

**KAJIAN KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM UNTUK  
KAMPAS REM SEPEDA MOTOR DIPERKUAT PASIR  
SILIKA HIBRID ( $\text{SiO}_2$ /BA/RHA) DENGAN METODE  
METALURGI SERBUK**

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan  
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan Oleh:

Hafiz Nopal Ridani / NIM: 1042115

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

### KAJIAN KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM UNTUK KAMPAS REM SEPEDA MOTOR DIPERKUAT PASIR SILIKA HIBRID (SiO<sub>2</sub>/BA/RHA) DENGAN METODE METALURGI SERBUK

Oleh :

Hafiz Nopal Ridani

NIM 1042115

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri  
Bangka Belitung


Menyetujui,

Pembimbing 1



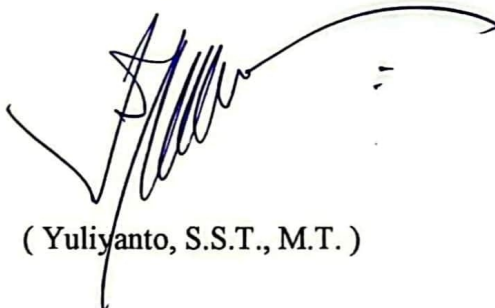
( Dr. Sukanto, S. S. T., M. Eng. )

Pembimbing 2



( Rodika, S. S. T., M. T. )

Penguji 1



( Yuliyanto, S.S.T., M.T. )

Penguji 2



( Zulfitriyanto, S.S.T., MT. )

## **PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Hafiz Nopal Ridani NIM: 1042115

Dengan Judul : Kajian Komposit Matrik Alumunium Untuk Kampas Rem Sepeda Motor Diperkuat Pasir Silika Hibrid (SiO<sub>2</sub>,BA/RHA) Dengan Metalurgi Serbuk

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, saya siap menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, Juli 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Hafiz Nopal Ridani

## ABSTRAK

Pada kendaraan sangat penting untuk keselamatan berkendara, maka dari itu sistem pengereman handal dan optimal diperlukan. Penelitian ini berfokus pada pengurangan penggunaan asbestos dengan menggantinya menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi komposisi bahan dan suhu sintering terhadap nilai densitas dan uji kekerasan komposit yang dihasilkan. Metode yang digunakan untuk membuat komposit dari aluminium yaitu metode metalurgi serbuk, dengan tahapan proses persiapan alat dan bahan, pencampuran serbuk, kompaksi, dan sintering. Pencampuran serbuk aluminium, pasir silika, rice husk ash dan bagasse ash menggunakan mesin horizontal ball mill dan menggunakan parameter Ball Powder Weight Ratio (BPR) 10:1, kecepatan putaran mesin 90 rpm dan waktu penggilingan 4 jam. Sedangkan proses kompaksi panas menggunakan metode dua-Arah penekanan dengan mesin pompa hidrolik yang terdapat alat pembaca tekanan. Proses kompaksi panas dilakukan dengan suhu 350°C ditahan selama 20 menit serta variasi tekanan kompaksi dua-arah penekanan yang digunakan yaitu 600Psi. Hasil uji densitas dan kekerasan menunjukkan nilai semakin meningkat dengan banyaknya matriks yang digunakan. Sampel dengan persentase penguat 12%, nilai densitas tertinggi adalah 2,023 g/cm<sup>3</sup> dan nilai kekerasan tertinggi adalah 69,55 HB.

**Kata kunci:** Kampas rem; Komposit matrik aluminium; Metalurgi serbuk; Pemasukan mekanik.

## ***ABSTRACT***

*In vehicles, it is very important for driving safety, therefore a reliable and optimal braking system is needed. This research focuses on reducing the use of asbestos by replacing it with more environmentally friendly materials. In addition, this study also aims to determine the effect of differences in material composition variations and sintering temperatures on the density value and hardness test of the composites produced. The method used to make composites from aluminum is the powder metallurgy method, with the stages of the process of preparing tools and materials, mixing powders, compacting, and sintering. The mixing of aluminum powder, silica sand, rice husk ash and bagasse ash uses a horizontal ball mill machine and uses the parameters of Ball Powder Weight Ratio (BPR) 10:1, machine rotation speed of 90 rpm and milling time of 4 hours. Meanwhile, the heat compaction process uses a two-way method of pressing with a hydraulic pump machine with a pressure reader. The hot compaction process is carried out with a temperature of 350°C held for 20 minutes and the pressure variation of the two-way compression used is 600Psi. The results of the density and hardness tests show that the value is increasing with the number of matrices used. The sample with a reinforcement percentage of 12%, the highest density value was 2.023 g/cm<sup>3</sup> and the highest hardness value was 69.55 HB.*

***Keywords:*** Brake pads; Aluminum matrix composites; Powder metallurgy; Mechanical alloying.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, atas karunia- Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan proyek akhir ini. Adapun judul proyek akhir yang saya ajukan adalah **“Kajian Komposit Matrik Alumunium Untuk Kampas Rem Sepeda Motor Diperkuat Pasir Silika Hibrid (SiO<sub>2</sub>,BA/RHA) Dengan Metalurgi Serbuk”**.

Proyek akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Diploma IV (D-IV) Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras, kegigihan, dan kesabaran, dalam penyelesaian pengerjaan proyek akhir ini. Namun disadari karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta disekeliling saya yang mendukung dan membantu. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada:

1. Orang tua saya tercinta, ayah tercinta M. Joni Wimson Candra, S.P. ,ibu tercinta Sri Wahyuni (Alm) ,bunda tercinta Fitri Milvayanti, S.S. dan orang terdekat yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dapat membanggakan orang tua.
2. Bapak Dr. Sukanto, S. S. T., M. Eng. dan Rodika, S. S. T., M. T., selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, nasehat, motivasi dan berbagai pengalaman kepada peneliti dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.
3. Bapak I Made Andik Setiawan M. Eng., Ph. D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Pristiansyah, S. S. T., M. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

5. Bapak Boy Rollastin, S. Tr., M. T selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
6. Teman-teman saya Alek, Adhe Fajarul Rahman, Afendy Syahgenta, Fahrian Hasbi dan semuanya yang telah mengajarkan penulis arti kekeluargaan, tanggung jawab, dan kepedulian. Terima kasih banyak atas segala kebersamaan dan waktu yang telah kalian berikan kepada penulis selama ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah mendidik dan memberikan ilmu yang bermanfaat selama kuliah.
8. Teman-teman seperjuangan selama 4 tahun menempuh pendidikan di kampus teercinta kita ini, kelas TMM A angkatan 2021.

Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Tuhan yang Maha Esa. Dan akhirnya penulis menyadari proyek akhir ini jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Untuk itu penulis dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak demi membangun laporan penelitian ini.

Harapan penulis proyek akhir ini semoga dapat berguna bagi pihak-pihak yang terkait, lingkungan Teknik Mesin dan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta para pembaca pada umumnya.

Sungailiat, Juli 2024

Hafiz Nopal Ridani

## DAFTAR ISI

<b>COVER .....</b>	<b>1</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>2</b>
<b>PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>4</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>5</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>6</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Komposit .....	5
2.2.1 Definisi Komposit .....	5
2.2.2 Klasifikasi Material Komposit .....	5
2.3 Mesin Ball Mill .....	7
2.4 Metalurgi Serbuk.....	7

2.4.1 <i>Mixing</i> (pencampuran serbuk).....	7
2.4.2 Kompaksi Proses .....	8
2.4.3 Sintering .....	9
2.5 Alumunium .....	10
2.6 Baggase Ash.....	11
2.7 Rice Husk Ash.....	11
2.8 Pasir Silika.....	12
2.9 Pengujian Komposit.....	13
2.9.1 Uji Densitas .....	13
2.9.2 Uji Kekerasan .....	14
2.10 Kampas Rem .....	14
2.11 Metode Desain Full Faktorial.....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Metode Pelaksanaan.....	16
3.2 Studi Literatur.....	17
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	17
3.3.1 Alat Penelitian .....	17
3.3.2 Bahan Penelitian.....	21
3.4 Prosedur Penelitian .....	22
3.5 Validasi Spesimen .....	24
3.6 Pengujian Densitas .....	24
3.7 Pengujian Kekerasan .....	24
3.8 Pengolahan Data.....	24
3.9 Analisis Data .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>

4.1 Hasil Pemaduan Mekanik atau <i>Mechanical Alloying</i> .....	28
4.2 Spesimen Sebelum Pengujian .....	28
4.3 Uji Densitas Sebelum <i>Sintering</i> .....	29
4.3.1 Proses Pengujian Densitas Sebelum <i>Sintering</i> .....	29
4.3.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Densitas Sebelum <i>Sintering</i> .....	29
4.4 Uji Kekerasan Sebelum <i>Sintering</i> .....	31
4.4.1 Proses Pengujian Kekerasan Sebelum <i>Sintering</i> .....	31
4.4.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Kekerasan Sebelum <i>Sintering</i> .....	31
4.5 Uji Densitas Setelah <i>Sintering</i> .....	32
4.5.1 Proses Pengujian Densitas Setelah <i>Sintering</i> .....	32
4.5.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Densitas Setelah <i>Sintering</i> .....	32
4.6 Uji Kekerasan Setelah <i>Sintering</i> .....	36
4.6.1 Proses Pengujian Kekerasan Setelah <i>Sintering</i> .....	36
4.6.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Kekerasan Setelah <i>Sintering</i> .....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>40</b>
5.1 Kesimpulan .....	40
5.2 Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisik aluminium [26].....	10
Tabel 2. 2 Sifat-sifat mekanik aluminium.....	10
Tabel 2. 3 Penyusunan kimia bagasse ash [28].....	11
Tabel 2. 4 Penyusunan kimia bagasse ash [28].....	12
Tabel 2. 5 Sifat fisik dan mekanik silika [32] .....	13
Tabel 2. 6 Persyaratan teknik kanvas rem komposit [35] .....	15
Tabel 3. 1 Data Uji densitas (g/cm <sup>3</sup> ) .....	25
Tabel 3. 2 Data Pengujian Kekerasan (HB).....	26
Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji .....	26
Tabel 3. 4 Desain Full Factorial.....	27
Tabel 4. 1 Hasil Spesimen Di Timbang Kering (g) .....	29
Tabel 4. 2 Hasil Spesimen Di Timbang Basah (g).....	30
Tabel 4. 3 Hasil Rata-rata Kekerasan (HB) .....	32
Tabel 4. 4 Hasil Spesimen Di Timbang Kering (g) .....	33
Tabel 4. 5 Hasil Spesimen Di timbang Basah (g) .....	33
Tabel 4. 6 Data analisis variasi uji densitas .....	35
Tabel 4. 7 Hasil Rata-rata Kekerasan (HB) .....	37
Tabel 4. 8 Data analisis variasi uji Kekerasan .....	37
Tabel 4. 9 Perbandingan Penelitian Terdahulu .....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses penekanan satu arah dan dua arah [20] .....	8
Gambar 2. 2 Tahapan proses pembentukan kepadatan serbuk [23].....	9
Gambar 2. 3 Proses ikatan-ikatan partikel [24].....	9
Gambar 2. 4 Ilustrasi Pengujin Densitas [33]. .....	13
Gambar 3. 1 Flowcart Penelitian.....	16
Gambar 3. 2 Timbangan digital .....	17
Gambar 3. 3 Ball mill machine .....	18
Gambar 3. 4 Mesin press hidrolik.....	18
Gambar 3. 5 Cetakan.....	19
Gambar 3. 6 Thermocouple.....	19
Gambar 3. 7 Alat Thermogun .....	19
Gambar 3. 8 Oven .....	20
Gambar 3. 9 Gelas ukur .....	20
Gambar 3. 10 Alat uji portable.....	21
Gambar 3. 11 Alat uji densitas.....	21
Gambar 3. 12 Serbuk Alumunium Hasil Daur Ulang .....	22
Gambar 3. 13 Pasir Silika Tailing Timah Prosedur Penelitian .....	22
Gambar 4. 1 Serbuk Campuran Padatan Hasil Proses Mechanical Alloying 4 jam .....	28
Gambar 4. 2 Spesimen uji .....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup Penulis .....	45
Lampiran 2. Hasil Uji Particle Size Analyzer Alumunium.....	46
Lampiran 3. Hasil Uji Particle Size Analyzer Silika.....	48
Lampiran 4. Hasil Uji Particle Size Analyzer Baggase Ash.....	50
Lampiran 5. Uji Particle Size Analyzer Rice Husk Ash .....	52
Lampiran 6. Hasil Uji Particle Size Analyzer Hasil Pemaduan Mekanik.....	53
Lampiran 7. Poster Proyek Akhir.....	55
Lampiran 8. Hasil Turnitin.....	56

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fungsi sistem pengereman pada kendaraan sangat penting untuk keselamatan berkendara. Semakin tinggi kemampuan berkendara suatu kendaraan, semakin diperlukan sistem pengereman yang handal dan optimal. Dengan biaya produksi yang menurun, kebutuhan akan suku cadang mobil, seperti kampas rem, semakin meningkat. Kampas rem berperan dalam memperlambat atau menghentikan laju kendaraan, sehingga penting untuk memilih kampas rem yang mampu menahan suhu panas agar pengereman lebih maksimal. Ada berbagai merk kampas rem tersedia, mulai dari standar pabrik hingga aftermarket, sehingga pemilihan produk harus dilakukan secara selektif [1].

Kampas rem yang biasa digunakan pada kendaraan merupakan campuran sintetis dari bahan dasar asbes yang diikat dengan bahan pengikat polimer dan beberapa bahan lainnya [2]. Asbes merupakan bahan baku kampas rem yang memiliki beberapa kelemahan, antara lain: Bahannya keras dan dapat membuat cakram rem aus, serta asbes tidak ramah lingkungan karena menghasilkan zat karsinogenik jika partikel di udara terhirup paru-paru [3].

