

**ANALISIS PENGARUH PERENDAMAN OLI TERHADAP
SIFAT FISIK DAN TRIBOLOGI KAMPAS REM BERBASIS
CANGKANG TELUR DAN SERAT BAMBU DENGAN
VARIASI FRAKSI VOLUME**

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat sarjana S1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun Oleh:

**Muhammad Naufal Farros Aqilla
3331210052**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON–BANTEN
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Naufal Farros Aqilla

NPM : 3331210052

Judul : Analisis Pengaruh Perendaman Oli Terhadap Sifat Fisik dan Tribologi
Kampas Rem Berbasis Cangkang Telur dan Serat Bambu dengan Variasi
Fraksi Volume

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 15 Juli 2025



Muhammad Naufal Farros Aqilla

NPM. 3331210052

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PERENDAMAN OLI TERHADAP SIFAT FISIK DAN TRIBOLOGI KAMPAS REM BERBASIS CANGKANG TELUR DAN SERAT BAMBU DENGAN VARIASI FRAKSI VOLUME

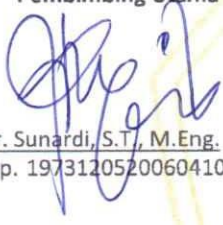
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Muhammad Naufal Farros Aqilla

3331210052

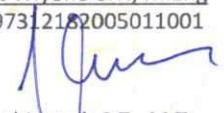
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 30 Juni 2025

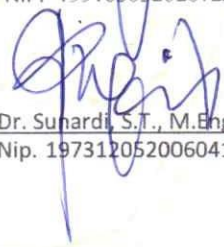
Pembimbing Utama


Dr. Sunardi, S.T., M.Eng.
Nip. 197312052006041002

Anggota Dewan Penguji


Slamet Wiyono S.T., M.Eng
NIP. 197312182005011001


Miftahul Jannah S.T., M.T.
NIP. 199103052020122017


Dr. Sunardi, S.T., M.Eng.
Nip. 197312052006041002

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 10 Juli 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Ir. Dhimas Satria, ST., M.Eng
NIP. 198305102012121006

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PERENDAMAN OLI TERHADAP SIFAT FISIK DAN TRIBOLOGI KAMPAS REM BERBASIS CANGKANG TELUR DAN SERAT BAMBU DENGAN VARIASI FRAKSI VOLUME

Disusun oleh:

Muhammad Naufal Farros Aqilla

3331210052

Kampas rem merupakan salah satu komponen pada kendaraan yang berfungsi mengurangi dan menghentikan laju kendaraan. Untuk mengurangi polusi udara akibat debu dari kampas rem, maka digunakanlah material yang ramah lingkungan seperti cangkang telur dan serat bambu. Pada kampas rem dilakukan pengujian fisik dan tribologi dengan memberikan simulasi paparan oli selama 7, 14, dan 21 hari dimana pada serat bambu dan partikel cangkang telur diberikan 3 variasi fraksi volume untuk menemukan variasi terbaik. Sebelum dilakukan proses manufaktur, serat bambu diberikan perlakuan alkali 5% selama 2 jam. Digunakan mesin *cold press* dengan tekanan 5 MPa selama 75 menit dan oven untuk proses *curing* bertemperatur 150°C selama 1 jam. Proses *finishing* menggunakan amplas gerinda untuk mendapatkan permukaan yang rata dan selanjutnya spesimen direndam pada oli. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diketahui jika spesimen FCT memiliki performa terbaik jika diukur secara keseluruhan dengan *multi response performance index*. Didapatkan densitas aktual rata-rata 1,674 g/cm³, porositas 21,835%, *oil absorption* 0,819%, koefisien gesek pada perendaman oli 7 hari sebesar 0,440, 14 hari sebesar 0,460, 21 hari sebesar 0,473, dan spesifik abrasi $2,699 \times 10^{-6}$ mm²/kg.

