

## **Pengaruh Tekanan Kompaksi Terhadap Densitas Dan Kekerasan AMC Diperkuat SiC Dan RHA Metode Metalurgi Serbuk**

**Sulis Febriany<sup>1\*</sup>, Sukanto<sup>1</sup>, Subkhan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

\*E-mail : sulisss36768@gmail.com

Received : 20 Nopember 2024; Received in revised form : 22 Juli 2024;

Accepted : 21 Agustus 2024

### **Abstract**

*In the current era, the automotive industry is growing rapidly, one of which is in the field of transportation in the manufacture of brake linings. Generally, brake linings are made of materials containing asbestos which endanger health. Therefore, a material innovation is needed to replace the role of asbestos such as aluminum matrix composites. The purpose of this study was to determine the effect of different hot compaction pressures on the density and hardness of AMC reinforced with SiC and RHA. The method is powder metallurgy, which consists of preparation, mechanical mixing, compacting, and sintering stages. The mixing process uses a ball mill machine with ball ratio parameters of 10:1 and stirring time for 2 hours and with a rotating speed of 90 rpm. Density testing was done with ASTM B962-17 according to Archimedes' law. Hardness testing using ASTM E110-14 with a portable brinell hardness tester. The test results show that the higher the compaction pressure, the higher the density and hardness values. With the highest density value of 1.69 g/mm<sup>3</sup> and the highest hardness value of 39.33 HB for specimens with 6400 Psi compaction pressure parameters.*

**Keywords:** Aluminium Matrix Composite; Brake Canvass; Powder Metalurgi; RHA; SiC.

### **Abstrak**

Pada era sekarang industri otomotif berkembang pesat salah satunya di bidang transportasi dalam pembuatan kampas rem. Umumnya kampas rem dibuat dengan bahan yang mengandung asbestos yang membahayakan kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah inovasi material untuk menggantikan peran asbestos seperti komposit matriks aluminium. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui akibat dari perbedaan tekanan kompaksi panas terhadap densitas dan kekerasan AMC yang diperkuat SiC dan RHA. Metode yang digunakan adalah metalurgi serbuk, yang terdiri dari tahap persiapan, pencampuran mekanik, kompaksi, dan sintering. Proses pencampuran ini menggunakan mesin *ball mill* dengan parameter rasio bola 10:1 dan waktu pengadukan selama 2 jam serta dengan kecepatan putar 90 rpm. Pengujian densitas dilakukan dengan ASTM B962-17 sesuai hukum Archimedes. Pengujian kekerasan menggunakan ASTM E110-14 dengan alat uji kekerasan menggunakan brinell portable. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi maka nilai densitas dan kekerasannya akan semakin meningkat. Dengan nilai densitas tertinggi 1,69 g/mm<sup>3</sup> dan nilai kekerasan tertinggi 39,33 HB untuk spesimen dengan parameter tekanan kompaksi 6400 Psi.

**Kata kunci:** Komposit Matriks Aluminium; Kampas Rem; Metalurgi Serbuk; RHA; SiC.

### **1. PENDAHULUAN**

Pada era sekarang industri otomotif berkembang sangat pesat salah satunya di bidang kendaraan dan transportasi. Pada kendaraan salah satu komponen utama yang penting adalah kampas rem. Kampas rem adalah salah satu suku cadang transportasi

darat yang digunakan untuk memperlambat laju kendaraan [1]. Setiap beberapa waktu kampas rem harus diganti untuk menjaga keselamatan pengendara dan penumpang [2][3]. Kampas rem mengalami banyak perkembangan sehingga material inovasi yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kampas beraneka ragam.

Namun demikian, tidak semua bahan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kampas rem. Bahan yang bisa digunakan sebagai komponen kampas rem harus sesuai standar dan kriteria mutu yang telah ditetapkan. Standar bahan gesek kampas rem telah disesuaikan oleh badan standarisasi sesuai dengan syarat kualitas yang telah ditetapkan secara nasional. Bahan gesek tersebut digunakan untuk membuat kampas rem kendaraan transportasi darat [4].

