

Pengaruh Fraksi Volume Sekam Padi, Aluminium Oksida dan Besi Oksida Terhadap Sifat Mekanik Kampas Rem dengan Matriks Epoxy

Deni Fajar Fitriyana^{1*}, Rahmat Doni Widodo¹, Kriswanto¹, Ahmad Athoillah¹, Ares Yudi Prasetyo¹, Mochamad Dzaki Alrasyid¹, Muhammad Bustanul Aripin¹, Saeful Dimiyati¹, Agustinus Purna Irawan², Tezara Cionita³, Januar Parlaungan Siregar⁴

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Jalan Taman Siswa Sekaran, Gunungpati Semarang 50229.

² Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1; Jakarta Barat 11440.

³ Faculty of Engineering and Quantity Surveying, INTI International University, Nilai 71800, Negeri Sembilan, Malaysia.

⁴ Faculty of Mechanical & Automotive Engineering Technology, Universiti Malaysia Pahang, Pekan 26600, Pahang, Malaysia.

*Email: deniifa89@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Penelitian tentang material alam sebagai pengganti material asbes dalam komposit material gesek kampas rem motor terus mengalami peningkatan. Material dalam kategori biomassa sebagai reinforcement komposit agar mendapatkan karakteristik material yang sesuai standar material gesek kampas rem motor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume sekam padi, aluminium oksida, dan besi oksida terhadap sifat mekanik dari spesimen komposit material gesek kampas rem. Proses pembuatan spesimen menggunakan metode hand lay-up dengan fraksi volume material epoksi (100 wt% dan 50 wt%), sekam padi (0 wt% dan 20 wt%), aluminium oksida (25 wt% dan 15 wt%), dan besi oksida (25 wt% dan 15 wt%). Pada penelitian ini, didapatkan pengaruh fraksi volume sekam padi, aluminium oksida, dan besi oksida terhadap sifat mekanik dari spesimen komposit material gesek kampas rem motor yaitu dapat meningkatkan nilai dari masing-masing hasil pengujian. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa penggunaan material epoksi 50 wt%, sekam padi 20 wt%, aluminium oksida 15 wt%, dan besi oksida 15 wt% membuat ikatan antar partikel spesimen komposit material gesek kampas rem motor semakin baik dikarenakan kandungan silikanya yang tinggi. Oleh karena itu, didapatkan spesimen komposit material gesek kampas rem sepeda motor dengan sifat mekanik yang baik sesuai standar SNI nomor 09-0143-1987 dan SAE J661-1997.

Kata kunci: Kampas rem, komposit, material gesek, sekam padi, sepeda motor

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan jaman, perkembangan teknologi juga mengalami perkembangan yang sangat pesat khususnya di bidang otomotif. Hal tersebut tidak terlepas dengan adanya peningkatan dari jumlah pengguna kendaraan khususnya kendaraan bermotor. Sepanjang 2022, populasi sepeda motor di Indonesia mencapai 126.350.426 unit (Harahap, 2023).

Berdasarkan data tersebut, menyebabkan peningkatan penggunaan suku cadang pada kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor dibuat dengan tampilan kenyamanan dan keamanan bagi pengguna, baik dari desain maupun sistem pengereman. Secara umum sistem pengereman merupakan komponen yang menunjang keselamatan berkendara. Salah satu bagian terpenting dari sistem pengereman adalah material gesek kampas rem (Irawan dkk., 2022).

Material gesek terbuat dari bahan yang memiliki sifat mekanik dan performa tribologi yang baik. Bahan penyusun komposit untuk material gesek umumnya terdiri dari material pengikat, penguat (reinforcement), abrasif, dan pengisi (*filler*). Sifat mekanik yang diharapkan dari material gesekan meliputi kekerasan, kekuatan tarik, ketahanan korosi, dan ketahanan panas. Sedangkan performa tribologi yang diinginkan meliputi keausan yang kecil dan koefisien gesekan yang tinggi, baik pada saat kontak kering maupun kontak basah (Irawan dkk., 2022).