Bahan aluminium umumnya memiliki bobot yang baik, ketahanan terhadap korosi, titik leleh yang rendah dan biaya daur ulang yang sangat rendah. Meskipun proses daur ulang aluminium konvensional memerlukan konsumsi energi  $\pm 5\%$  dibandingkan dengan pemrosesan aluminium primer, penghematan energi dapat dicapai hingga  $\pm 95\%$  [4]. Metode yang digunakan dalam pembuatan matriks komposit (AMC) pada penelitian ini adalah metode powder casting. Pemesinan serbuk memiliki banyak keunggulan dibandingkan metode lain dan baru-baru ini produksi komposit menggunakan teknologi metalurgi serbuk telah ditingkatkan. [5]. Proses utama pada teknologi metalurgi serbuk ada tiga tahapan yaitu tahapan proses pencampuran serbuk matrik dengan serbuk penguat, tahapan proses penekanan atau kompaksi dan tahapan proses sintering [6]. Teknik metalurgi serbuk memiliki keunggulan seperti proses pembuatan serbuk mudah, energi proses yang

digunakan relatif rendah, mengurangi biaya permesinan, produk akhir dapat disesuaikan langsung dengan dimensi yang diinginkan [7].

Kepulauan Bangka Belitung telah lama dikenal sebagai kawasan pertambangan timah terbesar di Indonesia. Kawasan bekas pertambangan timah ini mempunyai cadangan pasir kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) yang biasa disebut pasir tailing yang sangat melimpah, diperkirakan menempati kawasan tersebut 64.255 hektare pada lahan bekas pertambangan dengan luas 124.838 ha [8]. Silikon memiliki ketahanan aus, tahan panas dan kekakuan yang tinggi. Selain itu, jika silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) digunakan sebagai material penguat komposit yang dikombinasikan dengan aluminium, hasilnya adalah material komposit dengan beberapa sifat seperti ketahanan terhadap korosi, ringan, kekuatan, dan kemampuan mesin yang sangat baik [9].

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi :

Bagaimana pengaruh variasi komposisi bahan dan suhu sintering terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi komposisi bahan dan suhu sintering terhadap nilai densitas dan uji kekerasan komposit yang dihasilkan.

## **1.4 Batasan Masalah**

Mengacu pada rumusan masalah tersebut, maka penelitian tugas akhir ini berfokus pada:

1. Material matrik yang digunakan pada tugas akhir ini ialah serbuk aluminium hasil daur ulang.
2. Material Penguat yang digunakan adalah pasir silika tailing tambang timah, abu sekam padi, dan abu ampas tebu
3. Tekanan kompaksi panas 6000 psi dengan waktu penekanan selama 20 menit.

4. Variasi temperatur sintering 595°C, 605°C, dan 615°C dengan waktu tahan sintering 20 menit.
5. Pengujian yang akan dilaksanakan ialah sebagai berikut :
  - Pengujian Densitas
  - Pengujian Kekerasan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Sehingga penelitian ini didorong oleh diskusi mengenai penerapan metode metalurgi serbuk. Proses penelitian ini berfokus pada penerapan pengaruh suhu pengepresan panas dan suhu sintering terhadap kekerasan dan kepadatan komposit matriks aluminium daur ulang yang diperkuat timah bekas. Oleh karena itu, penelitian ini harus mempunyai referensi dari sumber yang berbeda-beda, salah satunya adalah penelitian terdahulu yang mempelajari materi yang sama.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Ghifari dkk [10], dengan judul “ Rekayasa Komposit Matrik Alumunium Diperkuat Alumina Dan Baggase Ash Dengan Metode Metalurgi Serbuk “ tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan dan temperatur lelehan panas terhadap densitas dan kekerasan komposit aluminium daur ulang yang diperkuat dengan aluminium dan fly ash. Pengepresan panas dilakukan pada suhu 600°C selama 15 menit, dan perubahan tekanan kompresi diterapkan dalam dua arah: 5600 Psi, 6000 Psi dan 6400 Psi. Uji massa jenis dilakukan menggunakan ASTM B962-17, yang menetapkan Hukum Archimedes. Pengujian ini memberikan hasil yang baik dengan perubahan tekanan sebesar 6400 psi selama periode 60 menit (1,98 g/m<sup>3</sup>). Pengujian ini memberikan hasil yang baik dengan perbedaan tekanan 6400 Psi (47,2 HB) selama 60 menit.

Berdasarkan penelitian Sukanto dkk [11] tentang “Karakterisasi Komposit Matriks Aluminium Paduan Al-ZnSiFeCuMg yang Diperkuat Dengan Partikel Pasir Silika Tailing” penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi ukuran butiran dan persentase berat filler pada serbuk paduan aluminium daur ulang Al-ZnSiFeCuMg. Ukuran butir 31 µm dan 164 µm digunakan dengan persentase filler 0%-30% dicampur dengan berat serbuk 25 gram. Metode metalurgi serbuk digunakan dengan pengepresan hot press pada suhu 300°C dengan tekanan 100MPa selama 10 menit dan proses sintering pada 550 °C selama 15 menit. Hasil

menunjukkan bahwa sampel dengan ukuran butir 164  $\mu\text{m}$  dan paduan  $\text{SiO}_2$  20% memiliki kekerasan yang lebih tinggi dan laju keausan yang lebih rendah daripada sampel dengan ukuran butir 31  $\mu\text{m}$ . Ini menunjukkan bahwa ukuran butir filler 164  $\mu\text{m}$  menghasilkan AMC yang lebih keras dengan ikatan yang lebih kuat antara filler dan matriks.

## **2.2 Komposit**

### **2.2.1 Definisi Komposit**

Kata komposit merupakan kata sifat yang berarti komposisi atau kombinasi. Kombinasi berasal dari kata kerja “compose” yang berarti menyusun atau menggabungkan. Material komposit terdiri dari dua komponen yaitu filler dan matriks. Selain ringan, tahan korosi serta kekuatan dan kekakuan yang baik, material komposit memiliki beberapa keunggulan pembuatan serat sangat murah. [12].

### **2.2.2 Klasifikasi Material Komposit**

Komposit Material komposit dibagi menjadi dua bagian berdasarkan matriks serta penguatnya. Berdasarkan matriks komposit dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

#### **1. *Ceramic Matrix Composite (CMC)***

Keramik Matriks Komposit merupakan material dua fasa dimana fasa yang satu berperan sebagai penguat dan fasa yang lain berperan sebagai matriks dimana matriks tersebut terbuat dari keramik. Amplifier yang biasa digunakan pada CMC adalah; oksida, karbida, nitrida. Salah satu proses produksi CMC adalah proses DIMOX, yaitu proses pencetakan komposit dimana reaksi oksidasi logam cair digunakan untuk menumbuhkan matriks keramik di sekitar daerah pengisi.

#### **2. *Metal Matrix Composite (MMC)***

Komposit matriks logam merupakan jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC dikembangkan pada tahun 1996. Awalnya dipelajari MMC *Continuous Filament* yang digunakan dalam industri penerbangan.

#### **3. *Polymer Matrix Composite (PMC)***

Komposit Matriks Polimer adalah matriks yang paling umum digunakan dalam material komposit. Karena mempunyai sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi menjadi dua yaitu termoplastik dan termoplastik. Perbedaan antara polimer termoset dan termoplastik adalah termoplastik tidak dapat didaur ulang, sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan saat ini. Jenis termoplastik yang umum digunakan adalah polipropilen (PP), polistirena (PS), polietilen (PE), dll [13]. Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu:

1. *Continuous Fiber Composite*

Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.

2. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.

3 *Discontinuous Fiber Composite*

Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 : a) *Aligned discontinuous fiber* b) *Off-axis aligned discontinuous fiber* c) *Randomly oriented discontinuous fiber*. Berdasarkan strukturnya komposit dibedakan atas:

4. *Particulate Composite Materials* (komposit partikel)

merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel atau butiran sebagai *filler* (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai *filler*.

5. *Fibrous Composite Materials* (komposit serat)

terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat.

6. *Structural Composite Materials* (komposit berlapis)

terdiri dari sekurang - kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.

### **2.3 Mesin Ball Mill**

Mesin *Ball Mill* Seperti namanya, “*ball*” adalah bola, mesin ini bekerja dengan bola yang berputar di dalam tabung yang terus berputar selama waktu yang ditentukan pengguna dan telah ditentukan. *Ball mill* adalah mesin yang digunakan untuk menggiling, menggiling atau menghancurkan material menjadi partikel yang lebih kecil atau bahkan bubuk [14]. *Ball mill* juga merupakan alat industri yang dapat digunakan untuk memproduksi struktur material mikro-nano. Dimana *ball mill* ini dapat digunakan dengan frekuensi putaran atau getaran yang tinggi. Jadi, antara bola penghancur dan dinding pabrik banteng, material yang berputar saling bertabrakan, yang menyebabkan deformasi material. Deformasi ini menyebabkan struktur material terpecah menjadi struktur yang lebih kecil. *Ball mill* adalah mesin untuk menghancurkan material, karena benturan dan gesekan pada bola gerinda baja menyebabkan bola tersebut jatuh kembali ke dalam silinder dan ke dalam material yang berputar di dalam tabung [15].

### **2.4 Metalurgi Serbuk**

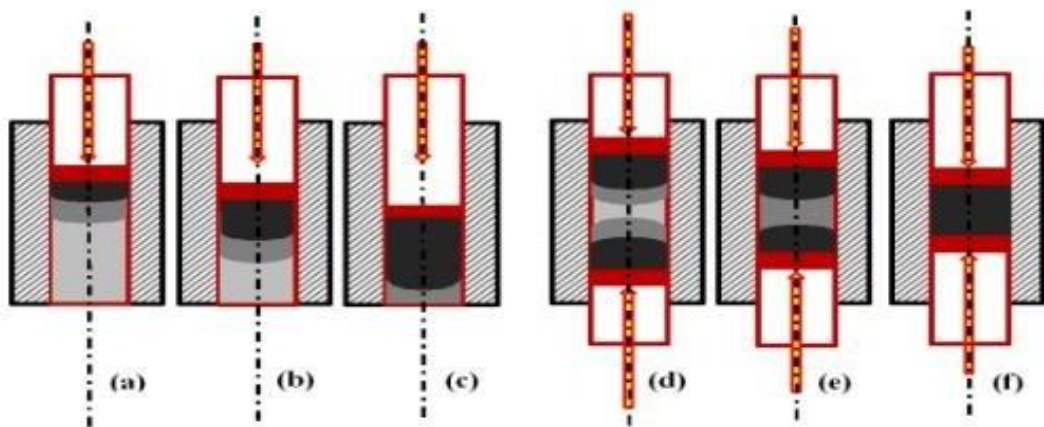
Metalurgi serbuk adalah ilmu metalurgi fisik dan teknologi manufaktur yang menghasilkan bahan atau komponen yang dibuat dengan proses manufaktur konvensional seperti pengecoran, penempaan, dan pemotongan. Dengan demikian, 95% bahan baku yang digunakan dalam proses metalurgi serbuk menjadi produk jadi. [16]. Adapun langkah-langkah proses metalurgi serbuk adalah sebagai berikut:

#### **2.4.1 *Mixing* (pencampuran serbuk)**

Pencampuran adalah proses pencampuran satu bahan atau lebih dengan cara menambahkan bahan yang satu ke bahan yang lain sehingga tercipta suatu bentuk seragam dari beberapa bahan, baik cair-padat, padat-padat, atau gas cair [17]. Pencampuran bahan yang tidak homogen dapat menyebabkan kerusakan pada bahan wadah, seperti distorsi, retak dan rongga. Beberapa faktor yang mempengaruhi homogenitas proses pencampuran antara lain kecepatan, durasi, geometri, temperatur, sifat bahan yang dicampur, komposisi bahan dan viskositas [18].

## 2.4.2 Kompaksi Proses

Pemadatan adalah proses pengepresan dan pemadatan bubuk menjadi apa yang disebut *green compact*, biasanya pada suhu kamar. Kepadatan produk yang tinggi dan keseragaman kepadatannya di seluruh sampel umumnya merupakan karakteristik yang diinginkan. Selain itu, penguncian mekanis partikel harus memberikan kekuatan yang cukup untuk penanganan selama pengangkutan ke tungku sintering [19]. Berikut gambar penekanan satu arah dan dua arah ditunjukkan gambar 2.1



(a) *Single Punch*

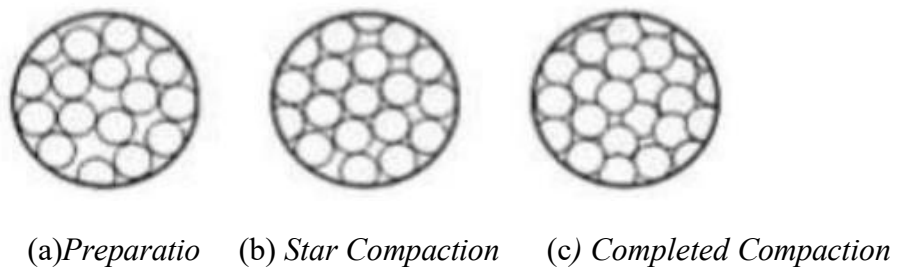
(b) *Double Punch*

Gambar 2. 1 Proses penekanan satu arah dan dua arah [20]

Proses pemadatan menggunakan dua metode pemadatan berdasarkan suhu, yaitu pengepresan panas yaitu proses pemadatan yang menghasilkan suhu di atas suhu ruangan, sedangkan pengepresan dingin merupakan proses pemadatan suhu ruangan [21]. Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pada proses kompaksi sebagai berikut:

- a. Ukuran partikel.
- b. Bentuk partikel.
- c. Susunan partikel.
- d. Distribusi ukuran.

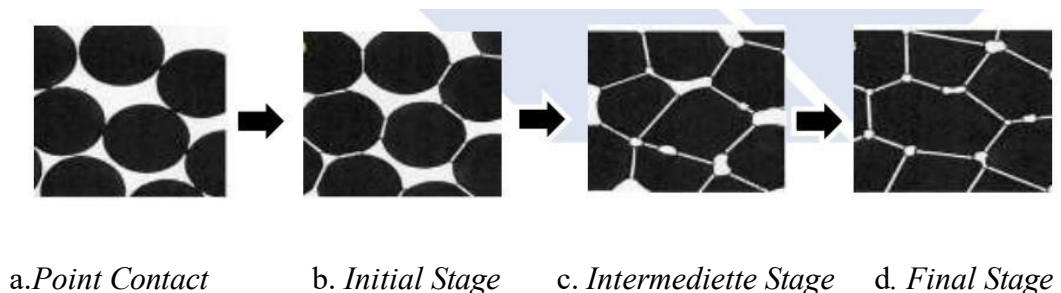
Ketika tekanan diberikan, terjadi reaksi antar partikel sehingga tersusun dan pori-pori besar serbuk menutup, sehingga serbuk menjadi padat. Jika tekanan ditingkatkan, kepadatan bubuk menjadi jauh lebih baik dan pori-pori menjadi lebih kecil, sehingga menyebabkan terbentuknya partikel baru [22]. Berikut ini gambar proses pembentukan kepadatan serbuk logam.