Pada tahun 1908 kampas rem dibuat dengan bahan yang mengandung asbestos [5]. Dari beberapa penelitian asbestos dapat menyebabkan kanker dan gangguan saluran pernapasan [6][7]. Hal ini juga telah dibuktikan dengan adanya larangan penggunaan asbestos oleh 67 negara, hal ini di karenakan asbestos terbukti karsinogen (pemicu kanker) untuk manusia [8]. Dilihat dari kualitas bahan asbestos sudah kurang mempunyai karena hanya pakam saat awal pemakaian dan seiring waktu kurang mencekam meskipun masih cukup tebal [9]. Oleh karena itu dikembangkan alternatif baru untuk memenuhi kebutuhan material tersebut salah satunya adalah komposit matriks aluminium.

Metalurgi serbuk adalah proses pembentukan komponen logam dengan memadatkan serbuk logam dan memanaskannya dibawah titik leleh material logam yang digunakan. Pada metalurgi ada tiga proses yang harus dilakukan yaitu: *mixing* (pencampuran), kompaksi (penekanan dua arah), dan *sintering* (pemanasan) [10]. Pada metalurgi, material yang sering dijadikan matriks pengikat adalah aluminium hal ini di karenakan keberadaan aluminium yang melimpah sebesar 7,6%. Adapun kelebihan dari menggunakan matriks aluminium adalah memiliki densitas yang relatif rendah, tahan korosi, kekuatan yang relatif tinggi, dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah [11]. Pada penelitian ini, aluminium yang digunakan adalah aluminium daur ulang yang mengandung senyawa seperti Si untuk meningkatkan kekerasan matrik [12]. Pada metalurgi serbuk, selain serbuk logam bahan penting lainnya adalah bahan penguat. Adapun bahan penguat yang digunakan di antaranya adalah bahan keramik, logam dan ash [13][14]. Pada penelitian ini penguat

yang digunakan ada dua macam yaitu adalah Silikon Karbida (SiC) dan *Rice Husk Ash*. *Ash* (abu) sebagian besar berasal dari limbah tanaman seperti sekam padi dan tebu sehingga penggunaan *ash* pada metalurgi juga dapat memanfaatkan kembali limbah tersebut serta dapat menekan biaya pembelian bahan. RHA sendiri memiliki kelebihan seperti mengurangi biaya produksi, mencegah munculnya aluminium karbida yang bersifat korosif, serta sebagai alternatif baru bahan penguat non-asbestos [15]. Sedangkan kelebihan dari SiC adalah memiliki nilai kekerasan yang tinggi, pemuaian panas yang rendah, konsistensi panas yang tinggi, dan ketahanan yang baik pada suhu tinggi [16]. Metode metalurgi banyak digunakan oleh industri otomotif untuk membuat komponen ataupun suku cadang mesin seperti kampas rem [17]. Dengan metode metalurgi ini diharapkan dapat memperbanyak produksi kampas rem non-asbestos. Oleh karena itu, pada penelitian eksperimen ini dilakukan penelitian dengan tema matriks aluminium yang diperkuat dengan hybrid (SiC-RHA) sebagai rekayasa yang baru.