Secara umum material gesek pada kampas rem menggunakan asbes sebagai penguat dan resin sebagai pengikat untuk dijadikan kampas rem. Namun, berdasarkan penelitian WHO (*world health organization*) dan IARC (*International Agency for Research on Cancer*)

asbes dapat menyebabkan kanker paru-paru dari debu yang dihasilkan.

Selain itu, kampas rem asbes dapat mengalami *fading* pada suhu di atas 200°C (Irawan dkk., 2022).

Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan kampas rem non-asbes sebagai pengganti bahan asbes tetapi tetap mempertahankan sifat tribologi dan sifat mekaniknya. Kampas rem non-asbes juga telah beredar di pasaran, tetapi harganya relatif mahal karena terbuat dari beberapa jenis material fiber dan dapat bertahan pada suhu 300°C (Iman & Widjanarko, 2020). Material komposit yang menggunakan material limbah organik dari hasil pertanian dapat menggantikan material asbes pada kampas rem (Shinde & Mistry, 2017).

Perkembangan penelitian di seluruh dunia saat ini telah berfokus pada cara yang dapat di capai untuk memanfaatkan limbah industri dan pertanian untuk pengganti material kampas rem berbahan dasar asbes dan resin anorganik. Pemanfaatan limbah industri dan pertanian tidak akan berbahaya tetapi dapat meningkatkan pendapatan dan pengendalian lingkungan. Bahan organik yang dihasilkan dari pertanian dan perkebunan seperti bambu, pohon aren, ampas tebu, batang jagung, pisang, batok kelapa, nanas, jerami padi, dan sekam padi adalah bahan yang sering digunakan sebagai material penguat dari kampas rem yang dapat diterima secara komersial dan ramah lingkungan (Lawal dkk., 2019). Limbah pertanian mempunyai potensi besar sebagai bahan komposit karena kekuatannya yang tinggi, ramah lingkungan, harga terjangkau, mudah ditemukan, dan tersedia dalam jumlah yang sangat besar (Nguyen dkk., 2017; OGAH & Timothy, 2018)(Hariyanto, 2016; Alam Nasroh Mahfuzin dkk., 2020; Nurmala Shanti Dera, Saiful Ismail, Novriyanti Talango, 2023).

Berbagai penelitian telah dilakukan agar mendapatkan material kampas rem komposit ramah lingkungan. Penelitian yang dilakukan oleh Suhot, dkk., (2021) menggunakan sekam padi pada pembuatan kampas rem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan silika yang tinggi dapat membentuk material dengan kekerasan yang baik, sehingga membuat material tahan akan goresan dan tahan lama (Suhot dkk., 2021) (Taufik dkk., 2018). Kapoor, dkk., (2017) menggunakan sekam padi dan jerami padi untuk menghasilkan material gesek kampas rem non-asbes.

Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan sekam padi dan jerami padi dapat menghasilkan bahan dengan sifat dan ketahanan aus seperti bahan keramik (Kapoor & Sanjeev, 2016). Penggunaan material alam dalam pembuatan material kampas rem juga di teliti oleh Paramasivam, dkk., (2020). Penelitian tersebut menggunakan beberapa material alam yaitu serat pisang, serat kelapa, dan serbuk sekam padi dengan di variasikan fraksi volumenya dengan resin epoksi sebagai matriks. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan material alam serat pisang, serabut kelapa, dan sekam padi dengan resin epoksi serta penambahan aluminium oksida dan grafit dapat menambah kekuatan pada material alam kampas rem dengan metode *hand lay-up* (Paramasivam dkk., 2020).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume sekam padi, aluminium oksida (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3) terhadap sifat mekanik pada material gesek kampas rem komposit. Penelitian ini perlu dilakukan untuk menghasilkan material kampas rem sepeda motor yang ramah lingkungan dan memenuhi standar SNI nomor 09-0143-1987 dan SAE J661-1997 agar dapat menggantikan kampas rem dengan material asbes.

METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu epoksi, sekam padi, aluminium oksida (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3). Resin epoksi dengan karakteristik densitas $1,18 \text{ g/cm}^3$, *tensile strenght* 63,7 MPa, *flexural strenght* 81,3 MPa (Primaningtyas dkk., 2019). Komposisi sekam padi berupa serat kasar 35,68 %, karbohidrat 33,71 %, oksigen 33,64 %, silika 16,98 %, kadar air 9,02 %, protein kasar 3,03 %, lemak 1,18 %, hidrogen 1,54 %, karbon 1,33 % dengan densitas $0,7 \text{ g/cm}^3$ (A. N. Mahfuzin dkk., 2019). Karakteristik aluminium oksida berupa densitas $2,2 \text{ g/cm}^3$, titik leleh 2072°C, titik didih 2977°C. Sedangkan besi oksida mempunyai densitas $4,6 \text{ g/cm}^3$. Gambar 1 menunjukkan masing-masing material yang digunakan pada penelitian ini. Pada penelitian ini pembuatan spesimen dilakukan menggunakan metode *hand lay-up*. Proses mencetak dilakukan secara bertahap sesuai dengan variasi fraksi volume yang telah ditentukan (Tabel. 1).



Gambar 1. Raw Material

Sekam padi diubah menjadi serbuk dengan mesin *crusher*. Setelah itu, dilakukan penyaringan serbuk sekam padi untuk mendapatkan ukuran partikel 100 *mesh* dan di keringkan untuk menghilangkan kadar air pada sekam padi dengan cara di oven (80°C selama 24 jam).

Selanjutnya, proses pencampuran semua material menggunakan *hand mixer* di dalam gelas plastik secara bertahap. Pencampuran resin epoksi dan *hardener* (3:1) selama 7 menit. Kemudian pencampuran serbuk sekam padi, aluminium oksida, dan besi oksida selama 5 menit. Pencampuran material serbuk dengan resin dilakukan selama 10 menit. Setelah semua material tercampur secara homogen, tuangkan ke dalam cetakan spesimen komposit dan diratakan menggunakan rol dan kuas. Komposit yang terbentuk di keringkan pada temperatur ruang selama 2 x 24 jam. Setelah itu, spesimen komposit dilakukan proses pengujian dan karakterisasi.

Tabel 1 Fraksi volume spesimen material gesek kampas rem

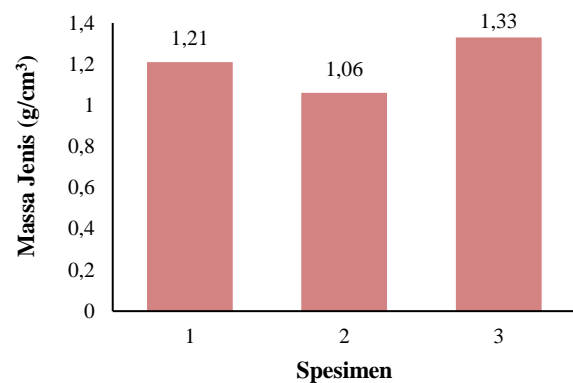
Kode Spesimen	Epoxy (wt%)	Sekam Padi (wt%)	Fe ₂ O ₃ (wt%)	Al ₂ O ₃ (wt%)
1	100	0	0	0
2	50	0	25	25
3	50	20	15	15

Pengujian dan Karakterisasi pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan yaitu pengujian densitas, pengujian *impact charpy*, dan pengujian Tarik. Pengujian densitas dilakukan berdasarkan standar ASTM D792 menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01. Pengujian *impact charpy* yang dilakukan menggunakan mesin *impact testing machine Gotech* berdasarkan standar ASTM D6110 dengan kecepatan pendulum = 3,46 m/s, sudut $\alpha = 150^\circ$, dan span = 101,6 mm. Pengujian tarik yang dilakukan berdasarkan standar ASTM

D638 tipe 1 untuk mendapatkan nilai *max force* dan *elongation* serta nilai *tensile strenght* pada spesimen komposit material gesek kampas rem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan bahwa komposit material gesek kampas rem dengan nilai densitas terendah terdapat pada spesimen 2 yaitu 1,06 g/cm³ dan nilai massa jenis tertinggi pada spesimen 3 yaitu 1,33 g/cm³. Pada pengujian densitas, nilai yang didapatkan berkaitan dengan ikatan antar material penyusun komposit. Hal tersebut yang menjadikan salah satu faktor nilai densitas spesimen komposit material gesek kampas rem nilai tertinggi di miliki oleh spesimen 3 dengan fraksi volume sekam padi tertinggi yaitu 20% sekam padi.



