



Pengaruh variasi campuran serbuk kayu jati (*tectona grandis l.*) dan sekam padi pada pembuatan material komposit kampas rem

*Effect of variation in the mixture of teak wood powder (*tectona grandis l.*) and rice husk on the manufacture of brake pad composite materials*

R.Y. Lubis*, L.H. Pasaribu, M.I. Nasution

Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, 20353, Indonesia. HP. 081235678086

*E-mail: ridwanyusuflubis@uinsu.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received 17 January 2024

Accepted 08 February 2024

Available online 01 April 2024

Keywords:

Break pad

Teak wood

Rice husk



ABSTRACT

Brake pad composite materials are made from organic materials and are harmless to the environment. In this study, the brake pad composite material was made using teak wood powder, rice husk and aluminium. Comparison of variations A (23.5 grams of teak wood powder, 18.5 grams of rice husk and 7 grams of aluminium powder) B (27 grams of teak wood powder, 15 grams of rice husk and 7 grams of aluminium powder) C (30.5 grams of teak wood powder, 11.5 grams of rice husk and 7 grams of aluminium powder) and the addition of 21 grams of polyurethane resin then compressed for 30 minutes at 100 °C for 20 minutes. The test results of density, hardness, flexibility and wear were compared with SAE J661. Based on the test results, it was found that samples A, B and C met the SAEJ661 standard only in the flexure test with a value of 490.33 - 529.55 N/cm². Teak wood powder can increase the value of flexibility while rice husk is used to increase the value of density, hardness and wear due to its silica content.

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 14, No. 1, April 2024, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Material komposit sudah menyebar pada berbagai aspek kehidupan manusia mulai dari alat sederhana seperti peralatan rumah tangga hingga alat berteknologi tinggi seperti alat olah raga, sayap pesawat terbang dan komponen otomotif, Kosjoko dkk. (2022). Kampas rem digolongkan pada tiga jenis berdasarkan bahan penyusunnya, yaitu kampas rem *asbestos*, kampas rem semi logam dan kampas rem *non-asbestos*, Sidiq (2022). Kampas rem dengan bahan *asbestos* memiliki keawetan yang bagus tetapi berbahaya bagi kesehatan manusia dikarenakan sifatnya yang *toxic* sehingga dibutuhkan pengganti dari bahan yang lebih aman, Purboputro (2021). Kampas rem *non-asbestos* memiliki material penyusun yang berasal dari bahan organik. Performa dari kampas rem *non-asbestos* tidak kalah dengan jenis lainnya dan memiliki sifat ramah lingkungan, Haroen (2017). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas kampas rem pada komposisi bahan adalah bahan pengikat, bahan serat dan bahan pengisi, Bagaskara dkk (2020).

Serbuk kayu jati dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan material komposit kampas rem yang ramah lingkungan karena memiliki sifat keras, ulet dan tahan gesekan, Kosjoko dkk. (2022). Sifat yang kuat, awet dan mudah diolah merupakan salah satu pertimbangan dari sifat kayu jati yang sering digunakan

sebagai bahan konstruksi bangunan. Oleh karena itu, kayu jati dapat digunakan sebagai material penyusun kanvas rem *non-asbestos* yang bagus, Gundara dkk. (2020). Limbah dari hasil gergaji kayu jati bekas pembuatan *furniture* dapat menjadi limbah pada lingkungan. Serbuk kayu jati kurang di manfaatkan dan sering dibuang begitu saja ataupun dibakar yang dapat menyebabkan polusi asap, Handoko dkk. (2022), Gunadi dkk. (2021). Salah satu cara pemanfaatan limbah dari serbuk kayu jati dengan menggunakannya untuk pembuatan material komposit sebagai penyusun kanvas rem, Desiasni dkk. (2022).

Kandungan silika pada sekam padi adalah 86,7% - 97,3% yang memiliki sifat keras, tahan air dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga bisa digunakan sebagai pengganti *asbestos* pada pembuatan kanvas rem, Kurniawan dkk (2022). Komposit memiliki dua jenis penyusun utama yang terdiri dari matriks dan *filler*. Matriks bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis, sedangkan *filler* digunakan sebagai penyusun utama pada material komposit, Laksono dkk. (2019).

