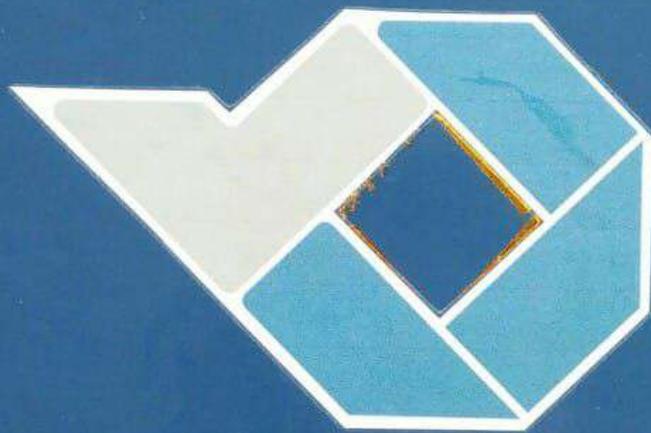


**PROSES METALURGI SERBUK PADA FABRIKASI KOMPOSIT  
MATRIK ALUMINIUM DIPERKUAT PASIR SILIKA TAILING  
PENAMBANGAN TIMAH**

**PROYEK AKHIR**

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



Ditusun Oleh :

Ricky Irwansyah NIKM : 1041959

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**2022/2023**

**PROSES METALURGI SERBUK PADA FABRIKASI KOMPOSIT  
Matrik ALUMINIUM DIPERKUAT PASIR SILIKA TAILING  
PENAMBANGAN TIMAH**

**PROYEK AKHIR**

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



Disusun Oleh :

Ricky Irwansyah NIRM : 1041955

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**2022/2023**

# LEMBAR PENGESAHAN

## PROSES METALURGI SERBUK PADA FABRIKASI KOMPOSIT Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Penambangan Timah

Oleh :

Ricky Irwansyah NIRM: 1041955

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



Dr. Sukanto, M.Eng

Pembimbing 2



Rodika, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Boy Rollastin, S.Tr., M.T.

Penguji 2



Erwansyah, S.S.T., M.T.

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Ricky Irwansyah

NIM : 1041955

Dengan Judul : Proses Metalurgi Serbuk Pada Fabrikasi Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Penambangan Timah

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

Sungailiat, 05 januari 2023



Nama Mahasiswa

1. Ricky Irwansyah

## ABSTRAK

*Hampanan Tailing Silika tambang timah merupakan sisa pencucian bahan galian pada penambangan biji timah yang mengandung 80-90% pasir silika, dan hingga saat ini belum banyak dimanfaatkan. Oleh karena itu diperlukan inovasi sebagai solusi untuk mengurangi tailing silika yaitu dengan memanfaatkan tailing silika tersebut sebagai bahan campuran penguat pada pembuatan material komposit. Matrik yang digunakan adalah serbuk aluminium hasil daur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan kompaksi panas dua arah penekanan 4400 psi, 4500 psi, 4600 psi dengan waktu tahan penekanan selama 15 menit dan waktu sintering 10 menit, 20 menit, 30 menit pada suhu 600°C terhadap densitas dan kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub> pada proses metalurgi serbuk. Pencampuran serbuk dilakukan dengan pemaduan mekanik menggunakan mesin horizontal ball mill dengan parameter ball to powder weight ratio (BPR) 10:1 kecepatan mesin 90 rpm dengan waktu penggilingan selama 4 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tekanan kompaksi panas penekanan dua arah dan semakin lama waktu sintering menyebabkan semakin tinggi nilai densitas dan kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub>. Densitas dan kekerasan tertinggi terjadi pada tekanan 4600 psi dengan waktu sintering selama 30 menit dengan nilai densitas 2,385 g/cm<sup>3</sup> dan kekerasan 81,7 HB.*

*Kata Kunci: Tailing Silika, Kompaksi Panas, Waktu Sintering, Densitas, Kekerasan*

## **ABSTRACT**

*Overlays of Silica Tailings from tin mines are the residue from the leaching of minerals in tin ore mining which contains 80-90% silica sand, and until now has not been widely utilized. Therefore, innovation is needed as a solution to reduce silica tailings by utilizing silica tailings as a reinforcing mixture in the manufacture of composite materials. The matrix used is recycled aluminum powder. This study aims to determine the effect of two-way hot compaction pressure of 4400 psi, 4500 psi, and 4600 psi with a holding time of 15 minutes and sintering time of 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes at 600°C on the density and hardness of the Al/SiO<sub>2</sub> composite at powder metallurgy process. Powder mixing was carried out by mechanical blending using a horizontal ball mill machine with a ball-to-powder weight ratio (BPR) parameter of 10:1, machine speed of 90 rpm, and milling time of 4 hours. The results showed that the greater the two-way hot compaction pressure and the longer the sintering time, the higher the density and hardness of the Al/SiO<sub>2</sub> composite. The highest density and hardness occurred at a pressure of 4600 psi with a sintering time of 30 minutes with a density value of 2.385 g/cm<sup>3</sup> and a hardness of 81.7 HB.*

*Keywords: Silica Tailings, Hot Compaction, Sintering Time, Density, Hardness*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Tuhan yang Maha Besar, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, peneliti dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “ **PROSES METALURGI SERBUK PADA FABRIKASI KOMPOSIT Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Penambangan Timah** ”. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan studi Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL).

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng.,PhD, selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
2. Bapak Pristiansyah, S.S.T, M.Eng. selaku ketua program studi Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Dr. Sukanto, M.Eng., selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa dengan sabar memberikan masukan dan perbaikan selama penyusunan tugas akhir ini
5. Bapak Rodika, M.T, selaku dosen pembimbingan kedua yang telah banyak memberikan ide-ide dan konsep pemikirannya selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Orang tua saya tercinta, ayah tercinta Irmawansyah (Alm), ibu tercinta Cicih Sukarsih yang telah menjadi orang tua terhebat, yang selalu memberikan motivasi, nasihat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa yang tentu takkan bisa penulis balas.
7. Adik saya tercinta Nadira Syahmi Ramadhani yang selalu menjadi penyemangat bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Kedua orang tua Sheza Hanania Ilhami yang telah banyak memfasilitasi penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman saya Muhammad Asep, Deri Saputra, Sindy Muriana, Via Twofia, Dika Septayama Putra 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.
10. Seluruh teman-teman satu kelas saya dan mahasiswa Teknik Mesin dan Manufaktur POLMAN BABEL angkatan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah saling mendoakan dan mendukung satu sama lain.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, namun penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan.

Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk penulisan Laporan Tugas Akhir ini agar kedepannya dapat memiliki manfaat yang lebih banyak.

Sungailiat. 05 Januari 2023



Ricky Irwansyah

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Penelitian Terdahulu.....	4
2.2. Komposit .....	5
2.3. Metalurgi Serbuk .....	7
2.3.1. Pencampuran ( <i>Mixing</i> ).....	7
2.3.2. Penekanan (kompaksi).....	9
2.3.3. Pemanasan (sintering).....	10
2.4. Aluminium.....	11
2.5. Silika (SiO <sub>2</sub> ).....	11
2.6. Kampas Rem .....	12
2.7. Pengujian Densitas .....	13
2.8. Pengujian Kekerasan .....	14
2.9. Metode Desain Faktorial .....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	16
3.1. Metode Penelitian.....	16
3.2. Studi Literatur.....	17

3.3. Perancangan parameter proses .....	17
3.4. Persiapan alat dan bahan penelitian.....	17
3.4.1 Bahan yang digunakan.....	17
3.4.2. Peralatan yang digunakan .....	18
3.5. Proses Metalurgi Serbuk .....	21
3.5.1. pencampuran dengan pemaduan mekanik .....	21
3.5.2. Pemadatan dua-arah penekanan.....	22
3.5.3. Sintering.....	23
3.6. Validasi Spesimen .....	23
3.7. Pengujian Densitas .....	23
3.8. Pengujian Kekerasan .....	24
3.9. Pengolahan Data.....	24
3.10. analisis data .....	25
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1. Hasil Pemaduan Mekanik.....	27
4.2. Analisis Densitas spesimen sebelum sintering.....	28
4.3. Analisis Kekerasan Spesimen Komposit Sebelum Sintering .....	33
4.4. Analisis Hasil Pengujian Densitas Setelah Sintering .....	35
4.5. Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Setelah Sintering .....	41
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>45</b>
5.1. Kesimpulan.....	45
5.2. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data pengujian densitas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) .....	24
Tabel 3. 2 Data Pengujian Kekerasan (HB).....	25
Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji .....	25
Tabel 3. 4 Desain Full Factorial.....	25
Tabel 3. 5 Uji ANNOVA .....	26
Tabel 4. 1 hasil penimbangan massa kering spesimen komposit Al/SiO <sub>2</sub> .....	30
Tabel 4. 2 hasil penimbangan massa basah spesimen komposit Al/SiO <sub>2</sub> .....	30
Tabel 4. 3 hasil penimbangan massa kering spesimen komposit Al/SiO <sub>2</sub> .....	32
Tabel 4. 4 hasil pengujian kekerasan portabel spesimen komposit .....	34
Tabel 4. 5 Hasil Spesimen Di Timbang kering.....	36
Tabel 4.7 Tabel 4. 6 Hasil Spesimen Di Timbang Basah .....	36
Tabel 4. 7 hasil penimbangan densitas aktual spesimen komposit Al/SiO <sub>2</sub> .....	38
Tabel 4. 8 Data Analisis Variasi Uji Densitas ( <i>Minitab</i> ) .....	40
Tabel 4. 9 hasil pengujian kekerasan komposit Al/SiO <sub>2</sub> .....	41
Tabel 4. 10 Data Analisis Variasi Uji Kekerasan ( <i>Minitab</i> ) .....	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi penguat yang digunakan pada komposit. ....	7
Gambar 2. 2 Ilustrasi Tahapan Proses Penekanan Serbuk. ....	9
Gambar 2.3 Ilustrasi penekanan satu arah, dua arah.....	10
Gambar 2. 4 Ilustrasi proses sintering.....	11
Gambar 2. 5 Ilustrasi Pengujian Densitas .....	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 3. 2 Serbuk aluminium hasil daur ulang.....	17
Gambar 3. 3 Pasir silika tailing .....	18
Gambar 3. 4 Timbangan digital .....	18
Gambar 3. 5 Mesin Horizontal Ball mill.....	19
Gambar 3. 6 Cetakan.....	19
Gambar 3. 7 Thermocouple.....	19
Gambar 3. 8 Alat press hidrolik .....	20
Gambar 3. 9 Oven .....	20
Gambar 3. 10 wadah Fluida .....	20
Gambar 3. 11 piknometri .....	21
Gambar 3. 12 alat uji kekerasan portable.....	21
Gambar 3. 13 Ilustrasi pengujian densitas .....	23
Gambar 4. 1 Foto serbuk hasil penggilingan selama 4 jam .....	27
Gambar 4. 2 Grafik Distribusi Particle Size Analyzer terhadap Serbuk Hasil Pemaduan Mekanik 4 Jam. ....	28
Gambar 4. 3 Spesimen komposit Al/SiO <sub>2</sub> .....	29
Gambar 4. 4 Penimbangan Spesimen Kondisi Kering.....	29
Gambar 4. 5 Penimbangan Spesimen Kondisi basah.....	30
Gambar 4. 6 grafik hasil pengujian densitas sebelum sintering.....	33
Gambar 4. 7 posisi pengujian kekerasan komposit Al/SiO <sub>2</sub> .....	34
Gambar 4. 8 grafik hasil pengujian kekerasan spesimen sebelum sintering.....	35
Gambar 4. 9 grafik hasil pengujian densitas setelah sintering .....	39
Gambar 4. 10 grafik hasil pengujian kekerasan setelah sintering.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1** Daftar Riwayat Hidup

**Lampiran 2** Hasil Pengujian XRD Serbuk Aluminium

**Lampiran 3** Hasil Pengujian XRD Pasir Silika Tailing Timah

**Lampiran 4** Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Aluminium

**Lampiran 5** Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Pasir Silika Tailing Timah

**Lampiran 6** Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Setelah digiling

**Lampiran 7** Form Monitoring Proyek Akhir

**Lampiran 8** Form Bimbingan Proyek Akhir

**Lampiran 9** Form Revisi Proyek Akhir

**Lampiran 10** Bukti Bukan Plagiasi

**Lampiran 11** Bukti Publikasi

**Lampiran 12** Poster Proyek Akhir

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kepulauan Bangka Belitung sejak dahulu hingga saat ini dikenal sebagai kawasan penambangan timah terbesar di Indonesia. Proses penambangan timah dimulai dari tahap eksplorasi, yaitu kegiatan kajian dan analisa sistematis untuk mengetahui seberapa besar cadangan bijih timah yang terkandung. Tahap kedua yaitu operasional penambangan, dimana dikenal dua jenis penambangan timah yaitu penambangan timah darat dan penambangan pada lepas pantai. Pada proses penambangan timah darat, dilakukan dengan cara tambang semprot dan pemindahan lapisan atas tanah dengan menggunakan alat berat (pengerukan). Pada Proses penambangan bijih timah selain menghasilkan bijih timah juga menghasilkan limbah yang disebut tailing.