Kata Kunci : *Cangkang Telur, Fraksi Volume, Kampas Rem, Metode Taguchi, Pengujian Fisik dan Tribologi, Serat Bambu*

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF OIL IMMERSION ON THE PHYSICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF BRAKE PADS BASED ON EGG SHELLS AND BAMBOO FIBERS WITH VARIATIONS IN VOLUME FRACTION

Compiled by:

Muhammad Naufal Farros Aqilla

3331210052

Brake pads are one of the components in a vehicle that function to reduce and stop the vehicle's speed. To reduce air pollution caused by dust from brake pads, environmentally friendly materials such as eggshells and bamboo fibers are used. Physical and tribological testing was conducted on the brake pads by simulating oil exposure for 7, 14, and 21 days, with bamboo fibers and eggshell particles subjected to three variations in volume fraction to determine the optimal variation. Before the manufacturing process, the bamboo fibers were treated with 5% alkali for 2 hours. A cold press machine with a pressure of 5 MPa was used for 75 minutes, followed by an oven for curing at 150°C for 1 hour. The finishing process used sandpaper to achieve a smooth surface, and the specimens were then immersed in oil. Based on the tests conducted, it was found that the FCT specimens exhibited the best overall performance when measured using the multi-response performance index. The average actual density was 1.674 g/cm³, porosity 21.835%, oil absorption of 0.819%, friction coefficient during oil immersion of 0.440 after 7 days, 0.460 after 14 days, and 0.473 after 21 days, and specific abrasiveness of $2,699 \times 10^{-6}$ mm²/kg.

Keywords: *Eggshell, Volume Fraction, Brake Pads, Taguchi Method, Physical and Tribological Testing, Bamboo Fiber*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Perendaman Oli Terhadap Sifat Fisik dan Tribologi Kampas Rem Berbasis Cangkang Telur dan Serat Bambu dengan Variasi Fraksi Volume”. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada segenap pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak Ir. Dhimas Satria, ST., M.Eng, Selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
2. Bapak Prof. Dr.Eng Ir. A. Ali Alhamidi, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing Akademik,
3. Bapak Dr. Sunardi S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir atas segala ilmu, motivasi, dan semangat positif yang selalu beliau berikan sehingga studi ini dapat terselesaikan dengan baik,
4. Bapak Yusvardi Yusuf S.T., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
5. Seluruh staf dan jajaran dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
6. Kedua Orang Tua dan Adik yang selalu memberikan dukungan moral, doa, kepercayaan, dan seluruh pengorbanan serta cinta tanpa syarat sehingga saya dapat menyelesaikan studi ini,
7. Teman-teman jurusan Teknik Mesin angkatan 2021 atas dukungan dan solidaritas yang menjadikan proses perkuliahan menjadi lebih berwarna dan bermakna,
8. dan Teman-teman kontrakan Markas Tapops atas dukungan, kebersamaan, dan kehangatan yang tak ternilai harganya hingga saya dapat menyelesaikan studi ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir yang telah dibuat ini masih jauh dari kata sempurna karena terbatasnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan dari berbagai pihak.

Cilegon, 15 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Sistem Pengereman	6
2.3 Kampas Rem	7
2.4 Komposit	10
2.5 Bahan Penyusun Kampas Rem	10
2.5.1 Cangkang Telur	10
2.5.2 Serat Bambu	11
2.5.3 Alumina (Al ₂ O ₃).....	12
2.5.4 Resin Epoksi.....	13
2.5.5 ZnO.....	14
2.5.6 Grafit.....	15
2.6 Kompaksi	16