## 2. METODE PENELITIAN

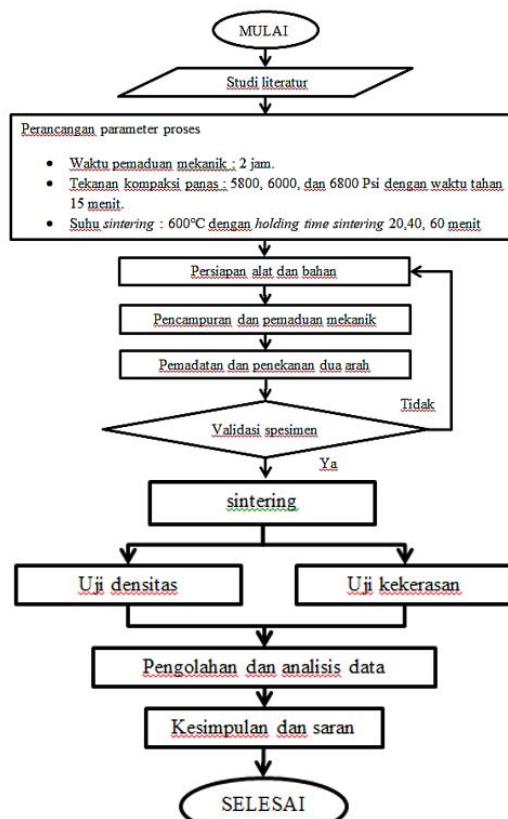
Metode penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 dalam bentuk *flowchart*. Penelitian diawali dengan studi literatur sampai pengolahan data. Studi literatur adalah tahapan awal dari sebuah penelitian yang dijadikan pendukung dan dasar-dasar teori sebuah penelitian serta acuan dan pedoman pada saat penelitian dengan membaca jurnal atau referensi dari buku dan internet mengenai penelitian sebelumnya mengenai apa yang akan diteliti, bisa juga dilakukan dengan melakukan wawancara ataupun survey langsung kelapangan seperti menanyakan kepada bengkel motor, toko onderdil motor yang mana lebih cepat rusak untuk mencari data yang diperlukan saat penelitian. Tahapan selanjutnya setelah melakukan studi literatur adalah merancang parameter proses yang dilakukan setelah mengetahui gambaran besar seperti apa penelitian yang akan dilakukan dengan membaca jurnal penelitian terdahulu.

Proses pembuatan spesimen penelitian ini dilakukan di bengkel LAPALO Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan untuk pengambilan data uji

densitas dan uji kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Bahan yang digunakan adalah 1) serbuk aluminium dengan kandungan Al 83,4%, 10,09% Si, Cu 2,67% dan 38,7% unsur lainnya, 2) serbuk silicon karbida dengan kandungan 99,3% Si, Ca 0,22%, Fe 0,215% dan 0,265 unsur lainnya, 3) serbuk RHA dengan kandungan Si 82,7%, K 2,97%, Ca

8,94%, dan 9,59% unsur lainnya. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah 1) timbangan digital, 2) ball mill machine, 3) mesin press hidrolik, 4) cetakan, 5) thermocouple, 6) oven, 7) glas ukur, 8) alat uji kekerasan portable, dan 9) alat uji densitas.

Pada tahap selanjutnya adalah proses metallurgi dimana pada proses ini dibagi menjadi tiga tahapan yang meliputi *mixing*, kompaksi, dan *sintering*.



Gambar 1. Flowchart

## 2.1. Pencampuran dan Pemanjangan Mekanik (*Mechanical Alloying*)

Pada penelitian ini menggunakan komposisi serbuk : 80% Al, 10% RHA, dan 10% SiC. Berat tiap sampel adalah 35 gram. Proses penimbangan serbuk dilakukan dengan timbangan digital dengan ketelitian 0,01. Setelah proses penimbangan selesai, selanjutnya masukkan serbuk tersebut ke dalam tabung dengan mengisi 1/3 dari volume tabung pada mesin horizontal ball mill untuk dilakukan proses pencampuran, di mana mesin tersebut mempunyai bola-bola kecil yang terdapat di dalamnya yang memiliki ukuran diameter 30 mm dan diameter 25 mm serta berat dari masing-masing bola-bola tersebut adalah 111,18

gram dan 65,96 gram dan rata-rata kekerasan bola-bola tersebut adalah 61 HRC dan 58,2 HRC. Proses pencampuran pada ball mill ini menggunakan metode pemanjangan mekanik atau *Mechanical Alloying*. Parameter proses yang digunakan pada MA mencakup perbandingan berat bola (BPR) 10:1, kecepatan putaran mesin 90 rpm, dan waktu penggilingan 2 jam. Saat proses pencampuran waktu penggilingan juga memengaruhi hasil kehomogenitas serbuk [18][19]. Pada proses pencampuran menggunakan metode *mechanical alloying* ini terjadi dua proses yaitu proses pencampuran dan proses penggerusan, sehingga serbuk yang dihasilkan dari proses pemanjangan mekanik ini dapat tercampur

dengan rata atau mendekati homogen serta dapat menghasilkan serbuk yang lebih halus.

