

ULASAN : PEMBUATAN KOMPOSIT KAMPAS REM DARI SERAT ALAMI

Aap Pandriana^{a, b*}, Hadi Pranoto^a, Sagir Alva^a

^a Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu buana, Jakarta, Indonesia

^b Teknik Sepeda Motor, SMKN 7 Kabupaten Tangerang, Banten, Indonesia

*Email Korespondensi: aappandriana@gmail.com

Phone: 089626754631

***Abstrak:** This paper discusses the importance of brake pads in vehicle safety and the need to replace asbestos materials with non-asbestos alternatives due to health risks. To make non-asbestos brake pads, biocomposite technology is needed which utilizes natural fibers. There are various natural fibers such as coconut, bamboo, sugarcane bagasse, teak wood, and banana stem used in the production of composite brake pads. This article discusses the manufacturing methods, test results, and performance evaluation of these materials. Various test methods were used to determine the mechanical properties and effectiveness of the brake pads. Overall, this research aims to find best practices in manufacturing environmentally friendly, non-asbestos brake pads with the most effective performance characteristics. Among all the methods for manufacturing brake pad composites that meet the standards or align with the manufacturer's specifications, the composite brake pads made from sugarcane bagasse powder have a hardness value of 100.50 and a wear rate of 4.20. In contrast, brake pads made from teak wood powder have a hardness value of 25.1 and a wear rate of 3.36×10^{-7} . The conclusion of this research emphasizes the importance of using the hot press method to maximize the binding of composite materials and the size of the reinforcing fibers used, the smaller the size, the more optimal the composite density.*

***Keywords:** Review, Method, Manufacturing, Natural Fiber, Composite, Brake Pads.*

1. PENDAHULUAN

Kinerja sistem pengereman pada setiap kendaraan bermotor sangatlah penting karena mempengaruhi keselamatan berkendara[1]. Semakin tinggi kecepatan kendaraan maka semakin besar pula kebutuhan akan sistem pengereman yang optimal untuk menghentikan kendaraan[2]. Salah satu komponen terpenting pada kendaraan yang berfungsi untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan adalah kampas rem[3].

Untuk membuat kampas rem, biasanya menggunakan asbes sebagai penguat dan resin sebagai pengikat[4]. Bahan asbes menyebabkan debu beracun yang dapat terhirup oleh pengendara dan orang-orang di sekitarnya. Selain itu, bahan asbes bersifat karsinogenik atau sebagai zat penyebab kanker bagi pengguna dan karyawan yang bekerja di industri kampas rem[5],[6]. Oleh karena itu, untuk menggantikan bahan asbes diperlukan kampas rem non asbes yang tetap menjaga sifat tribologi yang diinginkan seperti gesekan stabil dengan sensitivitas rendah terhadap kondisi pengereman, tingkat keausan rendah, kebisingan rem rendah, serta kinerja pemudaran dan pemulihan yang baik[7],[4].

Bahan kampas rem yang tidak mengandung asbestos dibuat melalui teknologi biokomposit yang memanfaatkan serat alami[3]. Komposit adalah produk yang dibuat dengan menggabungkan dua bahan atau lebih untuk membuat produk baru[8]. Selain ramah lingkungan, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, termasuk bobot yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan ketahanan terhadap aus[9]. Selain itu, serat alami yang digunakan dalam komposit akan terurai ketika komposit tidak diperlukan lagi dan dibuang karena pengaruh mikroorganisme[10],[11].

Artikel ini membahas tentang pembuatan material komposit pada kampas rem mulai dari bahan yang digunakan, cara pembuatan, hingga hasil pengujian, dengan tujuan untuk mengetahui komposisi dan metode yang paling baik diterapkan untuk penelitian selanjutnya.

2. METODE DAN BAHAN

Ada beberapa metode yang digunakan dalam pembuatan komposit kampas rem, mulai dari bahan penguat yang

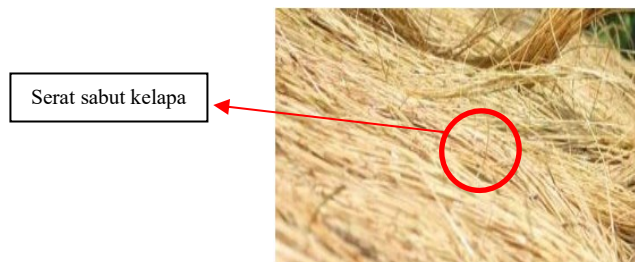
digunakan, bahan pengikat yang digunakan, proses pencetakan komposit, dan pengujian komposit untuk mengetahui kinerja komposit. Semua metode akan dibandingkan mana yang lebih baik dalam proses pembuatan komposit kampas rem sehingga dapat menjadi rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