Tailing adalah sisa pencucian bahan galian pada penambangan bijih timah yang mengandung 80-90% pasir dan sisanya adalah tailing lumpur yang sering dibuang oleh penambang. Kawasan bekas tambang timah memiliki cadangan pasir silika ( $\text{SiO}_2$ ) atau biasa disebut dengan pasir silika tailing yang sangat melimpah, yang diperkirakan menempati lahan seluas 64.255 Ha pada area eks tambang timah yang menempati area seluas 124.838 Ha [1]. Berdasarkan pernyataan diatas, diperlukan inovasi sebagai solusi untuk mengurangi pasir silika tailing tambang timah yaitu dengan memanfaatkan pasir silika tailing sebagai bahan campuran penguat pada pembuatan material komposit.

Material komposit dengan matrik logam aluminium yang diperkuat oksida logam, karbida, karbon, serat alam akhir-akhir ini banyak diteliti dan dikembangkan guna diaplikasikan pada komponen otomotif salah satu contohnya diterapkan pada kampas rem. Material aluminium secara umum memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah ringan, lebih tahan terhadap korosi, titik lebur relatif rendah serta biaya daur ulang sangat rendah. Dimana Proses pengolahan daur-ulang aluminium *scrap* hanya memerlukan konsumsi energi sebesar  $\pm 5\%$  dari pada

pengolahan aluminium primer, dengan kata lain mampu menghemat energi hingga  $\pm 95\%$  [2]. Penelitian yang memanfaatkan penguat (*filler*) yang berbasis oksida mineral logam seperti silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), silikon karbida ( $\text{SiC}$ ), dan zirconium silikat ( $\text{ZrSiO}_4$ ) dengan Aluminium sebagai matrik telah banyak dilakukan, hal ini dikarenakan  $\text{SiO}_2$  merupakan material dengan tingkat kekerasan dan ketahanan gesek sedang hingga tinggi dan memiliki titik cair yang relatif tinggi juga. Sifat tersebut sangat sesuai untuk penguat pada komposit dengan menggunakan matrik logam aluminium.

Mengacu terhadap uraian latar belakang diatas, penulis melakukan fabrikasi komposit matrik logam aluminium yang diperkuat dengan pasir silika tailing tambang timah dengan proses metalurgi serbuk.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi :

1. Bagaimana pengaruh tekanan kompaksi panas terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium diperkuat pasir silika tailing tambang timah pada proses metalurgi serbuk?
2. Bagaimana pengaruh waktu sintering terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium diperkuat pasir silika tailing tambang timah pada proses metalurgi serbuk?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian tugas akhir ini terdiri dari :

1. Untuk mengetahui pengaruh tekanan kompaksi panas terhadap densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium dipenguat pasir silika tailing tambang timah pada proses metalurgi serbuk.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu sintering terhadap densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium dipenguat pasir silika tailing tambang timah pada proses metalurgi serbuk.

#### **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.
3. Variasi tekanan kompaksi panas 4400, 4500, 4600 psi dengan waktu penekanan selama 15 menit.
4. Variasi waktu sintering selama 10, 20, 30 menit pada suhu sintering 600°C
5. Pengujian yang akan dilaksanakan ialah sebagai berikut :
  - Pengujian Densitas
  - Pengujian Kekerasan

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang memanfaatkan aluminium dan pasir silika sebagai bahan komposit telah dilakukan oleh Zuhailawati (2007) [3] tentang pembuatan komposit matrik aluminium yang diperkuat pasir silika. Ada dua jenis serbuk silika yang digunakan yaitu pasir silika alam dan pasir silika komersial dengan ukuran masing-masing serbuk sebesar 13 dan 45  $\mu\text{m}$ . Kandungan pasir silika yang digunakan pada komposit sebesar 0, 10, 20, 30, dan 40 %. Pencampuran serbuk Al/SiO<sub>2</sub> dilakukan dengan menggunakan *planetary mill* dengan berat rasio bola 10:1. Pemadatan serbuk dilakukan pada tekanan kompaksi 200 Mpa dan proses sintering dilakukan selama 5 jam pada suhu 600°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan vickers pada komposit Al/SiO<sub>2</sub> meningkat seiring dengan penambahan SiO<sub>2</sub> sampai 30% yaitu sebesar 350 Hv dan menurun ketika penambahan serbuk SiO<sub>2</sub> sebesar 40% dengan kekerasan sebesar 100 Hv. Komposit Al/SiO<sub>2</sub> yang diperkuat serbuk silika alam menghasilkan kekuatan mekanik sedikit lebih baik dibandingkan dengan komposit Al/SiO<sub>2</sub> yang diperkuat dengan serbuk silika komersial.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Seprianto (2010) [4] tentang pengaruh kompaksi dan waktu sintering terhadap densitas pada komposit aluminium/*fly ash*. Serbuk aluminium dipadukan dengan *fly ash* sebesar 5% selama 2 jam, kemudian dipadatkan dengan tekanan sebesar 139, 207 dan 275 N/mm<sup>2</sup>. *Green body* yang dihasilkan kemudian disintering pada suhu 550°C dengan waktu sintering selama 60, 120, 180 menit. Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan hukum *archimedes*. Hasil pengujian densitas komposit aluminium/*fly ash* menunjukkan nilai densitas mengalami peningkatan seiring dengan besarnya tekanan kompaksi dan lamanya waktu sintering.

Penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Hanafi (2015) [5] tentang Studi sifat mekanik komposit Al/SiO<sub>2</sub> hasil fabrikasi dengan metode metalurgi serbuk. Dengan matrik aluminium berukuran 5 µm. Komposisi SiO<sub>2</sub> terhadap matrik Aluminium sebesar 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 % dengan ukuran serbuk SiO<sub>2</sub> sebesar ± 90 nm. Dengan penekanan sebesar 2 ton. Sintering dilakukan pada suhu 500°C selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai densitas dan kekerasan mencapai nilai tertinggi pada penggunaan fraksi volume SiO<sub>2</sub> sebesar 5% dengan nilai densitas sinter sebesar 2,588 gram/cm<sup>3</sup> sedangkan nilai densitas terendah pada fraksi volume serbuk SiO<sub>2</sub> sebesar 20% dengan nilai densitas sinter 2,498 gram/cm<sup>3</sup>. Sementara untuk nilai kekerasan tertinggi terjadi pada fraksi volume serbuk SiO<sub>2</sub> sebesar 5% dengan nilai 9,28 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan terendah pada saat fraksi volume pasir silika sebesar 30% yaitu 4,86 kg/mm<sup>2</sup>.

Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh Sukanto (2022) tentang karakterisasi komposit matrik aluminium paduan Al-ZnSiFeCuMg yang diperkuat dengan pasir silika tailing menggunakan metode metalurgi serbuk. Material yang digunakan adalah serbuk aluminium hasil daur ulang dengan ukuran 204 µm dan pasir silika tailing tambang timah dengan ukuran 164 µm. Dengan memvariasikan fraksi berat SiO<sub>2</sub> dengan berat 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 %. Dengan suhu pemadatan panas dua-arah (300°C) selama 10 menit dan suhu sintering 550°C dengan waktu sintering selama 10 menit. pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian densitas, kekerasan, keausan, serta analisis struktur mikro untuk mengetahui karakteristik AMC yang dihasilkan. Peningkatan kekerasan sebesar 67% terjadi pada AMC dengan ukuran pasir silika sebesar 164 µm dengan SiO<sub>2</sub> sebesar 20% dengan nilai kekerasan awal 38,67 HRB (tanpa penguat) menjadi 78 HRB. Sementara itu AMC dengan penguat pasir silika berukuran 31 µm dengan 20% hanya meningkat 63% dari 38,67 HRB (tanpa penguat) menjadi 76 HRB.

## **2.2. Komposit**

Komposit adalah hasil campuran bahan yang terdiri dari minimal dua bahan yang berbeda baik secara sifat mekanik, kimia dan fisik sehingga menghasilkan material baru dengan sifat lebih baik dari unsur-unsur penyusunnya. Bahan dengan

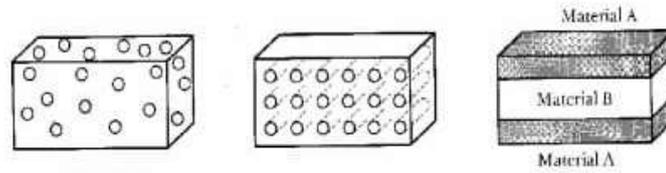
volume terbanyak (dominan) disebut matrik sementara sisanya disebut penguat. Dalam pembuatan material komposit penguat harus mempunyai sifat-sifat yang lebih unggul dari matriknya. Penguat pada material komposit berfungsi sebagai penahan beban, dilain sisi penguat juga berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material [6]. Penggunaan bahan komposit cenderung banyak digunakan karena berbagai macam faktor seperti produksi biayanya yang rendah, densitas yang rendah, ketahanan terhadap korosi dan lain-lain.

Berdasarkan matriknya material komposit dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu [7]:

- a. Komposit matrik logam memiliki keunggulan seperti tahan pada suhu tinggi, sukar terbakar, dapat memperbaiki kekerasan, kekuatan tarik dan lain-lain. Logam yang banyak digunakan sebagai matrik adalah paduan aluminium, paduan magnesium, paduan titanium, paduan tembaga dan banyak lagi.
- b. Komposit matrik keramik adalah komposit yang mempunyai ketahanan terhadap temperatur tinggi. Penguat yang biasa dipadukan pada komposit matrik keramik ialah oksida, nitrid, *carbide* dan lainnya. Komposit matrik keramik dapat dibuat dengan menggunakan pengepresan panas isostatik dan teknik sintering fase cair. Komposit matrik keramik biasa dipakai pada pembuatan sisipan alat potong pada proses pemesinan logam keras.
- c. Komposit matrik polimer adalah komposit yang matriknya menggunakan resin polimer. Matrik polimer berupa resin termoset umumnya digunakan dalam pembuatan komposit. Epoksi, vinilester, serta poliester merupakan jenis resin termoset yang paling umum digunakan. Komposit matrik polimer menggunakan serat sebagai penguat. serat aramid, serat karbon, serat gelas, dan serat organik merupakan jenis serat yang biasa dipakai sebagai penguat pada komposit matrik polimer.

Ditinjau dari Penguat komposit, penguat dapat di kategorikan menjadi 3 bentuk diantaranya komposit berpenguat serat, komposit berpenguat partikel dan komposit berpenguat struktural. Penguat berbentuk serat dibagi menjadi penguat

serat panjang dan serat pendek dan penguat struktural dibagi menjadi penguat *sandwich* dan laminat serta penguat partikel dikelompokkan berdasarkan pada ukuran partikelnya [6].



Gambar 2.1 Ilustrasi penguat yang digunakan pada komposit [6].

### 2.3. Metalurgi Serbuk

Teknologi metalurgi serbuk merupakan proses produksi yang memanfaatkan serbuk logam sebagai bahan dasar untuk pembuatan suatu komponen. Prinsip dasar dari metode metalurgi serbuk ini adalah serbuk dipadatkan didalam cetakan dan setelah itu dipanaskan dibawah suhu cair serbuk. Proses pemanasan serbuk ini akan menyebabkan partikel-partikel serbuk akan saling berikatan dikarenakan adanya mekanisme transformasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Banyaknya beram yang merupakan bahan tak terpakai (*waste*) yang merupakan sisa-sisa dari proses manufaktur dapat menurunkan efisiensi dari pemakaian bahan, teknologi metalurgi serbuk merupakan salah satu proses pengerjaan yang mampu meminimalisir beram-beram (*waste*) dengan memanfaatkannya kembali sebagai bahan baku. Daya tarik dari proses metalurgi serbuk ini adalah energi yang dibutuhkan saat proses cenderung rendah, hasil akhir dari produk langsung dapat disesuaikan dengan dimensi yang direncanakan sehingga dapat mengurangi biaya pemesinan, efisiensi dalam penggunaan bahan baku, dan mampu membuat produk secara massal dengan cepat [8].