Penambahan material metal pada pembuatan material kanvas rem dapat meningkatkan tingkat keausan dari kanvas rem. Campuran material metal yang terlalu banyak dapat menyebabkan piringan cakram cepat terkikis, Mubarrok (2014). Resin pengikat dan serat penguat memberikan pengaruh yang cukup besar pada sifat bahan gesekan dan juga menentukan karakteristik dari kanvas rem terhadap gesekan. Kanvas rem dapat dengan mudah mengalami kenaikan suhu yang diakibatkan gesekan secara terus menerus pada permukaannya, sehingga sangat penting dalam memilih resin yang kuat terhadap panas, Lazuardi dkk. (2022). Berdasarkan informasi diatas, maka peneliti telah melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Campuran Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis L.*) dan Sekam Padi pada Pembuatan Material Komposit Kanvas Rem” untuk melihat karakteristik material komposit kanvas rem dengan pengujian massa jenis, kekerasan, keausan dan lentur.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode eksperimen yang dimulai dengan pengambilan bahan penelitian, yaitu serbuk kayu jati dan sekam padi. Kayu jati dan sekam padi kemudian dicuci dan dibersihkan menggunakan aquades untuk menghilangkan pengotornya. Serbuk yang sudah dicuci selanjutnya dikeringkan dengan cara penjemuran dibawah sinar matahari selama 24 jam. Adapun alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan

Nama	Spesifikasi
Resin	<i>Polyurethane</i> (cair)
Ayakan	100 mesh
Gelas ukur	Pyrex 100 ml
Beaker gelas	Pyrex 500 ml
Neraca analitik	Ketelitian 0,1 gram
Jangka sorong	Ketelitian 0,05 mm
Blender	Philips HR2115/00
Cetakan	Lingkaran, diameter x tinggi = 70 x 12 mm
Uji kekerasan	Motsuzawa Seiki Co.LTD <i>Rockwell</i>
Uji aus	Diameter x tinggi = 50 x 240 mm, 675 rpm (<i>Ogishi</i>)
Uji bending	<i>Universal Testing Machine</i> 10kN

Kayu jati dihaluskan dengan blender untuk memperkecil ukuran partikel. Serbuk yang sudah halus diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Semua bahan yang sudah dihaluskan kemudian dicampur dengan jumlah total campuran sebanyak 49 gram. Variasi sampel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Variasi sampel

Sampel	Pengisi (<i>Filler</i>)			Pengikat (<i>Resin</i>)	
	Serbuk kayu jati (gr)	Sekam padi (gr)	Serbuk aluminium (gr)	<i>Polyurethane</i>	
				<i>Issosianat</i> (gr)	<i>Polyol</i> (gr)
A	24,5	17,5	7,0		
B	28,0	14,0	7,0	10,5	10,5
C	31,5	10,5	7,0		

Perbandingan variasi A (serbuk kayu jati 23,5 gr, sekam padi 18,5 gr dan serbuk aluminium 7 gr) B (serbuk kayu jati 27 gr, sekam padi 15 gr dan serbuk aluminium 7 gr) C (serbuk kayu jati 30,5 gr, sekam padi 11,5 gr dan serbuk aluminium 7 gr) dan penambahan 21 gram resin *polyurethane* kemudian dikompaksi selama 30 menit

dengan suhu 100 °C selama 20 menit. Sampel diuji menggunakan pengujian massa jenis, kekerasan (*rockwell*), pengujian keausan (*Ogishi*) dan pengujian *bending* (lengkung).



Gambar 1 . Neraca analitik

Pengujian massa jenis dilakukan dengan cara menimbang sampel menggunakan neraca analitik kemudian mengukur panjang, lebar dan ketebalannya sehingga diperoleh nilai massa (kg) dan volume (m³). Massa jenis diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$



Gambar 2. Alat uji kekerasan *rockwell*

Pengujian kekerasan pada sampel menggunakan alat uji kekerasan *rockwell* dengan standar SAE J661 dengan nilai kekerasan berada diantara 68 – 105 *rockwell*. Data yang diperoleh dari hasil pengujian kekerasan berupa angka yang muncul pada alat tersebut.