Gambar 2. 2 Tahapan proses pembentukan kepadatan serbuk [23].

### 2.4.3 Sintering

Sintering merupakan suatu proses pemanasan pada material komposit yang terjadi pada suhu yang lebih rendah dari titik leleh serbuk material yang digunakan, dan setiap jenis logam mempunyai waktu pemanasan yang berbeda-beda. Proses sintering juga dapat membentuk batas butir yang merupakan tahap rekristalisasi. Secara umum proses sintering dapat dilakukan pada temperatur 70-90% dari temperatur cair serbuk dasar [24]. Berikut ini gambar proses yang terjadi pada saat sintering ditunjukkan gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Proses ikatan-ikatan partikel [24].

## 2.5 Aluminium

Komposit matriks aluminium juga memiliki kepadatan yang rendah, ketahanan terhadap korosi dan keuletan yang lebih baik. Selain itu, komposit matriks aluminium mempunyai kekuatan atau kekerasan yang dapat diubah atau diatur (*adaptable*) sesuai kebutuhan [25].

Adapun tabel sifat fisik serta sifat mekanik pada aluminium dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisik aluminium [26]

Sifat – sifat fisik	Kemurnian Al (%)	
	99,996 >99.0	99,996 >99.0
Massa jenis ( 20°C )	2,6989 2,71	2,6989 2,71
Titik cair	660,2 653-657	660,2 653-657
Panas jenis ( cal/g. °C ) ( 100°C )	0,2226 0,2297	0,2226 0,2297
Hantaran listrik ( % )	64,94 59 (dianil)	64,94 59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature ( /°C )	0,00429 0,0115	0,00429 0,0115
Koefisien pemuaian ( 20-100°C )	$23,86 \times 10^{-6}$ 23,5 $\times 10^{-6}$	$23,86 \times 10^{-6}$ 23,5 $\times$ 10 - 6
Jenis kristal, konstanta kisi	Fcc, a = 4,013 kX	Fcc, a = 4,013 kX Fcc, a

Tabel 2. 2 Sifat-sifat mekanik aluminium

Sifat-sifat mekanik	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (kg/ m <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinel	17	27	23	44

## 2.6 *Baggase Ash*

Ampas tebu, merupakan hasil samping penggilingan dan ekstraksi (pemerahan) sari tebu. Limbah padat yang tersisa setelah pemerahan bubur tebu disebut gula tebu (SCB) [27].

Tabel 2. 3 Penyusunan kimia *bagasse ash* [28]

Compound	Conc(%)
SI	53,0 +/- 0,08
P	2,9 +/- 0,07
S	1,2 +/- 0,07
K	13,3 +/- 0,05
Ca	14,7 +/- 0,2
Ti	0,25 +/- 0,003
Cr	0,058 +/- 0,005
Mn	0,96 +/- 0,01
Fe	6,19 +/- 0,06
Ni	0,15 +/- 0,006
Cu	0,18 +/- 0,005
Zn	3,34 +/- 0,03
Rb	0,19 +/- 0,003

## 2.7 *Rice Husk Ash*

Abu sekam padi adalah bagian sekam padi yang tersisa setelah benih padi dipisahkan dari sekamnya. Pembakaran sekam padi menghasilkan abu yang disebut dengan abu sekam padi. Selain itu, bubuk abu sekam padi juga memiliki beberapa keunggulan yaitu mengurangi biaya proses produksi, mengurangi kandungan Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> (aluminium karbida) yang bersifat korosif, dan merupakan bahan alternatif baru pengganti asbes [29].

Tabel 2. 4 Penyusunan kimia *bagasse ash* [28]

Kandungan Unsur	Komposisi
Si	71,09%
K	16,30%
Ca	6,65%
Ti	0,18%
Mu	1,01%
Fe	3,21%
Cu	0,12%
Zn	0,06%
Ba	0,10%
Eu	0,20%
Re	0,10%
Cu	0,12%
Zn	0,06%
Ba	0,10%
Eu	0,20%

## 2.8 Pasir Silika

Pasir silika merupakan mineral yang banyak terdapat di benua bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi (silika, SiO<sub>2</sub>) dengan kekerasan Mohs 7 dan kepadatan 2,65 g/cm<sup>3</sup>.

17 Bentuk umum kuarsa adalah prisma heksagonal dengan puncak limas heksagonal (kuarsa) "Pasir Silika / Pasir Kuarsa" Pasir silika Indonesia biasanya berasal dari Bangka [31].

Tabel 2. 5 Sifat fisik dan mekanik silika [32]

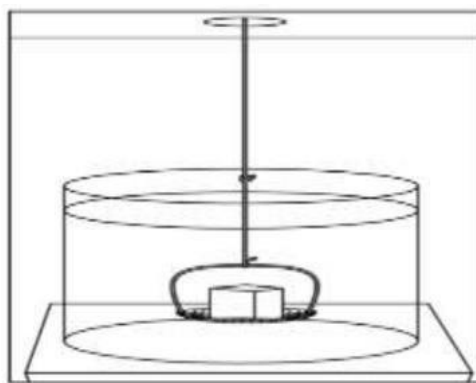
Nama lain	Silikon Dioksida
Rumus molekul	SiO <sub>2</sub>
Berat jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	2,6
Bentuk	Padat
Daya larut dalam air	Tidak larut
Titik cair (°C)	1600-1725
Titik didih (°C)	2230
Kekuatan Tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	70-75
Kekerasan (kg/m <sup>2</sup> )	650

## 2.9 Pengujian Komposit

### 2.9.1 Uji Densitas

Densitas merupakan suatu sifat yang sangat penting dari suatu materi yaitu kerapatan atau massa jenis. Standar uji ASTM B962-17 digunakan untuk pengujian densitas [33].

Berikut gambar ilustrasi pengujian densitas dengan sampel dimasukkan didalam air dengan posisi sampel melayang dengan menggunakan keranjang.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Pengujin Densitas [33].

Pengujian densitas dilakukan mengikuti prinsip hukum Archimedes, di mana benda yang dimasukkan ke dalam fluida atau air dapat menghasilkan tiga kemungkinan yaitu mengapung, melayang, atau tenggelam, tergantung pada

kepadatan relatifnya. Nilai densitas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho_m = \frac{ms}{(ms-mg)} \cdot \rho_{H_2O} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$\rho_m$  = densitas actual (gram/cm<sup>3</sup>) ms = massa sampel kering (gram)

mg= massa sampel yang digantung didalam air (gram)  $\rho_{H_2O}$  = massa jenis air = 1 gram/cm<sup>3</sup>

### 2.9.2 Uji Kekerasan

Kekerasan adalah sifat ketahanan suatu material terhadap gaya tekan yang disebabkan oleh material lain yang lebih keras. Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pengujian seperti *Rockwell*, *Vicker* dan *Brinell*. Metode *Rockwell* merupakan metode yang banyak digunakan karena proses pengujiannya sederhana dan tidak memerlukan keahlian khusus dalam proses pengujiannya. Sedangkan metode *Vicker* merupakan metode untuk menentukan kekerasan suatu bahan berupa ketahanan suatu bahan terhadap intan piramida dengan sudut puncak 136<sup>o</sup>, dan metode *Brinell* merupakan metode untuk menentukan kekerasan suatu bahan, bahan berupa bola baja yang ditekan pada permukaan bahan uji. Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan standar uji ASTM E110-14 [34].

### 2.10 Kampas Rem

Kampas rem merupakan bagian yang fungsinya untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan. Oleh karena itu, kampas rem harus terbuat dari bahan yang memiliki sifat unggul dan efektif untuk mencapai pengereman yang optimal. Standar kekerasan kampas rem komposit sepeda motor adalah 68-105 (BHN) [35].

Tabel 2. 6 Persyaratan teknik kampas rem komposit [35]

No	Standart	Nilai
1	Kekerasan	68-105 BHN
2	Ketahanan Panas	360°C
3	Keausan	$5 \times 10^{-4}$ - $5 \times 10^{-3}$ mm <sup>2</sup> /kg
4	Koefisien gesek	0,14-0,27
5	Massa Jenis	1,5-2,4 gr/cm <sup>3</sup>
6	Konduktivitas thermal	0,12-0,8 W.m.°K
7	Tekanan spesifik	0,17-0,98 joule/g.°C
8	Kekuatan geser	1300-3500 N/cm <sup>2</sup>
9	Kekuatan perpatahan	480-1500 N/cm <sup>2</sup>

### 2.11 Metode Desain Full Faktorial

Desain full faktorial adalah metode untuk menentukan pengaruh beberapa faktor dan interaksinya. Desain faktorial lengkap memiliki beberapa keunggulan, yaitu informasi yang diperoleh bersifat komprehensif, karena dapat digunakan untuk menyelidiki efek utama interaksi dan menerapkan hasil eksperimen [36]. Keputusan terhadap hipotesis nol ( $H_0$ ) didasarkan pada nilai  $F_{tabel}$  yakni selama statistik  $F_{hitung}$  melebihi  $F_{0,05;2,27(3,55)}$  atau p-value kurang dari  $\alpha$ , keputusannya adalah menolak  $H_0$ .

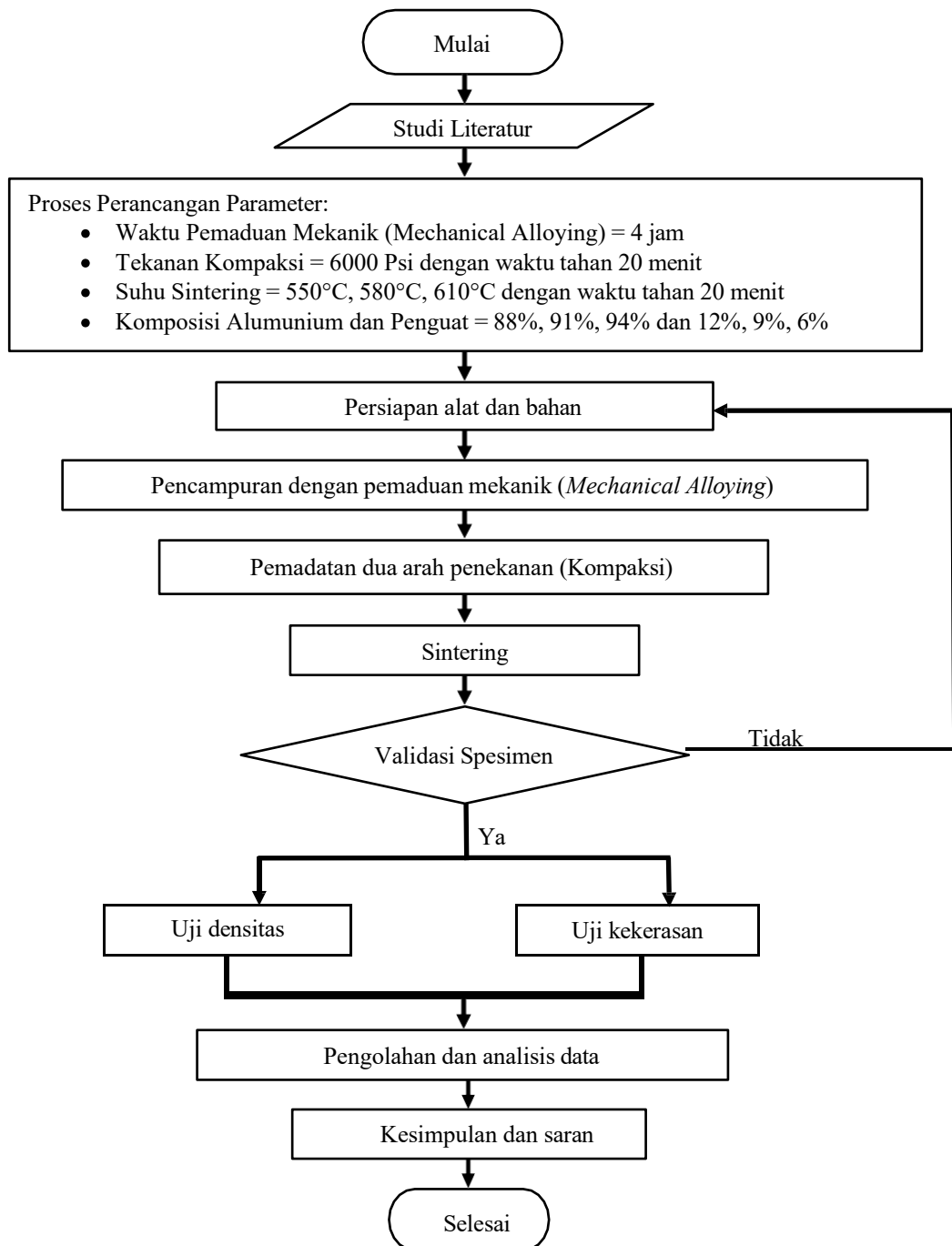
1. Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak.
2. Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  gagal ditolak.
3. Jika signifikan atau probalitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak
4. Jika signifikan atau probalitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  gagal ditolak

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Pelaksanaan

Berikut ini diagram alir yang menggambarkan proses penelitian ini.



Gambar 3. 1 Flowcart Penelitian

### 3.2 Studi Literatur

Untuk menunjang penelitian diperlukan penelitian kepustakaan untuk mencari dan menggali ide-ide teoritis yang dapat dijadikan acuan serta mencari data-data yang mendukungnya. Setelah survei literatur dilakukan, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter proses.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Pembuatan sampel penelitian dilakukan di bengkel lapalo di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Kemudian, uji densitas dan kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

#### 3.3.1 Alat Penelitian

Pada proses penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut :

##### 1. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang bubuk aluminium dan pasir silika tailing timah yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. 2 Timbangan digital

##### 2. *Ball mill machine*

*Ball mill* digunakan untuk mencampur bubuk aluminium dan pasir timah. Mesin ini juga dapat menghancurkan bubuk menjadi partikel yang lebih halus karena adanya bola-bola kecil di dalam tabung mesin.