Tabel 1: Manufaktur komposit kampas rem

| BAHAN | | CETAKAN KOMPOSIT | | PENGUJIAN | REFERENSI |
|---------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------------|-----------|
| BAHAN PENGUAT | BAHAN PENGIKAT | CETAKAN TERBUKA | CETAKAN TERTUTUP | | |
| Serat sabut kelapa | Epoxy resin | - | Press | Uji keausan | [5] |
| Serbuk serat bambu | Epoxy resin | - | Hot press | Uji kekerasan dan keausan | [12] |
| Serbuk ampas tebu | phenol formaldehyde | - | Hot press | Uji kekerasan dan keausan | [13] |
| Serbuk kayu jati | phenol formaldehyde | - | Hot press | Uji kekerasan dan keausan | [14] |
| Serat batang pisang | Epoxy resin | Hand lay-up | - | Uji kekerasan dan keausan | [15] |

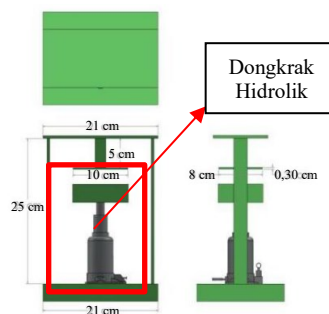
2.1 Serat sabut kelapa

Serat sabut kelapa adalah serat alami yang diekstraksi dari kulit luar kelapa[8],[16]. Serat ini terkenal karena kekuatan dan keuletan, serta sifatnya yang ramah lingkungan dan biodegradable[16],[17]. Serat sabut kelapa menawarkan berbagai potensi sebagai penguat untuk meningkatkan sifat mekanik komposit untuk aplikasi industri otomotif.dalam bidang material komposit[18]. Dengan ketersediaan yang melimpah dan kurang dimanfaatkan, serat sabut kelapa dapat menjadi pilihan untuk perkuatan komposit serta sabut kelapa juga memiliki nilai kekuatan tarik dan impak yang tinggi[16].



Gambar 1: Serat sabut kelapa[8].

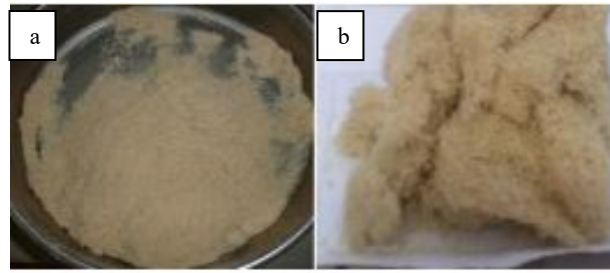
Pada penelitian sebelumnya pengaplikasian komposit serat alami dalam pembuatan kampas rem dibuat dengan bahan dasar sabut kelapa kemudian dicampur dengan bahan pengikat resin epoksi dan arang kelapa sebagai bahan pengisi. Pembuatan kampas rem dibuat sebanyak 2 variasi arah serat yaitu horizontal dan tidak beraturan, serta variasi berat bahan. Pembuatan kampas rem menggunakan metode press dan pengujian keausan menggunakan metode oghosi. Penekanan pada material komposit kampas rem sebesar 200 – 350 psi selama 60 menit[5].



Gambar 2: Pres hidrolik[5].

2.2 Serbuk serat bambu

Bambu merupakan salah satu biofiber yang banyak diaplikasikan dalam bidang teknik khususnya industri otomotif karena ketersediaannya yang melimpah dan memiliki siklus pertumbuhan yang cepat serta kekuatannya yang menjanjikan[19]. Dalam konteks ini, serat bambu dapat digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit polimer, sebagai bahan alternative untuk menggantikan serat sintesis seperti serat kaca[20].



Gambar 3: a) Serbuk bambu b) Serat bambu[12].

Penggunaan serat bambu dalam material komposit pada penelitian ini sebagai bahan alternatif pembuatan kampas rem. Ketahanan bambu terhadap serangan organisme sangat rendah sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Pengawetan batang bambu dilakukan dengan cara direndam dalam air laut. Perendaman ini ditentukan selama 15 dan 30 hari. Komposisi kompositnya adalah 30% serat bambu, 28% partikel bambu, 2% seng dan 40% resin epoksi. Tekanan kompresinya adalah 400 kg/cm^2 selama 10 menit. Proses sintering dilakukan pada suhu 150°C selama 60 menit[12].