2.7 Pengujian Komposit	17
2.7.1 Pengujian Fisik	18
2.7.2 Pengujian Tribologi	20
2.8 Variasi Fraksi Volume	23
2.9 Pemberian Perlakuan	23
2.9.1 Perlakuan Alkali	24
2.9.2 Perendaman Oli	24
2.9.3 <i>Curing</i>	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.2.1 Alat yang Digunakan	28
3.2.2 Bahan yang Digunakan	32
3.3 Prosedur Penelitian	36
BAB IV DATA DAN ANALISIS	
4.1 Deskripsi Sampel Kampas Rem	42
4.2 Data Hasil Pengujian Densitas	43
4.3 Data Hasil Pengujian Porositas	45
4.4 Data Hasil Pengujian <i>Oil Absorption</i>	48
4.5 Data Hasil Pengujian Koefisien Gesek	50
4.6 Pengujian Laju Keausan	53
4.7 <i>Multi Response Performance Index</i>	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rem merupakan komponen pada kendaraan yang berfungsi untuk mendisipasi energi gerak kendaraan sehingga laju kendaraan tersebut berkurang [1]. Pada sistem kerja pengereman terjadi perubahan energi dari energi kinetik menjadi energi panas. Perubahan energi tersebut terjadi karena kontak gesekan antara cakram rem dengan kampas rem. Seiring waktu, kampas rem akan mengalami keausan akibat gesekan secara terus-menerus. Maka dari itu material dari kampas rem harus memiliki sifat bahan yang tahan terhadap gesekan dan temperatur tinggi sehingga tidak meleleh atau berubah bentuk ketika sistem pengereman sedang bekerja. Material yang tahan terhadap gesekan umumnya berasal dari gabungan beberapa bahan yang diberikan perlakuan tertentu dalam proses pembentukannya [2]. Gabungan beberapa bahan ini dinamakan sebagai komposit. Komposit ini membentuk material baru sehingga material ini memiliki keunggulan sifat dibandingkan dengan bahan penyusunnya.

Kombinasi antara cangkang telur dan serat bambu merupakan inovasi baru yang masih dikembangkan. Kedua bahan ini merupakan limbah alami yang jumlahnya sangat berlimpah dan dapat ditemukan dengan mudah. Pada bahan penyusun kampas rem, cangkang telur digunakan sebagai bahan pengisi yang berfungsi menambah volume dan meningkatkan kekakuan tanpa memberikan berat yang signifikan. Selain itu cangkang telur dapat mengurangi tingkat penyerapan cairan dan meningkatkan stabilitas dimensi. Sedangkan untuk serat bambu digunakan sebagai bahan serat yang berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan kekuatan mekanik bahan [3]. Berdasarkan karakteristiknya serta penelitian terdahulu yang telah dilakukan, kedua bahan ini berpotensi sebagai alternatif dalam pembuatan kampas rem. Namun untuk memastikannya, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut agar diketahui karakteristiknya dengan tepat.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini merupakan pengujian fisik dan tribologi yang bertujuan untuk mengetahui keterkaitan antara karakteristik fisik material dengan performa gesek dan keausan. Beberapa pengujian fisik dilakukan seperti pengukuran densitas untuk mengetahui kepadatan dari spesimen. Data densitas akan menunjukkan tingkat porositas yang akan berpengaruh terhadap *oil absorption*-nya. Dari pengujian *oil absorption* akan diketahui kemampuan material dalam menyerap oli. Selanjutnya beberapa pengujian tribologi dilakukan seperti pengujian koefisien gesek untuk merepresentasikan besarnya gaya gesek relatif terhadap gaya normal yang bekerja pada permukaan kontak. Pengujian ini dilakukan untuk melihat daya cengkram kampas rem terhadap piringan rem. Sedangkan untuk pengujian laju keausan dilakukan dengan mengukur tingkat keausan kampas rem terhadap gesekan. Prosedurnya dilakukan dengan menghitung lebar keausan dari sebuah spesimen [4]. Semakin rendah nilai laju keausan yang didapatkan, maka penggunaan kampas rem akan lebih tahan lama. Umumnya nilai koefisien gesek dan laju keausan dapat mengalami perubahan karena berbagai faktor lingkungan. Kondisi seperti suhu ekstrim, kelembaban, dan keberadaan zat asing seperti oli dapat mempengaruhi performa kampas rem.

