

ANALISA MATERIAL ALTERNATIF KANVAS REM SEPEDA MOTOR BERBAHAN KACA DAN PISTON BEKAS TERHADAP UJI KEKERASAN DAN UJI KEAUSAN

Anang Ardiansyah

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

E-mail : anangar24@gmail.com

Abstrak

Limbah kaca memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai material alternatif untuk bahan dasar komposit yang kuat. Kaca yang didominasi oleh bahan penyusun silika (SiO_2) diatas 60 persen memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi ($1400^{\circ}C$ - $1600^{\circ}C$) dan sifat mekanik yang sangat kuat. Limbah Piston tergolong material yang banyak mengandung unsur paduan aluminiumnya yang bersifat mekanik dan material jenis aluminium sangat tahan terhadap korosi sehingga kelembapan udara tidak menjadi pengaruh pada kondisi permukaannya, dalam dunia kelistrikan aluminium ini cukup baik di gunakan sebagai penghantar arus listrik. Daur ulang merupakan salah satu cara yang digunakan untuk meminimalkan jumlah sampah yang ada sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomisnya menjadi barang-barang yang berguna. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh komposisi kaca dan piston bekas Komposisi A (10% Serbuk Kaca, 50% Serbuk Piston), Komposisi B (20% Serbuk Kaca, 40% Serbuk Piston), Komposisi C (30% Serbuk Kaca, 30% Serbuk Piston), Komposisi D (40% Serbuk Kaca, 20% Serbuk Piston), dan Komposisi E (50% Serbuk Kaca, 10% Serbuk Piston) serta pengaruh penambahan beserta ukuran serbuk kaca (60 mesh, 80 mesh, dan 100 mesh) dalam pemanfaatan sebagai kanvas rem sepeda motor.

Kata Kunci: Kanvas Rem, Komposit, Daur Ulang, Material Alternatif

I. PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (Yandra, 2021), jenis sampah yang dihasilkan manusia tidak hanya dalam bentuk organik tetapi juga dapat berupa sampah anorganik (Siswati dkk, 2022). Berdasarkan data Menteri Lingkungan dan Kehutanan (LHK) tahun 2020 menyebutkan bahwa data sampah di Indonesia mencapai 67.8 juta ton, dari jumlah tersebut 0.7 juta ton merupakan sampah kaca. Dari riset diatas, diketahui jenis sampah yang dihasilkan di Indonesia adalah sampah organik (60%), sampah plastik (14%), sampah kertas (9%), metal (4.3%), kaca dan kayu (12.7%).

Limbah kaca dalam jumlah besar yang berasal dari industri maupun rumah tangga merupakan sumber masalah bagi lingkungan. Limbah kaca khususnya di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Semarang maupun Yogyakarta terus meningkat. Hal ini disebabkan terus meningkatnya konsumsi masyarakat terhadap minuman yang menggunakan kaca sebagai bahan kemasan. Belum lagi limbah kaca yang dihasilkan oleh industri dan perusahaan komersial seperti toko-toko kaca yang memotong serta menghaluskan kaca setiap harinya. Pada pembuatan gedung-gedung tinggi di Jakarta kaca banyak digunakan, karena dari segi arsitektur terlihat lebih indah. Limbah kaca memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan dasar komposit yang kuat. Kaca yang didominasi oleh bahan penyusun silika (SiO_2) diatas 60% memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi ($1400^{\circ}C$ - $1600^{\circ}C$) dan sifat mekanik yang sangat kuat (Kumagai S. & Sasaki, J. 2009).

Limbah Piston tergolong material yang banyak mengandung unsur paduan aluminiumnya yang bersifat mekanik dan material jenis aluminium sangat tahan terhadap korosi sehingga kelembapan udara tidak menjadi pengaruh pada kondisi permukaannya (Solechan. 2010), dalam dunia kelistrikan aluminium ini cukup baik di gunakan sebagai penghantar arus listrik. Material jenis ini kebanyakan juga digunakan di dunia otomotif, pemesinan hingga dunia industri seperti halnya komponen dalam dunia otomotif yaitu Brake Stop yang fungsinya sebagai penahan tutup kampas rem pada sepeda motor sehingga saat

proses pengereman bias menahan beban kejut / sepeda motor berhenti secara tiba – tiba sehingga tutup kapas rem tidak ikut berputar mengikuti hentakan/ beban kejutnya.