2.3 Serbuk ampas tebu

Tebu merupakan bahan dalam industri pembuatan gula. Selain itu, produksi tebu juga menghasilkan limbah atau ampas tebu yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan[21]. Ampas tebu mengandung selulosa dan struktur kristalnya yang tinggi, sehingga dapat dijadikan bahan alternatif untuk pembuatan bahan penguat komposit[22],[23]. Ampas tebu menarik banyak industri dan peneliti karena kestabilannya terhadap lingkungan, fleksibel, mudah dibentuk, dan murah[24].

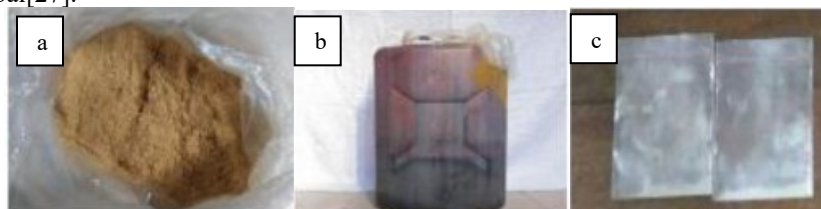


Gambar 4: a) Ampas tebu b) Produk sampel uji[13].

Pada penelitian ini, ampas tebu dimanfaatkan sebagai bahan penambah pembuatan kampas rem. Proses pembuatannya ampas tebu dijemur selama kurang lebih satu minggu setelah diambil sarinya. Dengan menggunakan gilingan, ampas tebu kering dihaluskan hingga menjadi serbuk kemudian diayak melalui beberapa ukuran ayakan berlubang $710\mu\text{m}$, $350\mu\text{m}$, $250\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, dan $100\mu\text{m}$. Serbuk ampas tebu dengan ukuran partikel yang bervariasi dikumpulkan. Campuran serbuk fenolik dan ampas tebu dengan komposisi dan ukuran ayakan yang bervariasi ($710\mu\text{m}$, $350\mu\text{m}$, $250\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$, dan $100\mu\text{m}$) diaplikasikan dengan perbandingan 70% ampas tebu dan 30% resin. Campuran bahan dimasukkan dalam mixer hingga hampir seragam, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan yang ditempatkan di dalam mesin cetak hot plate dengan suhu 140°C dan 100 KN/cm^2 selama 2 menit. Kampas rem dikeringkan dalam oven bersuhu 120°C selama 8 jam setelah dikeluarkan dari hot press[13].

2.4 Serbuk kayu jati

Karena sifatnya yang kuat, awet, dan mudah dikerjakan, pohon jati adalah salah satu pohon yang paling sering digunakan sebagai bangunan dan meubel[14],[25]. Pada proses manufaktur yang menggunakan bahan kayu biasanya menghasilkan limbah serpihan kayu[26]. Limbah tersebut masih bisa dimanfaatkan untuk mendapatkan bahan komposit baru dan untuk mengurangi penggundulan hutan yang berkaitan dengan pemanasan global[27].



Gambar 5: a) Serbuk kayu jati b) Phenol formaldehyde c) Catalyst[14].

Kampas rem Serbuk Kayu Jati merupakan salah satu alternatif pengganti kampas rem asbes. Serbuk kayu jati dicampur dengan bahan lain dan menggunakan phenol formaldehyde dan katalis sebagai pengikat. Proses pengepresan panas komposit serbuk kayu jati sebagai material utama kampas rem dilakukan dengan

menggunakan tekanan sebesar 5 ton dan ditahan selama 15 menit dengan perubahan suhu 160°C, 170°C dan 180°C. Pengujian mekanis meliputi uji keausan, uji kekerasan, uji koefisien gesekan dan uji ketahanan panas[14].

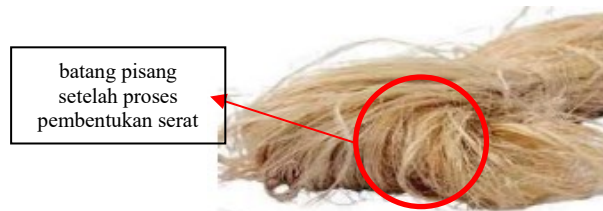


Gambar 6: Mesin hotpress[14].