#### 2.3.1. Pencampuran (*Mixing*)

Proses pencampuran serbuk yang berbeda jenis harus dilakukan untuk memperoleh homogenitas serbuk. Proses pemaduan dapat dilakukan pada kondisi kering atau pada kondisi basah. Terdapat beberapa faktor penentu kehomogenitanan pencampuran serbuk diantaranya yaitu jenis serbuk, ukuran partikel serbuk,

kecepatan pencampuran, lama waktu pencampuran, media pencampuran, serta temperatur. Kualitas ikatan komposit yang dihasilkan dipengaruhi oleh sifat-sifat serbuk itu sendiri. Beberapa Sifat-sifat serbuk tersebut meliputi:

➤ Bentuk serbuk

Bentuk serbuk dipengaruhi oleh proses pembuatan dari serbuk itu sendiri. Bentuk serbuk terdiri dari berbagai macam bentuk seperti *flakey*, *dendritic*, *angular*, *irregular* dan lain-lain. Bentuk serbuk yang semakin tak beraturan dan kasar permukaan serbuk mampu meningkatkan kualitas ikatan partikel serbuk. Tetapi dalam hal ini dapat menurunkan kemampuan alirnya.

➤ Ukuran serbuk

Ukuran serbuk yang semakin halus membuat semakin luas permukaannya. Yang menyebabkan semakin banyak bidang kontak yang bersentuhan antar partikel serbuk sehingga ikatan antara matrik dan penguat menjadi lebih kuat.

➤ Distribusi ukuran serbuk

Proses kompaksi dan suhu sintering dipengaruhi oleh distribusi ukuran serbuk, dimana perbedaan ukuran serbuk yang memerlukan besar tekanan yang berbeda-beda pula sehingga kemampuan alir dari serbuk tersebut juga berbeda.

➤ Mampu alir

Mampu alir serbuk adalah sifat yang menggambarkan kemampuan serbuk untuk mengisi ruang kosong pada cetakan. Hal ini merupakan faktor yang mempengaruhi tekanan pada saat proses pemampatan serbuk.

➤ Kompresibilitas serbuk.

Merupakan perbandingan volume serbuk awal (memenuhi ruang cetakan) tanpa adanya tekanan dengan volume serbuk yang telah dipadatkan dengan tekanan tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi *compresibility* serbuk ialah bentuk serbuk, dimensi serbuk dan distribusi dari serbuk itu sendiri. Semakin halus serbuk yang dimampatkan maka kualitas mampu kompresinya semakin baik.

➤ Massa jenis serbuk

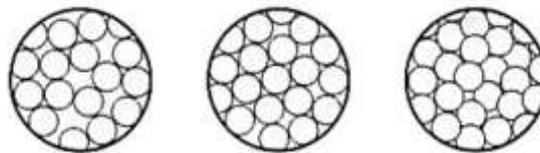
Merupakan perbandingan antara volume dengan berat pada pengisian rongga campuran tertutup. Ukuran serbuk, tekanan kompaksi dan kadar porositas dari serbuk mempengaruhi densitas. Tingkat kehomogenan proses pencampuran serbuk menjadi lebih baik apabila semakin kecil perbedaan densitas dari bahan yang dipadukan.

➤ Kemurnian serbuk

Kemurnian serbuk merupakan tingkat seberapa besar serbuk terbebas dari unsur-unsur pengotoranya [8].

### 2.3.2. Penekanan (kompaksi)

Kompaksi merupakan salah satu proses pada metalurgi serbuk dengan memberikan tekanan terhadap serbuk menjadi bentuk tertentu. Tujuan dari pemampatan serbuk ini adalah untuk memperoleh bentuk komponen tertentu, meningkatkan densitas, menurunkan porositas dan untuk memperoleh kontak antar partikel serbuk yang lebih baik lagi [9]. Proses kontak antar partikel terjadi dimulai dari serbuk dimasukkan kedalam cetakan lalu diberikan tekanan rendah sehingga partikel serbuk saling bersusun, dalam hal ini partikel serbuk akan mengisi ruang kosong sehingga akan menjadi lebih padat. Akan tetapi kualitas ikatan kontak antar partikel serbuk masih terbilang lemah, oleh sebab itu tekanan kompaksi kembali dinaikkan menjadi lebih tinggi sehingga akan membuat kontak antar permukaan serbuk menjadi lebih padat.

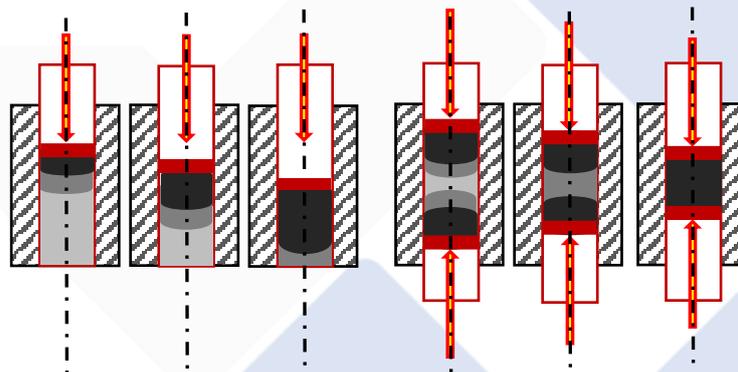


Gambar 2. 2 Ilustrasi Tahapan Proses Penekanan Serbuk [10].

Dalam praktiknya proses penekanan dapat dilaksanakan melalui dua cara, pertama proses penekanan dingin, kedua proses penekanan panas. Metode kompaksi panas dilakukan secara bersamaan dengan pemanasan serbuk. Sedangkan metode kompaksi dingin, proses penekanannya dilakukan pada suhu ruangan [9].

Berbagai parameter yang mempengaruhi dalam kompaksi panas meliputi porositas, ukuran serbuk, waktu pemanasan, gesekan internal, pengaruh distribusi serbuk selama kompaksi, suhu pemanasannya dan waktu pemanasannya.

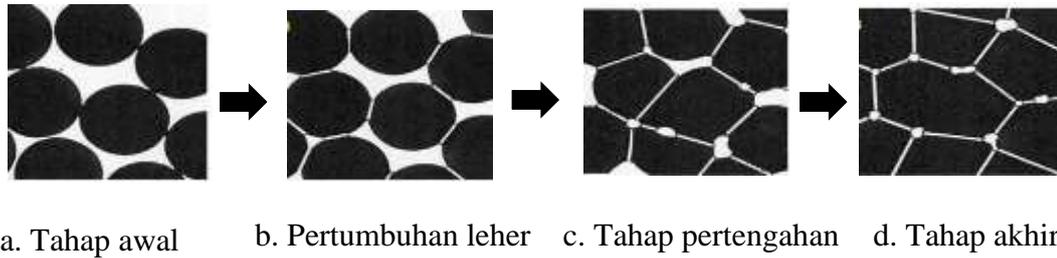
Berdasarkan pada gaya penekanannya, proses penekanan dapat dibedakan menjadi dua yaitu proses penekanan aksi tunggal dan proses penekanan aksi ganda. Pada pemadatan aksi ganda pemadatan lebih seragam karna tekanan dapat bergerak dari dua arah yang berlawanan. Pada pemadatan aksi ganda densifikasi dan tekanan terendah terjadi pada bidang tengah aglomerat serbuk, sedangkan densifikasi dan tekanan tertinggi terjadi pada bagian luar aglomerat serbuk, atau dari arah gaya tekan yang diberikan



Gambar 2.3 Ilustrasi penekanan satu arah dan dua arah [11]

### 2.3.3. Pemanasan (sintering)

Sintering merupakan proses pemanasan yang dilakukan di bawah suhu cair material serbuk sehingga partikel serbuk akan terjadi pengikatan dan pemadatan. Suhu sintering yang ditetapkan disesuaikan pada karakteristik sifat mampu perlakuan panas materialnya, terutama partikel matriknya. umumnya suhu sintering antara 70% -90% dari suhu cair matriknya dengan waktu sintering sekitar 10-40 menit. Proses sintering terjadi melalui tiga tahap utama setelah pencampuran (tahap awal) diikuti proses pertumbuhan leher (*neck*) pada tahap inisiasi, dilanjutkan tahap pertengahan yang ditandai dengan porositas antar butir semakin mengecil, dan tahap akhir ditandai dengan pertumbuhan butir dengan ukuran yang lebih besar namun jumlah butiran semakin sedikit [16].



Gambar 2.4 Ilustrasi proses sintering [16].

## 2.4. Aluminium

Aluminium merupakan unsur paling melimpah nomor dua dipermukaan bumi sesudah silikon. Penggunaan terbesar aluminium berasal pada bidang transportasi, konstruksi bangunan serta sistem kelistrikan. Aluminium banyak digunakan karena memiliki berbagai macam sifat yang unggul seperti ringan, tahan karat, penghantar listrik yang baik, dan berat jenis yang rendah hanya  $2,7 \text{ gram/cm}^3$  ( $1/3$  dari berat jenis baja) alasan inilah aluminium banyak digunakan pada sektor transportasi. Aluminium memiliki sifat tahan karat karena pada permukaan aluminium terdapat lapisan oksida yang tipis. Dimana lapisan ini melekat sangat kuat pada permukaan aluminium [12]. Salah satu keunggulan yang dimiliki aluminium adalah kemampuannya yang dapat didaur ulang kembali, sehingga dapat menekan penggunaan aluminium bauksit sebagai bahan utama pada produksi aluminium. pengolahan dan Pemanfaatan limbah aluminium dapat meminimalkan penggunaan energi karena dalam prosesnya hanya dibutuhkan energi sebesar 5% jika dibandingkan dengan biaya produksi aluminium primer [13].

## 2.5. Silika ( $\text{SiO}_2$ )

silika atau silikon dioksida dalam rumus kimia dikenal  $\text{SiO}_2$  yang mempunyai nama lain pasir kuarsa. Umumnya Pasir silika memiliki unsur pengotor terdiri dari oksida besi, oksida kalsium, oksida alkali, oksida magnesium, lempeng dan zat organik hasil pelapukan sisa-sisa hewan dan tumbuhan [14]. Silika terdapat dalam bentuk *amorf* (tak beraturan) atau *polykristal* (bentuk kristal yang berbeda-beda). Tiga bentuk fasa kristal silika yang paling dominan adalah kuarsa, tridimit,

dan kristobalit. Silika memiliki kekerasan sebesar 7 mohs, dengan titik cair 1710°C. Silika mempunyai sifat non konduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degregasi termal yang baik [15].

## 2.6. Kampas Rem

kampas rem adalah suatu komponen pada kendaraan yang mempunyai fungsi untuk memperlambat ataupun menghentikan laju kendaraan. Dalam sistem pengereman, kampas rem merupakan bagian komponen yang secara langsung bergesekan dengan bagian berputar yaitu drum (sistem tromol) atau *disk* (sistem cakram), kampas rem mampu menahan hingga 90% dari beban komponen lainnya ketika kendaraan berusaha berhenti setelah sebelumnya melaju dengan kecepatan tinggi. Dalam perkembangannya pembuatan kampas rem masih menggunakan bahan asbes, pembuatan kampas rem dari bahan asbes memiliki sifat *carcinogenic* yang tidak ramah terhadap lingkungan sehingga dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan terutama penyakit kanker [16]. Salah satu inovasi perkembangan dalam pembuatan kampas rem adalah menggunakan bahan komposit. Kampas rem komposit harus memenuhi standart agar dapat digunakan pada kendaraan. Beberapa persyaratan teknik kampas rem komposit tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Persyaratan teknik kampas rem komposit [17]

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>

## 2.7. Pengujian Densitas

Densitas atau massa jenis adalah suatu benda per unit volume yang diukur massanya. Sesuai dengan definisi tersebut, dapat diketahui bahwa semakin besar nilai densitas suatu benda maka semakin besar massa tiap volume benda tersebut. Densitas aktual dapat diukur menggunakan metode standart ASTM B962-17 [18], “*Standard Test Methods For Density Of Compacted Or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes Principle*”. Pengujian densitas dilakukan berdasarkan hukum *Archimedes*. Pengujian densitas sampel komposit Al/SiO<sub>2</sub> dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [18].