Dalam kondisi aktual, terkadang kampas rem ini sering bersinggungan dengan zat asing seperti oli. Sebagaimana kita ketahui, oli sendiri merupakan pelumas yang digunakan untuk mengurangi gesekan pada mesin [5]. Namun ketika oli bersinggungan dengan kampas rem, maka sifat pelumasannya akan menyebabkan gaya gesek antara kampas rem dan cakram berkurang sehingga daya cengkram rem menurun. Hal tersebut akan mengurangi performa kinerja kampas rem dimana kondisi tersebut dapat membahayakan keselamatan. Selain itu, reaksi zat kimia antara oli dengan bahan kampas rem dapat menyebabkan degradasi kimia. Reaksi kimia tersebut dapat melemahkan ikatan antar molekul dalam material kampas rem sehingga mengurangi sifat ketahanan terhadap keausan. Berdasarkan kondisi yang telah dijelaskan, maka perlu dilakukan pengujian tribologi untuk mengetahui pengaruh dari paparan oli terhadap nilai koefisien gesek dan laju keausannya.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk memberikan fokus yang lebih spesifik dan terarah dalam penelitian ini, beberapa pertanyaan permasalahan utama telah dirumuskan sebagai acuan penelitian. Beberapa pertanyaan tersebut sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi fraksi volume antara partikel cangkang telur dan serat bambu terhadap sifat fisik komposit kampas rem?
2. Bagaimana pengaruh dari variasi fraksi volume partikel antara cangkang telur dengan serat bambu dan lama perendaman oli terhadap koefisien gesek statis kampas rem?
3. Bagaimana nilai laju keausan kampas rem setelah dilakukan perendaman pada oli selama 21 hari?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan sebagai upaya pengembangan material kampas rem yang ramah lingkungan dengan tujuan-tujuan berikut sebagai dasar penelitian.

1. Menganalisis pengaruh variasi fraksi volume antara cangkang telur dan serat bambu terhadap sifat fisik komposit kampas rem.
2. Menganalisis pengaruh dari variasi fraksi volume cangkang telur dan serbuk bambu serta variasi lama perendaman oli terhadap koefisien gesek statis komposit kampas rem.
3. Menganalisis nilai laju keausan pada setiap kampas rem setelah dilakukan perendaman oli selama 21 hari.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat pada bidang material dan otomotif, baik dalam pengembangan teknologi maupun peningkatan performa komponen kendaraan. Adapun beberapa manfaat penelitian terkait kampas rem yaitu sebagai berikut.

1. Sebagai inovasi material ramah lingkungan menggunakan limbah dari bahan-bahan sisa seperti cangkang telur dan serat bambu sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan sintetis dan *non-renewable*.
2. Berkontribusi dalam pengembangan lebih lanjut dalam bidang teknik material dan ilmu tribologi.
3. Mampu mengurangi biaya produksi dengan memanfaatkan limbah yang lebih murah dan mudah didapatkan.

1.5 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup yang dibahas tidak terlalu meluas, maka penulis membatasi masalah pada laporan penelitian ini yaitu.

1. Jenis cangkang telur yang digunakan sebagai *filler* merupakan cangkang telur ayam.
2. Lama waktu perendaman spesimen kampas rem pada oli selama 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.
3. Jenis pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tribologi yaitu uji koefisien gesek dan laju keausan. Sedangkan untuk pengujian fisiknya yaitu uji densitas, porositas, dan *oil absorption*.
4. Komposisi bahan pengikat yaitu alumina sebesar 10%, resin epoksi 50%, ZnO 5%, dan grafit 10%.
5. Digunakan 3 Variasi fraksi volume cangkang telur dengan serbuk bambu yakni 25%-0%, 12,5%-12,5%, dan 0%-25%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Dzikrullah, Qomaruddin dan M. Khabib, “Analisis Gesekan Pengereman Hidrolis (Rem Cakram) Dan Tromol Pada Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Seminar Nasional Teknologi dan Informatika*, p. 667, 2017.
- [2] G. Soebiyakto, “Pengaruh Jenis Kanvas Rem Dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda Dan Laju Keausan Kanvas Rem Pada Sepeda Motor,” *Proton*, vol. 3, no. 2, 2011.
- [3] Suhardiman dan M. Syaputra, “Analisis Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat Dari Komposit Polimer Serbuk Padi Dan Tempurung Kelapa,” *Jurnal Inovtek Polbeng*, vol. 7, no. 1, p. 210, November 2017.
- [4] A. S. Rifa'i dan E. Prayogi, “Analisis Laju Keausan Main Contact Strip Pantograf Kereta Pt Mrt Jakarta,” *Jurnal Syntax Admiration*, vol. 2, no. 3, pp. 388-398, 2021.
- [5] P. Lumbantoruan dan E. Yulianti, “Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli),” *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 13, no. 2, pp. 26-34, Desember 2016.
- [6] P. I. Purboputro, “Pengembangan Bahan Kampas Rem Sepeda Motor dari Komposit Serat Bambu terhadap Ketahanan Aus Pada Kondisi Kering dan Basah,” *Urecol*, pp. 91-95, 2017.
- [7] R. Lusiani, Sunardi dan N. Purnama, “Studi Eksperimental Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Bambu Terhadap Sifat Mekanis Komposit Untuk Aplikasi Kampas Rem Sepeda Motor,” vol. 2, no. 2, November 2016.
- [8] F. Nugroho, “Effects Of Calsium Carbonat On Hardness And Wear Behaviour Of Brass-Epoxy Brake Lining Pad,” *Senatik*, vol. 5, p. 28, 10 Desember 2019.
- [9] A. A. Alhallaj, “Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Kampas Rem Organik Non-Asbestos Menuju Transportasi Hijau,” Cilegon, 2024.