Gambar 3. 3 Ball mill machine

### 3. Mesin press hidrolik

Mesin press hidrolik menggiling serbuk alumunium dan pasir timah dengan cara menekan/meremas pasirnya, kemudian dicampur dan dibentuk sesuai cetakan. Alat press hidrolik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan silinder atas dan bawah yang dilengkapi alat pengukur untuk membaca tekanannya.



Gambar 3. 4 Mesin press hidrolik

### 4. Cetakan

Cetakan digunakan untuk membentuk sampel komposit yang dibuat pada saat pengepresan panas, sampel dibentuk sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan. Pada penelitian ini benda cetakan berbentuk cincin dengan diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm.



Gambar 3. 5 Cetakan

### 5. *Thermocouple*

Alat ini digunakan untuk memanaskan campuran serbuk alumunium dan pasir timah hingga suhu yang telah ditentukan. Proses pemanasan ini dilakukan bersamaan dengan proses pengepresan panas.



Gambar 3. 6 Thermocouple

### 6. Alat pengukur suhu (*Thermogun*)

Alat ini digunakan untuk mengukur suhu pada alat pemanas pada saat proses kompaksi panas.



Gambar 3. 7 Alat Thermogun

### 7. Oven/furnace

Oven digunakan sebagai alat pemanas sampel komposit yang telah selesai dalam proses kompaksi panas.



Gambar 3. 8 Oven

### 8. Gelas ukur

Gelas ukur berfungsi sebagai wadah menampung air yang di isi secara penuh sebelum sampel dimasukkan ke dalamnya. Berikut ini gambar gelas ukur yang digunakan



Gambar 3. 9 Gelas ukur

### 9. Alat uji kekerasan *Portable*

Alat uji ini digunakan untuk menguji kekerasan sampel material komposit yang diteliti. Berikut ini gambar alat uji kekerasan *portable* yang digunakan pada penelitian.



Gambar 3. 10 Alat uji portable

#### 10. Alat Uji Densitas

Alat uji ini digunakan untuk menimbang sampel didalam air agar dapat mengetahui berat sampel pada saat didalam air. Berikut ini alat uji densitas yang digunakan pada penelitian ini.



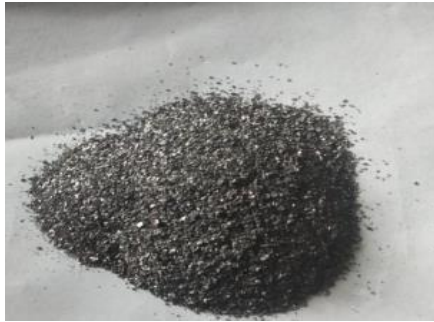
Gambar 3. 11 Alat uji densitas

#### 3.3.2 Bahan Penelitian

Pada proses penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut :

##### 1. Serbuk Alumunium Hasil Daur Ulang

Serbuk Aluminium dengan kandungan 83,4% Al, 10,06% Si, 2,67% Cu, dan 3,87% unsur lain. Berikut ini gambar serbuk aluminium hasil daur ulang, ditunjukkan gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3. 12 Serbuk Alumunium Hasil Daur Ulang

## 2. Pasir Silika Tailing Timah

Serbuk Silicon Karbida dengan kandungan 99,3% Si, 0,22% Ca, 0,215% Fe dan dan 0,265% unsur lain. Berikut ini gambar pasir silika tailing timah yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3. 13 Pasir Silika Tailing Timah Prosedur Penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah proses prosedur penelitian yang dijabarkan sebagai berikut :

#### 1. Melakukan proses *mixing*

Metode paduan mekanis digunakan untuk menggabungkan bubuk aluminium daur ulang dengan bubuk silikon karbida dan bubuk abu sekam padi. Parameter yang digunakan antara lain perbandingan berat bola (BPR) 10:1, kecepatan motor 90 rpm dan waktu pencampuran 4 jam. Pada penelitian ini perbandingan campuran serbuk Al 898%:12% (SiC+RHA+BA), Al 91%:% (SiC+RHA+BA), dan Al 94%:6% (SiC+RHA+BA) digunakan untuk setiap sampel yang beratnya 35-40 gram. Bubuk aluminium daur ulang, bubuk silikon karbida, dan bubuk abu sekam

padi yang dicampur dalam satu siklus pencampuran memiliki berat 350 gram, dan bubuk tersebut ditimbang dengan timbangan digital dengan ketelitian 0,01. Setelah itu, setelah proses penimbangan selesai, serbuk dimasukkan ke dalam tabung di ball mill horizontal untuk menyelesaikan proses pencampuran. Mesin ini mempunyai bola-bola kecil dengan diameter 30mm dan 25mm, serta berat masing-masing bola adalah 111,18 gram dan 65,96 gram. Rata-rata kekerasan peluru ini adalah 61 HRC dan 58,2 HRC.

## 2. Proses Kompaksi panas

Setelah proses pemaduan mekanis selesai, langkah selanjutnya adalah pengepresan panas. Proses pengepresan panas dilakukan dengan tujuan untuk memperkecil volume campuran serbuk yang dihasilkan. Mesin press hidrolik memiliki dua mesin hidrolik yaitu (hidrolik atas dan hidrolik bawah) yang digunakan untuk melakukan proses penyegelan panas. Alat press hidrolik ini juga dilengkapi dengan alat pengukur tekanan. Pada pengepresan panas ini digunakan pengepresan dua arah, karena kelebihan pengepresan dua arah adalah tekanan atas dan bawah seragam. Pada pengepresan panas, alat termokopel digunakan untuk memanaskan serbuk. Kemudian cetakan berbentuk lingkaran dengan diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm. Sebelum dilakukan pengepresan panas, cetakan terlebih dahulu dimasukkan ke dalam mesin pemadatan dan serbuk diaduk rata ke dalam cetakan. Selanjutnya cincin besi bulat dipasang pada cetakan untuk menekan bedak. Setelah itu, hidrolik dua arah yang terdiri dari hidrolik atas dan bawah serta dilengkapi dengan pengukur tekanan, ditekan ke dalam cetakan. Pengepresan panas adalah 6000 Psi dan dipertahankan selama 20 menit. Pengepresan panas dilakukan pada suhu 350°C di dapur pemanas. Setelah proses selesai, tunggu hingga cetakan dingin dan keluarkan sampel dari cetakan.

### 3. Proses *Sintering*

Tujuan dari proses sintering adalah untuk meningkatkan ikatan antar partikel pada serbuk. Setelah proses selesai, sampel bersertifikat dimasukkan ke dalam oven. Pada proses pemanasan, sampel mendapat suhu 550°C, 580°C, dan 610°C serta waktu tahan selama 20 menit. Ketika proses sintering selesai, sampel dikeluarkan dari tungku dan didinginkan hingga suhu kamar.

#### **3.5 Validasi Spesimen**

Pada langkah ini, bahan uji diperiksa secara visual untuk memastikan bahwa sampel yang diproduksi memenuhi persyaratan, seperti bentuk yang tidak sempurna (cacat), retak atau pecah. Apabila sampel masih terdapat cacat, maka sampel tersebut dicetak ulang dengan menggunakan bahan dan peralatan yang diproduksi sesuai diagram alir yang telah ditetapkan.

#### **3.6 Pengujian Densitas**

Untuk memeriksa kepadatannya, sampel ditimbang sebelum dan sesudah dimasukkan ke dalam air atau dikeringkan. Timbangan digital digunakan untuk menghitung berat sampel dan membandingkannya dengan berat sampel dalam kondisi basah dan kering. Uji kepadatan dilakukan sesuai dengan ASTM B962-17.

#### **3.7 Pengujian Kekerasan**

Uji kekerasan dilakukan dengan alat ukur kekerasan portable dengan beban tekan 2 kg dan menggunakan *ball indentor* diameter 2 mm. Alat uji ini dipilih karena cukup sederhana dan hasil uji kekerasan dapat dibaca langsung di layar alat uji portabel dan nilai yang tertera dapat langsung disimpan. Proses pengujian kekerasan mengikuti standar ASTM E110-14.

#### **3.8 Pengolahan Data**

Selanjutnya data uji densitas dan kekerasan dimasukkan ke dalam tabel dan grafik. Untuk mengetahui kinerja sampel komposit matriks aluminium yang diperkuat dengan silikon karbida dan limbah pertanian, penelitian ini menggunakan

metode eksperimental dengan 3 fraksi volume dan suhu sintering untuk menganalisis data. Dengan menggunakan beberapa faktor, kadar antar parameter dapat ditingkatkan sehingga diperoleh kombinasi 9 sampel uji. Berikut ini tabel pengujian densitas dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Data Uji densitas (g/cm<sup>3</sup>)

No.	Komposisi Bahan (%)	Suhu Sintering (°C)	Nilai Densitas (g/cm <sup>3</sup> )			Rata – rata (g/cm <sup>3</sup> )
			1	2	3	
1	88:12	550	1,826	1,959	1,662	1,816
2	88:12	580	2,147	1,832	1,965	1,982
3	88:12	610	1,966	2,012	2,090	2,023
4	91:9	550	1,889	1,725	1,782	1,799
5	91:9	580	1,882	1,820	1,642	1,781
6	91:9	610	1,743	1,677	1,787	1,736
7	94:6	550	1,628	1,725	1,874	1,742
8	94:6	580	1,773	1,593	1,613	1,660
9	94:6	610	1,664	1,753	1,653	1,690

Berikut ini tabel pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3. 2 Data Pengujian Kekerasan (HB)

No.	Komposisi Bahan (%)	Suhu sintering (°C)	Nilai Kekerasan (g/cm <sup>3</sup> )			Rata – rata (g/cm <sup>3</sup> )
			1	2	3	
1	88:12	550	5,663	2,762	4,551	4,325
2	88:12	580	4,428	4,141	5,118	4,562
3	88:12	610	12,727	2,863	3,797	6,462
4	91:9	550	6,196	13,947	6,046	8,730
5	91:9	580	2,692	2,782	3,139	2,871
6	91:9	610	2,995	4,788	3,218	3,667
7	94:6	550	4,109	6,666	19,259	10,011
8	94:6	580	4,571	3,118	5,175	4,288
9	94:6	610	3,829	6,5	7,769	6,032

### 3.9 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode desain eksperimen penulis untuk analisis data. Penyevelan panas dan suhu sintering sebagai faktor dengan 3 level. Level antar parameter dapat dinaikkan ke level jumlah faktor, sehingga dengan pengulangan sebanyak 3 kali diperoleh 9 kombinasi parameter, sehingga jumlah data yang diperoleh adalah 27 data.

Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji

Faktor	Level		
Komposisi Bahan (%)	88:12	91:9	94:6
Suhu Sintering (°C)	550	580	610

Tabel 3. 4 Desain Full Factorial

<b>Eksperimen</b>	<b>Komposisi Bahan (%)</b>	<b>Suhu Sintering (°C)</b>
1	88:12	550
2	88:12	580
3	88:12	610
4	91:9	550
5	91:9	580
6	91:9	610
7	94:6	550
8	94:6	580
9	94:6	610

Setelah desain eksperimen faktorial ditetapkan, langkah selanjutnya adalah pembuatan hipotesis. Hipotesis percobaan ini adalah faktor mempengaruhi massa jenis dan kekerasan jika faktor tersebut dapat berinteraksi atau berinteraksi dengan faktor lainnya. Hipotesis umum disebut hipotesis nol (H<sub>0</sub>).

Adapun hipotesis nol dari eksperimen pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Tekanan Kompaksi Panas

H<sub>0</sub> : Perbedaan komposisi bahan tidak berpengaruh terhadap densitas.

H<sub>1</sub> : Perbedaan komposisi bahan tidak berpengaruh terhadap kekerasan.

2. Hipotesis Suhu Sintering

H<sub>0</sub> : Perbedaan suhu sintering tidak berpengaruh terhadap densitas.

H<sub>2</sub> : Perbedaan suhu sintering tidak berpengaruh terhadap kekerasan.

3. Hipotesis Iteraksi Komposisi Bahan dan Suhu Sintering

H<sub>0</sub> : Perbedaan interaksi komposisi bahan dan suhu sintering tidak berpengaruh terhadap densitas.

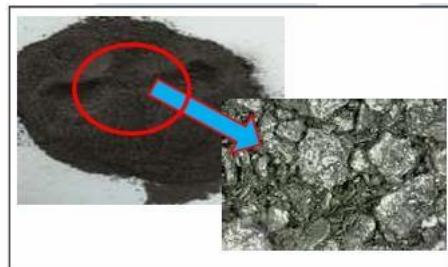
H<sub>02</sub> : Perbedaan interaksi komposisi bahan dan suhu sintering tidak berpengaruh terhadap kekerasan

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Paduan Mekanik atau *Mechanical Alloying***

Berdasarkan hasil proses pencampuran yang telah dijelaskan pada bab ketiga yaitu serbuk hasil proses paduan mekanis, hasil dari proses pencampuran yang dilakukan dengan metode paduan mekanis adalah sebanyak 350 gram ground set digiling dalam satu kali proses penggilingan. . Proses ball mill paduan mekanis menggunakan parameter proses yang meliputi parameter Ball Powder Weight Ratio (BPR) sebesar 10:1, parameter kecepatan mesin sebesar 90 rpm, dan parameter waktu milling sebesar 4 jam.



Gambar 4. 1 Serbuk Campuran Padatan Hasil Proses Mechanical Alloying 4 jam

#### **4.2 Spesimen Sebelum Pengujian**

Dalam penelitian ini, kepadatan dan kekerasan komposit aluminium daur ulang yang diperkuat dengan baja bekas ditentukan sebagai bahan alternatif untuk produksi bantalan rem. Pengukuran massa jenis dilakukan dengan menggunakan timbangan digital dan pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan portable. Pengujian tersebut menentukan densitas dan kekerasan senyawa aluminium yang diperkuat dengan pasir silika yang diperoleh dari konsentrat timah dan limbah pertanian, yang dipengaruhi variasi komposisi bahan dan suhu sintering. Pada penelitian ini sampel berbentuk cincin dengan diameter

luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm, serta ketebalan sampel rata-rata 9-10 mm.