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \rho_{H_2O} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

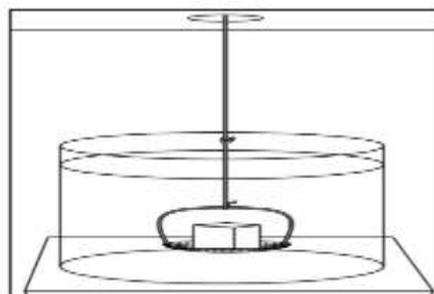
$\rho_m$  = densitas aktual (gram/cm<sup>3</sup>)

$m_s$  = massa sampel kering (gram)

$m_g$  = massa sampel yang digantung didalam air (gram)

$\rho_{H_2O}$  = massa jenis air = 1 gram/cm<sup>3</sup>

Ilustrasi pengukuran densitas faktual benda dengan prinsip *archimedes* ditunjukkan pada gambar 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Pengujian Densitas [18]

## 2.8. Pengujian Kekerasan

Kekerasan suatu material dapat diartikan sebagai ketahanan material terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan yang dimaksud berupa indentasi dari material yang lebih keras dari permukaan benda uji. yang bertujuan mengukur tahanan plastis dari permukaan suatu material terhadap penetrator. Metode pengujian ketahanan permukaan yang umum digunakan adalah vicker, rockwell, dan brinell. Pada penelitian ini pengujian kekerasan sampel komposit Al/SiO<sub>2</sub> menggunakan alat uji kekerasan portabel dengan ASTM E-110-14 [19]. Berdasarkan standart ASTM E110-14 mensyaratkan dimensi sampel memiliki tebal minimal 1 mm.

## 2.9. Metode Desain Faktorial

Desain faktorial ialah teknik yang memberikan model korelasi antara variabel respon dengan variabel bebas, dengan mengukur pengaruh dari faktor yang diberikan serta interaksi dari faktor-faktor yang telah ditentukan. Faktor adalah variabel bebas yang ditetapkan peneliti. Level pada faktor ialah nilai yang ditetapkan pada faktor. Efek merupakan perubahan respon yang disebabkan variasi tingkat pada faktor. respon ialah hasil percobaan yang diamati. Kelebihan dari desain faktorial adalah memungkinkan untuk mengidentifikasi pengaruh masing-masing faktor, ataupun pengaruh interaksi antar faktor [20].

Pada rancangan eksperimen faktorial membuat hipotesis atau analisis anova. Keputusan terhadap hipotesis nol ( $H_0$ ) ditetapkan pada nilai F-tabel yaitu selama nilai F-hitung melebihi F-Tabel 0,05:2,27 (3,55) atau p-value kurang dari  $\alpha$ , keputusannya adalah menolak  $H_0$ . Untuk mengetahui  $H_0$  yang gagal ditolak maka ketentuan yang harus diikuti adalah sebagai berikut.

- a. Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak.
- b. Jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  gagal ditolak.
- c. Jika signifikan atau probalitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak.
- d. Jika signifikan atau probalitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  gagal ditolak

Secara umum dalam analisis anova nilai yang dihitung yaitu sebagai berikut:

1. Jumlah Kuadrat Total

$$jkt = \sum y^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Jumlah Kuadrat Mean

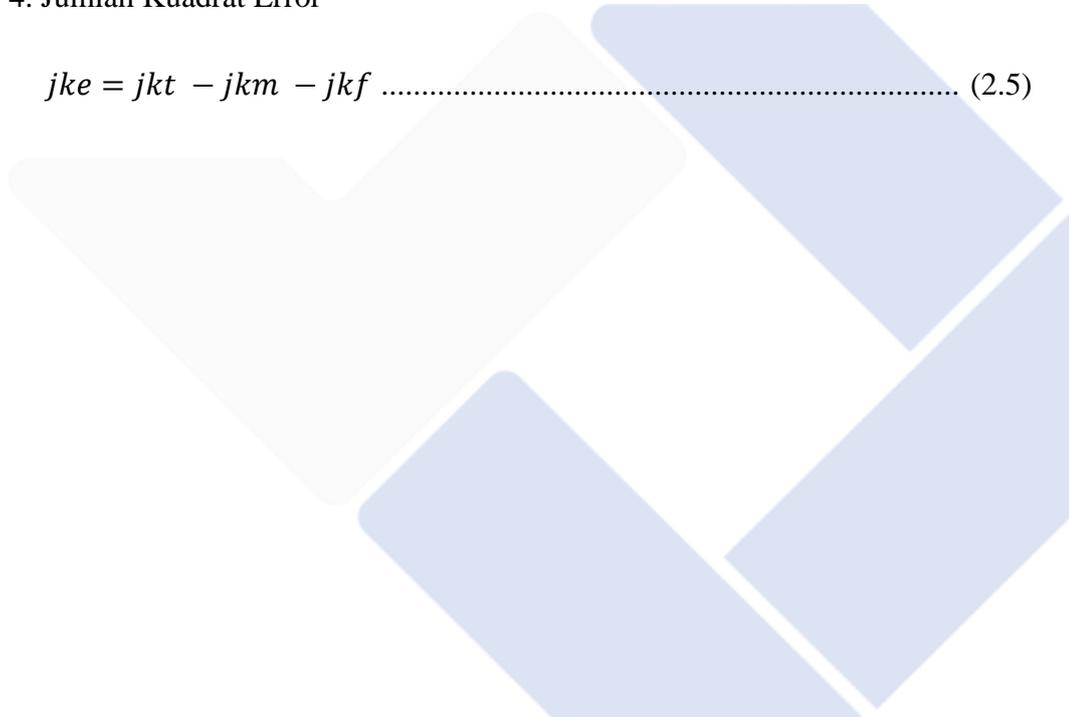
$$jkm = n\bar{y} \dots\dots\dots (2.3)$$

3. Jumlah Kuadrat Faktor

$$kf = \frac{(Total A_1)^2}{n_1} + \frac{(Total A_2)^2}{n_2} + \frac{(Total A_2)^2}{n_1+n_2} \dots\dots\dots (2.4)$$

4. Jumlah Kuadrat Error

$$jke = jkt - jkm - jkf \dots\dots\dots (2.5)$$

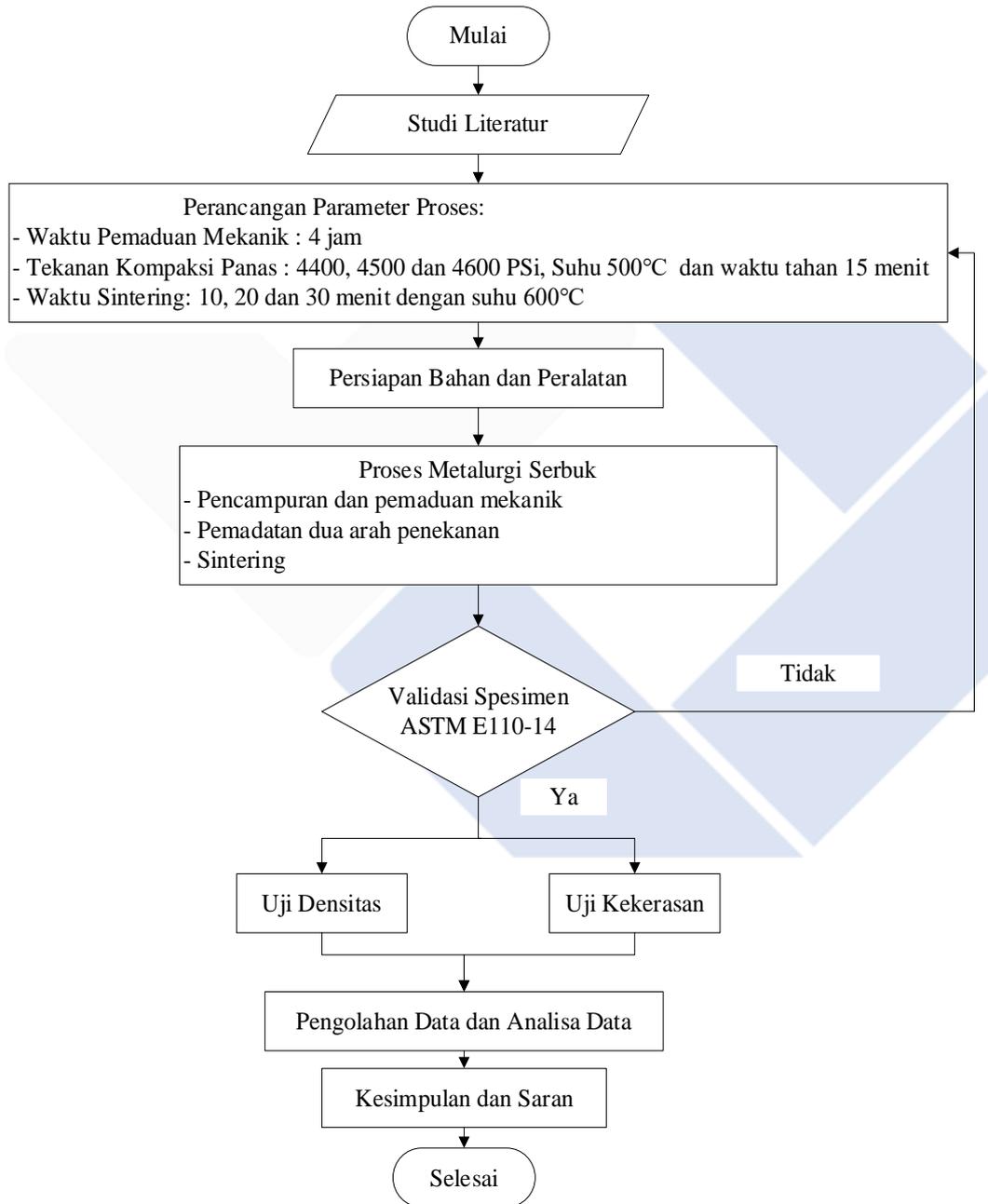


# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Metode Penelitian

Tahapan penelitian dalam tugas akhir ini dijabarkan pada diagram alir dibawah ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Studi Literatur

Kajian literatur diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, maupun standart jurnal untuk menambah informasi yang dibutuhkan.

### 3.3. Perancangan parameter proses

Adapun rancangan parameter proses pada penelitian ini meliputi waktu pemaduan mekanik selama 4 jam, tekanan kompaksi panas divariasikan sebesar 4400, 4500, 4600 psi dengan waktu tahan kompaksi selama 15 menit, dan waktu sintering selama 10, 20, 30 menit dengan suhu 600°C.

### 3.4. Persiapan alat dan bahan penelitian.

Adapun Bahan dan peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 3.4.1 Bahan yang digunakan

1. Serbuk aluminium hasil daur ulang

Serbuk aluminium yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk aluminium hasil daur ulang yang diperoleh dari limbah komponen otomotif seperti block mesin, *pulley*, piston dan lain-lain dengan ukuran distribusi serbuk hasil uji *particle size analyzer* yaitu D50:204  $\mu\text{m}$  ( lampiran 4) dengan komposisi senyawa 74% Al, 23% Cu(FeO<sub>2</sub>) dan 3% Si yang digunakan sebagai matrik ( lampiran 2).



Gambar 3. 2 Serbuk aluminium hasil daur ulang

## 2. Pasir silika tailing tambang timah

Pasir silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir silika tailing hasil dari limbah pencucian tambang timah dengan komposisi senyawa 83% ( $\text{SiO}_2$ ), 12%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan 5%  $\text{TiO}_2$  (lampiran 3) dengan ukuran distribusi serbuk hasil uji *particle size analyzer* D50:164  $\mu\text{m}$  (lampiran 5)..



Gambar 3. 3 Pasir silika tailing tambang timah

### 3.4.2. Peralatan yang digunakan

#### 1. Timbangan digital

timbangan digital digunakan untuk menimbang massa serbuk aluminium dan serbuk silika tailing.



