

# ***Utilization of Corn Husk Fiber as a Replacement Material for Non-Asbestos Motorcycle Brake Pads*** **[Pemanfaatan Serat Kulit Jagung Sebagai Material Pengganti Kampas Rem Sepeda Motor Non - Asbestos]**

Candra Darmawan<sup>1)</sup>, Prantasi Harmitjahjanti<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [prantasiharmitjahjanti@umsida.ac.id](mailto:prantasiharmitjahjanti@umsida.ac.id)

**Abstract.** Brake pads are one of the components of a motorcycle that functions to slow down or stop the motorcycle comfortably. So the researcher wanted to know the service life of motorcycle brake pads and make samples of motorcycle brake pads using environmentally friendly composite materials with several variations in material composition. The materials used in this study were corn husk fiber, brass powder, and aluminum powder. The manufacture of these brake pads was obtained by mixing all the materials and molding for several days until they hardened. The brake pad material in this study was tested for durometer and impact tests with variations in the material content presented in the test flow diagram. The results of the study were that the toughness value of motorcycle brake pads made of composite materials had the highest value in the composition of 30% Corn Husk Powder, 35% Brass Powder, 35% Aluminum Powder with a value of 197,669.09 kg.m / s<sup>2</sup>. While for the composition of 50% Corn Husk Powder, 25% Brass Powder, 25% Aluminum Powder is the lowest with a value of 187,127.27 kg.m / s<sup>2</sup>. While the service life value of motorcycle brake pads is relatively long in composition due to the toughness of the brake pads. And for the composition of 50% Corn Husk Powder, 25% Brass Powder, 25% Aluminum Powder has a relatively low service life due to the large amount of corn husk powder mixture.

**Keywords -** Brake pads, durometer test and impact test

**Abstrak.** Kampas rem merupakan salah satu komponen sepeda motor yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju sepeda motor secara nyaman. Sehingga peneliti ingin mengetahui umur pakai kampas rem sepeda motor dan membuat sampel kampas rem sepeda motor dengan menggunakan bahan komposit yang ramah lingkungan dengan beberapa variasi komposisi bahan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat kulit jagung, serbuk kuning, dan serbuk aluminium. Pembuatan kampas rem ini diperoleh dengan cara pencampuran semua bahan dan dicetak sampai beberapa hari sehingga mengeras. Bahan kampas rem pada penelitian ini di uji durometer dan uji impak dengan variasi kandungan bahan yang disajikan pada diagram alir pengujian. Hasil penelitian adalah nilai keuletan kampas rem sepeda motor yang terbuat dari bahan komposit memiliki nilai tertinggi terdapat pada komposisi Serbuk Kulit Jagung 30%, Serbuk Kuning 35%, Serbuk Aluminium 35% dengan nilai 197.669,09 kg.m/s<sup>2</sup>. Sedangkan untuk komposisi Serbuk Kulit Jagung 50%, Serbuk Kuning 25%, Serbuk Aluminium 25% adalah yang terendah bernilai 187.127,27 kg.m/s<sup>2</sup>. Sedangkan nilai umur pemakaian kampas rem sepeda motor relatif lama pada komposisi dikarenakan keuletan kampas rem nya. Dan untuk komposisi Serbuk Kulit Jagung 50%, Serbuk Kuning 25%, Serbuk Aluminium 25% memiliki umur pemakaian relatif rendah dikarenakan banyaknya campuran serbuk kulit jagung.

**Kata Kunci –** Kampas rem, uji durometer dan uji impak

## **I. PENDAHULUAN**

Dengan perubahan zaman yang begitu pesat dan kemajuan ilmu pengetahuan khususnya di bidang teknologi otomotif, kita harus mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta terus berinovasi. Salah satu aspek yang perlu dikembangkan adalah pengembangan teknologi hijau atau ramah lingkungan, sebuah tantangan yang memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mendukung kemajuan teknologi saat ini [1]. Permintaan terhadap material juga cenderung meningkat dari tahun ke tahun sehingga perlu diperoleh material baru yang lebih baik dengan biaya yang lebih rendah [2].