- [10] M. M. Elhafid, D. D. Susilo dan P. J. Widodo, "Pengaruh Bahan Kampas Rem Terhadap Respon Getaran Pada Sistem Rem Cakram," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 1-3, April 2017.
- [11] E. W. Saragih, M. R. Lubis, A. Wanto, Solikhun dan Jalaludin, "Rancang Bangun Sistem Rem Otomatis pada Kendaraan Menggunakan Sensor Ultrasonik," *Jurnal Penelitian Inovatif*, vol. 1, no. 2, p. 86, 2021.
- [12] F. Yudhanto, S. A. Dhewanto dan S. W. Yakti, "Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati," *Jurnal Quantum Teknika*, vol. 1, no. 1, p. 19, Oktober 2019.
- [13] Sunardi, D. Ariawan, E. Surojo, A. R. Prabowo, H. I. Akbar dan C. H. Wibowo, *Pengembangan Kampas Rem Organik Non-Asbestos dan Tantangan Lingkungan*, Yogyakarta: K-Media, 2024.
- [14] Sumiyanto, Abdunnaser dan A. N. Fajri, "Analisis Pengujian Gesek, Aus Dan Lentur Pada Kampas Rem Tromol Sepeda Motor," *Bina Teknika*, vol. 15, no. 1, pp. 50-52, 28 Juni 2019.
- [15] A. Markel, "Tomorrow's Tech," 1 Oktober 2006. [Online]. Available: <https://www.tomorrowstechnician.com/undercover-the-da-friction-code/>.
- [16] Rodiawan, Suhdi dan F. Rosa, "Analisis Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik," *Turbo*, vol. 5, no. 1, p. 39, 2016.
- [17] J. Oroh, F. P. Sapupu dan R. Lumintang, "Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa," *Poros*, vol. 1, no. 1, pp. 1-3, 2013.
- [18] F. L. N. Putri dan R. P. Nugroho, "Analisis Kandungan Kalsium Pada Serbuk Cangkang Telur Ayam Hasil Pengeringan dan Kalsinasi," *Docotral Dissertation, Akademi Farmasi Putera Indonesia Malang*, pp. 1-8, 2017.
- [19] R. P. Munirwan, Munirwansyah dan Marwan, "Penambahan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 31-32, Mei 2019.