Limbah Piston juga banyak didaur ulang menjadi komponen otomotif atau industri dengan cara menjadikan bahan baku utama dalam pengecoran logam menggunakan temperatur tuang tertentu yang sesuai dengan kebutuhan, ini semua bertujuan untuk memanfaatkan barang bekas yang dapat dijadikan barang baru yang bernilai tinggi.

Daur ulang merupakan salah satu cara yang digunakan untuk meminimalkan jumlah sampah yang ada sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomisnya menjadi barang-barang yang berguna. Daur ulang merupakan proses untuk mengurangi penggunaan bahan baku yang baru, mengurangi penggunaan energi, mengurangi polusi, kerusakan lahan, dan emisi gas rumah kaca jika dibandingkan dengan proses pembuatan barang baru. Material yang bisa didaur ulang terdiri dari sampah kaca, plastik, kertas, logam, tekstil, dan barang elektronik.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai "Analisa Material Alternatif Kanvas Rem Sepeda Motor Berbahan Kaca dan Piston Bekas Terhadap Uji Kekerasan dan Uji Keausan".

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui cara pembuatan kanvas rem sepeda motor berbahan limbah kaca dan piston bekas.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi serbuk kaca pada kanvas rem sepeda motor dengan Komposisi A (10% Serbuk Kaca, 50% Serbuk Piston), Komposisi B (20% Serbuk Kaca, 40% Serbuk Piston), Komposisi C (30% Serbuk Kaca, 30% Serbuk Piston), Komposisi D (40% Serbuk Kaca, 20% Serbuk Piston), dan Komposisi E (50% Serbuk Kaca, 10% Serbuk Piston).
3. Untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk kaca pada pemanfaatan menjadi kanvas rem sepeda motor dengan variasi ukuran serbuk kaca 60 mesh, 80 mesh, dan 100 mesh.

II. METODOLOGI PENELITIAN

8. Persiapan alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gerinda Tangan, Mesin Bubut, Mesin Bending Pelat, Cetakan, Tempering Furnace, Thermometer, Ayakan, Universal Hardness Tester, Alat Uji Keausan Pin On Disc. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah gelas kaca sebagai penguat (reinforce), piston bekas mobil ISUZU NKR71 sebagai pengisi (filler), dan resin phenolic sebagai pengikat (matriks).

9. Pembuatan serbuk kaca

Kaca yang telah dibersihkan selanjutnya dilakukan penumbukan secara mekanis dengan meletakkan kaca ke dalam wadah penumbuk, selanjutnya diayak untuk memperoleh ukuran serbuk kaca 60 mesh, 80 mesh, dan 100 mesh (ASTM-E-11 61).

10. Pembuatan serbuk piston bekas

Piston bekas Engine 4HG1 mobil ISUZU NKR71 dibersihkan dari kotoran terutama kerak. Piston bekas yang telah bersih digerinda menggunakan gerinda tangan di dalam wadah penampungan agar serbuk hasil proses penggerindaan tidak terbuang, selanjutnya diayak untuk memperoleh ukuran serbuk piston 100 mesh (ASTM-E-11-61).

11. Pembuatan serbuk resin phenolic

Bongkahan resin phenolic dimasukkan ke dalam plastik transparan, kemudian resin di dalam plastik digiling secara manual menggunakan rol penggiling, selanjutnya diayak untuk memperoleh ukuran serbuk 60 mesh (ASTM-E-11-61).