Gambar 3. Alat uji keausan

Alat uji keausan berfungsi untuk menguji tingkat kelajuan aus yang dimiliki sampel. Pengujian kelajuan aus menggunakan metode ogoshi dimana sampel berbentuk lingkaran dengan diameter x tebal = 70 x 12 mm. Untuk mendapatkan nilai keausan digunakan persamaan 1. berikut (Ihsan dkk., 2022):

$$W_s = \frac{B \times B_0^3}{8 \times r \times Q \times L_0} \quad (2)$$

dengan tekanan (Q) sebesar 1 kg yang berotasi dengan kecepatan 675 rpm sehingga diperoleh nilai lebar keausan (Bo) pada sampel dengan jarak tempuh (Lo) = 3,14 x jari – jari piringan pengaus (r = 40 mm) x rotasi (675 rpm).



Gambar 4. Alat uji bending UTM (*Universal Testing Machine*)

Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari sampel saat diberikan beban hingga sampel tersebut akan mengalami patah. Hasil uji bending akan terlihat langsung pada alat yang memiliki satuan kgf kemudian dikonversi kedalam N/cm^2 . Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan standar SAE J661 dengan nilai diantara 480 – 1500 N/cm^3 .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan meliputi pengujian menggunakan beberapa jenis alat dan analisa dari sampel. Berdasarkan pengujian sampel A (serbuk kayu jati 23,5 gr, sekam padi 18,5 gr dan serbuk aluminium 7 gr) B (serbuk kayu jati 27 gr, sekam padi 15 gr dan serbuk aluminium 7 gr) C (serbuk kayu jati 30,5 gr, sekam padi 11,5 gr dan serbuk aluminium 7 gr) di Laboratorium Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan.

Pengujian massa jenis menggunakan sampel dengan balok yang memiliki massa dan volume. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan neraca analitik dan jangka sorong, maka diperoleh nilai massa jenis sampel A, B dan C. Data hasil pengukuran selanjutnya dihitung menggunakan persamaan 1. untuk mendapatkan nilai massa jenis dari setiap sampel. Hasil perhitungan massa jenis dapat dilihat pada tabel 3.

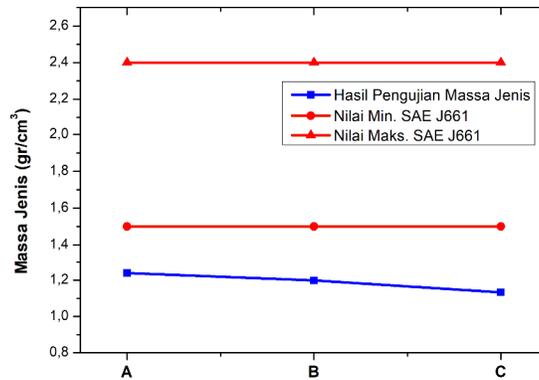
Tabel 3. Hasil pengujian massa jenis

Sampel	Berat Sampel (gr)	Volume (cm^3)	Massa Jenis (gr/cm^3)	SAE J661 (gr/cm^3)
A	61,94	50	1,24	
B	59,91	50	1,19	1,5-2,4
C	67,93	60	1,13	

Massa jenis sampel mengalami penurunan seiring dengan menurunnya persentase campuran bahan serat yang digunakan, Dwi Handoko dkk. (2022). Hasil uji massa jenis lebih tinggi dibandingkan dengan densitas material Lazuardi dkk, 2022 hanya menggunakan kayu jati (0,88 – 1,03 gcm^{-3}), Lazuardi dkk. (2022). Hasil pengujian massa jenis dari ketiga sampel belum memenuhi standar SAE J661 dengan nilai minimal 1,5 – 2,4 gr/cm^3 , Kurniawan dkk. (2022). Nilai massa jenis komposit kampas rem berada dibawah garis minimal seperti pada gambar 5.

Hal ini mengonfirmasi bahwa sampel material komposit kampas rem menjadi kurang padat dikarenakan material sekam padi memiliki ukuran lebih halus sehingga bisa mengisi ruang kosong dari matriks kayu jati. Serbuk yang memiliki ukuran lebih besar menyebabkan kurangnya kerapatan dari material komposit, Mubarrok (2014).