## 2.2. Kompaksi Panas dengan Dua Arah Penekanan

Setelah pemanasan mekanik proses selanjutnya adalah kompaksi panas. Proses kompaksi panas bertujuan untuk memadatkan serbuk yang telah dicampur. Proses kompaksi panas dilakukan dengan menggunakan mesin press hidrolik yang mempunyai dua hidrolik yaitu hidrolik atas dan bawah serta dilengkapi dengan *pressure gauge*. Proses ini menggunakan proses penekanan dua arah. Sedangkan alat yang digunakan untuk memanaskan serbuk pada saat proses kompaksi panas adalah *Thermocouple* dan cetakan yang digunakan berbentuk cincin dengan ukuran 50 mm untuk diameter luar dan 20 mm untuk diameter dalam. Sebelum proses kompaksi panas dilakukan, cetakan diletakkan pada mesin kompaksi lalu masukan serbuk yang telah dicampur kedalam cetakan secara merata, setelah itu pasang besi bulat berbentuk cincin dibagian atas cetakan untuk menekan serbuk, cetakan ditekan dengan hidrolik 2 arah yang terdiri dari hidrolik atas dan bawah dimana hidrolik tersebut mempunyai alat ukur agar dapat membaca tekanan. Tekanan kompaksi panas yang diberikan yaitu sebesar 5600 Psi, 6000 Psi dan 6400 Psi. selama 15 menit. Kompaksi panas dilakukan pada oven dengan suhu 500°C. Setelah proses kompaksi panas

selesai tunggu agar cetakan menjadi dingin dan keluarkan sampel dari cetakan.

Setelah selesai maka akan dilakukan validasi spesimen dengan cara melihat secara visual apakah sampel yang telah dibuat terdapat cacat seperti bentuk yang tidak sempurna (terkikis), mengalami

keretakan dan pecah. Jika sampel yang telah dibuat dalam keadaan layak maka langsung memasuki tahap selanjutnya, tetapi jika sampel masih terdapat cacat dan tidak sesuai yang diharapkan maka dilakukan proses pencetakan ulang pada sampel dari persiapan bahan dan alat sesuai diagram alir yang telah dibuat.

## 2.3. Pengolahan Data

Data nilai yang diperoleh setelah melakukan pengujian densitas dan kekerasan, selanjutnya nilai tersebut dimasukkan dalam bentuk data tabel dan grafik. Pengujian dilakukan untuk melihat hasil dari uji spesimen komposit matriks aluminium yang diperkuat SiC dan RHA.

Analisis data pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen faktorial. Dengan kompaksi panas sebagai faktor yang memiliki 3 level. Level antar parameter dapat dipangkatkan dengan banyaknya faktor sehingga didapatkan 9 kombinasi parameter dengan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga banyak data yang diperoleh yaitu 27 data sampel. Spesifikasi peralatan dapat dilihat pada Tabel 1.

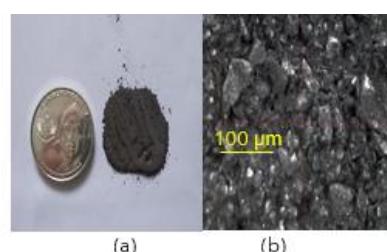
Tabel 1. Spesifikasi peralatan

Level	Tekanan kompaksi (Psi)
1	5600
2	6000
3	6400

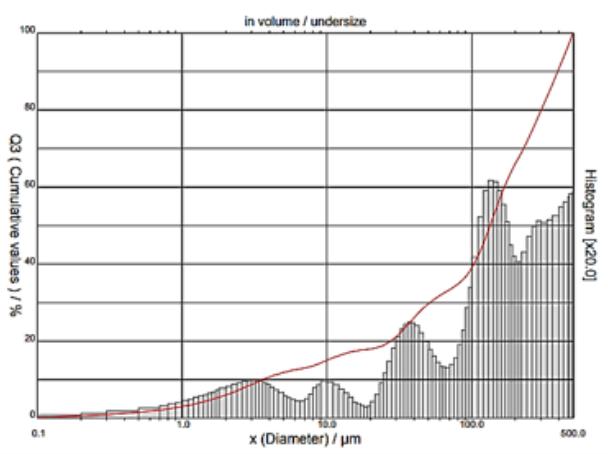
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses pencampuran (*mixing*) selama 2 jam diperlihatkan pada

Gambar 2a. Sedangkan pembesaran serbuk dapat dilihat pada Gambar 2b. Kemudian grafik dalam dilihat pada Gambar 3.



