

Analisa Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Tempurung Buah Maja

Wear Analysis of Motorcycle Brake Pads Composite From Wood Apple Shell Powder

Muhammad Taufik Nur Fuad¹, Heri Yudiono²

^{1,2}Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

e-mail: muh.fuad48@students.unnes.ac.id, heri_yudiono@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan serbuk tempurung buah maja terbilang masih belum maksimal. Kampas rem komposit saat ini banyak dikembangkan karena sifatnya yang ramah lingkungan dan tahan panas dibandingkan kampas rem non asbestos. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis fraksi volume serbuk tempurung buah maja terhadap keausan komposit bermatrik epoxy sebagai material alternatif kampas rem sepeda motor. Desain penelitian ini menggunakan *true experimental design* dengan tipe *posttest-only design*, terdapat kelompok eksperimen (komposit) dan kelompok kontrol (kampas rem merk Indoparts). Hasil penelitian menunjukkan nilai yang paling optimal terdapat pada volume 30% dengan nilai keausan $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Hal itu menunjukkan semakin banyak volume serbuk, maka kekuatan komposit akan meningkat. Nilai tersebut yang paling mendekati dengan nilai kampas rem sepeda motor merk Indoparts. Maka dari itu, komposit serbuk tempurung *buah maja* dapat direkomendasikan sebagai material alternatif kampas rem sepeda motor.

Kata kunci: fraksi volume; keausan; kampas rem; serbuk tempurung buah maja.

Abstract

The utilization of wood apple shell particles is not optimal yet. Composite brake pads are currently being developed because they are eco-friendly and heat resistant compared to non-asbestos brake pads. This research attempt to analyze the volume fraction of Buah maja shell particles on the measure of wear from epoxy matrix composites as an alternative material for motorcycle brake pads. The design of this research uses a true experimental design with a posttest-only design type, there is an experimental group (composite) and a control group (Indoparts brand brake pads). The results show the most optimal measure is found in volume 30% with a hardness measure of wear $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. It shows that the more particles volume, the composite strength will increase. This measure is closest to the measure of the Indoparts motorcycle brake pads. Therefore, wood apple shell particles composite can be recommended as an alternative material for motorcycle brake pads.

Keywords: volume fraction; wear and tear; brake pads; Maja fruit shell powder.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri sepeda motor yang semakin pesat ini menjadikan produsen atau perusahaan berlomba-lomba untuk meningkatkan pelayanan baik dalam segi performa mesin, tampilan kendaraan serta kenyamanan dan keamanan penggunaannya tentunya yang ramah lingkungan. Dalam kemandirian dan kenyamanan pengguna kendaraan sepeda motor yang paling sering dijumpai adalah ketika melakukan pengereman. Sistem pengereman yang optimal akan membuat pengendara merasa aman dan nyaman.

Sistem pengereman adalah rangkaian sistem yang fungsinya untuk memperlambat laju kendaraan agar melambat atau berhenti. Salah satu bagian terpenting pada sistem pengereman adalah kampas rem. Kampas rem fungsinya sebagai media untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan bermotor. Kampas rem menanggung beban 90% dari komponen lainnya, sehingga keselamatan pengendara tergantung kepada kualitas kampas rem yang digunakan. Bahan dasar kampas rem yang banyak beredar di pasaran adalah *asbestos*, yaitu bahan anorganik yang direkatkan dengan resin, karet ataupun yang lainnya untuk dijadikan kampas rem.

Kampas rem asbes ini memiliki harga yang relatif murah, sifat tribologi dan mekanik yang baik, namun debu dari kampas rem yang berbahaya dan beracun serta dapat merusak lingkungan. Di sana perlu dikembangkan kampas rem non-asbes yang memiliki sifat tribologi dan mekanik yang baik, suhu tinggi dan ramah lingkungan. Material komposit yang menggunakan bahan non asbes sebanding dengan kampas rem asbes dan selanjutnya material komposit dapat menggantikan material asbestos pada kampas rem (Shinde dan Mistry, 2017).