Perkembangan teknologi di bidang otomotif menyebabkan produsen sepeda motor dengan pesat mengembangkan performa sepeda motor dan teknologi yang mendukungnya [3]. Pengembangan ini sangat penting dari segi aerodinamis dan performa mesin dengan meningkatkan tenaga yang dihasilkan. Seiring berkembangnya kinerja kendaraan bermotor saat ini, diperlukan sistem pengereman yang efektif dan keselamatan berkendara [4]. Sistem pengereman yang baik akan mampu menunjang efisiensi dan kecepatan kendaraan. Bagian terpenting dari sistem pengereman adalah bantalan rem yang berfungsi memperlambat atau mengurangi kecepatan kendaraan [5]. Untuk

mencapai kinerja pengereman yang maksimal diperlukan bantalan rem dengan kinerja pengereman yang baik dan efektif. Oleh karena itu, efisiensi pengereman sangat dipengaruhi oleh koefisien gesekan bantalan rem [6].

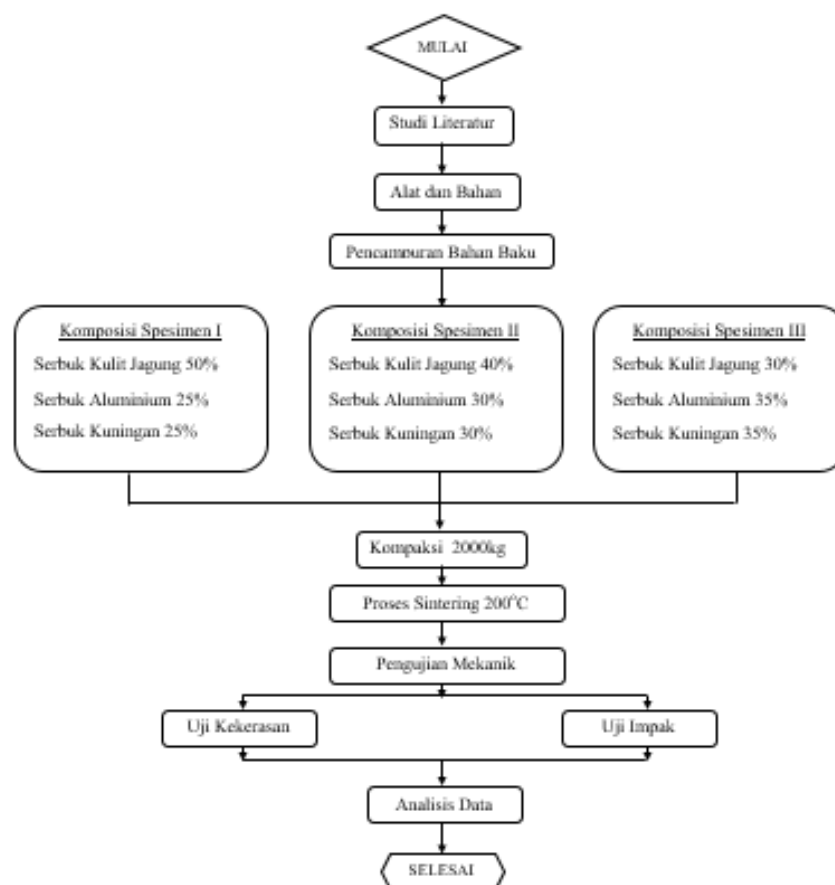
Kualitas kampas rem dipengaruhi oleh beberapa faktor, khususnya komposisi bahan, jenis bahan dan kekerasan. Kampas rem yang terlalu keras akan memperpendek umur tromol atau cakram, jika terlalu empuk maka umur kampas rem akan pendek. Material komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk pembuatan kampas rem [7]. Perkembangan teknologi komposit mengalami kemajuan yang sangat pesat karena sifatnya yang terbarukan, serta rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, kekerasan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan faktor-faktor lain yang mengurangi konsumsi bahan kimia dan dampak terhadap lingkungan. Menggunakan bahan baku non-asbes yang ramah lingkungan, memiliki daya rekat yang kuat pada suhu pengereman di atas 3000°C dan faktor keamanan yang lebih baik [8]. Menjadikan kampas rem bebas asbes lebih terjangkau karena berbagai alasan, sehingga diperlukan penelitian dan pengembangan untuk mengurangi penggunaan bahan berbasis asbes yang lebih berdampak negatif bagi pengguna dan tidak ramah lingkungan [9].