- [20] Noviyanti, Jasruddin dan E. H. Sujiono, "Karakterisasi Kalsium Karbonat ($\text{Ca}(\text{CO}_3)$) Dari Batu Kapur Kelurahan Tellu Limpoe Kecamatan Suppa," *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, vol. 11, no. 2, pp. 169-172, 2015.
- [21] Supriadi, H. Susilo, S. Gunawan dan N. Saputra, "Analisis Pemanfaatan Serat Sabut Kelapa dan Serat Bambu pada Pembuatan Kampas Rem Komposit dengan Uji Mekanis," *Roda*, vol. 2, no. 1, pp. 52-60, Februari 2022.
- [22] C. Chen, H. Li, A. Dauletbek, F. Shen, D. Hui, M. Gaff, R. Lorenzo, I. Corbi, O. Corbi dan M. Ashraf, "Properties and Applications of Bamboo Fiber—A Current-State-of-the Art," *Journal of Renewable Materials*, vol. 10, no. 3, pp. 605-624, 2022.
- [23] F. Paundra, A. D. Setiawan, A. Muhyi dan F. Qalbina, "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok dan Serat Pinang," *Nozzle: Journal Mechanical Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 9-13, Januari 2022.
- [24] Aminur, M. Hasbi dan Y. Gunawan, "Proses Pembuatan Biokomposit Polimer Serat Untuk Aplikasi Kampas Rem," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, pp. 2-6, November 2015.
- [25] G. Gundara, D. S. Robani dan A. Sambas, "Effect of Fiber Volume Fraction with Epoxy Matrix on Mendong Fiber Composite Material," *Mudima*, vol. 2, no. 7, p. 3009, 2022.
- [26] N. R. G. Pandiangan, A. A. Rosidah, Suheni dan H. Irawan, "Sifat Daya Serap Air dan Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Berpenguat Serat Sabut Kelapa," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV (SENASTITAN IV)*, pp. 1-7, 2 Maret 2024.
- [27] A. Doyan dan Humaini, "Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO ," *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, p. 34, 2017.
- [28] T. A. Sutrisno, I. K. A. Widi dan M. I. F. Rochim, "Analisis Kekuatan Tarik dan Foto Makro Patahan Komposit Serat Eceng Gondok Berpenguat ZnO ," *Jurnal Flywheel*, vol. 13, no. 2, pp. 35-40, September 2022.

- [29] E. Widodo, A. Sumarno dan Ismadi, "Pembuatan Blok Rem Komposit Sebagai Pengganti Blok Rem Konvensional Pada Moda Transportasi Kereta Api Indonesia," *Rekayasa Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 30-32, Februari 2016.
- [30] Binyamin, A. S. Nurrokatyati, P. B. Bayu, S. F. Rahman dan B. W. Febriantoko, "Rekayasa Pembuatan Kampas Rem Berbahan Dasar Serbuk Tempurung Kelapa Bermatriks Phenolic Resin Terhadap Performa Gesek Pengereman," *Traksi*, vol. 19, no. 2, pp. 107-108, 2019.
- [31] M. Fawaid, Sunardi dan S. Hamdi, "Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Komposit Bahan Alternatif Kampas Rem Berpenguat Serat Bambu," *Prosiding Seminar Nasional Industrial Services III*, pp. 447-454, 8 Oktober 2013.
- [32] R. Saputra, Kardiman, D. T. Santoso dan A. I. Imran, "Analisis Sifat Mekanis dan Sifat Fisis pada Komposit Serat Sabut Kelapa Serat Bambu Matriks Epoxy sebagai Material Bumper Mobil," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, pp. 37-48, April 2022.
- [33] A. P. Putra, I. Sujana dan R. A. Wicaksono, "Karakterisasi Pengaruh Ukuran Mesh 10, 20 dan 30 terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Material Komposit Partikel Tandan Kosong Kelapa Sawit," *Jtrain : Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 19-26, 2021.
- [34] A. Saidah, S. E. Susilowati dan Y. Nofendri, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 5, no. 2, pp. 96-101, Oktober 2018.
- [35] C. B. Cunha, P. Lopes, M. FD dan R. Hoffman, "Assessment Of Chemical and Mechanical Properties of Polymers Aiming to Replace the Stainless Steel in Distillation Column," *Materials Reseach*, vol. 21, no. 3, p. e20170679, 2018.
- [36] Z. Fuadi dan D. Rahmadiawan, *Tribologi Pelumasan: Pelumas Terbaru*, M. K. Muchamad, Penyunt., Aceh, Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2023, pp. 1-14.