Pembuatan kampas rem dari material komposit saat ini banyak dikembangkan dan dilakukan penelitian. Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih untuk menghasilkan sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Jenis material yang sering dilakukan penelitian adalah serat alami maupun serat buatan. Serat alami memiliki potensi untuk menggantikan bahan konvensional yang ada karena karakteristik yang baik, seperti biaya bahan yang relatif murah, fabrikasi mudah, memiliki kekuatan yang tinggi, sifat termal yang baik dan tentunya merupakan material terbarukan (Sastry *et al*, 2016). Maka dari itu pemanfaatan serat alami yang memiliki kualitas yang baik sebagai bahan pengisi komposit memberikan dampak positif bagi lingkungan, karena dapat mengurangi penggunaan bahan konvensional yang dapat merusak lingkungan (Sahari *et al*, 2013). Penelitian komposit yang menggunakan bahan serat alam semakin berkembang baik dari segi aplikasi industri maupun riset fundamentalnya. Hal tersebut dikarenakan ketersediaannya bersifat terbarukan serta kandungan selulosa pada serat alam yang baik untuk dijadikan sebagai bahan penguat komposit (Elanchezian *et al*, 2018). Dalam material komposit, gaya adhesi yang bagus antara serat dan matrik diperlukan selama proses pembuatan material komposit (Prasad *et al*, 2017).

Pemanfaatan buah maja yang sering dilakukan adalah sebagai makanan, sebagai obat, sebagai pupuk organik dan lain-lain. Pada buah maja ini juga terdapat tempurung (kulit buah yang keras), daun, akar yang dapat digunakan juga. Dari beberapa bagian dari pohon buah maja tersebut dapat digunakan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, yaitu tempurungnya sebagai bahan pengisi atau bahan penguat pada material komposit. Kulit buah maja ini memiliki kulit yang keras atau bisa disebut dengan tempurung. Tempurung yang keras ini sering dimanfaatkan sebagai bahan perkakas rumah tangga seperti: gayung, takaran beras dan berbagai kerajinan tangan. Komposit tidak hanya digunakan untuk membuat properti saja, akan tetapi juga digunakan untuk aplikasi listrik, termal, tribologi dan lingkungan. Tempurung buah maja diantara serat lignoselulosa yang lain, memiliki tingkat ketangguhan dan kekerasan yang kuat (Shakuntala *et al*, 2018). Kandungan selulosa inilah yang menjadikan tempurung buah maja cocok dijadikan bahan penguat komposit. Maka dari

itu penelitian ini memilih tempurung buah maja sebagai bahan pengisi pada material komposit kanvas rem motor.

Pembuatan kanvas rem komposit tentunya membutuhkan material pengikat (matrik). Matrik yang sering digunakan dalam pembuatan kanvas rem sepeda motor salah satunya adalah resin *epoxy*. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Gbadeyan *et al*, (2017) resin *epoxy* mempunyai viskositas yang baik, sehingga ikatan antara resin dan penguat menjadi baik. Pembuatan kanvas rem sepeda motor komposit akan ditambahkan serbuk aluminium. Penambahan serbuk aluminium bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus pada material. Seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Maleque *et al*, (2012) bahwa penambahan serbuk aluminium sebagai pengikat bersamaan dengan serat kelapa dapat menambahkan tingkat kekerasan material.

Kanvas rem harus memenuhi persyaratan yaitu tidak mengeluarkan zat beracun pada saat pengereman, memiliki ketahanan terhadap korosi, tingkat gesekan yang konsisten, keausan yang cukup rendah, dan kebisingan yang rendah (Satikbaša *et al*, 2019). Kekuatan serat/serbuk alami sebagai bahan penguat komposit tidak hanya tergantung pada matriks tetapi juga pada beberapa parameter seperti, ikatan serat-matriks, orientasi serat, besarnya ukuran partikel dan fraksi volume. Selain itu, perlakuan serbuk juga mempengaruhi kekuatan serbuk (Sathish *et al*, 2018).

Kanvas rem sepeda motor *aftermarket* yang beredar kebanyakan masih menggunakan material asbestos, dimana bahan tersebut tidak ramah lingkungan dan debu hasil pengereman beracun. Oleh karena itu, dalam penelitian ini membuat kanvas rem dari bahan pengisi (*filler*) serbuk tempurung buah maja yang menggunakan matrik *epoxy* sebagai material alternatif kanvas rem sepeda motor. Kanvas rem sepeda motor komposit atau non-asbestos tentunya lebih ramah lingkungan dan lebih tahan panas dari kanvas rem asbestos. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui nilai kekerasan, ketangguhan dan keausan komposit serbuk tempurung buah maja bermatrik *epoxy*, sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini komposit tersebut dapat direkomendasikan sebagai material alternatif kanvas rem sepeda motor.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat antara faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti. Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah kategori *True Eksperimental Design* dengan tipe *Posttest-Only Control Design*. Terdapat dua kelompok pada penelitian ini, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen terdiri dari beberapa spesimen yang mengalami penambahan fraksi volume serbuk tempurung buah maja, kemudian diberikan penambahan serbuk aluminium dengan ukuran 320 *mesh*. Sedangkan kelompok kontrol yaitu spesimen kanvas rem merk Indoparts. Komposisi serbuk tempurung buah maja, resin epoxy dan serbuk aluminium dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Spesimen Komposit