Hasil pengujian kekerasan dilakukan dengan cara mengukur nilai kekerasan pada tiga titik tumpu (kiri, tengah dan kanan) sehingga diperoleh data seperti pada tabel 4. Hasil dari tiga titik (a, b dan c) kemudian di rata – ratakan untuk mendapatkan nilai kekerasan rata – ratanya.

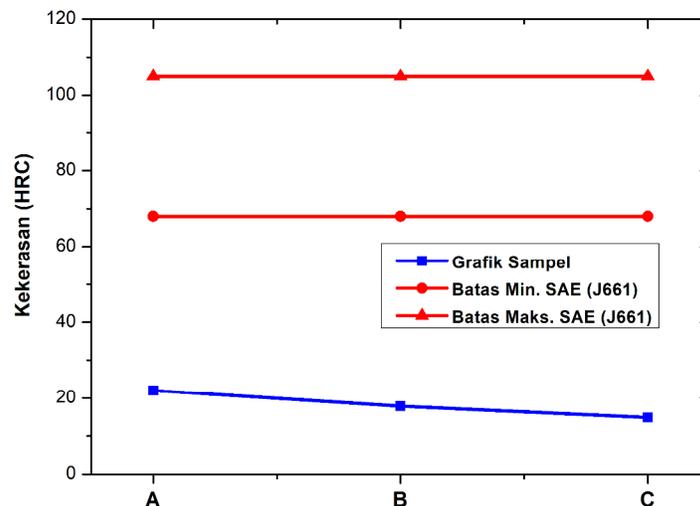


Gambar 5. Uji massa jenis

Tabel 4. Hasil pengujian kekerasan

Sampel	Beban (kg)	Data Percobaan			Kuat Tekan Rata - rata (HRC)	SAE J661
		a	b	c		
A	60	5,00	37,50	23,50	22,00	68-105
B	60	20,00	10,50	23,00	17,83	
C	60	3,00	19,00	22,50	14,83	

Hasil pengujian pada tabel 2. Menunjukkan terjadi penurunan nilai rata – rata kekerasan (HRC) dari A (22,00 HRC) , B (17,83 HRC) dan C (14,83 HRC). Nilai kekerasan dari ketiga sampel belum memenuhi nilai standar SAE J661 dengan nilai minimal 68. Nilai kekerasan dipengaruhi oleh bahan penyusun komposit dan rasio perbandingan antara bahan komposit dengan resin, Kurniawan dkk. (2022) Semakin tinggi nilai kekerasan suatu bahan maka semakin padat struktur mikronya, Kristianta dkk. (2017). Ukuran dari sekam padi yang lebih kecil dapat mengisi ruang kosong pada komposit sehingga strukturnya semakin padat.



Gambar 6. Hasil uji kekerasan

Penambahan serat dapat menurunkan nilai kekerasan material komposit dikarenakan sifat fisiknya yang lebih lunak dibandingkan dengan *filler*, Purboputro (2021). Hasil uji kekerasan sesuai dengan, Lazuardi dkk. (2022) yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai densitas suatu material berbanding lurus dengan nilai

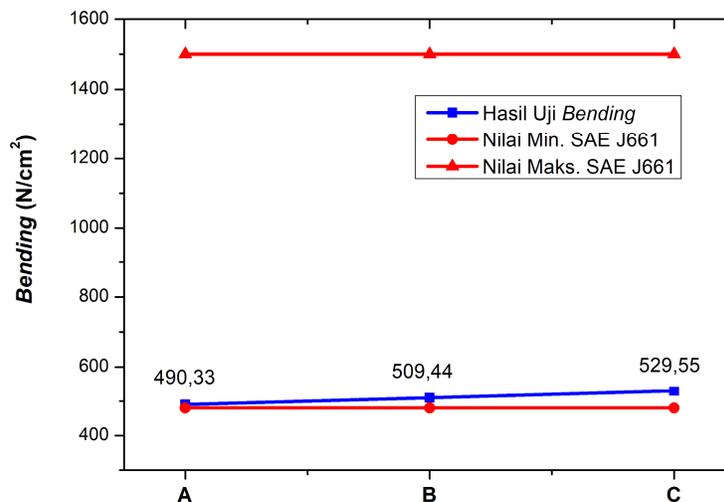
kekerasannya. Penurunan nilai kekerasan material komposit kampas rem disebabkan menurunnya komposisi sekam padi yang digunakan dalam pencampuran karena silika yang terdapat pada sekam padi memiliki kekerasan yang tinggi, Ginting dkk. (2020).