Kampas rem yang terbuat dari bahan non-asbes biasanya terbuat dari empat hingga lima jenis serat, antara lain Kevlar, serat baja, wol batu, selulosa, dan serat karbon, sedangkan bantalan rem dari rem terbuat dari asbes, bahan karsinogenik. Karena perbedaan tersebut, kampas rem yang mengandung asbes rentan licin atau tidak lengket saat basah, karena asbes hanya terbuat dari satu serat saja [10]. Indonesia kaya akan sumber daya alam dan mempunyai potensi yang besar untuk menghasilkan serat-serat baru yang sebanding dengan serat-serat yang sudah ada, antara lain serat batang pisang atau serat daun pisang, dimana tanaman ini banyak ditemukan dan merupakan salah satu tanaman yang mengandung selulosa dan pisang yang sangat baik. Kandungan serat sling, kuat tarik dan tekan menurut SNI 103-2105-2006 harus sesuai untuk kombinasi dan dapat digunakan sebagai material komposit bebas asbes dalam produksi bantalan rem [11].

## II. METODE

### A. Diagram Alir Penelitian

Metodologi yang digunakan pada proses menyusun serta proses urutan pada saat penelitian ini digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*). Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. berikut:



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## B. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa referensi dari jurnal, artikel, buku, tugas akhir yang berkaitan, pengamatan secara langsung di lapangan, juga dari media internet, dan diskusi dengan dosen pembimbing yang ada kaitannya dengan besar perencanaan pemanfaatan serat kulit jagung sebagai material pengganti kanvas rem sepeda motor *non - asbestos* [12].

## C. Tempat dan Waktu Penelitian

Metodologi penelitian dimulai dari studi literatur tentang pembuatan kanvas rem non-asbestos berbahan komposit serat kulit jagung dan beberapa tahapan yaitu persiapan alat, bahan dan alat uji. Adapun proses pengambilan data dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Muhammadiyah Sidoarjo.

Penelitian ini dilaksanakan dalam waktu  $\pm$  6 bulan, mulai dari bulan Juli 2024 sampai bulan Desember 2024. Adapun jadwal penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

- Pengajuan Judul : 12 Juli 2023
- Pembuatan Proposal : 13 Juli 2023 sampai Agustus 2023
- Seminar Proposal : Juli 2024
- Pelaksanaan Penelitian : September -Oktober 2024
- Ujian Skripsi : April 2025

**Tabel 1.** Bahan Komposit Kanvas Rem Spesimen 1,2,3

No. Spesimen	Serbuk Kulit Jagung	Serbuk Kuningan	Serbuk Aluminium	Jumlah Spesimen
1	50%	25%	25%	3
2	40%	30%	30%	3
3	30%	35%	35%	3

## D. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang perlu dilakukan untuk melakukan pembuatan spesimen yaitu sebagai berikut.

### 1. Serat Kulit Jagung

Memiliki nilai kekuatan tarik yang baik. Kekuatan tarik tertinggi adalah serat kulit jagung 2% dengan komposisi 3,9 MPa hingga 11,49 MPa, dan sifat fisik serat kulit jagung adalah: massa jenis 1,07 g/cm<sup>3</sup> hingga 1,25 g/cm<sup>3</sup>, daya serap air 0,7 hingga 3,55%, kelembaban kontein 0,89 hingga 4,33%. Hasil sifat fisik material komposit serat kulit jagung epoxy memenuhi JIS A 5905: 2003. Sifat mekaniknya meliputi kuat tarik 7,73MPa hingga 10,02MPa, kuat lentur 28,62MPa hingga 55,62MPa, dan kuat impact 3kJ. Hasil sifat mekanik komposit serat kulit jagung-epoksi sesuai dengan JIS A 5905:2003.