2.5 Batang pisang

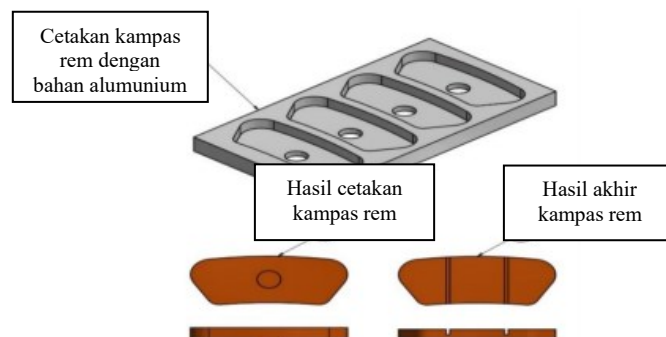
Pohon pisang merupakan jenis tumbuhan yang banyak sekali ditemui di Indonesia yang dapat dimanfaatkan seratnya sebagai bahan penguat komposit[28]. Pelepa pisang memiliki banyak keunggulan, termasuk bahan yang mudah didapat dan diperbarui. Beberapa penelitian juga menemukan bahwa serat batang pisang memiliki kekuatan tarik yang sangat baik[29].

Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa biokomposit yang dibuat melalui metode VARTM (Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding) dan penguat serat pisang mampu menahan beban yang lebih baik daripada kombinasi biokomposit lainnya. Studi ini juga menunjukkan bahwa serat pisang dapat digunakan sebagai alternatif yang berkelanjutan untuk serat sintesis dalam bahan komposit, yang membantu menghasilkan solusi yang ramah lingkungan dan bertanggung jawab terhadap lingkungan dalam berbagai industri yang menguntungkan[30].



Gambar 7: Serat batang pisang[15].

Pada penelitian selanjutnya yang berfokus pada pembuatan kampas rem, serat pisang dibuat dengan cara menghilangkan kadar air pada batang pohon pisang dengan cara mengepres batang pohon pisang dan melakukan proses lainnya sehingga membentuk serat lurus, kemudian serat pisang dijemur di bawah sinar matahari agar kadar air pada serat pisang hilang. Proses selanjutnya adalah mencampur bahan dengan aluminium, resin epoxy dan katalis berdasarkan komposisi yang telah ditentukan dan mencetak kampas rem dengan menggunakan cetakan yang sesuai dengan ukuran[15].



Gambar 8: Cetakan kampas rem[15].

Sampel yang telah dicetak diuji kekuatan geseknya dengan memberikan beban putar sebesar 15 kg selama 10 menit. Untuk pengujian kekerasan, alat Durometer Shore D digunakan sesuai dengan standar ASTM D 2240[15].

3. HASIL DAN DISKUSI

Berikut adalah hasil dari semua penelitian mengenai pembuatan komposit kampas rem berbahan penguat serat alami:

3.1 Serat sabut kelapa

Kampas rem dengan variasi arah serat horizontal dan tidak beraturan memperoleh nilai keausan yang berbeda dan tidak memenuhi nilai syarat standar nasional Indonesia. Nilai keausan spesifik dari suatu kampas rem dipengaruhi oleh komposisi arah serat, berat serat, berat arang, dan tidak seimbang resin epoxy dengan serat dan arang. Semakin berat serat dan arang maka keausan lebih baik, dan tidak seimbang resin epoxy maka nilai keausan akan terpengaruh[5].

Tabel 2: Hasil pengujian komposit kampas rem serat sabut kelapa pada uji keausan[5]

| Satuan: mm ² /kg | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| ORIENTASI SERAT | SPESIMEN 1 | SPESIMEN 2 | SPESIMEN 3 | STANDAR SNI (X 10 ⁻⁴) |
| Horizontal | 3,56 x 10 ⁻⁷ | 4,41 x 10 ⁻⁷ | 2,13 x 10 ⁻⁷ | 4 - 5 |
| Tidak beraturan | 4,18 x 10 ⁻⁷ | 4,54 x 10 ⁻⁷ | 2,78 x 10 ⁻⁷ | |

3.2 Serbuk serat bambu

dapat diperoleh kesimpulan bahwa perendaman batang bambu dalam air laut secara umum menurunkan sifat-sifat mekanis komposit yang dihasilkan. Kekuatan ikatan antar partikel penyusun sampel komposit cenderung rendah. Kondisi ini ditunjukkan oleh rendahnya kekerasan atau tingginya laju keausan sampel material[12].