No	Serbuk Tempurung Buah maja	Epoxy	Serbuk Aluminium
1	10%	70%	20%
2	20%	60%	20%
3	30%	50%	20%

Pembuatan Komposit

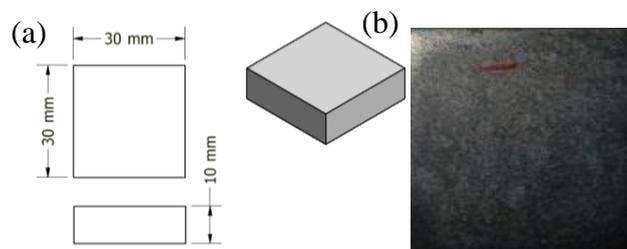
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *grinder*, oven, timbangan digital, ayakan 80 *mesh*, gergaji besi, kikir, ampelas, gelas ukur, jangka sorong, cetakan kayu, alat press, mesin *polishing*, kuas, alat uji kekerasan Rockwell ball, alat uji impak GOTECH, alat uji keausan *ogoshi*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah serbuk tempurung buah maja, resin epoxy, serbuk aluminium, balok kayu, wax.

Penelitian ini dimulai dari tahap persiapan yaitu tempurung buah maja dicuci menggunakan air bersih, sehingga kotoran pada tempurung hilang. Kemudian tempurung dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 12 jam. Untuk membuat serbuk menggunakan grinder, kemudian diayak menggunakan ayakan 80 *mesh*. Setelah itu dikeringkan lagi menggunakan oven pada suhu 110°C selama 12 jam. Sebelum melakukan pembuatan komposit, terlebih dahulu menghitung fraksi volume yang akan digunakan. Spesimen akan dibuat sesuai dengan perhitungan fraksi volume yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Berat masing-masing variasi yang diperlukan

Pengujian	Massa STBM (gr)	Massa Epoxy (gr)	Massa Serbuk Al (gr)
Keausan	1,13	8,87	4,67
	2,26	7,61	4,67
	3,38	6,34	4,67

Serbuk tempurung buah maja, resin epoxy dan serbuk aluminium dicampurkan sesuai dengan berat yang dibutuhkan pada tiap variasi. Perbandingan antara resin epoxy dan hardener adalah 1:1. Pastikan campuran bahan tersebut diaduk dengan rata. Kemudian komposit difabrikasi menggunakan metode kompaksi, yaitu metode yaitu dengan cara menuangkan adonan komposit ke dalam cetakan dan kemudian diberikan tekanan sebesar 2,000 kg selama 1 jam menit menggunakan alat press (Atmika *et al*, 2019). Hal itu bertujuan agar material komposit lebih padat, sehingga ikatan antara matrik dan filler lebih baik. Setelah komposit selesai dicetak kemudian membuat spesimen sesuai dengan ukuran standar yang berlaku. Ukuran spesimen pengujian keausan sesuai dengan buku manual mesin uji *ogoshi*.



Gambar 1. Spesimen uji keausan metode *Ogoshi* dan b. spesimen uji komposit.

Nilai Keausan Spesifik

Penelitian ini menggunakan pengujian keausan dengan metode *Ogoshi*. Metode *Ogoshi* yaitu dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek akan mengakibatkan kontak antar dua permukaan yang berulang-ulang, sehingga material benda uji akan terkikis. Pengujian keausan menggunakan metode pengujian keausan *ogoshi* yang bertempat di laboratorium uji bahan teknik, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Pada tiap variasi akan dibuat 3 spesimen uji. Nilai keausan spesifik dihitung setelah lebar guratan pada spesimen uji

dapat terlihat pada mikroskop. Lebar guratan tersebut dapat dihitung nilai keausan spesifiknya dengan persamaan berikut:

$$W_s = \frac{B.b^3}{8r.po.lo} (mm^2/kg) \quad (1)$$

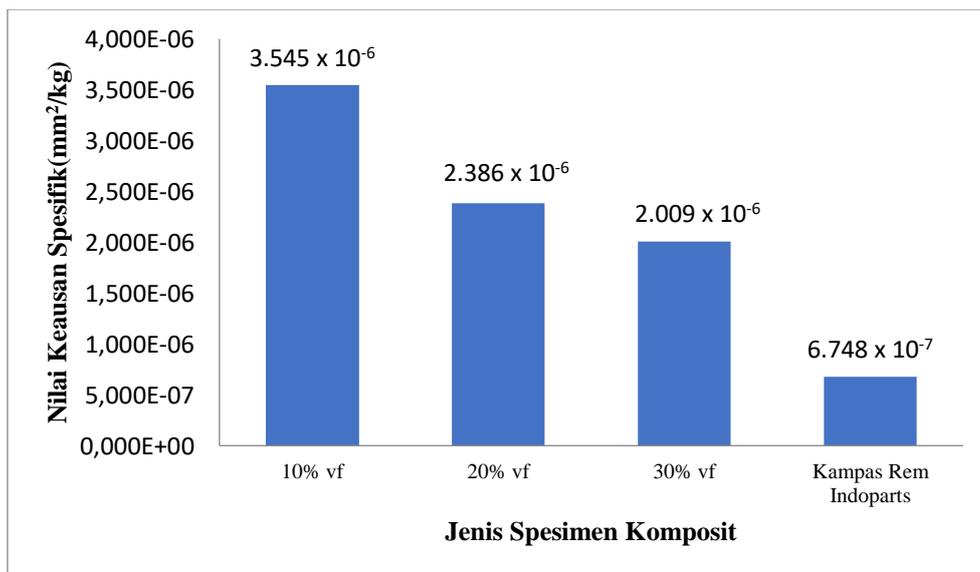
Dimana :

- B = Lebar *revolving disc* (mm)
- b = lebar keausan pada benda uji (mm)
- r = jari-jari *revolving disc* (mm)
- po = gaya tekan pada proses keausan berlangsung (kg)
- lo = jarak tempuh pada proses pengausan (mm)
- Ws = harga keausan spesifik (mm²/kg)

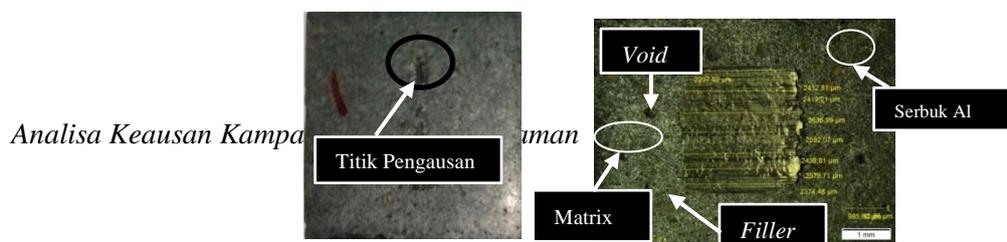
Dari data-data yang diperoleh dari hasil pengujian selanjutnya dilakukan analisa perbandingan nilai keausan komposit serbuk tempurung buah maja dengan hasil pengujian spesimen kampas rem sepeda motor Mega Pro merk Indoparts, maka dapat diambil kesimpulan apakah komposit serbuk tempurung buah maja bermatrik *epoxy* dengan penambahan serbuk aluminium dapat dijadikan material alternatif kampas rem sepeda motor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui nilai keausan suatu material. Pengujian ini menggunakan alat uji keausan *Ogoshi* dengan tipe OAT-U. Hasil dari pengujian ini berupa lebar goresan keausan dari suatu material uji kemudian diambil rata-rata lebar keausan. Pada tiap spesimen uji dilakukan pengambilan data sebanyak tiga kali atau tiga titik guna mendapatkan data yang valid. Perhitungan nilai keausan spesifik sesuai dengan Persamaan 1. Hasil perhitungan nilai uji keausan pada variasi 1 (spesimen A), variasi 2 (spesimen B), variasi 3 (spesimen C) dan kampas rem sepeda motor merk Indoparts (spesimen K) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Nilai Keausan Spesifik



Gambar 3. Spesimen hasil pengujian keausan ogoshi

Berdasarkan hasil penelitian pengujian keausan *Ogoshi* maka dapat diketahui nilai rata-rata keausan spesifik komposit variasi 1 yaitu sebesar $3,545 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$, variasi 2 sebesar $2,386 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$, variasi 3 sebesar $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Nilai rata-rata keausan mengalami penurunan pada setiap variasi. Penurunan tersebut dapat dilihat pada penurunan presentase antara tiap variasi. Penurunan presentase variasi 1 dan variasi 2 yaitu sebanyak 32,7%, sedangkan penurunan presentase variasi 2 dan variasi 3 sebesar 15,8%.