**Gambar 2.** Serat Kulit Jagung

### 2. Resin Epoxy

Resin epoxy adalah polimer termoseting yang mengandung setidaknya dua gugus epoksida. Gugus epoksida ini memungkinkan resin untuk bereaksi dengan pengeras, membentuk struktur tiga dimensi yang kuat dan stabil. Resin epoxy sering digunakan sebagai perekat, pelapis, atau matriks dalam berbagai material komposit [13].



**Gambar 3.** Resin Epoxy

### 3. Serbuk Aluminium

Kampas reim harus meimpunyai kekeirasan, keitahanan aus dan keitahanan teirhadap korosi dan alteirnatif bahan yang dapat digunakan adalah alumunium yang meimpunyai bobot ringan dan kuat tarik 70 Mpa seirta tahan korosi. Aluminium banyak digunakan dalam beirbagai bidang kehidupan teirutama pada industri otomotif, kareina aluminium meimpunyai stabilitas teirmal yang baik dan keikuatan speisifik yang sangat baik. Seilain itu keikuatan meikaniknya meiningkat seicara signifikan deingan peinambahan seitiap jeinis Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dll. Peinambahan unsur ini juga meimbeirikan sifat baik lainnya seipeirti keimampuan Anti korosi, anti -keiausan dan koeifisiein muai yang reindah [14].



**Gambar 4.** Serbuk Aluminium

### 4. Serbuk Kuningan

Kuningan adalah logam yang teirbuat dari campuran teimbaga dan seing. Teimbaga meirupakan komponein utama kuningan, dan kuningan seiring diklasifikasikan seibagai paduan teimbaga. Warna kuningan beirvariasi dari coklat keimeirahan tua hingga kuning meitalik ceirah, teirgantug kandungan seingnya. Seing meimpunyai peingaruh yang signifikan teirhadap warna kuningan. Kuningan lebih kuat dan lebih keiras dari teimbaga, tapi tidak lebih kuat dari baja. Kuningan mudah dibeintuk meinjadi beirbagai beintuk, meimiliki konduktivitas teirmal yang baik, dan umumnya tahan korosi. Kareina sifatnya teirseibut, kuningan seiring digunakan seibagai bahan peimbuatan pipa, pipa, seikrup dan radiator. Komponein utama kuningan adalah teimbaga. Jumlah teimbaga beirvariasi dari 55% hingga 95% beiratnya teirgantug pada jeinis kuningan dan tujuan peinggunaannya. Komponein kuningan yang keidua adalah seing. Campuran seing beirvariasi dari 5% hingga 40% beirat teirgantug pada jeinis kuningan. Kuningan deingan jumlah paduan seing yang lebih banyak lebih kuat dan keiras teitapi sulit dibeintuk dan tahan teirhadap korosi. Beibeirapa jeinis kuningan juiga meingandung seidikit bahan lain uintuik meinghasilkan speisifikasi teirteintui. Hingga 3,8% beirat. Timbal dapat ditambahkan uintuik meiningkatkan daya tahan. Meಿನambahkan timah dapat meiningkatkan keitahanan teirhadap korosi [15].



**Gambar 5.** Serbuk tembaga

## 5. Uji Durometer

Durometer adalah instrumen yang menggunakan prinsip yang digunakan untuk mengukur kekerasan didasarkan pada mengukur kekuatan perlawanan dari penetrasi jarum ke dalam bahan uji di bawah beban pegas diketahui [4].



Gambar 6. Skala Uji Durometer

## 6. Uji Impak

Peimbeintuiran adalah peirlakuan teirhadap mateirial meilalui tuimbuikan atai peineirapan gaya yang beisat. Tuijuiannya uintuik meinguikuir deirajat keitangguihan atai keiuileitan beinda uji. Uintuik meinguiji beisarnya eineirgy. tuimbuikan, Anda dapat meilakukan salah satu peinguijian deingan meinguijan alat yang diseibuit Charpy atai Izod.

