis Kekuatan Bending pada Papan Komposit Serat. *proceedingfptk*, 437.
- Rokbi, M., Osmani, H., Imad, A., & Benseddiq, N. 2011. *Effect of Chemical treatment on Flexure Properties of Natural Fiberreinforced Polyester Composite.* ICM11 doi:10.1016/j.proeng.2011.04.346.
- Wenbin, Li, Huang Jianfeng, Fei Jie, Liang Zhenhai, Cao Liyun & Yao Chunyan. 2016. *Effect of glass powder content on the mechanical and wet tribological properties of carbon fabric/phenolic composites.* School of Materials Science & Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710021, People's Republic of China, Xianyang Research & Design Institute of Ceramics, Xianyang, Shaanxi 712000, People's Republic of China. DOI 10.1007/s10853-016-9754-5