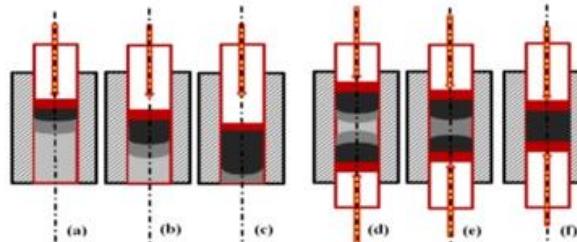
Gambar 2. Hasil Pencampuran (*Mixing*) Selama 2 jam, (a) Serbuk; (b) Pembesaran Serbuk



Gambar 3. Grafik *Particle Size Distribution*  $D_{50}:133.35$  dengan Metode *Mechanical Alloying* Selama 2 Jam Menggunakan Uji PSA

Sampel yang dibuat berbentuk cincin berdiameter dalam 20 mm, diameter luar 50 mm dan ketebalan 8 mm dengan berat 35

gram. Proses kompaksi yang dilakukan adalah penekanan dua-arah seperti pada Gambar 4.

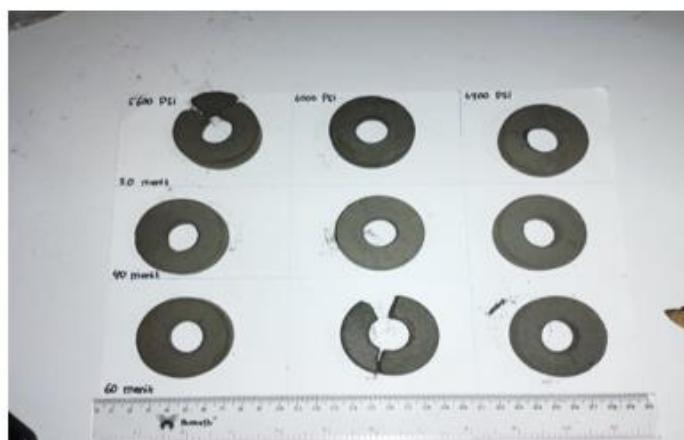


Gambar 4. Proses Kompaksi: (a, b, c) Satu-Arah; (d, e, f) Dua-Arah [20]

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada penekanan dua-arah, bidang paling rapuh adalah di bagian pusat cincin dan paling kuat di permukaan cincin. Proses kompaksi dilakukan dengan jumlah sampel sebanyak 9 sampel, yaitu masing-masing 3 sampel untuk tekanan

Berdasarkan gambar tersebut disimpulkan bahwa hasil pencampuran dengan metode *mechanical alloying* akan menghasilkan campuran yang homogen.

Pembesaran ikatan *cold-weld* antar serbuk dapat dilihat pada gambar 2b. Ikatan ini membentuk ikatan *interlocking* saat proses sintering. Hal ini diperkuat dengan hasil uji Analyzer Ukuran Partikel Dry Cilas 1090 di Laboratorium FMIPA-KIMIA Universitas Brawijaya, yang menunjukkan ukuran distribusi serbuk seberat 10 gram diperoleh nilai rata-rata  $D_{50}:133.56 \mu\text{m}$  seperti yang terlihat pada Gambar 3. Hasil proses tersebut diperlihatkan pada Gambar 5.

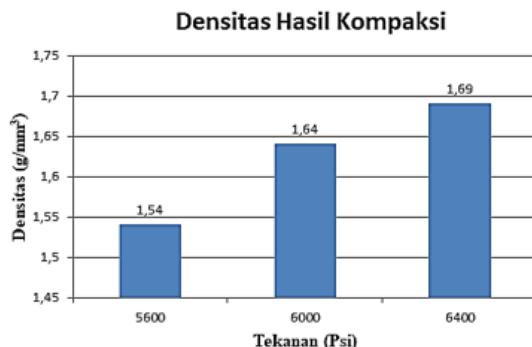


Gambar 5. Sampel Hasil Kompaksi

### 3.1. Hasil Uji Densitas

Dengan menggunakan standar ASTM B962-17 [21] hasil uji densitas yang

dilakukan pada 9 sampel dapat dilihat pada Gambar 6.