- [37] E. Gultom dan Y. Kaelani, "Studi Eksperimen dan Analisis Laju Keausan Material Alternatif pada Sepatu Rem Lokomotif," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, p. 911, 2017.
- [38] A. U. Prastyo, Hermawan, Pradika, E. Salsabila, F. C. Sari dan Kurniawanti, "Eksperimen Gaya Gesek Pada Bidang Miring Untuk Menguji Koefisien Gesek Statis Dan Kinetis," *Journal of Industrial Engineering*, vol. 1, no. 1, p. 2, Desember 2021.
- [39] C. D. Munthe, A. L. Syifa dan B. Setiaji, "Analisis Pengaruh Variasi Massa Terhadap Koefisien Gesekan Pada Media Kayu," *Journal of Physics and Science Learning*, vol. 08, no. 1, pp. 21-22, Juni 2024.
- [40] Sunardi, H. L. R. Susanto, I. Saefuloh, N. H. A. Akbar dan M. Fawaid, "Pengaruh perendaman bambu dengan air laut terhadap kekerasan dan laju keausan komposit kampas rem," *Turbo*, vol. 12, no. 1, pp. 80-86, 2023.
- [41] I. N. P. Kadek Rihendra Dantesl Nugraha, E. Elisa dan I. P. H. Yudistira, "Analisis Pengaruh Variasi Waktu Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Impactkomposit Polyesteryang Diperkuat Serat Bambu," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 393-399, 2023.
- [42] F. H. Kurniawan, "Pengaruh Tumpahan Bahan Bakar Minyak Dan Oli Terhadap Kinerja Campuran Lataston-Wc Dengan Menggunakan Metode Marshall," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 2, no. 32355-374X, pp. 554-555, September 2014.
- [43] A. Nurhidayat, "Kajian Pengaruh Media Perendaman Terhadap Ketangguhan Impak Komposit Hdpe Limbah-Cantula Sebagai Bahan Panel Ramah Lingkungan," *Prosiding SNST*, pp. 72-74, 2015.
- [44] W. B. Utomo dan N. S. Drastiawati, "Pengaruh Variasi Jenis Core, Temperatur Curing Dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich Serat Karbon Dengan Metode Vacuum Infusion," *JTM*, vol. 09, no. 2, p. 46, 2021.
- [45] I. Chanra, "Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Serbuk Dan Serat Bambu Dengan Serbuk Seng (Zn) Sebagai Penguat Terhadap Karakteristik Komposit

Kampas Rem Sepeda Motor,” Repository Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, 2017.

- [46] D. P. Rangga, Hartono, Priyagung dan M. Basjir, “Analisis Pengaruh Serbuk Cangkang Telur Dan Serat Tebu Sebagai Komposit Terhadap Sifat Mekanis,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 18, no. 5, p. 57, 2023.
- [47] A. Ratmanto, W. W. Raharjo dan T. Triyono, “Pengaruh Tekanan Pengepresan Terhadap Kekuatan Bending Komposit rHDPE Cantula,” *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 47-49, 2016.
- [48] A. S. Ismail, M. Jawaid, N. H. Hamid, R. Yahaya, A. Hassan, M. Asim dan A. Supian, “Effect of Curing Temperature on Mechanical Properties of Bio-Phenolic/Epoxy Polymer Blends,” *Research Square*, pp. 1-18, 14 May 2021.
- [49] M. Dzulfikar, R. Lumbanraja dan S. B. Respati, “Analisis Kekuatan Fisik Komposit Karbon Sanwich Honeycomb Chasis Mobil Hemat Energi Tipe Prototype,” *Momentum*, vol. 18, no. 1, pp. 80-85, April 2022.
- [50] S. A. Rahmawaty, A. W. Y. P. Parmita dan A. D. Laksono, “Analisis Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Komposit Fiberglass-Polyester Berpenguat Serat Gelas dengan Variasi Fraksi Volume Serat,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 5, no. 3, pp. 146-155, Oktober 2021.
- [51] M. A. Adriyanto, “Pengaruh Komposisi Cangkang Kelapa Sawit Dan Serat Bambu Terhadap Sifat Fisik Dan Sifat Termal Kampas Rem Non Asbestos,” UNTIRTA, Cilegon, 2024.
- [52] E. Y. D. Syaputra, “Karakterisasi Komposit Resin Epoksi Berpenguat Serat Ampas Tebu Untuk Aplikasi Kampas Rem Bebas Asbestos,” Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2019.
- [53] Julidas dan S. Ringo, “Pembuatan Kampas Rem Komposit Berbahan Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Cetakan (Casting),” Politeknik LPP, Yogyakarta, 2021.
- [54] Sunardi, D. Ariawan, E. Surojo, A. E. Prabowo, T. G. Ghazijahani, C. H. Wibowo dan H. I. Akbar, “Tribological Performance of Polymer Composite Modified with Calcined Eggshell Particles Post High-Temperature Exposure,” *Emerging Science Journal*, vol. 8, no. 4, pp. 1280-1292, 2024.