Gambar 4. 2 Spesimen uji

### 4.3 Uji Densitas Sebelum *Sintering*

#### 4.3.1 Proses Pengujian Densitas Sebelum *Sintering*

Setelah sampel uji dicetak dan diberi label, siapkan peralatan yang digunakan untuk pengujian massa jenis, seperti timbangan digital, gelas ukur, air suling, dan tiang besi. Setelah alat disiapkan, sampel dalam keadaan kering kemudian ditimbang basah dengan cara memasukkan sampel ke dalam air.

#### 4.3.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Densitas Sebelum *Sintering*

Tabel 4. 1 Hasil Spesimen Di Timbang Kering (g)

No.	Persentase Penguat (%)	Pengujian kering (g)		
		1	2	3
1	12	38,62	37,41	38,51
2	12	35,85	36,42	37,24
3	12	37,44	36,31	37,12
4	9	35,23	34,79	36,14
5	9	34,84	36,43	37,33
6	9	36,48	36,23	35,83
7	6	34,56	36,26	35,48
8	6	35,46	36,21	36,12
9	6	36,29	36,48	36,35

Tabel 4. 2 Hasil Spesimen Di Timbang Basah (g)

NO	Komposisi Bahan (%)	Pengujian Basah (g)		
		1	2	3
1	88:12	17,48	18,32	15,34
2	88:12	19,16	16,55	18,29
3	88:12	18,40	18,27	19,36
4	91:9	16,58	14,63	15,87
5	91:9	16,33	16,42	14,60
6	91:9	15,56	14,63	15,78
7	94:6	13,34	15,24	16,55
8	94:6	15,47	13,48	13,74
9	94:6	14,49	15,67	14,36

Setelah menimbang kering dan basah selesai, dilanjutkan dengan menghitung nilai densitas menggunakan rumus densitas seperti berikut ini.

- Sampel 1 dengan presentase penguat 12%

Diketahui :  $m_s = 38,62$

$m_g = 17,48$

$\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$

Ditanya :  $P_m \dots ?$

Jawab :

$$P_m = \frac{38,62}{17,48} \cdot 1$$

$$P_m = \frac{38,62}{21,14} \cdot 1$$

$$P_m = 1,826 \text{ g/cm}^3$$

- Sampel 2 dengan presentase penguat 12%

Diketahui :  $m_s = 39,16$

$M_g = 18,32$

Ditanya :  $P_m \dots ?$

$$\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$$

Jawab :

$$Pm = \frac{37,41}{18,32} \text{ g/cm}^3$$

$$Pm = \frac{39,16}{20,84} \text{ g/cm}^3$$

$$Pm = 1,959 \text{ g/cm}^3$$

➤ Sampel 3 dengan presentase penguat 12%

Diketahui :  $m_s = 38,51$

Ditanya :  $Pm \dots\dots?$

$$M_g = 15,34$$

$$\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$$

Jawab :

$$Pm = \frac{38,51}{15,34} \text{ g/cm}^3$$

$$Pm = \frac{38,51}{23,17} \text{ g/cm}^3$$

$$Pm = 1,662 \text{ g/cm}^3$$

#### 4.4 Uji Kekerasan Sebelum *Sintering*

##### 4.4.1 Proses Pengujian Kekerasan Sebelum *Sintering*

Setelah mencetak dan memberi label pada sampel uji, siapkan peralatan yang digunakan dalam pengujian kekerasan, seperti alat uji kekerasan portabel. Setelah menyiapkan alat, uji kekerasan sampel pada titik uji yang berbeda dengan tiga titik uji. Pengujian kekerasan pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM E110-14.

##### 4.4.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Kekerasan Sebelum *Sintering*

Kekerasan diukur menggunakan alat kekerasan portabel. Jika nilai kekerasan diperoleh secara otomatis dengan menekan alat uji, dan nilai keratan dapat langsung terbaca pada layar alat uji portabel. Nilai kekerasan ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Rata-rata Kekerasan (HB)

NO	Presentase Penguat (%)	Nilai Kekerasan (HB) Spesimen			Rata-Rata (g/cm <sup>3</sup> )
		1	2	3	
1	12	64	52,7	47	55,4
2	12	62	48	53,4	52,3
3	12	56	51,6	43,6	47
4	9	69,4	58,2	49,2	54
5	9	70	44	36	40
6	9	71	47,3	53,8	45,7
7	6	56,3	42,6	51	49,3
8	6	64	50	42,8	47,6
9	6	67,4	49,8	44	52,8

#### 4.5 Uji Densitas Setelah *Sintering*

##### 4.5.1 Proses Pengujian Densitas Setelah *Sintering*

Setelah sampel uji dicetak dan diberi label, langkah selanjutnya adalah menyiapkan peralatan yang digunakan untuk pengujian massa jenis, seperti timbangan digital, gelas ukur, air suling, dan tiang besi. Setelah alat disiapkan, sampel ditimbang dalam keadaan kering kemudian ditimbang basah dengan cara memasukkan sampel ke dalam air.

##### 4.5.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Densitas Setelah *Sintering*

Pengukuran massa jenis dilakukan dengan menggunakan timbangan digital dan batang yang digantungkan keranjang untuk menimbang sampel dalam kondisi basah atau di dalam air. Pengujian massa jenis berkaitan dengan hukum *Archimedes* dengan standar pengujian menggunakan ASTM B962-17.

Tabel 4. 4 Hasil Spesimen Di Timbang Kering (g)

NO	Presentase Penguat (%)	Suhu Sintering (°C)	Pengujian Kering (g)		
			Spesimen		
			1	2	3
1	12	550	32,44	22,67	26,32
2	12	580	30,71	33,64	28,52
3	12	610	36,48	34,27	30,17
4	9	550	14,72	26,38	18,63
5	9	580	27,54	23,47	16,55
6	9	610	26,13	25,52	21,09
7	6	550	12,64	18,43	24,56
8	6	580	19,61	26,87	22,37
9	6	610	23,76	27,44	16,84

Tabel 4. 5 Hasil Spesimen Di timbang Basah (g)

NO	Presentase Penguat (%)	Suhu Sintering (°C)	Pengujian Basah (g)		
			Spesimen		
			1	2	3
1	12	550	12,27	11,86	12,88
2	12	580	10,98	10,66	10,05
3	12	610	16,15	15,46	15,67
4	9	550	8,27	10,72	9,83
5	9	580	12,45	15,21	12,36
6	9	610	8,34	11,26	13,43
7	6	550	12,48	8,12	11,20
8	6	580	8,74	9,57	10,36
9	6	610	12,30	10,22	18,82

Setelah menimbang kering dan basah selesai, dilanjutkan dengan mengitung nilai densitas menggunakan rumus densitas seperti berikut ini.

- Sampel 1 dengan presentase penguat 12%

Diketahui :  $m_s = 32,44$

Ditanya :  $Pm \dots \dots ?$

$$m_g = 12,27$$

$$\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$$

Jawab :

$$Pm = \frac{32,44}{12,27} 1$$

$$Pm = \frac{32,44}{20,17} 1$$

$$Pm = 1,608 \text{ g/cm}^3$$

- Sampel 2 dengan presentase penguat 12%

Diketahui :  $m_s = 22,67$

Ditanya :  $Pm \dots \dots ?$

$$m_g = 11,86$$

$$\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$$

Jawab :

$$Pm = \frac{22,67}{11,86} 1$$

$$Pm = \frac{22,67}{10,81} 1$$

$$Pm = 2,097 \text{ g/cm}^3$$

- Sampel 3 dengan presentase penguat 12%

Diketahui :  $m_s = 26,32$

Ditanya :  $Pm \dots \dots ?$

$$m_g = 12,88$$

$$\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$$

Jawab :

$$Pm = \frac{26,32}{12,88} 1$$

$$Pm = \frac{26,32}{13,44} 1$$

$$Pm = 1,958 \text{ g/cm}^3$$

Dibawah ini adalah data analisis variasi uji densitas 4.6.

Tabel 4. 6 Data analisis variasi uji densitas

<b>Faktor</b>	<b>DF</b>	<b>ADJ SS</b>	<b>ADJ MS</b>	<b>F-hitung</b>	<b>F-tabel</b>
Komposisi Bahan	2	0,2778	0,1389	10,40	0,001
Suhu Sintering	2	0,0044	0,0022	0,17	0,847
Komposisi Bahan*Suhu Sintering	4	0,0843	0,0210	1,81	0,170
Error	18	0,2093	0,0116		
Total	26	0,5760			

Berdasarkan hasil uji ANOVA yang telah diperoleh, hipotesis awal yang diusulkan adalah sebagai berikut :

$H_0$  = Persentase penguat tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

$H_1$  = Persentase penguat memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

$H_0$  = Suhu sintering tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

$H_1$  = Suhu sintering memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

$H_0$  = Persentase penguat dan suhu sintering panas tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

$H_1$  = Persentase penguat dan suhu sintering memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

Hipotesis tersebut akan dievaluasi menggunakan kriteria uji sebagai berikut:

$H_0$  akan ditolak apabila  $F_{hitung} > F_{tabel}$  dan apabila  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  tidak dapat ditolak. Keputusan yang diambil berdasarkan hasil Analysis of Variance (ANOVA) terhadap data eksperimen untuk nilai densitas adalah sebagai berikut:

1. Ditinjau dari faktor persentase penguat (faktor A), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  akan ditolak dan  $H_1$  diterima. Bisa disimpulkan bahwa persentas penguat memiliki pengaruh pada nilai densitas.
2. Ditinjau dari faktor suhu sintering (faktor B), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Bisa disimpulkan bahwa suhu sintering memiliki pengaruh pada nilai densitas.
3. Ditinjau dari interaksi faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor suhu sintering (faktor B), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Bisa disimpulkan bahwa interaksi antara faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor suhu sintering (faktor B) memiliki pengaruh pada nilai densitas.

#### **4.6 Uji Kekerasan Setelah *Sintering***

##### **4.6.1 Proses Pengujian Kekerasan Setelah *Sintering***

Setelah mencetak dan memberi label pada sampel uji, siapkan peralatan yang digunakan dalam pengujian kekerasan, seperti alat uji kekerasan portabel. Setelah menyiapkan alat, uji kekerasan sampel pada titik uji yang berbeda dengan tiga titik uji. Pengujian kekerasan pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM E110-14.

##### **4.6.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Kekerasan Setelah *Sintering***

Kekerasan diukur menggunakan alat kekerasan portabel. dimana nilai kekerasan otomatis didapat ketika alat uji ditekan dan nilai kekerasan langsung terbaca dari layar alat uji portabel.

Tabel 4. 7 Hasil Rata-rata Kekerasan (HB)

No.	Komposisi Bahan (%)	Suhu Sintering (°C)	Nilai Kekerasan (HB)			Rata-rata (HB)
			1	2	3	
1	12	550	64	73,66	71	69,55
2	12	580	62	70,4	65	65,8
3	12	610	56	67	63,8	62,26
4	9	550	69,4	53	64,7	62,36
5	9	580	70	56,2	58,7	61,63
6	9	610	71	68	66,3	68,43
7	6	550	56,3	60	52	56,1
8	6	580	64	63	59	62,33
9	6	610	67,4	52	60,6	59,8

Tabel 4. 8 Data analisis variasi uji Kekerasan

Faktor	DF	ADJ SS	ADJ MS	F-hitung	F-tabel
Komposisi Bahan	2	35,85	17,92	0,76	0,481
Suhu Sintering	2	114,10	57,05	2,41	0,113
Komposisi Bahan*Suhu Sintering	4	219,71	54,93	3,28	0,035
Error	18	301,03	16,72		
Total	26	670,69			

Berdasarkan hasil uji ANOVA yang telah diperoleh, hipotesis awal yang diusulkan adalah sebagai berikut :

$H_0$  = Persentase penguat tidak memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

$H_1$  = Persentase penguat memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

$H_0$  = Suhu sintering tidak memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

$H_1$  = Suhu sintering memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

$H_0$  = Persentase penguat dan suhu sintering panas tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

$H_1$  = Persentase penguat dan suhu sintering memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

Hipotesis tersebut akan dievaluasi menggunakan kriteria uji sebagai berikut:

$H_0$  akan ditolak apabila  $F_{hitung} > F_{tabel}$  dan apabila  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  tidak dapat ditolak. Keputusan yang diambil berdasarkan hasil Analysis of Variance (ANOVA) terhadap data eksperimen untuk nilai densitas adalah sebagai berikut:

4. Ditinjau dari faktor persentase penguat (faktor A), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  akan ditolak dan  $H_1$  diterima. Bisa disimpulkan bahwa persentas penguat memiliki pengaruh pada nilai densitas.
5. Ditinjau dari faktor suhu sintering (faktor B), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Bisa disimpulkan bahwa suhu sintering memiliki pengaruh pada nilai densitas.
6. Ditinjau dari interaksi faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor suhu sintering (faktor B), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Bisa disimpulkan bahwa interaksi antara faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor suhu sintering (faktor B) memiliki pengaruh pada nilai densitas.

Berdasarkan hasil data pengujian yang didapatkan maka selanjutnya data tersebut dibandingkan dengan data penelitian yang terdahulu yang berfungsi untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan penelitian ini dan penelitian terdahulu. Berikut ini tabel perbandingan nilai penelitian terdahulu dan penelitian ini.

Tabel 4. 9 Perbandingan Penelitian Terdahulu

<b>Pengujian</b>	<b>Penelitian ini</b>	<b>Penelitian terdahulu</b>	<b>Standar SNI</b>
Densitas	2,023 g/cm <sup>3</sup>	1,98 g/cm <sup>3</sup>	1,5-2,4 g/cm <sup>3</sup>
Kekerasan	69,55 HB	47,2 HB	68-105 BHN

Dapat dilihat dari tabel diatas, diketahui nilai densitas tertinggi yang dilakukan pada penelitian ini adalah 2,023 g/cm<sup>3</sup> dan nilai densitas tertinggi pada penelitian Ghifari adalah 1,98 g/cm<sup>3</sup>[2]. Memenuhi kriteria nilai densitas dari SNI dalam pembuatan kampas rem komposit, karena kriteria yang diberikan dalam SNI adalah 1,5-2,4 g/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas yang diperoleh pada penelitian ini lebih besar dibandingkan nilai densitas yang diperoleh oleh Ghifari . Hal ini disebabkan oleh pencampuran antara serbuk matrik dan serbuk penguat yang kurang homogen sehingga terjadinya penggumpalan yang berakibat ikatan antar muka *interlocking* antara serbuk matrik dan serbuk penguat tidak maksimal atau lemah .