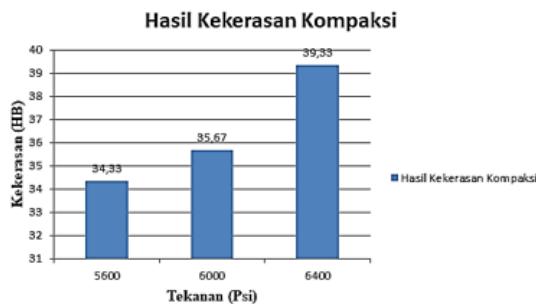


Gambar 6. Grafik Pengaruh Perbedaan Tekanan Kompaksi Terhadap Nilai Densitas

Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa perbedaan tekanan kompaksi sangat berpengaruh terhadap nilai densitas, dimana tekanan kompaksi berbanding lurus dengan nilai densitasnya.

### 3.2. Hasil Uji Kekerasan

Dengan menggunakan standar ASTM E110-14 [22] hasil uji densitas yang dilakukan pada 9 sampel dapat dilihat pada Gambar 7.

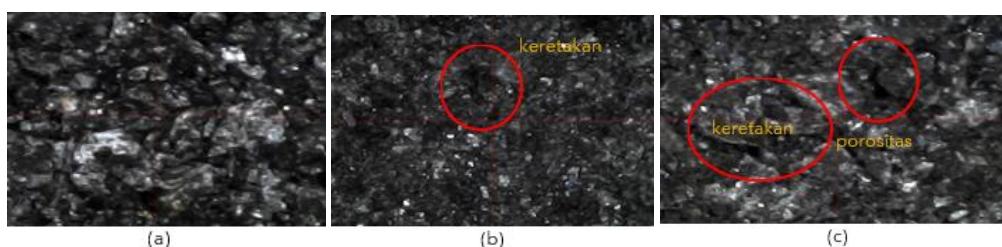


Gambar 7. Pengaruh Tekanan Kompaksi terhadap Hasil Kekerasan

Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa perbedaan tekanan kompaksi sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan sampel, dimana tekanan kompaksi berbanding lurus dengan tingkat kekerasan sampel.

### 3.3. Hasil Uji Mikroskopis

Sampel yang telah melalui proses kompaksi dilihat kerapatannya (ikatan interlocking) antar partikel dengan menggunakan *digital microscope* pembesaran 50X-1600X untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai kekerasan dan densitas. Hasil uji kerapatan antar partikel masing-masing sampel dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil uji kerapatan: (a) 5600 Psi; (b) 6000 Psi; (c) 6400 Psi

Berdasarkan hasil uji mikroskopis, sampel dengan kerapatan paling baik terdapat pada sampel dengan tekanan 6000 Psi dikarenakan serbuk menyebar merata, tidak

menggumpal, tidak mengalami keretakan, dengan porositas lebih sedikit dibandingkan sampel dengan tekanan 5600 Psi dan 6400 Psi.