12. Persiapan bahan kanvas rem

Serbuk kaca, serbuk piston, dan serbuk resin phenolic yang telah diayak selanjutnya ditimbang sesuai komposisi masing-masing serbuk dalam pembuatan kanvas rem berdasarkan fraksi volume. Produk spesimen kanvas yang akan dibuat berbentuk silinder berdiameter 30 mm dan tebal 7 mm.

a. Percobaan berdasarkan variasi komposisi kanvas rem

Serbuk kaca, serbuk piston dan serbuk resin phenolic yang telah dipersiapkan dan telah ditentukan massa masing-masing komposisinya selanjutnya dilakukan proses penimbangan. Penimbangan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0.001 g.

Tabel 1. Variasi komposisi kanvas rem

Komposisi	Resin Phenolic	Serbuk Kaca	Serbuk Piston
A	40 %	10 %	50 %
B		20 %	40 %
C		30 %	30 %
D		40 %	20 %
E		50 %	10 %

b. Percobaan berdasarkan variasi ukuran serbuk kaca

Dimensi spesimen yang akan dibuat berbentuk silinderis dengan diameter 30 mm dan tebal 7 mm, sehingga volume spesimen (volume cetakan) adalah 4,9455 cm³.

Tabel 2. Variasi komposisi kanvas rem

Bahan	% Bahan	Volume Cetakan (cm ³)	Massa (g)
Resin Phenolic	40 %	4.9455	2.176
Serbuk Kaca	20 %		2.502
Serbuk Piston	40 %		5.127
Massa Total/Spesimen Uji			9.805

13. Proses mixing

Serbuk kaca, serbuk piston dan serbuk resin phenolic yang telah ditimbang untuk setiap komposisinya kemudian dimixing hingga menghasilkan campuran yang homogen. Proses mixing dalam penelitian ini menggunakan metode dry mixing dengan memanfaatkan putaran spindle mesin bubut dengan kecepatan 45 rpm selama 30 menit.

14. Proses kompaksi

Komposisi bahan kanvas rem yang telah melalui proses mixing selanjutnya dicetak menjadi produk spesimen uji kanvas rem menggunakan cetakan yang dirancang berdasarkan modifikasi mesin bending pelat dan dimensi produk spesimen uji. Cetakan kanvas rem diolesi oli (pelumas), lalu cetakan dipasang pada mesin bending pelat dan diposisikan sejajar atau satu sumbu antara punch, dies, dan dudukan cetakan kanvas rem. Komposisi bahan dituang ke dalam cetakan secara perlahan dan diratakan. Proses kompaksi dilakukan menggunakan metode hot compacting single action dengan kompaksi awal sebesar

166 Bar ditahan selama 2 menit dan kompaksi akhir sebesar 196 Bar pada temperatur 150°C dan ditahan selama 5 menit.

15. Proses sintering

Green body dipanaskan pada temperatur $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ dari temperatur leleh resin phenolic (matriks) untuk meningkatkan sifat mekanik. Proses pemanasan dilakukan di dalam Tempering furnace yang dilengkapi dengan sistem kontrol temperatur. Proses sintering dilakukan pada temperatur 150°C dan di holding selama 4 jam.

16. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada produk spesimen kanvas rem serta pada produk kanvas rem komersial sebagai produk pembanding. Pengujian dilakukan sebanyak 5 titik pada setiap spesimen. Pengujian kekerasan menggunakan metode vickers (ASTM E 92-82) dengan beban penekanan sebesar 15.625 kgf dan lama waktu penekanan 30 detik.

17. Pengujian keausan

Pengujian keausan menggunakan metode Pin on disc (ASTM D 3702-95). Pengujian keausan dilakukan pada spesimen uji produk penelitian dengan diameter 30 mm dengan beban penekanan yang diberikan sebesar 3,6 kg dan laju putaran piringan 800 rpm, serta jarak lintasan yang ditempuh 1000 m sehingga diperoleh waktu pengujian keausan selama 13 menit 15 detik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Komposisi Partikel Serbuk Kaca dan Piston Terhadap Kekerasan