Harga impact dapat dicari dengan persamaan :

$$E = W \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- E = Energi Impact yang terserap (Joule)
- W = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)
- R = Radius (m)
- $\beta$  = Sudut akhir (°)
- $\alpha$  = Sudut awal (°)

$$IS = \frac{E}{F} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- IS = Nilai Impact (Joule/mm<sup>2</sup>)
- E = Energi Impact yang terserap (Joule)
- F = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Uji Kekuatan Impact

Pengujian spesimen uji kekuatan Impak kali ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Uji ini bertujuan untuk mengetahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi.




Berikut yaitu langkah-langkah pengujian impact :

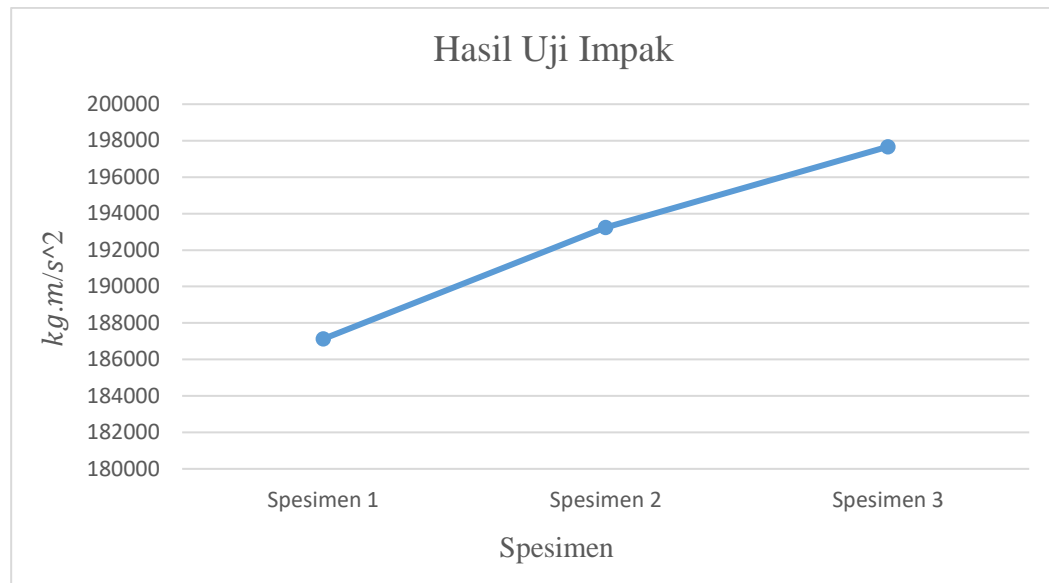
1. Pasang spesimen ke landasan dengan takik di tengah, bagian takik di bagian dalam, sehingga pendulum membentur benda uji di sisi berlawanan dari sisi takik benda kerja uji.
2. Bandul setinggi H atau membentuk sudut<sup>o</sup> ( $\alpha$ )
3. Ubah posisi jarum ke skala yang lebih rendah pada angka nol.
4. Tarik LockHandle sehingga bandul lepas memukul benda uji, kemudian bandul tetap berayun miring ( $\beta$ )
5. Tarik Brake Handle, tahan agar pendulum berhenti
6. Catatan sudut  $\beta$  yang tertunjuk pada indikator
7. Setelah dulakukan pengujian ambil benda kerja untuk diukur luasan dimensi patahannya, teliti penampang patahan benda kerja dan gambarkan diidentifikasi jenis patahannya

Spesifikasi Alat Uji Impact dengan metode Charpy ini adalah :

1. Tipe alat kerja : Charpy
2. Kapasitas : 200 Joule
3. Berat gondam (pendulum) : 16 Kg
4. Jarak titik ayunan dengan titik pusat : 953 mm
5. Posisi awal pemukulan ( $\alpha$ ) :  $125^\circ + 5^\circ$
6. Sudut pisau pemukul ( $\beta$ ) :  $22^\circ$
7. Dimensi bahan uji : 55 mm x 10 mm x 10 mm
8. Standart bahan uji : ASTM A36