Hasil pengujian kelenturan material komposit kampas rem menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) menunjukkan nilai maksimal yang dapat ditahan oleh material tersebut sebelum mengalami patah. Berdasarkan tabel 5. Dapat dilihat bahwa kekuatan lentur mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya komposisi sekam padi.

Tabel 5. Hasil uji *bending*/lentur

Komposisi	Fmax (kgf)	Fmax (N/cm ²)	SAE J661 (N/cm ²)
A	50	490,33	
B	52	509,44	480-1500
C	54	529,55	

Nilai sampel A (50 kgf), B (52 kgf) dan C (54 kgf) dikonversikan ke satuan (N/cm²) sehingga diperoleh nilai sampel A (490,33 N/cm²), B (509,44 N/cm²) dan C (529,55 N/cm²). Hasil uji kelenturan menunjukkan nilai semua sampel memenuhi standar minimal SAE J661, yaitu berada diantara 480 – 1500 N/cm².



Gambar 7. Hasil uji *bending*/lentur

Hasil pengujian kelenturan benda berada diantara nilai minimal dan maksimal SAE J661 yang ditunjukkan pada gambar 7. Penambahan serbuk kayu jati pada kompositi kampas rem mampu meningkatkan kekuatan *bending* dikarenakan kerapatan antar partikel yang meningkat dan memiliki regangan yang kecil, Sukanto dkk. (2021). Hasil pengujian kelenturan dapat ditingkatkan dengan menambahkan jumlah komposisi serbuk kayu jati.

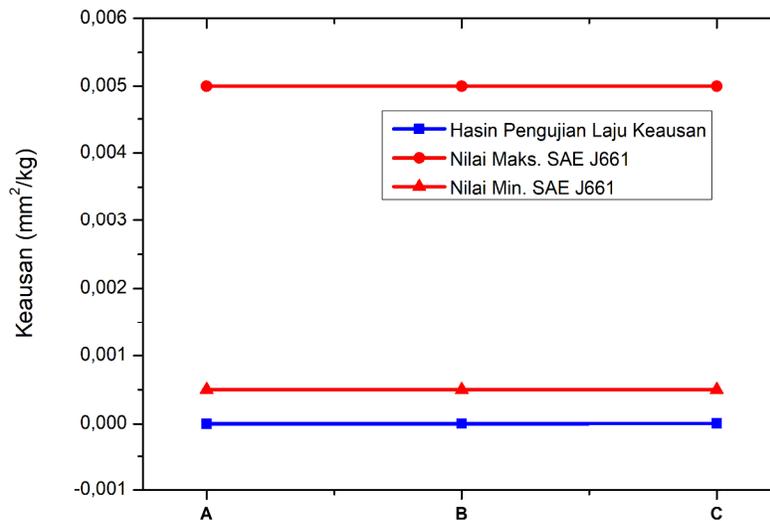
Pengujian keausan dilakukan menggunakan metode *Ogoshi* dengan cara memberikan gesekan terhadap sampel secara emlingkar pada setiap titik yang dibantu dengan memberikan tekanan, Ihsan dkk. (2022). Lebar pengaus (*B*) 12 mm dengan jari – jari (*r*) 20 mm, jarak tempuh pengausan (*L₀*) sejauh 84740 mm dan gaya tekan pengausan (*Q*) 1 kg. Hasil pengujian menggunakan metode *Ogoshi* diperoleh data hasil uji keausan seperti pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil pengujian laju keausan

Sampel	Lebar Celah Keausan (mm)	Nilai Laju Keausan (mm ² /kg)	SAE J661(mm ² /kg)
A	1,52	3,11 x 10 ⁻⁶	
B	1,71	4,42 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁴ – 5 x 10 ⁻³
C	1,89	5,97 x 10 ⁻⁶	