Tabel 3: Hasil pengujian komposit kampas rem serat bambu[12]

| LAMA PERENDAMAN HARI | KEKERASAN (BHN) | LAJU KEAUSAN (gram/mm ² .s) |
|----------------------|-----------------|--|
| NT | 8,30 | 8,39 x 10 ⁻⁷ |
| T15 | 7,73 | 9,62 x 10 ⁻⁷ |
| T30 | 6,93 | 1,04 x 10 ⁻⁶ |

3.3 Serbuk ampas tebu

Hasilnya menunjukkan bahwa sampel dengan 100µm (70% ampas tebu dan 30% resin) memiliki kualitas lebih baik dibandingkan sampel lain yang dianalisis dan berhasil digunakan untuk menggantikan asbes dalam produksi kampas rem. Kualitasnya meningkat dengan nilai saringan ampas tebu yang lebih rendah. Hasil dari ukuran saringan 100µm dibandingkan dengan bantalan rem komersial berbasis asbes[13].

Tabel 4: Hasil pengujian komposit kampas rem ampas tebu[13]

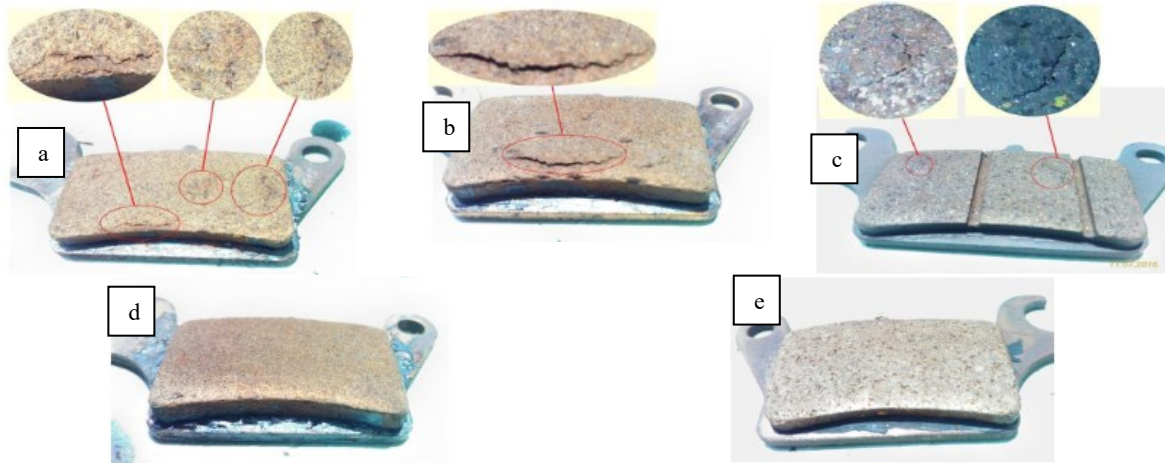
| SPESIMEN UJI | NILAI KEKERASAN (at 3000 kgf) (BHN) | KEAUSAN RATA-RATA (mg/m) |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
| Kampas rem komersial (berbasis asbes) | 101 | 3.80 |
| Kampas rem formulasi baru (berbasis ampas tebu) | 100.50 | 4.20 |

3.4 Serbuk kayu jati

Berdasarkan hasil penelitian kampas rem komposit kayu jati, variasi kampas rem pada temperatur 180°C memiliki nilai yang paling optimal diantara variasi yang lain dari segi kekerasan, keausan, koefisien gesek dan ketahanan panas. Variasi kampas rem pada suhu 180°C dapat mendekati karakteristik kinerja kampas rem pasaran dalam hal kekerasan dengan nilai 25,1 BHN, keausan spesifik dengan nilai 3,36 x 10⁻⁷ mm²/kg, koefisien gesek dengan nilai 0,51, dan tidak mengalami kerusakan pada suhu 300°C selama 1 jam. Sedangkan kampas rem Indopart dan RCA memiliki nilai kekerasan 27,4 BHN dan 25,1 BHN, nilai keausan spesifik 4,47 x 10⁻⁷ mm²/kg dan 5,73 x 10⁻⁷ mm²/kg, nilai koefisien gesek 0,51 dan 0,52, dan saat dipanaskan pada suhu 300°C selama 1 jam muncul retakan-retakan kecil pada kampas rem Indopart sedangkan pada kampas rem RCA tidak terjadi kerusakan. Temperatur pada proses pengepresan panas mempengaruhi pematangan perekat phenol-formaldehida sehingga akan membuat perekat mengikat secara optimal, ketika perekat mengikat seluruh material secara optimal maka akan mempengaruhi nilai kekerasan, keausan, koefisien gesek dan ketahanan panas[14].