Nilai kekerasan tertinggi yang didapatkan pada penelitian ini yaitu 69,55 HB. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Ghifari mendapatkan nilai kekerasan tertinggi yaitu 47,2 HB. Maka nilai kekerasan yang didapat pada penelitian ini nilai kekerasan dari SNI dan penelitian Ghifari belum memenuhi persyaratan kekerasan kampas rem standar SNI. Hal ini dikarenakan banyaknya matrik alumunium yang digunakan maka akan semakin tinggi nilai kekerassannya, penekanan kompaksi tidak terlalu besar atau kurang maksimal, waktu yang dilakukan saat sintering kurang lama serta waktu pencampuran serbuk harus lebih lama.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Merujuk kepada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan ssebagai berikut :

Beberapa faktor yang mempengaruhi pada hasil uji densitas dan kekerasan pada sampel yang diperkuat dengan pasir silika hibrid ( $\text{SiO}_2$ ) , abu sekam padi (*rice husk ash*), dan abu ampas tebu (*bagasse ash*) yakni presentase penguat, suhu sintering dan kompaksi panas. Dan untuk Nilai uji kekerasan dan densitas tertinggi yang didapatkan pada tekanan kompaksi panas sebesar 6000 Psi dengan presentase penguat 12% yakni 2,023 g/cm<sup>3</sup> dan 69,55 HB, dikarenakan pencampuran serbuk matrik dengan serbuk penguat yang kurang homogen sehingga terjadi penggumpalan, yang mengakibatkan ikatan antar muka *interlocking* serbuk matrik dengan serbuk penguat tidak maksimum atau lemah, penekanan kompaksi yang kurang maksimal pada kedua arah dan perbedaan suhu sintering yang dapat mendorong penyatuan antar butir-butir pada serbuk yang lebih efektif. Sehingga struktur material menjadi lebih padat dan kuat pada sampel.

#### 5.2 Saran

Untuk peneliti yang akan mengambil penelitian komposit matrik aluminium , penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk peneliti berikutnya yang mengambil judul metode metalurgi serbuk di harapkan untuk meningkatkan waktu penggilingan (*mechanicall alloying*), dan suhu pada kompaksi panas.
2. Variasikan parameter pada penelitian.
3. Pada proses pencetakan sampel diharuskan menggunakan peralatan *Safety* untuk mencegah hal yang tidak di inginkan.
4. Tetap berhati-hati dan teliti pada saat pencetakan sampel untuk menjaga keselamatan kerja dan hasil spesimen.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. T. Otomotif, F. Teknik, U. N. Padang, and J. P. Hamka, "Sepeda Motor Honda Fit S Influence Using Groove Brake Pad About Stopping Distance and," vol. 1, no. 2, 2016.
- [2]. Idris, U.D., Aigbodion, V.S., Abubakar, I.J., Nwoye, C.I., 2015. Eco- friendly asbestos \free brake-pad: using banana peels. J. King Saud Univ.- Eng. Sci. 27 (2), 185–192.
- [3]. Ferriawan Yudhanto<sup>1</sup>, Santo Ajie Dhewanto, dan Suluh Widya Yakti., "Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati," Jurnal Quantum Teknika, Vol. 1, No. 1, Hal 19-27, 2019., DOI: 10.18196/jqt.010104.
- [4]. D. Brough and H. Jouhara, "The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery," Int. J. 10.1016/j.ijft.2019.100007.
- [5]. Sukanto, W. Suprpto, R. Soenoko, and Y. S. Irawan, "The Effect of Milling Time on The Alumina Phase Transformation in The AMCs Powder Metallurgy Reinforced by Silica-Sand-Tailings", Eureka: Phys. Eng., no. 1, pp. 103–117, 2022, doi: 10.21303/2461 4262.2022.001906.
- [6]. S. E. Susilowati, A. Fudholi, and D. Sumardiyanto, "Mechanical and microstructural characteristics of Cu–Sn Zn/ Gr metal matrix composites processed by powder metallurgy for bearing materials," Results Eng., vol. 14, no. March, p. 100377, 2022, doi: 10.1016/j.rineng.2022.100377.
- [7]. Brian J.W., Hoeganaes C., 2015, Powder metallurgy methods and applications, ASM Hand Book Powder Metallurgy, 7.
- [8]. Sukarman and R. A. Gani, "Lahan Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka dan Belitung, Indonesia dan Kesesuaiannya untuk Komoditas Pertanian," J. Tanah dan Iklim, vol. 41, no. 2, pp. 101–112, 2017.
- [9]. H. A. Prasetya, "Pengaruh Silika Dari Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Subtitusi Asbes Untuk Pembuatan Kampas Rem Menggunakan Bahan Karet Alam," Pros. Semin. Nas. Kulit, Karet dan Plast. Ke-5, pp. 153–162,

2016.

- [10] Ghifari, Muhammad. (2024). Rekayasa Komposit Matrik Alumunium Diperkuat Alumina Dan Baggase Ash Dengan Metode Metalurgi Serbuk. *Jurnal Bangka Belitung: Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*.
- [11] Sukanto, R. Soenoko, W. Suprpto, and Y. S. Irawan, "Characterization of aluminium matrix composite of Al-ZnSiFeCuMg Alloy reinforced with silica sand tailings particles," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 6971–6981, 2020, doi: 10.15282/jmes.14.3.2020.01.0546.
- [12]. Anonim, 2015, Pengertian Komposit, Available from : URL : <https://arumaarifu.wordpress.com/2010/02/04/apa-itu-komposit/>
- [13]. Syaifa Maulana, 2016,"Pengembangan Komposit Dari Karet Ebonit Dengan Penguat Serat Rami Untuk Komponen Otomotif Penutup Spion Sepeda Motor", Tugas Akhir S-1,Teknik mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [14]. Ridho, A. (2016). Perancangan Ball Mill Kapasitas 200 mg. Laporan Tugas Akhir. Malang: Program Studi Teknik Mesin, UMM
- [15]. Callister, William D. 1994, *Material Science and Engineering*. John Willey & Sons, Inc. USA.
- [16]. R. Suprpto, W & Soenoko, "Teknologi Metalurgi Serbuk," *Pena Mas Publ.*, vol. 192, p.10, 2015.
- [17]. Bhatt, B., & Agrawal, S.S., 2007. *Mixing. Pharmaceutical Engineering*, pp.1–24.
- [18]. Arifin, A., & Sulong, A.B., 2017. Effect of Mixing Parameters on the Mixing Time and Density of Composite HA/Ti6Al4V Feedstock for Powder Injection Molding. *MATEC Web of Conferences*, 101.
- [19]. Black, J. T., & Kohser, R. A., 2020, "DeGarmo's materials and processes in manufacturing," John Wiley & Sons.
- [20]. M. Milani, "Optimization of the pressing process of triangular shaped cutting toolinserts," *Master Thesis Mech. Eng.*, 2016.
- [21] I. A. Wahyudie, "Hot Compaction Process Optimization For Improvement Tribology Behavior Of Zirconium Silicate Strengthened BMCs `," *J.*

Southwest Jiaotong Univ., vol.56, 2021.

- [22]. M. Fawaid and S. Hamdi, “Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Komposit Bahan Alternatif Kampas Rem Berpenguat Serat Bambu,” *Semin. Nas. Ind. Serv.*, 2015.
- [23]. P. Wong, D.S., and Lavoie, “Aluminium : Recycling and Environmental Footprint,” *JOM*, vol. 71, no. 9, 2019
- [24] R. Suprpto, W & Soenoko, “Teknologi Metalurgi Serbuk,” *Pena Mas Publ.*, vol. 192, p.10, 2015.
- [25]. \_\_\_\_\_, 1992. *ASM Handbook, 21: Composites*. ASM International, The Materials Information Company.
- [26]. Krevelen, “Properties of Polymers, Their Correlation with Chemical Structure, Their Numerical Estimated and Prediction from Additional Group Contributions”. Threed Edition. Elsevier Science B. V. Amsterdam. 59 Netherlands,” 1994.
- [27]. Souza, A. E., Teixeira, S. R., Santos, G. T. A., Costa, F. B. and Longo, E. 2011. Reuse of Sugarcane Bagasse Ash (SCBA) to Produce Ceramic Materials. *Journal of Environmental Management*. 92: 2274-2780.
- [28]. Hanun, J. N., Setiawan, A., & Afiuddin, A. E. (2019). Karakteristisasi Limbah Bagasse Ash Pabrik Gula sebagai Alternatif Bahan Dasar Zeolit Sintesis. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 22(3), 71-75.
- [29]. A. G. Dylan, Sugiyarto, Agus Wanto, Abdul Budi, Sukanto. (2023). “Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Silicon Carbida Dan Rice Husk Ash Dengan Metode Metalurgi Serbuk,” *Jurnal Teknik mesin undana.*, vol. 10, no. 02, pp. 61-68.
- [30]. Ferdiansyah, Aulia Sherly Ayu Premesti, Achmad Rizal Fathichin, Bella Mey Gita Ariani, Abdul Hamid Fahmi, Yustia Wulandari Mirzayanti. (2023). “Review Studi: Analisa Pemanfaatan Limbah Sekam Padi sebagai Bahan Material Maju”. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan III*.
- [31]. Setiawan, Maulana Yosoef and Shlbiya, Yona. (2022). “Uji Perbandingan Kuat Tekan Beton Fc 25 Menggunakan Pasir Silika Kuala Sungai Jeruju

Kecamatan Cengal Oki Sumsel Dan Pasir Silika Margojadi Mesuji Timur Lampung”., Politeknik Negeri Sriwijaya.

[32]. T. Surdia and S. Saito, Pengetahuan Bahan Teknik. 1985.

[33]. ASTM International, “Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes’ Principle,” *Astm B962-17*, vol. i, pp. 1–7, 2013, doi:10.1520/B0962-17.2. 60

[34]. E110-14, “Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers,” *ASTM B. Stand.*, pp. 4–8, 2015, doi: 10.1520/E0110-14.2.

[35]. M. Syahid, “Analisa Sifat Mekanik Polimer Matriks Komposit Berpengut Fly Ash Batubara Sebagai Kampas Rem,” Univ. Hasanudin Makassar, 2011

[36]. D. Seprianto, “Pengaruh Kompaksi Dan Holding Time Terhadap Densitas Paduan Aluminium/Fly Ash Yang Dibuat Dengan Metallurgi Serbuk,” *J. Austenit*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2010.

**Lampiran 1.**  
**Daftar Riwayat Hidup Penulis**



**1. Data Pribadi**

Nama Lengkap : Hafiz Nopal Ridani  
Tempat dan Tanggal Lahir : Palembang, 30 November 2003  
Alamat Rumah : Kampung Teluk Rubiah Laut, RT  
001/RW 015, Muntok, Bangka Barat  
Telp : 085896184826  
Email : [hafiznopalr@gmail.com](mailto:hafiznopalr@gmail.com)  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam

**2. Riwayat Pendidikan**

SD MUHAMMADIYAH MUNTOK  
SMPN 1 MUNTOK  
PONDOK PESANTREN RAUDHATUL ULUM SAKATIGA  
MAN 1 BANGKA BARAT

Sungailiat, 24 Juli 2024

Hafiz Nopal Ridani

## Lampiran 2.

### Hasil Uji *Particle Size Analyzer* Alumunium

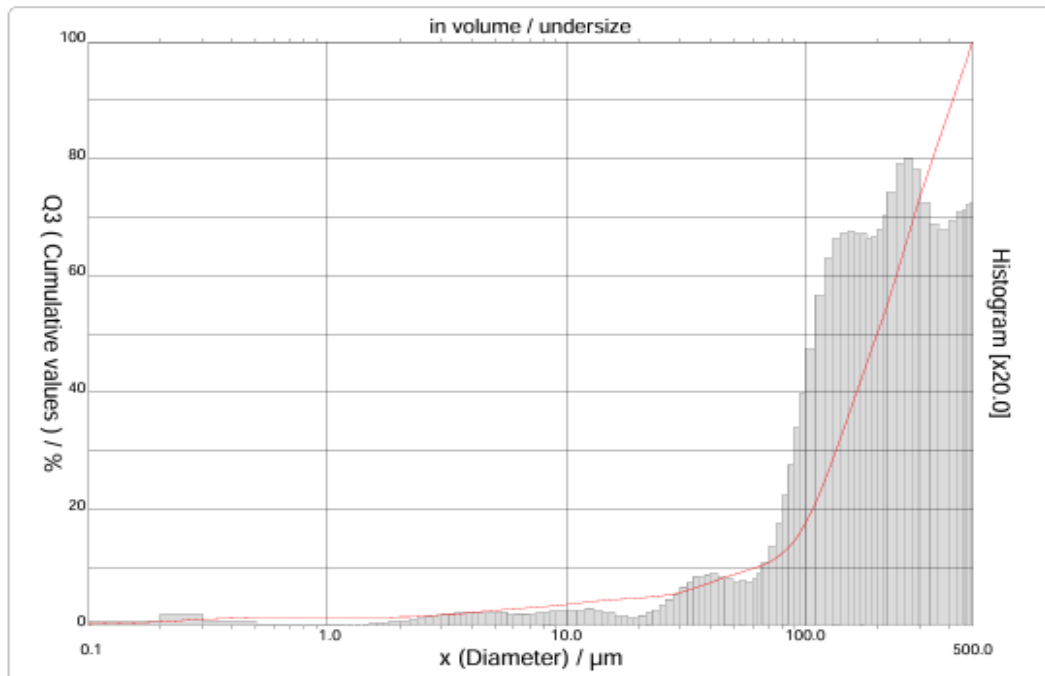


#### PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10  $\mu\text{m}$  - 500.00  $\mu\text{m}$  / 100 Classes

Sample ref.	: Sample_X_
Sample Name	: Al-Paduan2
Sample type	: SERBUK
Comments	:
-----	
Operator	: BBG
Company	:
Location	:
Date : 13/02/2018	Time : 07:23:47
Index meas.	: 1349
Database name	: CilasDB1