Gambar 3. 4 Timbangan digital

#### 2. Mesin *Horizontal ball mill*

Mesin *Horizontal ball mill* berfungsi untuk menggerus sekaligus memadukan serbuk matrik aluminium dan serbuk silika tailing agar menjadi

homogen sehingga didapatkan ukuran serbuk dengan ukuran yang lebih halus lagi.



Gambar 3. 5 Mesin *Horizontal Ball mill*

3. Cetakan

cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm



Gambar 3. 6 Cetakan

4. *Thermocouple*

Termocouple digunakan untuk memanaskan serbuk komposit bersamaan dengan proses penekanan serbuk.



Gambar 3. 7 *Thermocouple*

5. Alat press hidrolik

Digunakan untuk menekan serbuk komposit pada cetakan agar didapatkan komponen sesuai dengan bentuk cetakannya.



Gambar 3. 8 Alat press hidrolik

6. Oven

Oven digunakan untuk memanaskan (sintering) sampel yang telah dicetak



Gambar 3. 9 Oven

7. Gelas ukur

Sebagai wadah untuk menampung air ketika diujikan densitas basah



Gambar 3. 10 wadah Fluida

#### 8. Piknometri

Digunakan untuk menimbang berat basah sampel yang dilakukan didalam air



Gambar 3. 11 piknometri

#### 9. Alat uji kekerasan portabel

Digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan sampel komposit Al/SiO<sub>2</sub>



Gambar 3.12 alat uji kekerasan portabel

### 3.5. Proses Metalurgi Serbuk

Berikut merupakan Langkah-langkah dalam pembuatan komposit Al/SiO<sub>2</sub> adalah sebagai berikut:

#### 3.5.1. pencampuran dengan pemaduan mekanik

Penelitian ini menggunakan komposisi campuran serbuk aluminium hasil daur ulang dan serbuk silika dengan perbandingan fraksi volume sebesar 80% serbuk aluminium hasil daur ulang dan 20% serbuk silika [21]. Dengan berat total sebesar 35 g untuk tiap-tiap sampel. Proses penimbangan serbuk dilakukan dengan menggunakan timbangan digital dengan kapasitas 500 g, berat serbuk aluminium 28 g dan pasir silika 7 g. Proses selanjutnya adalah penggilingan serbuk penguat

dari pasir silika tailing, menggunakan mesin *horizontal ball mill*, dimana penggilingan dilakukan selama 2 jam sehingga dihasilkan ukuran serbuk silika D50: 164  $\mu\text{m}$  dari ukuran awal mesh 50 (308  $\mu\text{m}$ ) [22]. Kemudian dilanjutkan dengan metode pencampuran serbuk matrik dan pasir silika menerapkan metode pemaduan mekanik dingin pada suhu ruangan atau *mechanical alloying* menggunakan mesin *horizontal ball mill* [23]. Parameter poses pemaduan mekanik dengan *ball mill* yang diterapkan adalah *ball to powder weight ratio* (BPR) 10:1, kecepatan mesin 90 rpm dengan waktu penggilingan selama 4 jam. Proses pencampuran dengan pemaduan mekanik ini berdampak pada terjadinya dua proses secara simultan yaitu penggerusan dan pencampuran. Oleh karena itu, hasil akhir metode pencampuran ini berupa paduan padatan dengan ukuran serbuk yang semakin kecil dari ukuran sebelum proses pencampuran.

### **3.5.2. Pemadatan dua-arah penekanan**

Pembentukan komposit Al/SiO<sub>2</sub> dilakukan dengan cara kompaksi panas menggunakan alat press hidrolik penekanan dua-arah dengan cetakan berbentuk cincin dan dimensi sampel luar berdiameter 50 mm dan diameter sampel dalam sebesar 20 mm dengan ketinggian 10 mm. cetakan yang telah diberikan pelumas kemudian dipanaskan menggunakan *thermocouple* sampai mencapai suhu 500°C dan baru setelah itu serbuk komposit dimasukkan kedalam cetakan dan di tekan dengan beban penekanan sebesar 4400, 4500, 4600 psi selama 15 menit. Tujuan dari cetakan diberi pelumas ialah untuk memudahkan proses kompaksi agar komposit tidak lengkat pada dinding cetakan sehingga mudah dalam proses pengeluaran sampel.

### 3.5.3. Sintering

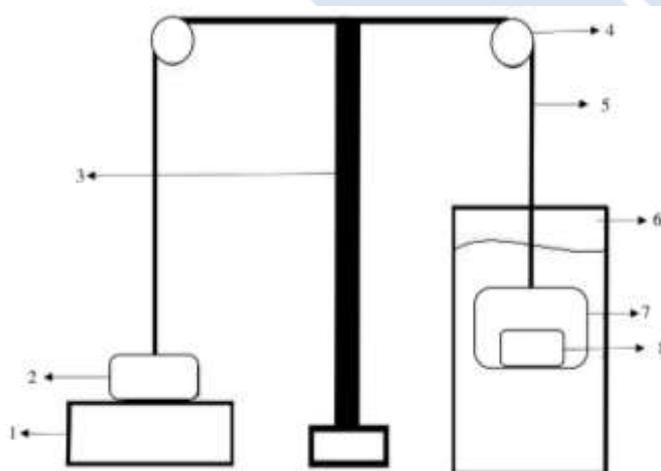
Sintering adalah proses pemanasan spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> dibawah titik cair serbuk penyusunnya (matrik). Proses sintering dilakukan menggunakan oven dengan suhu 600°C dengan waktu sintering 10, 20, 30 menit.

### 3.6. Validasi Spesimen

Pada proses ini dilakukan validasi spesimen dengan cara melakukan pemeriksaan secara visual apakah pada spesimen pengujian yang telah dibuat terdapat kerusakan seperti terkikis, retak, atau pecah dan memiliki ketebalan minimal 1 mm sesuai dengan standart ASTM E110-14. Jika sampel yang telah dibuat dalam keadaan layak uji dan memiliki ketebalan sesuai standar ASTM E110-14 maka akan langsung memasuki tahap pengujian, akan tetapi jika sampel masih terdapat cacat dan tidak sesuai yang diharapkan maka dilakukan proses pencetakan ulang pada sampel dari tahap awal.

### 3.7. Pengujian Densitas

Pengukuran densitas pada komposit dilakukan dengan hukum *archimedes*. Mula-mula sampel ditimbang massanya menggunakan timbangan digital, hasilnya dinamakan massa kering. Dan kemudian dilakukan penimbangan didalam air dengan posisi menggantung didalam air, yang hasilnya disebut massa basah. Densitas komposit diukur menggunakan persamaan 2.1 [18]. berikut merupakan ilustrasi dari pengujian densitas sebagai berikut.



Gambar 3.13 Ilustrasi pengujian densitas

Keterangan gambar :

1. Timbangan digital
2. Anak timbangan
3. rangka penyangga katrol
4. Katrol
5. Benang nilon
6. Wadah fluida
7. Keranjang
8. Sampel

### 3.8. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat uji kekerasan portabel yang mempunyai beban penekanan 1,5 kg dengan indenter berbentuk bola dengan diameter 2 mm yang mengacu pada standart ASTM E110-14 [19].

### 3.9. Pengolahan Data

Hasil data dari pengujian ini diperoleh setelah melakukan proses pengujian yaitu uji densitas dan uji kekerasan, nilai yang didapatkan dibuat dalam bentuk data tabel dan grafik. Pengujian dilakukan untuk melihat hasil dari uji spesimen komposit matrik aluminium yang diperkuat serbuk silika tailing. Berikut ini tabel pengujian densitas dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini

Tabel 3.1 Data pengujian densitas ( $\text{g/cm}^3$ )

No	Kompaksi (Psi)	Waktu Sintering (menit)	Nilai Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )			Rata-rata ( $\text{g/cm}^3$ )
			Spesimen			
			1	2	3	
1	4400	10				
2	4400	20				
3	4400	30				
4	4500	10				
5	4500	20				
6	4500	30				
7	4600	10				
8	4600	20				
9	4600	30				

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

Tabel 3. 2 Data Pengujian Kekerasan (HB)

No	Kompaksi (Psi)	Waktu Sintering (menit)	Nilai Kekerasan (HB)			Rata-rata
			Spesimen			
			1	2	3	
1	4400	10				
2	4400	20				
3	4400	30				
4	4500	10				
5	4500	20				
6	4500	30				
7	4600	10				
8	4600	20				
9	4600	30				

### 3.10. Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode desain eksperimen faktorial. Dengan kompaksi panas dan waktu sintering 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.

Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji

Faktor	Level		
Kompaksi (Psi)	4400	4500	4600
Waktu Sintering (menit)	10	20	30

Tabel 3. 4 *Desain Full Factorial*

Eksperimen	Kompaksi (Psi)	Waktu sintering (menit)
1	4400	10
2	4400	20
3	4400	30
4	4500	10
5	4500	20
6	4500	30
7	4600	10
8	4600	20
9	4600	30

Tabel 3. 5 Uji ANNOVA

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kompaksi					
Waktu sintering (menit)					
Kompaksi*Waktu Sintering (menit)					
Error					
Total					

Setelah rancangan eksperimen faktorial dibuat selanjutnya membuat hipotesis. Hipotesis dalam eksperimen ini adalah faktor berpengaruh terhadap densitas dan kekerasan, dimana faktor tersebut terjadi interaksi dengan faktor yang lain atau tidak terjadi interaksi. Hipotesis umum disebut sebagai hipotesis nol ( $H_0$ ).

Adapun hipotesis nol ( $H_0$ ) dari eksperimen pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Tekanan Kompaksi panas

$H_{01}$  : tekanan kompaksi panas tidak berpengaruh terhadap densitas.

$H_{02}$  : tekanan kompaksi panas tidak berpengaruh terhadap kekerasan.

2. Hipotesis Waktu Sintering

$H_{03}$  : waktu sintering tidak berpengaruh terhadap densitas.

$H_{04}$  : waktu sintering tidak berpengaruh terhadap kekerasan.

3. Hipotesis Interaksi Tekanan Kompaksi panas dan waktu Sintering

$H_{05}$  :interaksi antara tekanan kompaksi panas dan waktu sintering tidak berpengaruh terhadap densitas.

$H_{06}$  : interaksi antara tekanan kompaksi panas dan waktu sintering tidak berpengaruh terhadap kekerasan.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pemaduan Mekanik

Proses pemaduan mekanik dingin pada suhu ruangan serbuk matrik Al dan penguat silika tailing telah berhasil dilakukan dengan mesin *Horizontal Ball Mill*, proses pencampuran mekanik ini berdampak pada terjadinya dua proses secara simultan yaitu penggerusan dan pencampuran. Oleh karena itu, hasil akhir dari metode pencampuran ini berupa paduan padatan dengan ukuran serbuk yang semakin kecil dari ukuran sebelum proses pencampuran. Selain itu juga terjadi pengelasan dingin (*cold-weld*) akibat tumbukan berulang antara bola-bola *bearing* dengan serbuk matrik serta serbuk penguatnya.

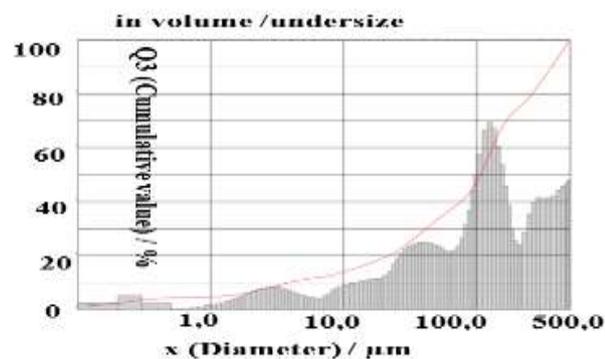


Gambar 4. 1 Foto serbuk hasil penggilingan selama 4 jam

Pada gambar 4.1. ditunjukkan foto serbuk setelah dilakukan proses pencampuran dengan metode *mechanical alloying*. Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa bentuk material setelah dilakukan *mechanical alloying* tampak pada butiran serbuk tersebut telah terjadi inisiasi ikatan mekanik berupa pengelasan dingin, seperti yang ditampilkan pembesarannya pada gambar 4.1. hal ini disebabkan karena energi tumbukan antar bola-bola giling terhadap serbuk penyusun komposit secara terus-menerus berulang selama 4 jam. Mekanisme terjadinya *cold-weld* ini adalah merupakan kombinasi logam aluminium sebagai matrik cenderung bersifat lunak dan ulet (*ductile*). sehingga pada kondisi saat

tertumbuk terjadi pengelasan dingin dan kondisi saat tertumbuk mengalami *crack* dan pecah secara berulang selama proses *ball mill*.