#### 4. SIMPULAN

Hasil pengujian dan analisis data menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan, pada proses kompaksi dengan bahan *Aluminium Matrix Composite* diperkuat SiC dan RHA semakin tinggi pula tingkat kekerasannya namun rapuh dengan nilai kekerasan tertinggi 39,33 HB pada tekanan 6400 Psi. Demikian juga dengan nilai densitas yang semakin tinggi yaitu 1,69 g/mm<sup>3</sup> pada tekanan 6400 Psi.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Adapun pihak-pihak yang bersangkutan antara lain Laboratorium FMIPA-KIMIA Universitas Brawijaya yang membantu dalam pengujian *particle size analyser* (PSA) dan Direktur, Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Kepala Laboratorium Teknik Material dan Pengelasan serta para laboran di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membantu dalam proses penyediaan dan penggunaan sarana prasarana serta pembiayaan pada penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Matsuo Y, High-Ortho Phenolic Resin for Improved Flexibility. SAE Technical Paper series, 2007.
- [2] W. Haroen, Peningkatan Standar Kanvas rem Kendaraan Berbahan Baku Asbestos Dan Non Asbestos (Celulose) Untuk Keamanan. Cilegon: PT.Industri Bagas Perkasa, 2009.
- [3] Dr. Sutikno, Pembuatan bahan Gesek Kampas rem Otomotif Dengan Optimasi panjang dan Orientasi serat Nilon. Semarang: UNNES PRESS, 2011.
- [4] Lu, Y. Tang, C.F, and Wright, Optimizing Friction Formulation Technique with Emphasis on Golden Section. International SAMPE tech., 2000.
- [5] Parwata, "perkembangan teknologi kampas rem, gak nyangka awalnya terbuat dari kayu," Indonesia, 2019. Otomania.com
- [6] H. Bambang, "Mekanik Ungkap Bahaya Pakai Kampas rem Palsu, Nyawa Jadi Taruhannya.," 2022.
- [7] E. Salim, "Kematian Terkait Asbes Tinggi," Jakarta Pusat, 2018.
- [8] Ajat sudrajat, "67 Negara Telah Melarang Asbes, Indonesia Kapan," 2021.
- [9] E. Sutarno, "Buat Yang Belum Paham, Ini Bedanya Kampas Rem Asbestos Dan Non-Asbestos," 2021.
- [10] M. Zulfia, A., & Arianti, "Pengaruh Suhu Pemanasan Waktu tahan Terhadap Karakteristik Material Komposit Logam Al/SiC Hasil Infiltrasi Tanpa Tekanan," Dapartemen Metal. dan Mater. Univ. Indones., vol. 10, pp. 1-6, 2006.
- [11] Basuki widodo, "Pengujian sifat mekanik dan struktur mikro aluminium matrix composite (amc) berpenguat partikel silikon karbida (SiC) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)," Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind., pp. 1-2, 2019.
- [12] R. Soenoko, W. Suprapto, and Y. S. Irawan, "Characterization of aluminium matrix composite of Al-ZnSiFeCuMg alloy reinforced with silica sand tailings particles," vol. 14, no. 3, pp. 7094-7108, 2020.
- [13] Lu, Y. Tang, C.F, and Wright, Optimization of A Commercial Brake Pad Formulation. J.Appl. Polym.sci, 2002.
- [14] Ma, Y. Lua, Y., Effects of ZrSiO<sub>4</sub> in Non-Metallic Brake Friction Materials on Friction Performance. Tribology Int, 2007.
- [15] Arbi, "karakteristik permukaan serat silikon karbida hasil pemintalan listrik dari polykarbosilane dalam toluena," 2015.
- [16] M. Bilal, N. Shaikh, S. Raja, M. Ahmed, and M. Zubair, "Rice Husk Ash reinforced Aluminium Matrix Composites : Fabrication , characterization , statistical analysis and artificial neural network modelling Rice Husk Ash reinforced Aluminium Matrix Composites : Fabrication , characterization , statistical analysis and artificial neural network modelling Manuscript version : Accepted Manuscript," 2019, doi: 10.1088/2053-1591.

- [17] Wahyono Suprapto, Teknologi Metalurgi Serbuk. Malang: Penamas, 2015.
- [18] Sukanto,R. Soenoko,W. Suprapto "The Effect Of Milling Time On The Alumina Phase Transformation In The Amcs Powder Metallurgy Reinforced By Silica-Sand-Tailings," no. 1, pp. 103-117, 2022, doi: 10.21303/2461-4262.2022.001906.
- [19] I. A. Wahyudie, R. Soenoko, W. Suprapto, and Y. Surya, "Optimizing warm compaction parameters on the porosity and hardness of Bronze / Tin ore waste composites Optimizing warm compaction parameters on the porosity and hardness of Bronze / Tin ore waste composites," pp. 0-12, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012101.
- [20] R. Irwansyah, A. Wanto, and M. Wahyudi, "Pengaruh Pemadatan Duaarah Penekanan Terhadap Densitas dan Kekerasan AMC Diperkuat Serbuk Silikon Dioksida," vol. 14, no. 2, pp. 265-272, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1902.
- [21] ASTM International, Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes' Principle, vol. I. 2013. doi: 10.1520/B0962-17.2.
- [22] E110-14, Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers. 2015. doi: 10.1520/E0110-14.2.