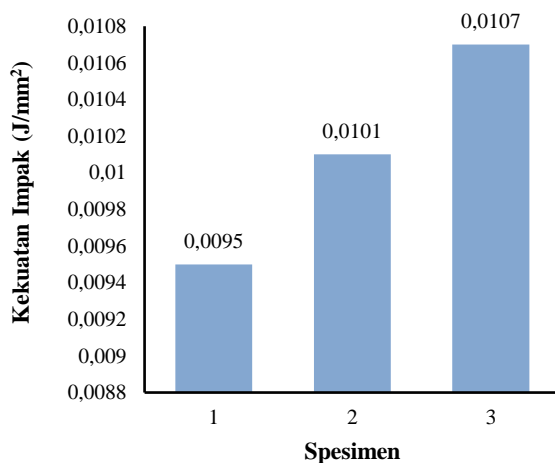
Gambar 2. Perbandingan nilai massa jenis spesimen uji

Semakin bertambahnya fraksi volume sekam padi, maka kandungan silika yang terkandung dalam spesimen komposit juga semakin bertambah. Kandungan silika berfungsi sebagai penyerap uap air yang dapat membentuk ikatan antar material penyusun spesimen komposit sehingga dapat menyatu lebih baik. Hal tersebut dikarenakan kandungan kadar air yang rendah dapat membuat kerapatan ikatan antar material penyusun pada spesimen komposit material gesek kampas rem semakin baik. Kandungan kadar air yang tinggi pada spesimen komposit dapat mengganggu matriks dalam fungsi utamanya sebagai material pengikat pada komposit.

Komposit dengan penguat sekam padi dapat di aplikasikan dalam pembuatan kampas rem (Suhot dkk., 2021). Hal tersebut dikarenakan sekam padi memiliki kandungan

silika tinggi yang dapat menjadikan struktur penyusun komposit memiliki kerapatan yang baik, sehingga dapat membentuk spesimen komposit material gesek kampas rem dengan kemampuan tahan akan keausan dan tahan lama.

Pada spesimen 3 dengan variasi fraksi volume 50% resin, 20% sekam padi, 15% aluminium oksida, dan 15% besi oksida menghasilkan densitas sebesar $1,33 \text{ g/cm}^3$. Hasil penelitian tersebut memenuhi kriteria densitas pada kampas rem yang ditentukan oleh SAE yaitu sebesar $1,5 - 2,4 \text{ g/cm}^3$. Selain itu, hasil penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian lain yang menghasilkan kampas rem dengan densitas sebesar $1,10 \text{ g/cm}^3$ (Nandiyanto dkk., 2021).



Gambar 3. Perbandingan nilai harga impact spesimen uji

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian *impact charpy* pada spesimen komposit material gesek kampas rem. Kekuatan impact terendah terdapat pada spesimen 1 yaitu $0,0095 \text{ J/mm}^2$ dan kekuatan impact tertinggi pada spesimen 3 yaitu $0,0107 \text{ J/mm}^2$. Hasil pengujian menunjukkan adanya material sekam padi dan material tambahan (Al_2O_3 dan Fe_2O_3) dapat berpengaruh dalam meningkatkan nilai harga impact material gesek kampas rem. Hal tersebut dibuktikan dari variasi fraksi volume spesimen 2 dan 3 yang menunjukkan nilai harga impact yang lebih tinggi dari spesimen 1. Kekuatan impact berkaitan dengan ikatan antar material penyusun komposit.