komposisi A, B dan C mengalami kenaikan nilai kekerasan. Komposisi C merupakan komposisi dengan nilai kekerasan paling besar, dapat dikatakan bahwa persentase maksimal serbuk kaca untuk menghasilkan kekerasan maksimum produk kanvas rem berada pada komposisi C dengan persentase serbuk kaca 30%. Penambahan lebih lanjut persentase serbuk kaca dari komposisi C mengakibatkan nilai kekerasan menurun. Hal ini terjadi pada komposisi D dan E. Keadaan seperti ini dapat terjadi karena jumlah serbuk kaca yang terlalu banyak akan menyebabkan kontak antar permukaan serbuk kaca dengan matriks tidak terjadi sempurna, sehingga ikatan permukaan antara serbuk kaca dan matriks akan berkurang yang menyebabkan menurunnya nilai kekerasan. Komposit dengan jumlah penguat melebihi batas maksimal menyebabkan kontak permukaan antara penguat dan matriks tidak terjadi sempurna sehingga ikatan permukaan antara penguat dan matriks akan berkurang yang menyebabkan kekuatan tarik menurun. Kekuatan tarik berbanding lurus dengan kekerasan.

komposisi serbuk kaca dan serbuk piston, komposisi A (serbuk kaca 10%, serbuk piston 50%), B (serbuk kaca 20%, serbuk piston 40%), C (serbuk kaca 30%, serbuk piston 30%), D (serbuk kaca 40%, serbuk piston 20%), E (serbuk kaca 50%, serbuk piston 10%). Produk komposisi A, B dan C mengalami peningkatan kekerasan. Komposisi A, B dan C memiliki persentase serbuk piston lebih besar dan sama dengan persentase serbuk kaca. Ukuran serbuk piston yang lebih kecil memiliki luas permukaan kontak yang lebih luas dibandingkan dengan ukuran serbuk kaca, sehingga mampu mengisi rongga rongga kosong (pori) yang terbentuk antar serbuk kaca dan matriks sehingga transfer tegangan antara penguat dan matriks terjadi lebih baik yang menyebabkan sifat mekanik komposit meningkat. Komposisi D dan E, persentase pengisi lebih sedikit dibandingkan persentase penguat, sehingga rongga rongga yang terbentuk antar penguat maupun antara penguat dan matriks lebih banyak dibandingkan jumlah pengisi. Hal ini menyebabkan transfer tegangan antara pengikat dan matriks semakin rendah sehingga terjadi penurunan sifat mekanik. Ukuran partikel yang lebih kecil akan memiliki luas permukaan kontak yang besar sehingga dapat terdispersi lebih baik ke dalam matriks.

2. Pengaruh Komposisi Partikel Serbuk Kaca dan Piston Terhadap Keausan

Komposisi A, B dan C memiliki persentase serbuk kaca yang menyebabkan nilai kekerasan meningkat dengan kekerasan maksimal pada komposisi C. Semakin keras suatu komposit berarti semakin baik ikatan antar penguat dan matriks yang menyebabkan komposit sulit untuk terdegradasi saat diberi beban pengausan. Komposisi D dan E memiliki persentase serbuk kaca yang terlalu tinggi melebihi batas maksimum penguat yang menyebabkan kekerasan menurun. Komposit dengan jumlah penguat melebihi batas maksimum akan menyebabkan kontak antar permukaan penguat dengan matriks tidak terjadi sempurna sehingga ikatan permukaan antara penguat dan matriks akan berkurang yang menyebabkan peningkatan degradasi saat diberi beban pengausan.

Komposisi A, B dan C memiliki persentase serbuk piston yang lebih besar dan sama dengan persentase serbuk kaca. Ukuran serbuk piston yang lebih kecil memiliki luas permukaan kontak yang lebih luas dibandingkan dengan ukuran serbuk kaca, sehingga mampu mengisi rongga-rongga kosong (pori) yang terbentuk antar serbuk kaca dan matriks sehingga transfer tegangan antara penguat dan matriks terjadi lebih baik yang menyebabkan sifat mekanik komposit meningkat yang menyebabkan komposit sulit untuk terdegradasi saat diberi beban pengausan. Komposisi D dan E, persentase pengisi lebih sedikit dibandingkan persentase penguat, sehingga rongga-rongga yang terbentuk antar penguat maupun antara penguat dan matriks lebih banyak jumlahnya dibandingkan jumlah pengisi. Hal ini menyebabkan transfer tegangan antara pengikat dan matriks semakin rendah sehingga terjadi penurunan sifat mekanik yang menyebabkan peningkatan degradasi saat diberi beban pengausan.

3. Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Kaca Terhadap Kekerasan

Nilai kekerasan terendah diperoleh pada ukuran partikel serbuk kaca 60 mesh yaitu 41,296 HVN, sedangkan pada ukuran partikel serbuk kaca 80 mesh diperoleh nilai kekerasan sebesar 48,502 HVN, dan pada ukuran partikel serbuk kaca 100 mesh diperoleh nilai kekerasan tertinggi yaitu 50,058 HVN. Nilai kekerasan produk kanvas rem dari seluruh variasi ukuran partikel serbuk kaca berada di atas nilai kekerasan produk komersial yang dijadikan sebagai pembanding yaitu 40,06 HVN. Nilai kekerasan produk kanvas rem dari seluruh variasi ukuran partikel serbuk kaca yang mendekati nilai kekerasan produk komersial yaitu produk kanvas rem dengan nilai kekerasan terendah yang diperoleh pada ukuran partikel serbuk kaca 60 mesh yaitu 41,296 HVN. Nilai kekerasan pada ukuran partikel serbuk kaca 60 mesh masih berada 1,236 HVN diatas nilai kekerasan produk komersial, agar nilai kekerasan lebih mendekati produk komersial perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan ukuran partikel serbuk kaca yang lebih besar dari ukuran 60 mesh.

Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada komposisi dengan ukuran partikel serbuk kaca terkecil yaitu 100 mesh, pada komposisi ini terjadi interaksi yang kuat antara permukaan serbuk kaca dengan matriks phenolic resin. Reaksi antarfasa akan meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel pengisi komposit. Ukuran partikel serbuk kaca 100 mesh pada komposisi ini mengakibatkan luas permukaan kontak antar partikel serbuk kaca dan phenolic resin lebih luas dari pada ukuran serbuk kaca 60 mesh dan 80 mesh sehingga transfer tegangan antara serbuk kaca dan phenolic resin terjadi lebih baik dan menyebabkan nilai kekerasan meningkat. Ukuran partikel yang lebih kecil akan memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat terdispersi lebih baik ke dalam matriks.

4. Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Kaca Terhadap Keausan

Nilai keausan produk kanvas rem berbanding terbalik dengan nilai kekerasan, semakin keras produk kanvas rem maka nilai keausan semakin rendah. Hasil pengujian keausan menunjukkan nilai keausan produk kanvas rem menurun seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel serbuk kaca. Nilai keausan tertinggi diperoleh pada ukuran partikel serbuk kaca 60 mesh yaitu $8,279 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$, sedangkan pada ukuran partikel serbuk kaca 80 mesh diperoleh nilai keausan sebesar $4,1608 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$, dan pada

ukuran partikel serbuk kaca 100 mesh diperoleh nilai keausan terendah yaitu $2,2398 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$. Nilai keausan produk kanvas rem dari seluruh variasi ukuran partikel serbuk kaca berada di bawah nilai keausan produk komersial yang dijadikan sebagai pembanding yaitu $10,8189 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$. Nilai keausan produk kanvas rem dari seluruh variasi ukuran partikel serbuk kaca yang mendekati nilai keausan produk komersial yaitu produk kanvas rem dengan nilai keausan tertinggi yang diperoleh pada ukuran partikel serbuk kaca 60 mesh yaitu $8,2795 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$. Nilai keausan pada ukuran partikel serbuk kaca 60 mesh masih berada $2,5394 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$ di bawah nilai keausan produk komersial, agar nilai keausan lebih mendekati produk komersial perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan ukuran partikel serbuk kaca yang lebih besar dari ukuran 60 mesh.