Pressure/Distributor	: 500 mb / [50][50]
Obscuration	: 2 %
Diameter at 10%	: 61.84 $\mu\text{m}$
Diameter at 50%	: 199.88 $\mu\text{m}$
Diameter at 90%	: 414.61 $\mu\text{m}$
Fraunhofer	
Density/Factor	: 3.35 g/cm <sup>3</sup> / 1.00
Specific surface	: 1878.15 cm <sup>2</sup> /g
Meas./Rins.	: 15s/15s/0
SOP name	: BBG



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1349/m99.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q-.0.0.0./600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V 9.45/635



## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

### CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_ Sample Name : Al-Paduan2 Sample type : SERBUK Comments : ----- ----- Operator : BBG Company : Location : Date : 13/02/2018 Time : 07:23:47 Index meas. : 1349 Database name : CilasDB1	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50] Obscuration : 2 % Diameter at 10% : 61.84 µm Diameter at 50% : 199.88 µm Diameter at 90% : 414.61 µm Fraunhofer Density/Factor : 3.35 g/cm <sup>3</sup> / 1.00 Specific surface : 1878.15 cm <sup>2</sup> /g Meas./Rins. : 15s/15s/0 SOP name : BBG
---	---

	Standards classes					in volume / undersize				
x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.31	0.67	1.19	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
q3	0.01	0.03	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	1.45	1.45	1.45	1.46	1.47	1.49	1.53	1.58	1.64	1.71
q3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	1.79	1.87	1.96	2.04	2.13	2.22	2.30	2.42	2.53	2.66
q3	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.10
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	2.75	2.84	2.94	3.05	3.15	3.24	3.34	3.43	3.53	3.72
q3	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.12	0.12
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	3.90	4.06	4.22	4.35	4.46	4.56	4.63	4.70	4.75	4.80
q3	0.13	0.12	0.13	0.12	0.11	0.10	0.08	0.08	0.06	0.06
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	4.88	4.98	5.10	5.25	5.49	5.76	6.07	6.40	6.75	7.09
q3	0.07	0.10	0.13	0.17	0.22	0.26	0.32	0.36	0.41	0.42
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	7.42	7.90	8.32	8.81	9.13	9.44	9.82	10.11	10.42	10.89
q3	0.43	0.44	0.41	0.39	0.37	0.37	0.37	0.40	0.44	0.53
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	11.59	12.43	13.44	14.62	16.00	17.53	20.92	24.62	28.40	32.08
q3	0.67	0.87	1.11	1.37	1.70	1.98	2.36	2.83	3.14	3.30
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	35.56	38.83	41.89	44.77	47.46	50.03	52.52	54.97	59.82	64.58
q3	3.35	3.37	3.35	3.35	3.31	3.33	3.39	3.50	3.70	3.95
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	69.03	73.08	78.27	82.77	88.13	91.90	95.49	96.64	98.90	100.00
q3	3.99	3.90	3.62	3.44	3.38	3.46	3.54	3.55	3.60	3.62

x : diameter / µm    Q3 : cumulative value / %    q3 : density distribution

### Lampiran 3.

#### Hasil Uji *Particle Size Analyzer* Silika

#### PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

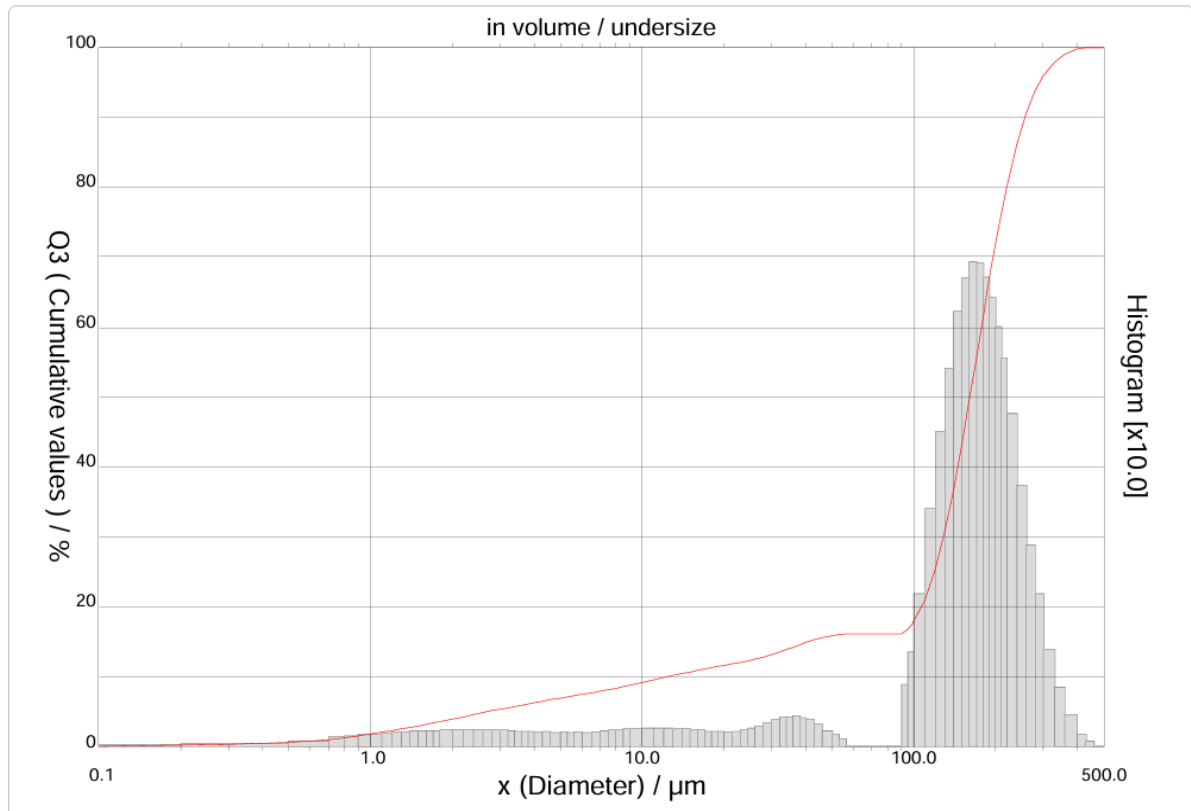
#### CILAS 1090 DRY

Range : 0.10  $\mu\text{m}$  - 500.00  $\mu\text{m}$  / 100 Classes



Sample ref. : Sample\_X\_  
Sample Name : Si-125(2)  
Sample type : SERBUK  
Comments :  
-----  
Operator : BBG  
Company :  
Location :  
Date : 13/02/2018 Time : 07:40:36  
Index meas. : 1353  
Database name : CilasDB1

Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]  
Obscuration : 4 %  
Diameter at 10% : 12.06  $\mu\text{m}$   
Diameter at 50% : 160.80  $\mu\text{m}$   
Diameter at 90% : 257.20  $\mu\text{m}$   
Fraunhofer  
Density/Factor : 2.86  $\text{g}/\text{cm}^3$  / 1.00  
Specific surface : 1966.18  $\text{cm}^2/\text{g}$   
Meas./Rins. : 15s/15s/0  
SOP name : BBG



Serial nb : 3627

Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1353/m99.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q-.0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V 9.45/635



## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

<p>Sample ref. : Sample_X_          Sample Name : SI-125(2)          Sample type : SERBUK          Comments :          -----          -----          Operator : BBG          Company :          Location :          Date : 13/02/2018 Time : 07:40:36          Index meas. : 1353          Database name : CilasDB1</p>	<p>Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]          Obscuration : 4 %          Diameter at 10% : 12.06 µm          Diameter at 50% : 160.80 µm          Diameter at 90% : 257.20 µm          Fraunhofer          Density/Factor : 2.86 g/cm<sup>3</sup> / 1.00          Specific surface : 1966.18 cm<sup>2</sup>/g          Meas./Rins. : 15s/15s/0          SOP name : BBG</p>
---	---

Standards classes                      in volume / undersize

x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.13	0.28	0.46	0.74	1.11	1.37	1.63	1.90	2.15	2.39
q3	0.01	0.01	0.03	0.04	0.07	0.13	0.15	0.17	0.18	0.19
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	2.63	2.85	3.07	3.28	3.48	3.67	4.03	4.37	4.68	4.96
q3	0.20	0.20	0.21	0.22	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.24
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	5.22	5.45	5.67	5.87	6.05	6.22	6.38	6.60	6.81	7.05
q3	0.24	0.22	0.23	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.21	0.19
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	7.22	7.38	7.59	7.82	8.04	8.26	8.48	8.69	8.90	9.29
q3	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20	0.21	0.23	0.23	0.25	0.25
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	9.65	9.98	10.28	10.55	10.80	11.02	11.23	11.41	11.58	11.74
q3	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.23	0.23	0.21	0.21	0.21
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	11.96	12.17	12.39	12.62	12.93	13.27	13.63	14.00	14.35	14.70
q3	0.20	0.21	0.23	0.26	0.28	0.33	0.38	0.41	0.41	0.44
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	15.01	15.42	15.73	16.00	16.14	16.23	16.23	16.23	16.23	16.23
q3	0.41	0.38	0.31	0.22	0.16	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	16.23	16.23	16.23	16.23	16.94	17.97	21.04	25.42	30.76	36.71
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	1.35	2.17	3.38	4.49	5.40
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	43.08	49.49	55.72	61.58	66.96	71.84	76.19	80.03	86.17	90.60
q3	6.21	6.68	6.91	6.89	6.69	6.40	5.99	5.55	4.74	3.72
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	93.76	95.98	97.94	99.03	99.74	99.93	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	2.87	2.16	1.38	0.84	0.45	0.18	0.07	0.00	0.00	0.00

x : diameter / µm    Q3 : cumulative value / %    q3 : density distribution

Lampiran 4.

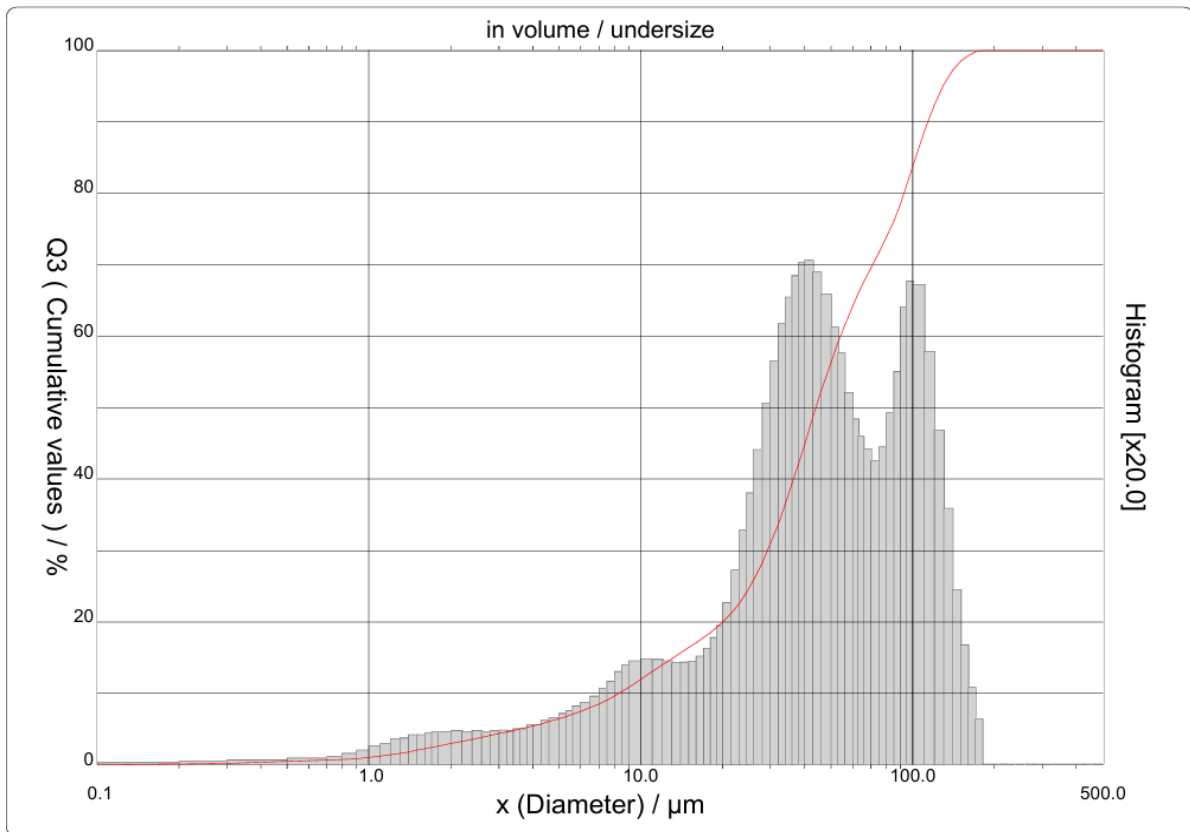
Hasil Uji Particle Size Analyzer Baggase Ash



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION  
CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : BA	Obscuration : 3 %
Sample type : Serbuk	Diameter at 10% : 8.27 µm
Comments :	Diameter at 50% : 44.08 µm
-----	Diameter at 90% : 113.72 µm
-----	Mean diameter : 54.47 µm
Operator : BBG	Fraunhofer
Company : FMIPA-KIMIA UB	Density/Factor : -----
Location : MALANG	Specific surface : -----
Date : 10/02/2023 Time : 01:09:49PM	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Index meas. : 1161	SOP name : Fraunhofer
Database name : CilasDB1	



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1161/m41.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q-.0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V 9.45/635



## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

<p>Sample ref. : Sample_X_          Sample Name : BA          Sample type : Serbuk          Comments :          -----          Operator : BBG          Company : FMIPA-KIMIA UB          Location : MALANG          Date : 10/02/2023 Time : 01:09:49PM          Index meas. : 1161          Database name : CilasDB1</p>	<p>Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]          Obscuration : 3 %          Diameter at 10% : 8.27 µm          Diameter at 50% : 44.08 µm          Diameter at 90% : 113.72 µm          Mean diameter : 54.47 µm          Fraunhofer          Density/Factor : -----          Specific surface : -----          Meas./Rins. : 15s/15s/0          SOP name : Fraunhofer</p>
---	--

	Standards classes										in volume / undersize										
x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	0.09	0.18	0.27	0.48	0.69	0.79	0.92	1.07	1.25	1.44	Q3	1.65	1.85	2.06	2.26	2.46	2.65	3.00	3.33	3.63	3.91
q3	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.12	0.14	q3	0.17	0.18	0.20	0.20	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00	x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	4.16	4.40	4.63	4.84	5.05	5.25	5.46	5.76	6.07	6.48	Q3	6.79	7.10	7.52	8.04	8.57	9.12	9.68	10.27	10.87	12.02
q3	0.22	0.23	0.24	0.23	0.24	0.24	0.27	0.27	0.30	0.33	q3	0.35	0.37	0.40	0.43	0.47	0.53	0.57	0.64	0.69	0.72
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	13.08	14.04	14.91	15.70	16.44	17.14	17.83	18.53	19.25	20.00	Q3	21.23	22.61	24.17	25.87	28.33	30.96	33.71	36.53	39.35	42.14
q3	0.74	0.73	0.72	0.71	0.71	0.72	0.75	0.81	0.88	0.97	q3	1.12	1.35	1.63	1.89	2.20	2.52	2.82	3.08	3.26	3.41
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00	x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	44.86	48.71	52.22	56.36	59.05	61.44	64.15	65.93	67.54	69.50	Q3	71.71	73.87	76.12	78.49	81.10	83.72	88.55	92.34	95.16	97.16
q3	3.51	3.52	3.44	3.28	3.05	2.87	2.60	2.41	2.29	2.20	q3	2.12	2.21	2.45	2.74	3.19	3.38	3.35	2.88	2.33	1.78
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0	x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	98.43	99.24	99.73	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	1.22	0.83	0.53	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diameter / µm    Q3 : cumulative value / %    q3 : density distribution

Lampiran 5.