Hal tersebut yang menjadikan salah satu faktor nilai harga impact spesimen komposit material gesek kampas rem nilai tertinggi di miliki oleh spesimen 3 dengan fraksi volume

sekam padi tertinggi yaitu 20% sekam padi. Kandungan silika yang tinggi pada sekam padi, dapat meningkatkan kekuatan mekanik material. Semakin tinggi densitas, maka kekuatan impact semakin tinggi.

Dalam penerapannya, kekuatan mekanik suatu material berbanding lurus dengan nilai densitas yang didapatkan. Hal tersebut dikarenakan semakin baik kerapatan ikatan antar material penyusun, menyebabkan nilai kekuatan mekanik suatu material akan semakin tinggi. Namun, hasil nilai harga impact pada penelitian ini tidak sesuai dengan tren nilai densitas. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut dapat terjadi, salah satunya persebaran susunan antar material yang tidak merata di semua sisi spesimen komposit material gesek kampas rem dikarenakan menggunakan metode *hand lay-up*.

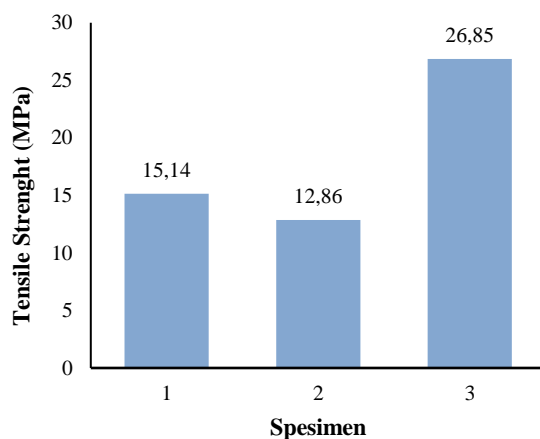
Metode *hand lay-up* pada pembuatan komposit memungkinkan adanya proses manufaktur komposit yang kurang sempurna, dikarenakan semua proses dilakukan dengan manual. Meskipun proses pembuatan spesimen komposit dalam satu perlakuan yang sama yaitu pada satu waktu dan secara bersamaan dalam satu cetakan komposit (Prakusya dkk., 2019).

Penelitian ini menghasilkan tren yang tidak linier pada harga impact dan densitas, hal tersebut terjadi juga pada penelitian yang dilakukan oleh Mawardi, dkk., (2022). Hasil penelitian tersebut menunjukkan harga impact dan nilai densitas tidak berbanding lurus. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai harga impact tertinggi pada varian HBK-1, akan tetapi nilai densitas tertinggi pada varian HBK-3 (Mawardi dkk., 2022). Hasil analisis data dari pengujian *impact charpy* menunjukkan nilai harga impact (HI) tertinggi terdapat pada spesimen komposit material gesek kampas rem pada spesimen 3 dengan variasi fraksi volume 50% resin, 20% sekam padi, 15% aluminium oksida, dan 15% besi oksida yaitu sebesar $0,0107 \text{ J/mm}^2$. Harga *impact* yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan harga *impact* yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya. Harga *impact* yang didapatkan pada penelitian tersebut sebesar $0,0080 \text{ J/mm}^2$ (Iman & Widjanarko, 2020).

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian tarik pada spesimen komposit material gesek kampas rem. *Tensile strenght* terendah terdapat pada spesimen 2 yaitu $12,86 \text{ MPa}$ dan nilai *tensile strenght* tertinggi pada spesimen 3 yaitu

26,85 MPa. Nilai *tensile strenght* berkaitan dengan nilai densitas pada setiap spesimen.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *tensile strenght* berbanding dengan densitas pada setiap spesimen komposit. Hal tersebut yang menjadikan salah satu faktor nilai *tensile strenght* spesimen komposit material gesek kampas rem nilai tertinggi di miliki oleh spesimen 3 dengan fraksi volume sekam padi tertinggi yaitu 20% sekam padi. Kandungan silika yang tinggi pada sekam padi, dapat meningkatkan kekuatan mekanik suatu material.