Hasil uji *particle size analyzer* terhadap distribusi ukuran serbuk campuran setelah proses pemaduan mekanik adalah berukuran D50: 106, seperti ditunjukkan pada gambar 4.2. berdasarkan grafik tersebut dapat diamati bahwa ukuran serbuk penyusun komposit ini tampak semakin halus. pencampuran padatan dengan ukuran matrik aluminium D50: 204 dan ukuran serbuk penguat silika D50:164 telah berubah menjadi ukuran D50:106 setelah dilakukan proses *mechanical alloying* selama 4 jam menggunakan *horizontal ball mill*.



.Gambar 4. 2 Grafik Distribusi *Particle Size Analyzer* terhadap Serbuk Hasil Pemaduan Mekanik 4 Jam.

#### 4.2. Analisis Densitas spesimen sebelum sintering

Fabrikasi komposit Al/SiO<sub>2</sub> dengan metode metalurgi serbuk telah berhasil dilakukan. Jumlah sampel yang diproses berjumlah sebanyak 9 Sampel yang dilakukan replikasi sebanyak 3 kali sehingga jumlah seluruh sampel berjumlah 27 buah. pembuatan sampel melalui proses kompaksi panas dengan penekanan dua arah pada suhu 500°C dengan beban penekanan sebesar 4400, 4500, 4600 psi ditahan selama 15 menit agar sampel komposit Al/SiO<sub>2</sub> memperoleh kekuatan yang mencukupi dan menjadi komponen yang solid sehingga sampel mudah dan tidak hancur ketika dikeluarkan dari cetakan. Pada Gambar 4.3 merupakan gambar hasil sampel yang telah berhasil dibuat dengan jumlah yang telah direncanakan sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub>

Setelah semua jumlah spesimen uji yang telah direncanakan berhasil dicetak, spesimen dilakukan pengujian densitas dan kekerasan sebelum sintering. Tujuannya untuk mengetahui nilai densitas dan kekerasan spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> sebelum diberikan perlakuan sintering. Pengujian densitas pada spesimen komposit menggunakan menerapkan hukum *archimedes* yang mengacu pada ASTM B962-17 dimana mulanya spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> ditimbang massanya dalam keadaan kering lalu kemudian spesimen komposit dimasukkan kedalam keranjang dan dilakukan penimbangan didalam wadah yang berisikan fluida menggunakan *piknometri*. Berikut merupakan hasil penimbangan massa kering dan basah spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 dan 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Penimbangan Spesimen Kondisi Kering



Gambar 4. 5 Penimbangan Spesimen Kondisi basah

Pada table 4.1 dan 4.2 merupakan hasil penimbangan massa kering dan basah spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> yang disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 1 hasil penimbangan massa kering spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub>.

No	Kompaksi (Psi)	Massa Kering (g)		
		Spesimen		
		1	2	3
1	4400	32,66	32,50	33,08
2	4400	32,55	33,07	32,64
3	4400	33,10	33,16	33,10
4	4500	32,08	32,29	33,13
5	4500	33,50	32,03	33,09
6	4500	32,70	32,75	32,22
7	4600	32,52	31,97	32,25
8	4600	32,32	32,14	32,26
9	4600	32,33	32,43	32,34

Tabel 4. 2 Hasil penimbangan massa basah spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub>.

No	Kompaksi (Psi)	Massa Basah (g)		
		Spesimen		
		1	2	3
1	4400	17,27	17,15	17,30
2	4400	17,17	17,29	17,25
3	4400	17,32	17,43	17,33
4	4500	17,35	17,20	17,42
5	4500	17,64	17,10	17,32
6	4500	17,31	17,33	17,13
7	4600	17,35	17,03	17,20
8	4600	17,31	17,07	17,23
9	4600	17,31	17,36	17,32

Setelah semua sampel ditimbang dalam keadaan kering dan basah, lalu nilai-nilai tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan pada 2.6 dengan tujuan untuk mencari nilai densitas aktual dari spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub>. Berikut ini merupakan dari perhitungan densitas aktual spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> sebagai berikut:

- Spesimen 1 Tekanan 4400

Diket :  $m_s = 32,66 \text{ g}$

Ditanya :  $\rho_m \dots ?$

$$m_g = 17,27 \text{ g}$$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{32,66}{(32,66 - 17,27)} 1$$

$$\rho_m = \frac{32,66}{(15,33)} 1$$

$$\rho_m = 2,122 \text{ g/cm}^3$$

- Spesimen 2 Tekanan 4400 Psi

Diket :  $m_s = 32,50 \text{ g}$

Ditanya :  $\rho_m \dots ?$

$$m_g = 17,15 \text{ g}$$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{32,50}{(32,50 - 17,15)} 1$$

$$\rho_m = \frac{32,50}{(15,35)} 1$$

$$\rho_m = 2,117 \text{ g/cm}^3$$

➤ Spesimen 3 Tekanan 4400 Psi

Diket :  $m_s = 33,08$  g

Ditanya :  $\rho_m$ ..... ?

$$m_g = 17,30$$
 g

$$\rho_{H_2O} = 1$$
 g/cm<sup>3</sup>

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,08}{(33,08 - 17,30)} \cdot 1$$

$$\rho_m = \frac{33,08}{(15,78)} \cdot 1$$

$$\rho_m = 2,096$$
 g/cm<sup>3</sup>

Berikut merupakan hasil perhitungan densitas aktual spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> yang disajikan pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4. 3 hasil penimbangan massa kering spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub>.

No	Kompaksi (Psi)	Nilai Densitas (g/cm <sup>3</sup> )			Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )
		Spesimen			
		1	2	3	
1	4400	2,122	2,117	2,096	2,111
2	4400	2,116	2,095	2,120	2,110
3	4400	2,097	2,108	2,098	2,101
4	4500	2,122	2,139	2,108	2,123
5	4500	2,112	2,145	2,098	2,118
6	4500	2,124	2,123	2,135	2,127
7	4600	2,143	2,139	2,142	2,142
8	4600	2,153	2,132	2,146	2,144
9	4600	2,152	2,151	2,153	2,152

Pada gambar 4.6 merupakan grafik hasil pengujian densitas sebelum sintering seperti yang disajikan pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 6 grafik hasil pengujian densitas sebelum sintering

Berdasarkan grafik pengujian densitas diatas, dapat disimpulkan bahwa tekanan kompaksi panas penekanan dua arah mempengaruhi densitas spesimen komposit. Dimana semakin besar tekanan kompaksi panas yang diberikan, maka nilai densitas semakin besar. Hal ini disebabkan saat proses kompaksi panas penekanan dua arah serbuk penyusun komposit mengalami pemanasan dibawah titik cair serbuk matrik secara simultan dengan proses penekanan sehingga mengakibatkan serbuk penyusun komposit menjadi lebih lunak sehingga proses pemadatan serbuk menjadi lebih mudah yang mana hal tersebut mengakibatkan partikel serbuk menjadi lebih padat sehingga meningkatkan kerapatan ikatan antar partikel serbuk. Peristiwa serupa juga disampaikan oleh suseno dan darminto (2015) [24], yang menyatakan bahwa semakin besar tekanan kompaksi yang diberikan, maka dapat meningkatkan kerapatan pada *green density*. Hal ini dikarenakan ketika proses penekanan panas terjadi partikel serbuk berpindah sehingga menyebabkan luas kontak permukaan semakin banyak.

#### 4.3. Analisis Kekerasan Spesimen Komposit Sebelum Sintering

Pengujian kekerasan komposit diupayakan dilakukan pada tiga titik. Sehingga nilai kekerasan pada tiga titik tersebut merupakan representasi dari kekerasan komposit. Pada gambar 4.7 merupakan posisi pengukuran kekerasan

spesimen komposit. Pengujian kekerasan spesimen komposit menggunakan alat uji kekerasan portabel dengan mengacu pada ASTM E110-14. Pengujian kekerasan komposit dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini:



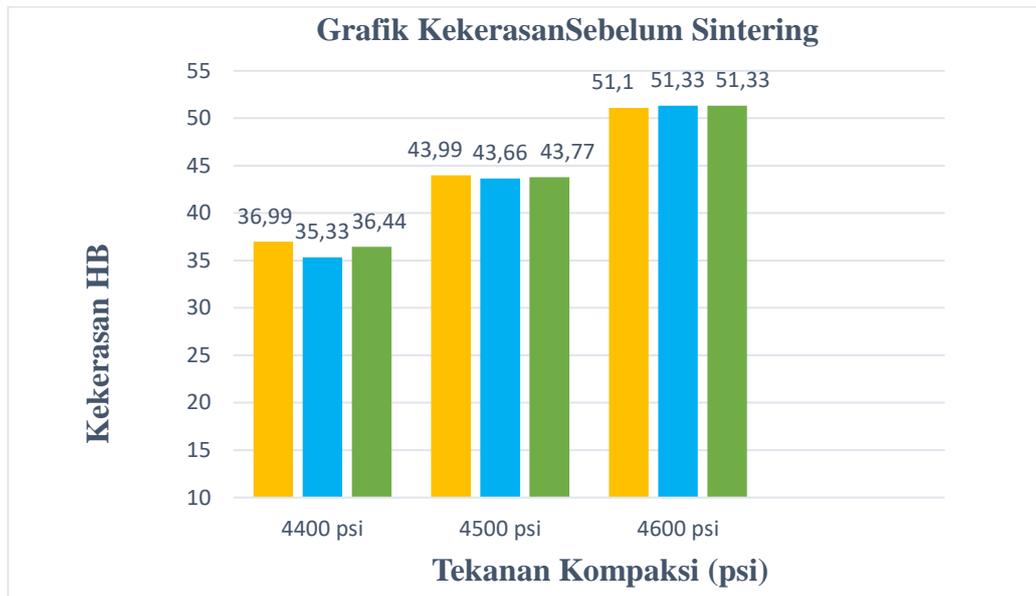
Gambar 4. 7 posisi pengujian kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub>

Hasil pengujian kekerasan spesimen komposit dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4. 4 hasil pengujian kekerasan portabel spesimen komposit

No	Kompaksi (Psi)	nilai Kekerasan (HB)			Rata-rata (HB)
		Spesimen			
		1	2	3	
1	4400	35	37,66	38,33	36,99
2	4400	34,66	35,66	36	35,33
3	4400	37,66	37	34,66	36,44
4	4500	44,66	43,33	44	43,99
5	4500	43,66	44	43,33	43,66
6	4500	42,66	44,33	44,33	43,77
7	4600	50,66	51,66	51	51,10
8	4600	50,66	52,33	51	51,33
9	4600	51	52,66	50,33	51,33

Pada gambar 4.8 merupakan grafik hasil pengujian kekerasan spesimen sebelum sintering sebagai berikut.



Gambar 4. 8 grafik hasil pengujian kekerasan spesimen sebelum sintering

Berdasarkan grafik kekerasan diatas,dapat dilihat kekerasan tertinggi terjadi pada tekanan kompaksi panas 4600 psi dengan kekerasan 51,33 HB. Sementara itu kekerasan terendah terjadi pada tekanan kompaksi panas 4400 psi dengan kekerasan 35,33 HB. Berdasarkan nilai kekerasan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar tekanan kompaksi panas yang diberikan maka semakin besar pula kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub> yang diperoleh. Hal tersebut terjadi karena serbuk komposit Al/SiO<sub>2</sub> mengalami pemanasan dibawah titik cair pada serbuk matrik penyusun komposit yang disertai dengan pemadatan sehingga pemampatan serbuk menjadi lebih efektif karena serbuk penyusun komposit menjadi lebih plastis sehingga membuat ikatan partikel serbuk menjadi lebih rapat. Hal serupa juga dilaporkan oleh Basri (2022) [25] dalam laporannya yang menyatakan bahwa semakin padat benda uji hasil penekanan kompaksi maka semakin rapat ikatan antar partikel serbuk penyusun komposit sehingga dapat meningkatkan kekerasan pada komposit.