Nilai laju keausan pada tabel 6. Menunjukkan bahwa sampe A, B dan C belum memenuhi standar SAE J661 dengan nilai diantara $5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3}$ (mm^2/kg), Kurniawan dkk. (2022). Kampas rem yang dibuat menggunakan bahan komposit serbuk kayu jati dan sekam padi belum bisa dijadikan sebagai kampas rem pengganti yang memenuhi standar. Berdasarkan gambar 8. dapat dilihat bahwa garis nilai uji keausan berada dibawah garis minimal dan mengalami peningkatan.

Penambahan komposisi serat dapat meningkatkan nilai laju keausan dari material. Tidak meratanya komposisi pada setiap titik pada saat proses pencampuran dan penekanan menyebabkan terjadinya nilai laju keausan yang berbeda – beda, Ihsan dkk. (2022). Material komposit memiliki nilai keausan yang dipengaruhi oleh sifat kekerasan material. Nilai keausan material komposit berbanding terbalik dengan nilai kekerasan, seperti yang dijelaskan oleh Septiyanto dkk. (2022). Semakin tinggi komposisi campuran serat, maka semakin rendah nilai laju keausannya, seperti dilaporkan oleh Purboputro (2021). Selain itu, laju keausan juga dipengaruhi lamanya waktu yang digunakan pada saat proses kompaksi material komposit, Bagaskara dkk. (2020).



Gambar8. Hasil pengujian keausan

Tabel 7. Hasil pengujian material komposit kampas rem

Sampel	Massa Jenis (gr/cm^3)	Kuat Tekan (HRC)	Uji Lentur (N/cm^2)	Laju Keausan (mm^2/kg)
A	1,24	22,00	490,33	$3,11 \times 10^{-6}$
B	1,19	17,83	509,44	$4,42 \times 10^{-6}$
C	1,13	14,83	529,55	$5,97 \times 10^{-6}$

Hasil pengujian benda komposit kampas rem pada tabel 7. menunjukkan terjadi penurunan pada nilai massa jenis dan kuat tekan, sedangkan pada uji lentur dan laju keausan mengalami peningkatan. Serbuk kayu jati dapat meningkatkan kuat lentur dan laju keausan, sedangkan abu sekam padi memberikan pengaruh terhadap peningkatan massa jenis dan kuat tekan.

4. KESIMPULAN

Pembuatan material komposit kampas rem menggunakan bahan serbuk kayu jati yang dipadukan dengan sekam padi belum memenuhi standar SAE J661 pada pengujian densitas ($1,13 - 1,24 \text{ gr}/\text{cm}^3$), kekerasan ($14,83 - 22,00 \text{ HRC}$) dan keausan ($3,83 \times 10^{-5} - 2,72 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kg}^{-1}$), sedangkan pada uji kelenturan ($490,33 - 529,55 \text{ N}/\text{cm}^2$) memenuhi nilai standar karena berada diantara nilai $480 - 1500 \text{ N}/\text{cm}^2$. Sekam padi memberikan pengaruh pada peningkatan nilai densitas, kekerasan dan keausan sedangkan serbuk kayu jati digunakan untuk meningkatkan nilai kelenturan material komposit. Berasarkan semua hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sampel C memiliki kualitas paling optimal meskipun belum memenuhi standar SAE J661.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis

mengucapkan terimakasih kepada PTKI Medan yang sudah memberikan kemudahan dalam menggunakan laboratorium sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian tepat waktu.