Pada hasil pengujian keausan spesifik menunjukkan adanya hubungan antara nilai keausan spesifik dengan pengaruh atas penambahan jumlah fraksi volume serbuk tempurung buah maja. Nilai keausan spesifik juga berhubungan dengan nilai kekerasan material, semakin tinggi nilai kekerasan spesimen uji maka akan semakin rendah nilai keausannya. Seperti halnya penelitian yang dilakukan Liao *et al*, (2018) bahwa semakin kecil nilai keausan maka nilai kekerasannya akan tinggi. Tingkat keausan semakin kecil dengan meningkatnya kekerasan dengan pengisi tambahan (Kiran *et al*, 2019). Hal itu dikarenakan material yang keras akan sulit terabrasi sehingga spesimen uji memiliki ketahanan aus yang baik.

Pada grafik di Gambar 2 menunjukkan nilai keausan spesifik dengan variasi 3 memiliki nilai keausan spesifik yang paling rendah dibandingkan dengan variasi komposit lainnya. Variasi dengan penambahan fraksi volume 30% serbuk tempurung buah maja memiliki nilai keausan yaitu $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Pembuktian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ademoh dan Olabisi (2015) bahwa semakin banyak *maize husk powder* maka nilai kekerasan, kekuatan tarik, kuat tekan, nilai keausan dan konduktivitas termal komposit akan rendah.

Proses pembuatan serbuk tempurung buah maja dengan ukuran 80 *mesh* atau 180 μm dan pengovenan serbuk tempurung buah maja berpengaruh terhadap nilai keausan material komposit. Sesuai yang dikatakan oleh Afolabi *et al*, (2015) bahwa semakin kecil ukuran partikel serbuk alam maka akan semakin kecil nilai keausannya. Selain itu, proses kompaksi yang dilakukan ketika membuat spesimen juga dapat mempengaruhi kepadatan komposit, sehingga akan memiliki porositas yang rendah dan material komposit memiliki sifat mekanik yang optimal. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Soenoko *et al*, (2020) bahwa sifat keausan komposit meningkat seiring dengan tingginya kekerasan, densitas tinggi dan porositas material yang rendah.

Berdasarkan perhitungan nilai keausan spesifik pada Gambar 2, memperlihatkan nilai rata-rata keausan komposit dengan variasi 3 ($2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$) yang paling mendekati nilai rata-rata kekerasan kanvas merk Indoparts ($6,748 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$) selisih antara komposit dan kanvas rem pembanding masih cukup tinggi yaitu sebesar 66,4 %. Hal tersebut dapat dikarenakan dalam pembuatan material komposit tidak menggunakan proses sintering setelah proses kompaksi. Proses sintering dapat meningkatkan nilai kekerasan, sehingga nilai keausannya juga semakin rendah. Selain itu, kanvas rem merk Indoparts juga diberikan material logam lainnya, seperti kuningan sehingga material komposit serbuk tempurung buah maja masih lebih tinggi nilai keausannya. Kanvas rem komposit memiliki persyaratan nilai keausan pada standar keamanan yaitu 5×10^{-4} s.d $5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Untuk memperoleh hasil yang maksimal disarankan pada penelitian selanjutnya menambahkan logam lainnya dan menggunakan proses sintering setelah dilakukan proses pencetakan dengan kompaksi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian, pengamatan, penjelasan dan analisis data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan fraksi volume serbuk tempurung buah maja mempengaruhi nilai rata-rata keausan spesifik pada spesimen komposit. Nilai rata-rata keausan spesifik terendah terdapat pada variasi fraksi volume 30% serbuk tempurung buah maja dengan nilai $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Sedangkan nilai rata-rata keausan spesifik spesimen kampas rem Indoparts memiliki nilai $6,748 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Nilai keausan spesifik komposit masih lebih rendah daripada nilai keausan kampas rem sepeda motor merk Indoparts. Hal ini dikarenakan komposisi kampas rem komposit yang belum ditambahkan serbuk logam lainnya.