- [55] Sunardi, S. Hamdi, I. Saefuloh, A. Sudrajad, S. Ula dan M. Fawaid, "Perilaku Laju Keausan dan Kekerasan Komposit Epoksi yang Diperkuat dengan Serat Gelas dan Partikel Bambu," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 64-72, Oktober 2024.
- [56] P. Delvaux, L. Desrosiers dan A. Roy, "Organic Friction Material Composition For Use To Produce Friction Linings," *U.S. Patent*, 5 Oktober 1993.
- [57] N. A. Ademoh dan O. I. Adeyemi, "Development and Evaluation of Maize Husks (Asbestos-Free) Based Brake Pad," *Industrial Engineering Letters*, vol. 5, no. 2, pp. 67-80, 2015.
- [58] Sunardi, D. Ariawan, E. Surojo, A. R. Prabowo, C. H. Wibowo, H. I. Akbar, A. Sudrajad dan H. Seputro, "Dimensional stability of brake pads reinforced with calcined eggshell particles under exposed to engine lubricating oil," *BIO Web of Conferences*, pp. 1-6, 2024.
- [59] T. Vaisanen, O. Das dan L. Tomppo, "A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites," *Journal of Cleaner Production*, vol. 149, pp. 582-596, 15 April 2017.
- [60] Syawaluddin dan I. A. Setiawan, "Perbandingan Pengujian Mekanis Terhadap Kampas Rem Asbes Dan Non-Asbestos Dengan Melakukan Uji Komposisi, Uji Kekerasan, Dan Uji Keausan," *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 1-10, 2008.
- [61] S. G. Amaren, D. Yawas dan S. Aku, "Effect of periwinkles shell particle size on the wear behavior of asbestos free brake pad," *Results in Physics*, vol. 3, pp. 109-114, 2013.
- [62] K. H. Lo, S. Qu dan S. S. Wang, "A Mechanism-Based General Theory for Friction of PTFE/PEEK Composite: Effects of PTFE Morphology and Composite Microstructure," *Journal of Tribology*, vol. 144, no. 8, p. 081702, Februari 2022.
- [63] P. I. N. M. Purboputro, "Pembuatan Kampas Rem Menggunakan Variasi Butiran Mesh Alumunium Silicon (Al-Si) 50, 60, 100 Dengan Serbuk Kayu

Jati Terhadap Nilai Tingkat Kekerasan, Keausan Dan Koefisien Gesek,” *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 35-45, 2020.

- [64] F. Marentiko, Luqyana, Dhiya, V. Rizkia dan Muslimin, “Karakteristik Sifat Mekanik pada Pembuatan Komposit Terhadap Performa Kampas Rem Non-Asbestos,” *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 05, no. 03, pp. 160-167, 2024.
- [65] M. T. N. Fuad dan H. Yudiono, “Wear Analysis of Motorcycle Brake Pads Composite From Wood Apple,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 10, no. 1, pp. 55-62, Maret 2022.
- [66] O. J. Gbadeyan, T. P. Mohan dan K. Kanny, “Mechanical and the effect of oil absorption on tribological properties of carbon based brake pad material,” *Tribologia*, vol. 38, pp. 22-34, 2021.
- [67] M. D. Ananta, “Analisis Karakteristik Keausan Material Dengan Matriks Resin Menggunakan Filler Serat Bambu Dan Pasir Besi Untuk Aplikasi Kampas Rem,” *Tugas Artikel Ilmiah Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan (STTKD)* , pp. 1-14, 2023.