Uji Particle Size Analyzer Rice Husk Ash



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION  
CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : RHA	Obscuration : 3 %
Sample type : Serbuk	Diameter at 10% : 6.67 µm
Comments :	Diameter at 50% : 49.46 µm
-----	Diameter at 90% : 122.75 µm
-----	Mean diameter : 60.19 µm
Operator : BBG	Fraunhofer
Company : FMIPA-KIMIA UB	Density/Factor : -----
Location : MALANG	Specific surface : -----
Date : 10/02/2023 Time : 01:12:44PM	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Index meas. : 1162	SOP name : Fraunhofer
Database name : CilasDB1	

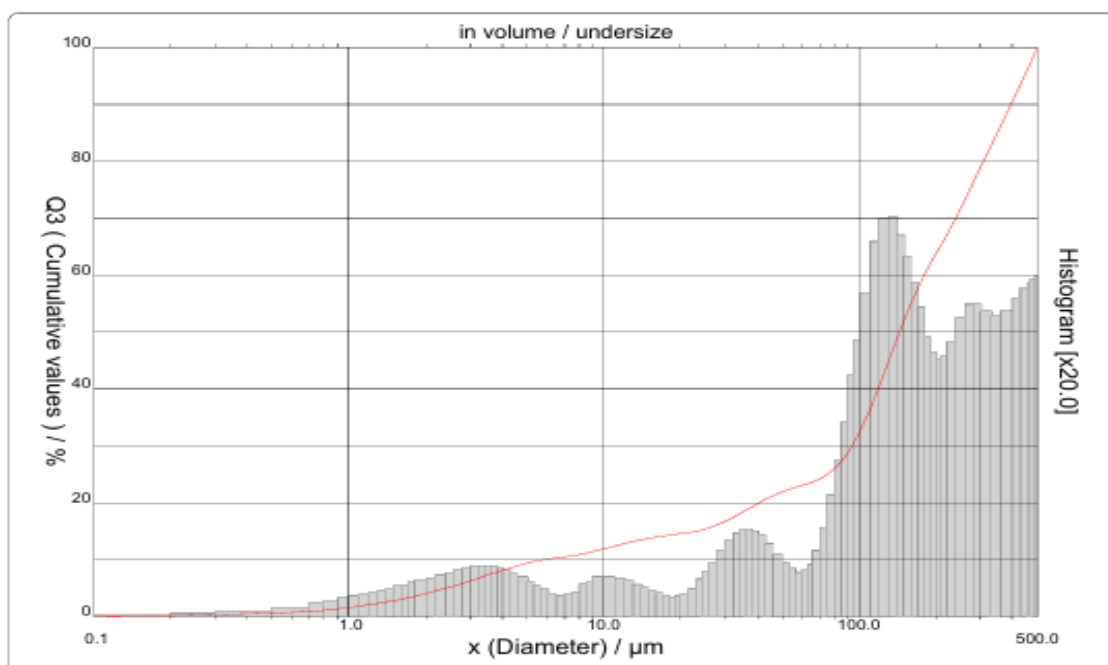
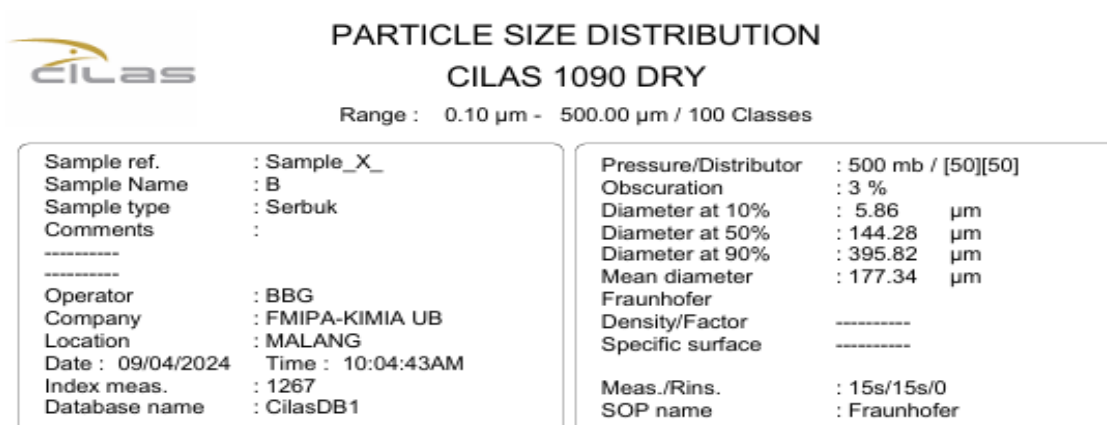
Standards classes in volume / undersize

x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.08	0.24	0.41	0.66	0.99	1.23	1.50	1.78	2.08	2.38
q3	0.00	0.02	0.03	0.03	0.07	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	2.68	2.97	3.25	3.51	3.77	4.01	4.47	4.88	5.25	5.59
q3	0.25	0.26	0.27	0.27	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	5.91	6.21	6.48	6.75	7.00	7.24	7.47	7.81	8.13	8.53
q3	0.29	0.29	0.28	0.30	0.29	0.30	0.30	0.31	0.32	0.32
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	8.82	9.10	9.45	9.86	10.26	10.67	11.09	11.53	11.98	12.89
q3	0.33	0.34	0.34	0.34	0.36	0.40	0.43	0.48	0.53	0.58
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	13.78	14.62	15.42	16.19	16.93	17.66	18.38	19.08	19.78	20.48
q3	0.62	0.64	0.67	0.69	0.72	0.75	0.79	0.82	0.86	0.91
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	21.54	22.65	23.81	25.05	26.85	28.83	31.01	33.30	35.64	38.02
q3	0.98	1.10	1.22	1.39	1.62	1.91	2.25	2.52	2.73	2.94
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	40.37	43.73	46.82	50.48	52.89	55.04	57.52	59.19	60.74	62.70
q3	3.06	3.10	3.06	2.93	2.76	2.60	2.40	2.28	2.22	2.22
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	65.06	67.47	70.03	72.78	75.79	78.81	84.46	89.01	92.51	95.09
q3	2.28	2.49	2.82	3.21	3.71	3.93	3.95	3.49	2.92	2.32
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	96.89	98.13	98.96	99.50	99.75	99.90	99.97	99.99	100.00	100.00
q3	1.74	1.28	0.91	0.63	0.31	0.20	0.10	0.03	0.01	0.00
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diameter / µm Q3 : cumulative value / % q3 : density distribution

## Lampiran 6.

### Hasil Uji *Particle Size Analyzer* Hasil Pemaduan Mekanik



Serial nb : 3627    Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1267/m41.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q.-0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V 9.45/635



## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

<p>Sample ref. : Sample_X_          Sample Name : B          Sample type : Serbuk          Comments :          -----          Operator : BBG          Company : FMIPA-KIMIA UB          Location : MALANG          Date : 09/04/2024 Time : 10:04:43AM          Index meas. : 1267          Database name : CilasDB1</p>	<p>Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]          Obscuration : 3 %          Diameter at 10% : 5.86 µm          Diameter at 50% : 144.28 µm          Diameter at 90% : 395.82 µm          Mean diameter : 177.34 µm          Fraunhofer          Density/Factor : -----          Specific surface : -----          Meas./Rins. : 15s/15s/0          SOP name : Fraunhofer</p>
--	--

	Standards classes					in volume / undersize				
x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.08	0.18	0.31	0.56	0.89	1.11	1.34	1.58	1.82	2.06
q3	0.00	0.01	0.02	0.03	0.07	0.11	0.13	0.15	0.17	0.18
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	2.31	2.55	2.79	3.04	3.28	3.53	4.01	4.48	4.95	5.40
q3	0.21	0.22	0.23	0.26	0.27	0.29	0.31	0.33	0.36	0.38
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	5.85	6.28	6.70	7.10	7.47	7.82	8.14	8.57	8.94	9.36
q3	0.41	0.42	0.44	0.44	0.43	0.43	0.42	0.40	0.37	0.34
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	9.62	9.84	10.08	10.30	10.49	10.68	10.88	11.13	11.38	11.91
q3	0.30	0.27	0.23	0.18	0.17	0.18	0.21	0.28	0.29	0.34
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	12.39	12.82	13.19	13.49	13.74	13.95	14.13	14.28	14.41	14.54
q3	0.34	0.33	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.17
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	14.74	14.97	15.27	15.62	16.14	16.73	17.37	18.02	18.66	19.27
q3	0.19	0.23	0.32	0.39	0.47	0.57	0.66	0.72	0.75	0.76
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	19.84	20.60	21.24	21.91	22.31	22.65	23.04	23.33	23.64	24.14
q3	0.74	0.70	0.64	0.54	0.46	0.41	0.38	0.40	0.45	0.57
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	24.94	25.96	27.19	28.64	30.34	32.19	36.21	40.47	44.63	48.50
q3	0.78	1.06	1.36	1.70	2.11	2.42	2.83	3.28	3.48	3.50
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	51.94	54.98	57.63	59.94	61.91	63.68	65.32	66.90	70.02	73.14
q3	3.34	3.16	2.93	2.71	2.44	2.31	2.25	2.28	2.40	2.61
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	76.16	78.98	82.78	86.21	90.42	93.43	96.32	97.26	99.10	100.00
q3	2.73	2.74	2.67	2.64	2.68	2.79	2.87	2.93	2.96	2.99

x : diameter / µm    Q3 : cumulative value / %    q3 : density distribution

## Lampiran 7.

### Poster Proyek Akhir

# PROYEK AKHIR TAHUN 2024

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

Kajian Komposit Matrik Alumunium Untuk Kampas Rem Sepeda Motor Diperkuat Pasir Silika Hibrid ( $\text{SiO}_2/\text{BA}/\text{RHA}$ ) Dengan Metode Metalurgi Serbuk

**LATAR BELAKANG**

Kampas rem yang biasa digunakan pada kendaraan merupakan campuran sintetis dari bahan dasar asbes yang diikat dengan bahan pengikat polimer dan beberapa bahan lainnya. Selain itu, jika silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) digunakan sebagai material penguat komposit yang dikombinasikan dengan aluminium, hasilnya adalah material komposit dengan beberapa sifat seperti ketahanan terhadap korosi, ringan, kekuatan, dan kemampuan mesin yang sangat baik

**METODOLOGI**

Metode yang digunakan adalah *mechanical alloying* untuk menghasilkan serbuk yang lebih halus. Proses penggilingan serbuk dilakukan menggunakan mesin *ball mill* dengan kecepatan 90 rpm dan waktu penggilingan selama 4-6 jam

**TUJUAN**

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi komposisi bahan dan suhu sintering terhadap nilai densitas dan uji kekerasan komposit yang dihasilkan.

**ALUMINIUM DAUR ULANG**

**RICE HUSK ASH**

**BAGASSE ASH**

**PASIR SILIKA**

**MECHANICAL ALLOYING**

**HASIL PEMADUAN MEKANIK**

**SINTERING**

**SPESIMEN**

**Nama Mahasiswa**  
Hafiz Nopal Ridani (1042115)

**Dosen Pembimbing**  
Dr. Sukanto, M.Eng.  
Rodika, S.S.T., M.T.

## Lampiran 8.

### Hasil Turnitin

BAB 1-4 HafizNR

---

ORIGINALITY REPORT

<b>15%</b> SIMILARITY INDEX	<b>15%</b> INTERNET SOURCES	<b>1%</b> PUBLICATIONS	<b>%</b> STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	----------------------------

---

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>repository.polman-babel.ac.id</b> Internet Source	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>jurnal.umsb.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>docplayer.info</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>ejournal.pnc.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>ejurnal.itats.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repository.its.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>eprints.unram.ac.id</b> Internet Source	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositori.usu.ac.id</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>hdl.handle.net</b> Internet Source	<b>&lt;1%</b>

---

<b>10</b>	<b>repository.ub.ac.id</b> Internet Source	<1 %
<b>11</b>	<b>talenta.usu.ac.id</b> Internet Source	<1 %
<b>12</b>	<b>repository.umy.ac.id</b> Internet Source	<1 %
<b>13</b>	<b>lib.unnes.ac.id</b> Internet Source	<1 %
<b>14</b>	<b>repo.itera.ac.id</b> Internet Source	<1 %
<b>15</b>	<b>journal.ubb.ac.id</b> Internet Source	<1 %
<b>16</b>	<b>eprints.ums.ac.id</b> Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off