Gambar 4. Perbandingan nilai *tensile strenght* spesimen uji

Pada penelitian ini, pengujian tarik spesimen komposit material gesek kampas rem diberikan beban tarik secara *continuous*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen komposit material gesek pada saat dilakukan penekanan mengalami patah getas (*brittle fracture*) di mana spesimen tidak mengalami deformasi plastis, sehingga deformasi yang terjadi adalah deformasi elastis kemudian mengalami patah.

Hasil analisis data dari pengujian tarik menunjukkan nilai *tensile strenght* optimal terdapat pada spesimen komposit material gesek kampas rem pada spesimen 6 dengan variasi fraksi volume 50% resin, 20% sekam padi, 15% aluminium oksida, dan 15% besi oksida.

Nilai *tensile strenght* optimal dari spesimen 6 yaitu 26,85 MPa dibandingkan dengan nilai *tensile strenght* standar kampas rem SAE J661-1997 sebesar 4,8 - 15 MPa.

PENUTUP

Kesimpulan

Pembuatan spesimen material gesek kampas rem berbahan resin *epoxy*, sekam padi, aluminium oksida, dan besi oksida telah berhasil dilakukan. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, fraksi volume sekam padi, aluminium oksida, dan besi oksida berpengaruh secara signifikan terhadap sifat mekanik dari spesimen komposit material gesek kampas rem. Penambahan sekam padi, aluminium oksida, dan besi oksida dapat meningkatkan sifat mekanik pada spesimen yang dihasilkan. Penggunaan sekam padi 20%, aluminium oksida (Al_2O_3) 15%, dan besi oksida (Fe_2O_3) 15% pada spesimen 3 menghasilkan densitas yang lebih tinggi dibandingkan spesimen 1 dan spesimen 2. Hal ini terjadi karena ikatan antar partikel penyusun spesimen komposit material gesek kampas rem semakin baik. Semakin tinggi densitas yang dihasilkan menyebabkan peningkatan kekuatan tarik dan dampak pada spesimen. Hal ini dapat terlihat dengan jelas pada spesimen 3 dengan kekuatan tarik dan dampak yang lebih tinggi dibandingkan spesimen yang lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik UNNES atas dukungan yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini dengan Kontrak Penelitian Nomor 1.13.4/UN37/PPK.05/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, D. A. (2023). *Inilah 5 Provinsi dengan Jumlah Sepeda Motor Terbanyak 2022 - Otomotif Tempo.co.*
- Hariyanto, A. (2016). REKAYASA DAN MANUFAKTUR KOMPOSIT SANDWICH BERPENGUAT SERAT RAMI BERMATRIK POLIESTER DENGAN CORE BERPENGUAT SEKAM PADI BERMATRIK UREA FORMALDEHIDE UNTUK PANELLING. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 12(2), 32–36.
- Iman, N., & Widjanarko, D. (2020). Karakteristik Komposit Partikel Arang Kayu Akasia Bermatrik Epoxy Sebagai Salah Satu Alternatif Kampas Rem Non-Asbestos. *Rotasi*, 22(1), 7–13.
- Irawan, A. P., Fitriyana, D. F., Tezara, C., Siregar, J. P., Laksmidewi, D., Baskara, G.