DAFTAR NOTASI

ρ	: Massa jenis (kg/m^3)
m	: massa (kg)
V	: Volume (m^3)
W_s	: Nilai laju keausan ($\text{mm}^2\text{kg}^{-1}$)
B	: Tebal piringan keausan (mm)
Bo	: Lebar celah keausan pada benda uji (mm)
r	: Jari – jari piringan pengaus (mm)
Q	: Berat tekanan keausan (kg)
Lo	: Jarak tempuh prosesd pengausan (mm)

DAFTAR PUSTAKA

- Bagaskara, A., Widodo, S., Pramono, C., Pengaruh serbuk kulit biji mangga sebagai penguat komposit kampas rem terhadap sifat mekanis, *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1), 1-7, 2020.
- Desiasni, R., Widyawati, F., Monica, R., Pengaruh ukuran partikel terhadap sifat fisika dan mekanik komposit limbah limbah gergaji kayu jati dengan matrik resin epoxy, *Jurnal Teknik dan Sains*, 3(1), 46-52, 2022.
- Dwi Handoko, R., Setiawan, F., Sehono, Pengaruh fraksi serbuk kayu jati terhadap kekuatan komposit partikel dengan pengujian impact, *Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(2), 322–329, 2022.
- Ginting S, E., Putri, I, S., Puspitasari, R., Arsela, R., Firdaus, I., Sembiring, S, karakteristik struktur mikro dan gugus fungsi komposit silika sekam padi dan aspal, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 8(1), 93-100, 2020.
- Gugun, G., Alamsyah, M, H, Analysis of mechanical properties character of mechanics composite brake pads material reinforced by teak wood powder and brass powder, *Jurnal Rekayasa Energi Manufaktur*, 5(1), 9-12, 2020
- Gunadi, W, Prospek dan strategi bersaing pada industri furniture berbahan kayu jati, *Jurnal Ilmiah M-Progres*, 11(1), 1-15, 2021
- Haroen, W. K., Rekayas mesin pencetak kampas rem serat pulp non-asbestos. *Jurnal Simetris*, 8(1), 1-7, 2017.
- Ihsan, N.M., Wicaksono, D., Sehono, S, Uji keausan kampas rem berbahan limbah organik menggunakan metode ogoshi. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(1), 92–96, 2022
- Kosjoko, K., Mufarida, N. A, Pemanfaatan limbah serbuk arang kayu jati (tectona grandis l.f) sebagai material brake pads. j-proteksion: *Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 7(1), 21–27. 2022.
- Kristianta, F., Kristian T, A, I., Sholahuddin, I, Variasi ukuran terhadap kekerasan dan laju keausan komposit epoxy aluminium-serbuk tempurung kelapa untuk kampas, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(3), 149–153. 2017.
- Kurniawan, M.A., Prasetyo, Y., Srianto, S., Fahmadi, A.E., Rifano, R., Characterization of brake pads by variation in composition of teak wood powder and rice husk ash, *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 2(2), 190–197, 2022.
- Laksono, A.D., Ernawati, L., Maryant, D., Pengaruh fraksi volume komposit polyester berpenguat limbah sebuk kayu bangkirai terhadap sifat material akustik, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(3), 277-285, 2019.
- Lazuardi, M., Hartono, M., Pengaruh komposisi dan temperatur material biokomposit terhadap kinerja kampas rem non asbestos, *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur*, 05(01), 29–34., 2022
- Mubarrok, M.H., Pengaruh ukuran serbuk kuningan terhadap ketahanan aus, koefisien gesek dan kekerasan kampas rem, Penerbit Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2014.
- Purboputro, P.I, Pembuatan kampas rem menggunakan serat pelepah pisang dengan variasi butiran aluminium silikon (Al-Si) mesh 50, 60, 100 terhadap tingkat kekerasan, keausan, dan koefisien gesek, *Simposim Nasional RAPI XX*, 223-228, 2021.
- Septiyanto, A.R., Suroso, I., Utami, N, Analisis kekerasan dan keausan bearing pada pesawat cessna grand carravan 208B. Turbo, 11(1), 117–124, 2022
- Sidiq, M.F., Optimiliasasi suhu sintering terhadap sifat mekanis komposit serbuk kayu jati, serbuk tempurung kelapa dan kuningan dengan resin epoxy pada kampas rem, Penerbit Fakultas Teknik Universita Tidar, Magelang, 2022
- Sukamto, Mulyanti, J., Swandono, A., Kekuatan lengkung dan impak material parket lantai berbahan dasar serbuk gergaji kayu jati, *Seminar Nasional Diseminasi Hasil Penelitian 2021 Universitas Janabadra Yogyakarta*, 326-330, 2021.