Tabel 5: Hasil pengujian komposit kampas rem serbuk kayu jati[14]

| SPESIMEN UJI | NILAI KEKERASAN (BHN) | NILAI KEAUSAN (mm ² /kg) |
|--------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Variasi 160 | 22,7 | 6,21 x 10 ⁻⁷ |
| Variasi 170 | 24,3 | 6,07 x 10 ⁻⁷ |
| Variasi 180 | 25,1 | 3,36 x 10 ⁻⁷ |
| Indopart | 27,4 | 4,47 x 10 ⁻⁷ |
| RCA | 25,1 | 5,73 x 10 ⁻⁷ |



Gambar 9: (a) Retakan pada kampas serbuk kayu jati 160° (b) Retakan pada kampas serbuk kayu jati 170° (c) Retakan pada kampas indopart (d) Kampas rem serbuk kayu jati 180° (e) Kampas rem RCA[14]

3.5 Serat batang pisang

Studi pembuatan kampas rem komposit ini menemukan nilai kekuatan gesek untuk ukuran mesh 50% ($2,67 \times 10^{-6}$ gram/mm².detik), ukuran mesh 60% ($1,80 \times 10^{-6}$ gram/mm².detik) dan untuk ukuran mesh 100% ($0,91 \times 10^{-6}$ gram/mm².detik). Sedangkan untuk nilai kekerasan untuk mesh 50%, 60%, 100% ini yaitu, Untuk ukuran (Mesh 50 % = 73,5), (Mesh 60% = 75,8), (Mesh 100 % = 79,8). Selain itu kekuatan gesek dan kekerasan kampas yang ada di pasaran mencapai (86,75)[15].

Tabel 6: Hasil pengujian komposit kampas rem pelepah pisang[15]

| SPESIMEN UJI | NILAI KEKERASAN (Shore D) | RATA RATA NILAI KEAUSAN (gr/mm ² .s) |
|---------------------|---------------------------|---|
| Mesh 50% | 73,5 | $2,67 \times 10^{-6}$ |
| Mesh 60 % | 75,8 | $1,80 \times 10^{-6}$ |
| Mesh 100% | 79,8 | $0,91 \times 10^{-6}$ |
| Kampas rem pabrikan | 86,75 | - |

Jika dibandingkan dengan kampas rem pabrikan nilai kekerasannya masih lebih tinggi dikarenakan sifat fisik dari serat pisang lebih lunak[15]. Selanjutnya membandingkan dari semua metode dan hasil dari pembuatan komposit kampas rem dengan tujuan untuk mengetahui metode yang paling baik untuk diaplikasikan pada penelitian berikutnya.

Tabel 7: Perbandingan metode dan hasil dari pembuatan komposit kampas rem

| BAHAN | | CETAKAN KOMPOSIT | | PENGUJIAN | | REFERENSI |
|---------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------------------|--|-----------|
| BAHAN PENGUAT | BAHAN PENGIKAT | CETAKAN TERBUKA | CETAKAN TERTUTUP | UJI KEKERASAN (BHN, Shore D) | UJI KEAUSAN (mm ² /kg, gr/mm ² .s, mg/m) | |
| Serat sabut kelapa | Epoxy resin | - | Press | - | $4,54 \times 10^{-7}$ | [5] |
| Serbuk serat bambu | Epoxy resin | - | Hot press | 8,30 | $8,39 \times 10^{-7}$ | [12] |
| Serbuk ampas tebu | phenol formaldehyde | - | Hot press | 100,50 | 4,20 | [13] |
| Serbuk kayu jati | phenol formaldehyde | - | Hot press | 25,1 | $3,36 \times 10^{-7}$ | [14] |
| Serat batang pisang | Epoxy resin | Hand lay-up | - | 79,8 | $0,91 \times 10^{-6}$ | [15] |

Dari semua metode pembuatan komposit kampas rem yang sesuai dengan standar atau sesuai dengan kampas rem pabrikan yaitu pada komposit kampas rem berbahan serbuk ampas tebu dan serbuk kayu jati. Hal ini dipengaruhi dari proses pencetakan dengan menggunakan metode hot press. Selama proses hot press, suhu mempengaruhi pematangan perekat, yang menghasilkan ikatan yang ideal. Saat perekat mengikat seluruh material dengan baik, akan mempengaruhi kekerasan, keausan, koefisien gesek, dan ketahanan panas[14]. Selain itu, bentuk serat juga mempengaruhi kerapatan dari komposit, semakin rendah nilai ayakan semakin baik karakteristiknya[13].