- D., Abdullah, M. Z., Junid, R., Hadi, A. E., Hamdan, M. H. M., & Najid, N. (2022). Overview of the Important Factors Influencing the Performance of Eco-Friendly Brake Pads. *Polymers*, *14*(6), 1–22.
<https://doi.org/10.3390/polym14061180>
- Kapoor, S., & Sanjeev. (2016). A Paper Review on Scope of Non Asbestos and Natural Wastes Material. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, *3*(7), 107–112.
- Lawal, S. S., Ademoh, N. A., Bala, K. C., & Abdulrahman, A. S. (2019). A Review of the Compositions, Processing, Materials and Properties of Brake Pad Production. *Journal of Physics: Conference Series*, *1378*(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/3/032103>
- Mahfuzin, A. N., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2019). ANALISIS FILTER KERAMIK BERPORI BERBASIS ZEOLIT ALAM DAN ARANG SEKAM PADI DALAM MENURUNKAN KANDUNGAN PARTIKEL AIR SUMUR GALIAN. *16*(1), 9–25.
- Mahfuzin, Alam Nasroh, Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2020). Analisis Filter Keramik Berpori Berbasis Zeolit Alam Dan Arang Sekam Padi Dalam Menurunkan Kandungan Partikel Air Sumur Galian. *Jurnal Ilmiah Momentum*, *16*(1), 63–68.
<https://doi.org/10.36499/mim.v16i1.3363>
- Mawardi, I., Nurdin, Zaini, Usman, & Saifuddin. (2022). Karakteristik Kekuatan Impak dan Kekerasan Hybrid Biocomposite Berbasis Epoksi yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Serat Sintetis. *16*(1), 1–8.
- Nandiyanto, A. B. D., Hofifah, S. N., Girsang, G. C. S., Putri, S. R., Budiman, B. A., Triawan, F., & Al-Obaidi, A. S. M. (2021). The effects of rice husk particles size as a reinforcement component on resin-based brake pad performance: from literature review on the use of agricultural waste as a reinforcement material, chemical polymerization reaction of epoxy resin, to experiments. *Automotive Experiences*, *4*(2), 68–82.
<https://doi.org/10.31603/ae.4815>
- Nguyen, H., Zatar, W., & Mutsuyoshi, H. (2017). 4 - Mechanical properties of hybrid polymer composite. In V. K. Thakur, M. K. Thakur, & A. B. T.-H. P. C. M. Pappu (Ed.), *Hybrid Polymer Composite Materials Properties and Characterisation* (hal. 83–113). Woodhead Publishing.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100787-7.00004-4>
- Nurmala Shanti Dera, Saiful Ismail, Novriyanti Talango, S. I. (2023). SIFAT FISIK PAPAN KOMPOSIT LIMBAH SEKAM PADI BERPEREKAT POLIYESTER DENGAN SURFACE METODE. *Jurnal Ilmiah Momentum*, *19*(1), 27–32.
- OGAH, O., & Timothy, U. (2018). Mechanical Behavior of Agricultural Waste Fibers Reinforced Vinyl Ester Bio-composites. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*, *5*, 1–10.
<https://doi.org/10.9734/AJOPACS/2018/35841>
- Paramasivam, K., Jayaraj, J. J., & Ramar, K. (2020). Evaluation of natural fibers for the production of automotive brake pads replacement for asbestos brake pad Evaluation of Natural Fibers for the Production of Automotive Brake Pads Replacement for Asbestos Brake Pad. *AIP Conference Proceedings*, *040005*(December), 1–9.
- Prakusya, H., Wicaksono, S. T., & Purbawanto Hidayat, M. I. (2019). Pengaruh Komposisi Filler Limbah Polypropylene dan Sekam Padi terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit untuk Aplikasi Papan Semen Partikel. *Jurnal Teknik ITS*, *8*(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.44579>
- Primaningtyas, W. E., Sakura, R. R., Suheni, Syafi'I, I., & Adhyaksa, A. A. G. A. D. (2019). Asbestos-free Brake Pad Using Composite Polymer Strengthened with Rice Husk Powder. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *462*(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/462/1/012015>
- Shinde, D., & Mistry, K. N. (2017). Asbestos base and asbestos free brake lining materials : comparative study. *International Journal of Scientific World*, *5*(1), 47.
<https://doi.org/10.14419/ijsw.v5i1.7082>
- Suhot, M. A., Hassan, M. Z., Aziz, S. A., & Md Daud, M. Y. (2021). Recent progress of rice husk reinforced polymer composites:

A review. *Polymers*, 13(15).
<https://doi.org/10.3390/polym13152391>
Taufik, A., Darmanto, & Imam Syafa'at. (2018).
*Analisis Keausan Kampas Rem pada Disk
Break dengan Variasi Kecepatan.*