**Tabel 2.** Hasil Uji Impak Berdasarkan Komposisi

No. Spesimen	Komposisi	Hasil Uji Impak	Dokumentasi
1.	Serbuk Kulit Jagung 50%, Serbuk Kuningan 25%, Serbuk Aluminium 25%	$127^\circ + 10^\circ = 137^\circ$ <b>187.127,27 kg.m/s<sup>2</sup></b>	
2.	Serbuk Kulit Jagung 40%, Serbuk Kuningan 30%, Serbuk Aluminium 30%	$125^\circ + 10^\circ = 135^\circ$ <b>193.232,72 kg.m/s<sup>2</sup></b>	
3.	Serbuk Kulit Jagung 30%, Serbuk Kuningan 35%, Serbuk Aluminium 35%	$124^\circ + 10^\circ = 134^\circ$ <b>197.669,09 kg.m/s<sup>2</sup></b>	



**Gambar 7.** Grafik Hasil Spesimen Kampas Rem

Dari tabel dan grafik diatas, spesimen 1 keuletan benda pada komposisi Serbuk Kulit Jagung 50%, Serbuk Kuningan 25%, Serbuk Aluminium 25% adalah yang terendah bernilai 187.127,27 kg.m/s<sup>2</sup>. Sedangkan pada spesimen 2 keuletan benda mengalami kenaikan pada komposisi Serbuk Kulit Jagung 40%, Serbuk Kuningan 30%, Serbuk Aluminium 30% dengan nilai 193.232,72 kg.m/s<sup>2</sup>. Dan pada spesimen 3 keuletan benda pada titik tertinggi dengan komposisi Serbuk Kulit Jagung 30%, Serbuk Kuningan 35%, Serbuk Aluminium 35% dengan nilai 197.669,09 kg.m/s<sup>2</sup>.

### B. Uji Durometer

Uji durometer adalah metode untuk mengukur kekerasan material, terutama bahan seperti karet dan plastik, dengan mengukur resistansi terhadap lekukan atau deformasi. Alat yang digunakan disebut durometer atau Shore hardness tester, dan prinsip kerjanya melibatkan penetrasi jarum ke dalam material di bawah beban pegas yang diketahui. Skala durometer (seperti Shore A, Shore D) digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kekerasan material.

**Tabel 3.** Hasil Uji Durometer Berdasarkan Komposisi

No. Spesimen	Komposisi	Hasil Uji Durometer	Dokumentasi
1.	Serbuk Kulit Jagung 50%, Serbuk Kuningan 25%, Serbuk Aluminium 25%	62 HD	
2.	Serbuk Kulit Jagung 40%, Serbuk Kuningan 30%, Serbuk Aluminium 30%	69.5 HD	

	Serbuk Kulit Jagung	
	30%, Serbuk	
3.	Kuningan 35%,	78 HD
	Serbuk Aluminium	
	35%	



#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Pemanfaatan Serat Kulit Jagung Sebagai Material Pengganti Kampas Rem Sepeda Motor *Non - Asbestos*” dapat disimpulkan :