Nilai keausan terendah terdapat pada komposisi dengan ukuran partikel serbuk kaca terkecil yaitu 100 mesh, pada komposisi ini terjadi interaksi yang kuat antara permukaan serbuk kaca dengan matriks phenolic resin. Reaksi antarfasa akan meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel pengisi komposit. Ukuran partikel serbuk kaca 100 mesh pada komposisi ini mengakibatkan luas permukaan kontak antar partikel serbuk kaca dan phenolic resin lebih luas dari pada ukuran serbuk kaca 60 mesh dan 80 mesh sehingga transfer tegangan antara serbuk kaca dan phenolic resin terjadi lebih baik dan menyebabkan nilai kekerasan meningkat. Ukuran partikel yang lebih kecil akan memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat terdispersi lebih baik ke dalam matriks.

IV. KESIMPULAN

Simpulan dari hasil penelitian ini adalah komposisi produk kanvas rem yang memiliki nilai sifat mekanik optimum mendekati nilai sifat mekanik produk kanvas rem komersial adalah produk komposisi A dengan komposisi serbuk kaca 10%, serbuk piston 50%, dan serbuk resin phenolic 40%. Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai kekerasan produk komposisi A sebesar 40.549 HVN sementara nilai kekerasan produk komersial sebesar 40.056 HVN. Hasil uji keausan menunjukkan nilai keausan produk komposisi A sebesar $8.826 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$, sementara nilai keausan produk komersial sebesar $10.82 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$. rem dan menurunkan nilai keausan kanvas rem. Sifat mekanik (kerasan dan keausan) kanvas rem optimum yang mendekati sifat mekanik kanvas rem komersial dengan nilai kekerasan sebesar 40,06 HVN dan nilai keausan sebesar $10,8189 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$ diperoleh pada ukuran partikel serbuk kaca 60 mesh dengan nilai kekerasan sebesar 41,296 HVN dan nilai keausan sebesar $8,2795 \times 10^{-12} \text{ m}^3/\text{m}$.

VI. REFERENSI

- Avner, S. H. 1974. *Introduction To Physical Metallurgy*. New York: McGraw-hill Book Company.
- Barasa, F., Badri, M., Yohanes. 2014. Kaji Pembuatan Kanvas Rem Sepeda Motor Bahan Komposit Dengan Filler Palm Slag. Jom FTEKNIK Volume 1 No. 2 Oktober 2014.
- Blau, P.J. 2001. *Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives*. Wear. 255: 1261-1269.
- Breuer,B & Bill.K.,2008. *Brake Technology Handbook*. SAE International, Pennsylvania, PA.
- Callister, William D. 2007. *Materials Science and Engineering An Introduction*. New York: John Wiley and Sons.
- Cho, M.H., Ju, J., Kim, S.J. & Jang, H. 2006. *Tribological properties of solid lubricants (graphite, Sb₂S₃, MoS₂) for automotive brake friction materials*. Wear. 260(7–8): 855–860.
- Gibson, R. 1994. *Principle of Composite Material Mechanics*. New York: McGraw-Hill International Book Company.
- Huang, Y.M. & Shyr, J.S. 2002. *On Pressure Distributions of Drum Brakes*. Journal of Mechanical Design. 124(1): 115-120.
- Kalpakjian, S. 2009. *Manufacturing Engineering and Technology 6th edition*. Chicago: Pearson.
- Kaw, A.K. 2006. *Mechanics of Composite Materials*. 2nd Ed ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Kenneth G and Michael K. 1999. *Engineering Materials*. New Jersey: Upper River.
- Kim, S.J., Hyung Cho, M., Hyung Cho, K. & Jang, H. 2006. *Complementary effects of solid lubricants in the automotive brake lining*. Tribology International. 40(1): 15–20.
- Kiswiranti, Sugianto, Sutikno. 2009. Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Sepeda Motor. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia (Indonesian Journal of Physics Education). 5(1): 62–66.