3 KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dalam artikel ulasan ini dapat diambil kesimpulan bahwa proses pemanasan dapat mempengaruhi kematangan dari bahan pengikat sehingga menghasilkan ikatan komposit yang lebih maksimal. selanjutnya dari bentuk bahan penguat semakin kecil ukurannya akan semakin rapat campuran kompositnya. Maka dari itu metode cetak hot press dan bentuk serbuk pada bahan penguat bisa menjadi rekomendasi untuk proses pembuatan komposit kampas rem non-asbes yang ramah lingkungan. Selain itu, teknologi pencetakan dengan metode hot press yang telah terbukti memberikan hasil komposit dengan karakteristik mekanik yang unggul. Penggunaan metode ini tidak hanya meningkatkan kualitas produk tetapi juga membantu dalam

menjaga standar keselamatan kendaraan.

4 UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Bapak Hadi Pranoto, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D atas kesempatan belajar di bidang manufaktur dan material, serta kepada semua teman-teman saya di kelas reguler satu magister teknik mesin universitas mercu buana.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Zhou, X. Wang, Y. Glaser, X. Wu, and X. Xu, “Developing an improved automatic preventive braking system based on safety-critical car-following events from naturalistic driving study data,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 178, p. 106834, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106834>.
- [2] G. Soebiyakto, “Pengaruh Jenis Kanvas Rem Dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda Dan Laju Keausan Kanvas Rem Pada Sepeda Motor,” no. Oktober, pp. 118–138, 2011, doi: 10.31328/JP.V3I2.211.
- [3] Aminur, M. Hasbi, and Y. Gunawan, “Proses Pembuatan Biokomposit Polimer Serat Untuk Aplikasi Kampas Rem,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2015.
- [4] D. F. Fitriyana *et al.*, “Pengaruh Fraksi Volume Sekam Padi, Aluminium Oksida dan Besi Oksida Terhadap Sifat Mekanik Kampas Rem dengan Matriks Epoxy,” *J. Ilm. Momentum*, vol. 19, no. 2, p. 99, 2023, doi: 10.36499/jim.v19i2.8752.
- [5] A. P. Juang Zebua, D. Wicaksono, and S. Sehonon, “Studi Eksperimental Pembuatan Kampas Rem Berbahan Serat Sabut Terhadap Pengujian Keausan,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 1, pp. 87–91, 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i1.557.
- [6] I. Buana and D. A. Harahap, “Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok,” *Averrous J. Kedokt. dan Kesehat. Malikussaleh*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.29103/averrous.v8i1.7088.
- [7] L. Wei, Y. S. Choy, C. S. Cheung, and H. K. Chu, “Comparison of tribology performance, particle emissions and brake squeal noise between Cu-containing and Cu-free brake materials,” *Wear*, vol. 466–467, p. 203577, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203577>.
- [8] E. Putra, D. Boangmanalu, A. Qadry, F. Taruyun, H. Sinaga, and A. B. Pratama, “Uji Kekuatan Tarik Komposit Dengan Penguat Serat Sabut Kelapa,” vol. 05, no. 01, pp. 56–63, 2024.
- [9] Suhardiman and M. Syaputra, “Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat Dari Komposit Polimer Serbuk Padi dan Tempurung Kelapa,” *J. Invotek Polbeng*, vol. 07, no. 2, pp. 210–214, 2017.
- [10] R. H. Setyanto, “Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya,” *Performa*, vol. 11, no. 1, pp. 9–18, 2012.
- [11] M. M. H. Parvez, S. M. Nur Rupom, M. M. Adil, T. Tasnim, M. S. Rabbi, and I. Ahmed, “Investigation of mechanical properties of rattan and bamboo fiber reinforced vinyl ester composite material for automotive application,” *Results Mater.*, vol. 19, p. 100437, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2023.100437>.
- [12] H. Susanto, R. Lusiani, I. Saefuloh, H. Akbar Notonegoro, and M. Fawaid, “Pengaruh perendaman bambu dengan air laut terhadap kekerasan dan laju keausan komposit kampas rem,” *J. Progr. Stud. Tek. Mesin UM Metro*, vol. 12, no. 1, pp. 80–87, 2023.
- [13] V. S. Aigbodion., U. Akadike, S.B. Hassan, F. Asuke, And J.O. Agunsoye, “Development of Asbestos-Free Brake Pad Using Bagasse,” *Tribol. Ind.*, vol. 32, no. 1, p. 7, 2010.
- [14] F. Yudhanto, S. A. Dhewanto, and S. W. Yakti, “Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati,” *Quantum Tek. J. Tek. Mesin Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–27, 2019, doi: 10.18196/jqt.010104.
- [15] M. A. Rifany, B. Sugiantoro, S. Sakuri, and T. Dwi, “Pengaruh Kampas Rem Komposit Berpenguat Serat Pisang Dan Aluminium Terhadap Kekuatan Gesek Dan Kekerasan Effect of Composite Brake Pads Reinforced with Banana Fiber and Aluminum on Frictional Strength and Hardness Iteks,” vol. 14, no. 1, pp. 57–64, 2022.
- [16] T. P. W. Hidayat, R. D. Anjani, D. T. Santoso, and Irvan, “Analisis Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Alkalisasi Etanol dan Filler Arang Tempurung Kelapa,” *J. Serambi Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 7880–7889, 2023, doi: 10.32672/jse.v9i1.789.
- [17] I. Elfaleh *et al.*, “A comprehensive review of natural fibers and their composites: An eco-friendly alternative to conventional materials,” *Results Eng.*, vol. 19, p. 101271, 2023, doi:

- <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101271>.
- [18] D. Carvalho *et al.*, “Advancing sustainability in the automotive industry: Bioprepregs and fully bio-based composites,” *Compos. Part C Open Access*, vol. 14, p. 100459, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2024.100459>.
- [19] Z. A. Shaikh, A. S. Maheshwari, A. K. Mansuri, V. G. Kshatriya, and N. N. Khare, “Analysis of influence of fiber volume of bamboo-areca composite material using Taguchi optimization technique,” *Mater. Today Proc.*, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.05.031>.
- [20] K. Mohammed, R. Zulkifli, M. Faizal Mat Tahir, and T. Sumer Gaaz, “A study of mechanical properties and performance of bamboo fiber/polymer composites,” *Results Eng.*, vol. 23, p. 102396, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102396>.
- [21] Darmansyah, J. M. Togatrop, and E. Azwar, “Sintesis Mekanik Komposit Epoxy Berpenguat Serat Tebu (Tinjauan Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending),” *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind. 2018*, pp. 149–156, 2018.
- [22] M. Fakri Sugianto and A. Dyah Radityaningrum, “Kelayakan Kampas Rem Sepeda Motor Non Asbestos Dari Bahan Ampas Tebu (Bagasse),” *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 18, no. 1, pp. 1–6, 2020, doi: [10.36456/waktu.v18i01.2281](https://doi.org/10.36456/waktu.v18i01.2281).
- [23] H. Ali, S. Dixit, and S. Alarifi, “Development and characterization study of bagasse with stubble reinforced polyester hybrid composite,” *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 36, no. 7, p. 103231, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103231>.
- [24] K. Ramachandran and C. L. Gnanasagaran, “Life cycle assessment of sugarcane bagasse based natural composites prepared via vacuum bagging technique,” *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 26, p. 101811, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101811>.
- [25] K. Kosjoko, “Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis* L.F) sebagai Bahan Penguat Komposit Brake Pad Sepeda Motor Bermatriks Epoxy,” *J-Proteksion*, vol. 6, no. 1, pp. 16–19, 2021, doi: [10.32528/jp.v6i1.4979](https://doi.org/10.32528/jp.v6i1.4979).
- [26] A. Arliansyah, “Pemanfaatan limbah serbuk kayu industri mebel untuk komposit serbuk kayu dengan matrik polivinil asetat,” *Politek. Manufaktur Negeri Bangka Belitung*, 2024.
- [27] V. Aruna Janani, B. Vinay, M. Kaliraj, and K. Mukilan, “Study of mechanical property of treated teak wood and tamarind seed particles in the applications of reinforced composites,” *Mater. Today Proc.*, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.436>.
- [28] E. Widodo and Iswanto, *Mekanika Komposit dan Bio-Komposit*. Sidoarjo: UMSIDA PRESS, 2022. [Online]. Available: <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress>
- [29] Lelawati, E. Tonadi, and Aan Sefentry, “Analisis Kekerasan Papan Komposit dari Serat Pelepah Pisang Dengan Resin Polyester,” *J. Redoks*, vol. 8, no. 2, pp. 152–157, 2023, doi: [10.31851/redoks.v8i2.13614](https://doi.org/10.31851/redoks.v8i2.13614).
- [30] Y. V Thorat, S. S. Chavan, D. D. Mohite, and U. S. Pawar, “Development of eco-friendly bio-composites using banana fibers for enhanced tensile and flexural properties,” *Mater. Today Proc.*, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.04.061>.