Adapun saran untuk industri pembuatan kampas rem sepeda motor, komposisi 30% serbuk tempurung buah maja, 50% epoxy dan 20% serbuk aluminium dapat digunakan sebagai material alternatif kampas rem sepeda motor. Sedangkan saran untuk penelitian selanjutnya adalah dapat menggunakan variasi fraksi volume yang lebih tinggi dari 30%, penambahan logam lainnya seperti kuningan, variasi beban kompaksi dan penggunaan proses *sintering*. Kemudian, melakukan penelitian terhadap sifat fisik dan sifat mekanik yang lain antara lain densitas, porositas, kekuatan tarik, kekuatan bending, koefisien gesek dan kuat tekan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ademoh, N. A., & Olabisi, A. I. (2015). Development and evaluation of maize husks (asbestos-free) based brake pad. *Development*, 5(2), 67-80.
- Afolabi, M., Abubakre, O. K., Lawal, S. A., & Raji, A. (2015). Experimental investigation of palm kernel shell and cow bone reinforced polymer composites for brake pad production. *International Journal of Chemistry and Materials Research*, 3(2), 27-40.
- Atmika, I. K. A., Subagia, I. D. G. A., Surata, I. W., & Sutantra, I. N. (2019, June). Hardness and wear rate of basalt/alumina/shellfish powder reinforced phenolic resin matrix hybrid composite brake lining pads. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 539(1), 012012.
- Elanchezhian, C., Ramnath, B. V., Ramakrishnan, G., Rajendrakumar, M., Naveenkumar, V., & Saravanakumar, M. K. (2018). Review on mechanical properties of natural fiber composites. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1785-1790.
- Gbadeyan, O. J., Kanny, K., & Mohan, T. P. (2017). Influence of the multi-walled carbon nanotube and short carbon fibre composition on tribological properties of epoxy composites. *Tribology-Materials, Surfaces & Interfaces*, 11(2), 59-65.
- Kiran, Z. S., Babu, V. S., & Shekar, K. S. (2019). Study of the microhardness and erosive wear behavior of organo-modified nanoclay filled glass-epoxy composites and optimization. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 13(2), 4794-4815.
- Liao, Z., Hua, N., Chen, W., Huang, Y., & Zhang, T. (2018). Correlations between the wear resistance and properties of bulk metallic glasses. *Intermetallics*, 93, 290-298.

- Maleque, M. A., Atiqah, A., Talib, R. J., & Zahurin, H. (2012). New natural fibre reinforced aluminium composite for automotive brake pad. *International journal of mechanical and materials engineering*, 7(2), 166-170.
- Prasad, L., Singh, G., & Pokhriyal, M. (2018). A comparative study on physical and mechanical behaviour of functionally graded composite materials reinforced with natural fillers. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 16990-16994.
- Sahari, J., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., & Maleque, M. A. (2013). Mechanical and thermal properties of environmentally friendly composites derived from sugar palm tree. *Materials & Design*, 49, 285-289.
- Sastry, M. N. P., Devi, K. D., & Bandhu, D. (2016). Characterization of Aegle Marmelos fiber reinforced composite. *International Journal of Engineering Research*, 5(SP 2), 345-349.
- Sathish, S., Kumaresan, K., Prabhu, L., & Gokulkumar, S. (2018). Experimental investigation of mechanical and FTIR analysis of flax fiber/epoxy composites incorporating SiC, Al₂O₃ and graphite. *Revista Romana De Materiale*, 48(4), 476.
- Satikbaša, K., Selvakumar, A. S., Sal, B., & Surja, R. B. (2019). Effect of steel family fibers on friction and stiction behavior of brake pads. *FME Transactions*, 47(4), 856-864.
- Shakuntala, O., Raghavendra, G., & Acharya, S. K. (2018). Characterization of Wood Apple Shell Particles. In *Conference Proceedings of the Second International Conference on Recent Advances in Bioenergy Research*. Springer, 139-146.
- Shinde, D., & Mistry, K. N. (2017). Asbestos base and asbestos free brake lining materials: Comparative study. *World Scientific News*, 61(2), 192-198.
- Soenoko, R., Suprpto, W., & Irawan, Y. S. (2020). Characterization of aluminium matrix composite of Al-ZnSiFeCuMg alloy reinforced with silica sand tailings particles. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 14(3), 7094-7108.