#### 4.4. Analisis Hasil Pengujian Densitas Setelah Sintering

Proses sintering komposit Al/SiO<sub>2</sub> dengan suhu sintering 600°C selama 10, 20, 30 menit telah berhasil dilakukan. Pengujian densitas pada spesimen komposit

menerapkan hukum *archimedes* yang mengacu pada ASTM B962-17 dimana awalnya spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> ditimbang massanya dalam keadaan kering lalu kemudian spesimen komposit dimasukkan kedalam keranjang dan dilakukan penimbangan didalam wadah yang berisikan fluida menggunakan *piknometri*. Berikut merupakan hasil penimbangan massa kering dan basah spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5 dan 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Hasil Spesimen Di Timbang Kering

No	Kompaksi (Psi)	Waktu Sintering (menit)	Kering (g)		
			Spesimen		
			1	2	3
1	4400	10	33,19	32,72	33,54
2	4400	20	32,91	33,78	33,36
3	4400	30	33,50	33,64	33,46
4	4500	10	33,17	32,26	33,36
5	4500	20	34,05	32,55	33,59
6	4500	30	33,06	33,26	32,79
7	4600	10	32,83	32,43	32,71
8	4600	20	32,96	32,65	32,92
9	4600	30	32,82	33,01	32,74

Tabel 4. 6 Hasil Spesimen Di Timbang Basah

No	Kompaksi (Psi)	Waktu Sintering (menit)	Basah (g)		
			Spesimen		
			1	2	3
1	4400	10	18,32	18,02	18,58
2	4400	20	18,56	19,11	18,77
3	4400	30	19,22	19,35	19,18
4	4500	10	18,50	17,98	18,64
5	4500	20	19,51	18,42	19,08
6	4500	30	19,06	19,22	18,89
7	4600	10	18,55	18,20	18,43
8	4600	20	18,93	18,60	18,82
9	4600	30	19,08	19,21	18,96

Setelah semua sampel ditimbang dalam keadaan kering dan basah, lalu nilai-nilai tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan pada 2.6 dengan tujuan untuk mencari nilai densitas aktual dari spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub>. Berikut

ini merupakan contoh dari perhitungan densitas aktual spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> sebagai berikut:

➤ Spesimen 1 Tekanan 4400

Diket :  $m_s = 33,19$  g

Ditanya :  $\rho_m$ ..... ?

$$m_g = 18,32$$
 g

$$\rho_{H_2O} = 1$$
 g/cm<sup>3</sup>

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,19}{(33,19 - 18,32)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,19}{(14,87)} 1$$

$$\rho_m = 2,232$$
 g/cm<sup>3</sup>

➤ Spesimen 2 Tekanan 4400 Psi

Diket :  $m_s = 32,72$  g

Ditanya :  $\rho_m$ ..... ?

$$m_g = 18,02$$
 g

$$\rho_{H_2O} = 1$$
 g/cm<sup>3</sup>

Jawab :

$$\rho_m = \frac{32,72}{(32,72 - 18,02)} 1$$

$$\rho_m = \frac{32,72}{(14,70)} 1$$

$$\rho_m = 2,225$$
 g/cm<sup>3</sup>

➤ Spesimen 3 Tekanan 4400 Psi

Diket :  $m_s = 33,54$  g

Ditanya :  $\rho_m$ ..... ?

$$m_g = 18,58 \text{ g}$$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,54}{(33,54 - 18,58)} \cdot 1$$

$$\rho_m = \frac{33,54}{(14,96)} \cdot 1$$

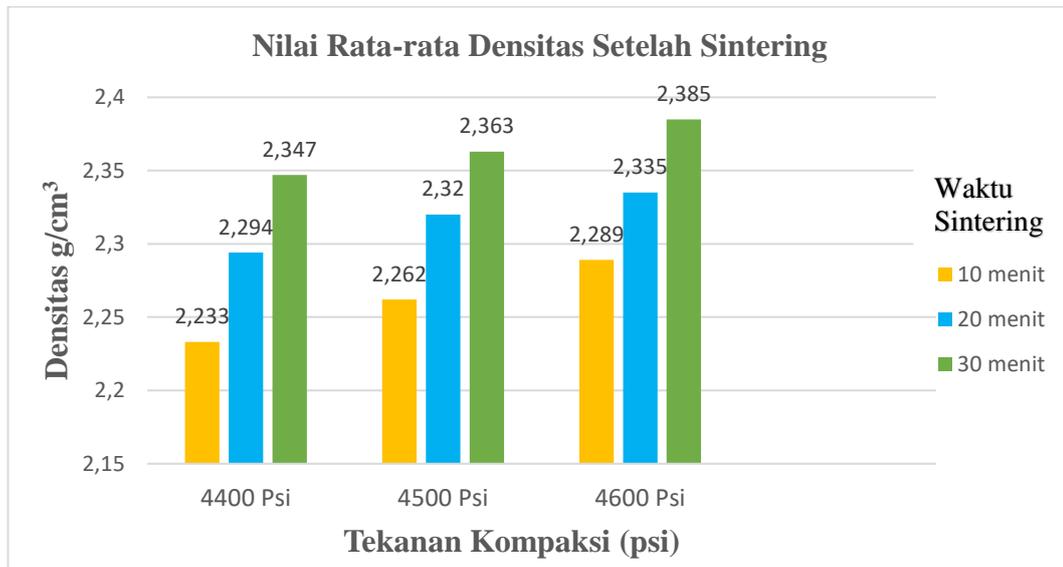
$$\rho_m = 2,241 \text{ g/cm}^3$$

Berikut merupakan hasil perhitungan densitas aktual spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub> yang disajikan pada tabel 4.7 dibawah ini:

Tabel 4. 7 hasil penimbangan densitas aktual spesimen komposit Al/SiO<sub>2</sub>

No	Kompaksi (Psi)	Waktu Sintering (menit)	Nilai Densitas (g/cm <sup>3</sup> )			Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )
			Spesimen			
			1	2	3	
1	4400	10	2,232	2,225	2,241	2,233
2	4400	20	2,293	2,302	2,286	2,294
3	4400	30	2,345	2,354	2,343	2,347
4	4500	10	2,261	2,259	2,266	2,262
5	4500	20	2,341	2,303	2,314	2,320
6	4500	30	2,361	2,368	2,358	2,363
7	4600	10	2,299	2,278	2,290	2,289
8	4600	20	2,349	2,323	2,334	2,335
9	4600	30	2,388	2,392	2,375	2,385

Pada gambar 4.9 merupakan grafik hasil pengujian densitas setelah sintering seperti yang disajikan pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 9 grafik hasil pengujian densitas setelah sintering

Berdasarkan grafik hasil pengujian densitas setelah sintering diatas, menunjukkan bahwa semakin besar tekanan kompaksi panas dan semakin lama waktu sintering yang diberikan dapat menyebabkan densitas komposit Al/SiO<sub>2</sub> semakin meningkat. Densitas tertinggi terjadi pada tekanan kompaksi panas 4600 psi dengan waktu sintering selama 30 menit dengan densitas sebesar 2,385 g/cm<sup>3</sup>. Sementara itu densitas terendah terjadi pada tekanan kompaksi panas 4400 psi dengan lama waktu penahanan 10 menit dengan densitas 2,233 g/cm<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya tekanan pemadatan maka *green body* yang terbentuk akan semakin padat sehingga rongga/porositas pada komposit akan menurun. Selain itu semakin lama waktu sintering maka densitas mengalami peningkatan. Hal ini akan memberikan waktu untuk terbentuknya ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap penurunan porositas sehingga mengakibatkan nilai densitas mengalami peningkatan. Fenomena serupa juga terjadi pada penelitian seprianto (2010) [4], dimana densitas mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya tekanan kompaksi dan semakin lamanya waktu sintering. aziz (2012) [26] dalam penelitiannya juga mengatakan bahwa peningkatan densitas berbanding lurus dengan semakin meningkatnya tekanan kompaksi.

Setelah data uji densitas didapatkan maka data tersebut akan dihitung menggunakan *Analysis of variance* dengan menggunakan *software* minitab 21.3 (*Minitab License*), perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat dilihat pada lampiran . Berikut ini tabel hasil perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat ditunjukkan pada tabel 4.8

Tabel 4. 8 Data Analisis Variasi Uji Densitas (*Minitab*)

<b>ANALYSIS OF VARIANCE</b>					
<b>Faktor</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F-Hitung</b>	<b>F-Tabel</b>
Kompaksi panas	2	0,00921	0,0046	<b>43,83</b>	<b>3,35</b>
Waktu Sintering	2	0,04842	0,0242	<b>230,55</b>	<b>3,35</b>
Kompaksi*Waktu sintering	4	0,00037	0,0000914	<b>0,87</b>	<b>2,93</b>
Error	18	0,00189	0,000105		
Total	26	0,05988			

Berdasarkan data uji *Analysis of Variance* diatas maka selanjutnya dibuat hipotesis awal yaitu :

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh faktor kompaksi panas yang signifikan terhadap nilai densitas.

$H_1$  = Terdapat pengaruh faktor kompaksi panas yang signifikan terhadap nilai densitas.

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh faktor waktu sintering yang signifikan terhadap nilai densitas.

$H_1$  = Terdapat pengaruh faktor waktu sintering yang signifikan terhadap nilai densitas.

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh faktor kompaksi panas dan waktu sintering yang signifikan terhadap nilai densitas.

$H_1$  = Terdapat pengaruh faktor kompaksi panas dan waktu sintering yang signifikan terhadap nilai densitas.

Hipotesis tersebut akan dilakukan kriteria Uji sebagai berikut :

$H_0$  ditolak apabila  $F_{hitung} > F_{tabel}$  dan apabila  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  gagal ditolak. Keputusan yang diambil terhadap hasil *Analysis of Variance* data eksperimen untuk nilai densitas yaitu :

1. Ditinjau dari faktor kompaksi panas (faktor A), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan diterima  $H_1$ . Disimpulkan bahwa kompaksi panas berpengaruh terhadap nilai densitas.
2. Ditinjau dari faktor waktu sintering (faktor B), nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan diterima  $H_1$ . Disimpulkan bahwa waktu sintering berpengaruh terhadap nilai densitas.
3. Ditinjau dari interaksi faktor kompaksi panas (faktor A) dan faktor waktu sintering (faktor B), nilai  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , sehingga  $H_0$  gagal ditolak dan ditolak  $H_1$ . Disimpulkan bahwa interaksi faktor kompaksi panas (faktor A) dan faktor waktu sintering (faktor B) tidak berpengaruh terhadap nilai densitas.