1. Nilai keuletan kampas rem sepeda motor yang terbuat dari bahan komposit memiliki nilai tertinggi terdapat pada komposisi Serbuk Kulit Jagung 30%, Serbuk Kuningan 35%, Serbuk Aluminium 35% dengan nilai 197.669,09 kg.m/s<sup>2</sup>. Sedangkan untuk komposisi Serbuk Kulit Jagung 50%, Serbuk Kuningan 25%, Serbuk Aluminium 25% adalah yang terendah bernilai 187.127,27 kg.m/s<sup>2</sup>.
2. Nilai umur pemakaian kampas rem sepeda motor relatif lama pada komposisi dikarenakan keuletan kampas rem nya. Dan untuk komposisi Serbuk Kulit Jagung 50%, Serbuk Kuningan 25%, Serbuk Aluminium 25% memiliki umur pemakaian relatif rendah dikarenakan banyaknya campuran serbuk kulit jagung.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab, himpunan mahasiswa dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] Primaningtyas, W. E., Suheni, S., & Pradana, F. A. Pengaruh Ukuran Partikel Serbuk Bonggol Jagung Terhadap Sintesis Komposit Kampas Rem Non-Asbestos. *Jurnal Iptek*, vol. 22. no. 1. pp. 45-52. 2019.
- [2] Suhardiman, S., & Syaputra, M. Analisa keausan kampas rem non asbes terbuat dari komposit polimer serbuk padi dan tempurung kelapa. *Inovtek Polbeng*, 7(2), 210-214. 2020.
- [3] Permana, A. Y. P. (2022). Karakteristik Kampas Rem Yang Menggunakan Serbuk Kulit Buah Maja Sebagai Penguat Dengan Perlakuan Rendam Alkali (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. 2020.
- [4] Prasetya, B., & Zainuri, M. Pengaruh fraksi berat serat waru terhadap sifat mekanik kampas rem kereta api komposit non asbestos. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), B53-B58. 2024.
- [5] Bagaskara, A., Widodo, S., & Pramono, C. Pengaruh serbuk kulit biji mangga sebagai penguat komposit kampas rem terhadap sifat mekanis. *Jurnal Teknik Mesin MERC (Mechanical Engineering Research Collection)*, 2(2). 2024.
- [6] Ariyanto, D., & Purboputro, I. P. I. Pengaruh Alumunium Silikon (Al-Si) Mesh 50, 60, 100 Dan Serat Daun Nanas Terhadap Peningkatan Keausan, Kekerasan Dan Koefisien Gesek Sebagai Bahan Pembuatan Kampas Rem Dari Kampas Rem Yang Berbahan Karbon (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah surakarta). 2022.
- [7] Tjahjanti, P. H., Iswanto, I., Widodo, E., & Pamuji, S. Examination of Thermoplastic Polymers for Splicing and Bending. *Nano Hybrids and Composites*, 38, 87-97. 2023.
- [8] W. Fsw, T. Sifat, M. Dan, M. Pada, dan A. Paduan, *Pengaruh Kecepatan Feedrate Friction Stir*, no. November 2021. 2021.
- [9] R. H. Aruan, H. Pratikno, and Y. S. Hadiwidodo, "Analisis Pengaruh Suhu Material Pada Pengaplikasian Coating Epoxy Terhadap Kekuatan Adhesi Baja A36," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 12, no. 1, pp. F34-F40, 2023.
- [10] T. Cahyono And P. H. Tjahjanti, “Analisa Pengelasan Tungsten Inert Gas ( Tig ) Pada Material Titanium ( Ti-6al-4v ),” No. 2, Pp. 1–13, 2024.
- [11] Soleh, M. Z. A., & Mulyadi, M. Design and Build JIG Design on Friction Stir Welding Using Fillet Connection on AA6061-T6 Material. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 14, 10-21070. 2021.

- [12] Wardana, A. I., & Mulyadi, M. Analysis of Underwater Friction Stir Welding (UFSW) Process Joint on AA6005-T6 Series Aluminium Alloy on Tensile Strength and Macro Structure: Analisa Sambungan Proses Underwater Friction Stir Welding (UFSW) pada Paduan Aluminium Seri AA6005-T6 terhadap Kuat Tarik dan Struktur Makro. 2023.
- [13] W. Edi, and P. H. Tjahjanti. "Characterization of sansevieria fiber with NaOH alkalization to increase tensile strength." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 1104. No. 1. IOP Publishing, 2022.
- [14] M. A. I. Muslim and Iswanto, "Pengaruh Parameter Pengelasan Pada Friction Stir Welding Terhadap Sifat Mekanik Polimer Jenis Polyethylene," *Progr. Stud. Tek. Mesin, Univ. Muhammadiyah Sidoarjo*, pp. 1–9, 2023.
- [15] Mulyadi, R. Firdaus, and R. S. Untari, "Optimization of Friction Stir Welding Parameters for AA6061-T651 Aluminum Alloy: Defect Analysis and Process Improvement," *Acad. Open*, vol. 8, no. 1, pp. 1–13, doi: 10.21070/acopen.8.2023.6665. 2023.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*