- Kumagai S. & Sasaki, J. 2009. *Carbon/Silica composite fabricated from rice husk by means of binderless hot-pressing*. *Bioresource Technol* 100: 3308±3315.
- Matthews, F.L., Rawlings, RD. 1993. *Composite Material Engineering and Science*. Imperial College of Science. Technology and Medicine. London, UK.
- Ming, Qiu., Long Chen,. 2016. *Friction, Wear, and Lubrication in the Bearing Application*. Bearing Tribology. 3(1): 12-18.
- Miyoshi, K. 1996. *Solid Lubrication Fundamentals and Applications*. NASA Technical Memorandum. Gleen Research Centre. Cleveland, Ohio.
- Mueller, M. and Osremeyer, G.P. 2006. *A Celuller Automaton Model to DescribeThe Three- Dimensional Friction and Wear Mechanism of Brake System*. Wear 263, 1175–1188.
- Putu, N. & Suardana, G. 2009. Studi Perlakuan Serat Serta Penyerapan Air Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Tapis Kelapa / Polyester Study of Fiber Treatment and Water Absorption toward Tensile Strength of Coconut Filtrate / Polyester Composite. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 3(1): 49–56.
- Roberge, P. R. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw Hill.
- SAE J661, 1997. *Brake Lining Quality Test Procedure*. Society of Automotive Engineers Internastional.
- Santoso, Esriyanto. E, Wijayanto. D. S. 2013. Studi Pemanfaatan Campuran Serbuk Tempurung Kelapa-Aluminium Sebagai Material Alternatif Kampas Rem Sepeda Motor Non-Asbestos. UNS.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw Hill Inc.
- Siswati, L., Eterudin, H., Setiawan, D., Ratnaningsih, A. T., & Yandra, A. (2022). Penyadaran Kepada Ibu Rumah Tangga dalam Pemisahan Sampah Organik dan Anorganik Rumah Tangga di Kecamatan Minas. Diklat Review: Jurnal manajemen pendidikan dan pelatihan, 6(1), 94-101.
- Smallman R.E dan Bishop R. J, Djaprie Sriati, 2000. Metalurgi Fisik Modern dan Rekasaya Bahan. Jakarta : Erlangga.
- Solechan. 2010. Studi Pembuatan Material Piston Menggunakan Limbah Piston Bekas dan ADC 12 yang diperkuat dengan Insert ST 60 dan Besi Cor. *Jurnal RETII* 4. Vol 4, No 1, hal 213-219.
- Solichin, M., Kaelani, Y., 2012. Studi eksperimental laju keausan (specific wear rate) antara ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) dengan stainless steel sebagai sendi lutut buatan (total knee joint replacement) manusia. *Jurnal UPT Perpustakaan* <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-23976-> (diakses pada 08-05- 2018). ITS. Informasi dari 2108100083-Paper.pdf
- Sutikno. 2008. Pengaruh Komposisi Serbuk Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Gesek Non Asbes untuk Aplikasi Kampas Rem Sepeda Motor. Profesional, *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan*, Vol. 6, No. 2, hal. 893- 904.
- Talib, R.J., Ismail, N. 2017. *Friction and wear Behaviors of different grafite vol.% in brake friction material composition*. Proceedings of Mechanical Engineering Day. 3(2): 7-8.
- Telang A. K, Rehman A, Dixit G, Das S. 2010. *Alternate Materials in Automobile Brake Disc Applications With Emphasis on Al Composites-A Technical Review*. Journal of Engineering Research and Studies. India.
- Vlček, J. (2015). *Glass and Ceramic Materials*, 50.
- Wahyudi. T. 2010. Pembuatan dan Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Kampas Rem dengan Bahan Dasar Serbuk Al, Arang Tempurung Kelapa dengan Matriks Epoxy. Surakarta: Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Warszawa. (2014). Info Sheet Soda Lime Float Glass. Continental Trade. Retrieved from www.continentaltrade.com.
- Yandra, A., Husna, K., & Wardi, J. (2021). *Assistance in the administration system of the Pelangi Waste Bank, Siak Regency*. Community Empowerment, 6(8), 1395-1402.
- Yunfeng., Zhang, Y., Song, J. & Hu, L. 2017. *Tribological behavior and lubrication mechanism of self-lubricating ceramic/metal composites: The effect of matrix type on the friction and wear properties*. Wear. 4(1): 130– 138.