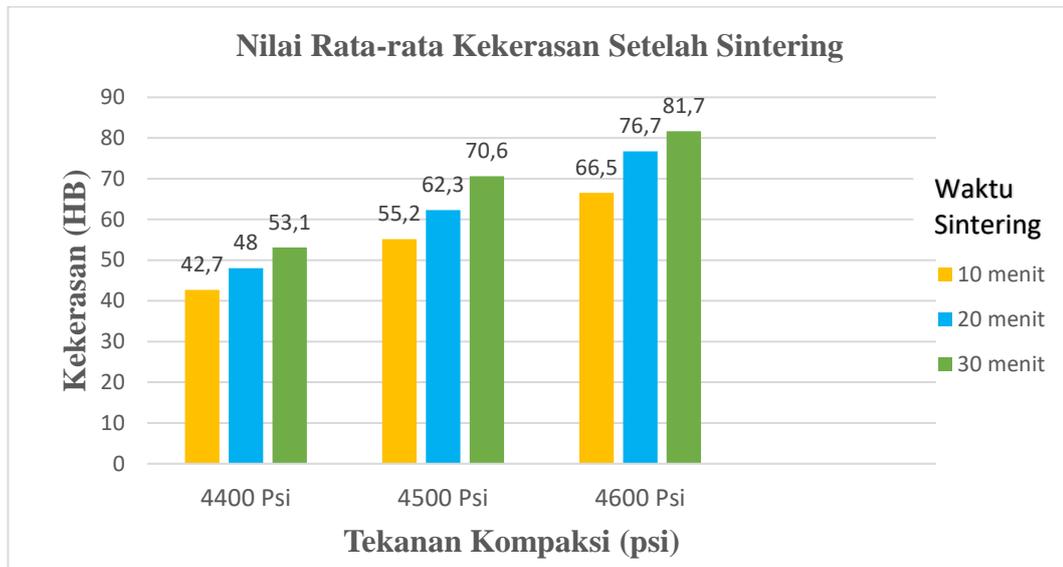
#### 4.5. Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Setelah Sintering

Hasil pengujian kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4. 9 hasil pengujian kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub>

No	Kompaksi (Psi)	Waktu sintering (menit)	Nilai Kekerasan (HB)			Rata-rata (HB)
			Spesimen			
			1	2	3	
1	4400	10	42	43,6	42,6	42,7
2	4400	20	47,6	48,6	48	48
3	4400	30	53	54	52,3	53,1
4	4500	10	55	55,3	55,3	55,2
5	4500	20	61,3	62	63,6	62,3
6	4500	30	70	70,6	71,3	70,6
7	4600	10	67	66,6	66	66,5
8	4600	20	76	78,3	76	76,7
9	4600	30	82,6	81,3	81,3	81,7

Pada gambar 4.10 merupakan grafik hasil pengujian kekerasan setelah sintering seperti yang disajikan pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 10 grafik hasil pengujian kekerasan setelah sintering

Berdasarkan grafik hasil pengujian kekerasan setelah sintering diatas. Menyatakan bahwa seiring dengan meningkatnya tekanan kompaksi panas dan lamanya waktu sintering mengakibatkan kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub> semakin meningkat. Dimana kekerasan tertinggi terjadi pada tekanan kompaksi 4600 psi dan waktu sintering selama 30 menit dengan kekerasan 81,7 HB. Hal ini terjadi karena pada saat kompaksi panas dapat meningkatkan sifat pembasahan pada serbuk matrik. Sehingga terjadinya peningkatan ikatan antar serbuk matrik dan penguatnya. Selain itu dengan semakin lamanya waktu sintering memberikan waktu untuk serbuk matrik dan penguat saling berikatan sehingga ikatan antar serbuk menjadi semakin padat sehingga menyebabkan meningkatnya kekerasan pada komposit Al/SiO<sub>2</sub>. Fenomena tersebut juga serupa dengan yang terjadi pada penelitian Aisyah (2019) [27] yang menyatakan bahwa semakin lama waktu sintering yang diberikan maka kekerasan pada komposit meningkat.

Setelah data uji kekerasan didapatkan maka data tersebut akan dihitung menggunakan *Analysis of variance* dengan menggunakan *software minitab 21.3 (Minitab License)*, perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat dilihat pada lampiran

. Berikut ini tabel hasil perhitungan uji *Analysis of Variance* dapat ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Data Analisis Variasi Uji Kekerasan (*Minitab*)

<b>ANALYSIS OF VARIANCE</b>					
<b>Faktor</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F-Hitung</b>	<b>F-Tabel</b>
Kompaksi panas	2	3300,272	1650,14	<b>8152,91</b>	<b>3,55</b>
Waktu Sintering	2	843,63	421,81	<b>2084,08</b>	<b>3,55</b>
Kompaksi*Waktu Sintering	4	44,57	11,14	<b>55,047</b>	<b>2,93</b>
Error	18	3,64	0,202		
Total	26	4192,11			

Berdasarkan data uji *Analysis of Variance* diatas maka selanjutnya dibuat hipotesis awal yaitu :

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh faktor kompaksi panas yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

$H_1$  = Terdapat pengaruh faktor kompaksi panas yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh faktor waktu sintering yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

$H_1$  = Terdapat pengaruh faktor waktu sintering yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh faktor kompaksi panas dan waktu sintering yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

$H_1$  = Terdapat pengaruh faktor kompaksi panas dan waktu sintering yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

Hipotesis tersebut akan dilakukan kriteria Uji sebagai berikut :

$H_0$  ditolak apabila  $F\text{-hitung} > F\text{-tabel}$  dan apabila  $F\text{hitung} < F\text{-tabel}$  maka  $H_0$  gagal ditolak. Keputusan yang diambil terhadap hasil *Analysis of Variance* data eksperimen untuk nilai kekerasan yaitu :

4. Ditinjau dari faktor kompaksi panas (faktor A), nilai  $F\text{hitung} > F\text{-tabel}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan diterima  $H_1$ . Disimpulkan bahwa kompaksi panas berpengaruh terhadap nilai kekerasan.

5. Ditinjau dari faktor waktu sintering (faktor B), nilai  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan diterima  $H_1$ . Disimpulkan bahwa waktu sintering berpengaruh terhadap nilai kekerasan.
6. Ditinjau dari interaksi faktor kompaksi panas (faktor A) dan faktor waktu sintering (faktor B), nilai  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Disimpulkan bahwa interaksi faktor kompaksi panas (faktor A) dan faktor waktu sintering (faktor B) berpengaruh terhadap nilai kekerasan.

Hasil penelitian ini bila dibandingkan dengan penelitian sukanto (2022) menunjukkan nilai kekerasan yang lebih rendah yaitu berturut-turut dengan nilai 81,7 HB, sedangkan pada penelitian sukanto (2022) menunjukkan nilai kekerasan sebesar 78 HRB (144 HB). Hal ini dikarenakan tekanan kompaksi yang gunakan juga lebih rendah. Dimana pada penelitian ini menggunakan tekanan kompaksi sebesar 32 Mpa sedangkan pada penelitian Sukanto menggunakan tekanan sebesar 100 Mpa.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar tekanan kompaksi panas yang diberikan mengakibatkan nilai densitas dan kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub> meningkat. Hal ini terjadi karena pada saat kompaksi panas dapat meningkatkan sifat pembasahan pada serbuk matrik. Sehingga terjadinya peningkatan ikatan antar serbuk matrik dan penguatnya. Sehingga *green body* yang terbentuk akan semakin padat sehingga rongga/porositas pada komposit akan menurun.
2. Semakin lama waktu sintering yang diberikan membuat nilai densitas dan kekerasan komposit Al/SiO<sub>2</sub> mengalami peningkatan. Hal ini akan memberikan waktu untuk partikel serbuk matrik dan penguat saling berikatan satu sama lain sehingga ikatan antar serbuk semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap penurunan porositas dan mengakibatkan nilai densitas dan kekerasan mengalami peningkatan.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil evaluasi selama penelitian terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki dan ditingkatkan yaitu Pada penelitian selanjutnya perlu ditingkatkan lagi tekanan kompaksi saat pemadatan serbuk.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] 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. Thermofluids*, vol. 1–2, 2020, doi: 10.1016/j.ijft.2019.100007.
- [3] Zuhailawati H., P. Samayamutthirian, and Mohd Haizu C.H., "Fabrication of low cost of aluminium ,matrix composite reinforced with silica sand," *J. Phys. Sci.*, vol. 18, no. 1, pp. 47–55, 2007, [Online]. Available: [http://www.usm.my/jps/18-1-07/Article 18-1-5.pdf](http://www.usm.my/jps/18-1-07/Article%2018-1-5.pdf)
- [4] 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.
- [5] Hanafi, "Studi Sifat Mekanik Komposit Aluminium Berpenguat Nano Silika ( Al / SiO<sub>2</sub> ) Hasil Fabrikasi Dengan Metalurgi Serbuk," Tesis, Intitut Teknologi Sepuluh Nopember, pp. 1–59, 2015.
- [6] A. Pramono, "Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan," Fakultas Teknik Metalurgi dan Material, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa p. 3, 2008.
- [7] W. D. Callister Jr and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering*, 10th edition. Wiley, 2018.
- [8] Suprpto,W., and Soenoko R., 2015. *Teknologi Metalurgi Serbuk*, Solo, Pena Mas Publishing, ISBN : 978-602-73670-0-5.
- [9] I. A. Wahyudie, "Hot Compaction Process Optimization For Improvement Tribology Behavior Of Zirconium Silicate Strengthened BMCS'," *J.*

*Southwest Jiaotong Univ.*, vol. 56, no. 4, 2021, doi: 10.35741/issn.0258-2724.56.4.27.

- [10] M. P. Groover, *Fundamentals Of Modern Manufacturing Materials ,Processes,and Systems*, 4th edition . United State: John Wiley & Sons, Inc, 2010.
- [11] M. Milani, “*Optimization of the pressing process of triangular shaped cutting tool inserts*,” 2016.
- [12] R. Suratman, “Karakteristik Korosi Aluminium Dan Baja Tahan Karat,” *J. Sains dan Teknol. Nukl. Indones.*, vol. 11, no. 1, 2001.
- [13] C. Bulei, M. P. Todor, T. Heput, and I. Kiss, “Recovering Aluminium for Recycling in Reusable Backyard Foundry that Melts Aluminium Cans,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 416, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/416/1/012099.
- [14] E. Dewa, Musyarofah, U. Nurbaiti, Triwikantoro, S. Firdaus, and S. Pratapa, “Enhancing the Value of Local Silica Sand from Bancar as a Fuel-Cell Sealing Material,” *Adv. Mater. Res.*, vol. 1112, pp. 262–265, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.1112.262.
- [15] N. I. Ramadhan, Munasir, and Triwikantoro, “Sintesis Dan Karakterisasi Serbuk Sio<sub>2</sub> Dengan Variasi Ph Dan Molaritas Berbahan Dasar Pasir Bancar, Tuban,” *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 3, no. 1, pp. 15–17, 2014, [Online]. Available: [http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains\\_seni/article/view/5721](http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/5721)
- [16] S. Furuya, O. Chimed-Ochir, K. Takahashi, A. David, and J. Takala, “Global asbestos disaster,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 5, 2018, doi: 10.3390/ijerph15051000.
- [17] M. Syahid, A. Hayat, and Aswar, “Effect of Graphite Addition on Aluminum Hybrid Matrix Composite by Powder Metallurgy Method,” *Rev. des Compos. des Mater. Av. Compos. Adv. Mater.*, vol. 32, no. 3, pp. 125–132, 2022, doi: 10.18280/rcma.320303.

- [18] ASTM International, “Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes’ Principle,” *Astm B962-17*, pp. 1–7, 2017, doi: 10.1520/B0962-17.2.
- [19] E110-14, “Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers,” *ASTM B. Stand.*, pp. 1–5, 2014, doi: 10.1520/E0110-14.2.
- [20] N. I. Meifiani., U. Tisngati., D. C. N. Apriyani., and Martini, *Buku Ajar: Desain Faktorial*. pacitan: Pacitan, LPPM Press STKIP PGRI, 2019.
- [21] 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. 7094–7108, 2020, doi: 10.15282/jmes.14.3.2020.11.0556.
- [22] Sukanto, R. Soenoko, W. Suprpto, and Y. S. Irawan, “Parameter Optimization of Ball Milling Process for Silica Sand Tailing,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 494, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012073.
- [23] 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.
- [24] “Suseno., Darminto 2015. Analisis Struktur Mikro Campuran Serbuk Al-Mg Dengan Tekanan Bervariasi. *Jurnal Sains dan Pomits*, pp.1-4. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)”.
- [25] H. Basri and M. Nafi, “Analisa Sifat Mekanik Dengan Melakukan Pencampuran Al-Cu Dengan Metode Tekanan Kompaksi Dan Variasi Sintering,” *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya*. vol. 5, no. 2, 2022

- [26] A. P. J. Fahmi Azis, Sunardi, “Analisa Pengaruh Kompresibilitas Metalurgi Serbuk Terhadap Karakteristik Fisik Pada Komposit Matriks Logam Aluminium Berpenguat Alumina,” *Proiding Seminar Nasional Energi, Manufaktur, dan Perancangan Teknik Mesin*, pp. 1–11, 2012.
- [27] I. S. Aisyah, M. Rif’at, and A. Saifullah, “Pengaruh Variasi Waktu Sintering Terhadap Karakter Intermetallic Bounding Al-Ti Hasil Metalurgi Serbuk,” *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa*, vol. 5, pp. 76–81, 2019.



## Lampiran 1

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

#### 1. Data Pribadi

Nama : Ricky Irwansyah  
Tempat Tanggal Lahir : Belinyu, 14 Juni 2000  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Alamat : Jln. Bhakti kelurahan Air Jukung, Kecamatan  
Belinyu, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka  
Belitung  
No Telpon/HP : 081369632877  
Email : [irwansyahriki970@gmail.com](mailto:irwansyahriki970@gmail.com)



#### 2. Riwayat Pendidikan

SDN 9 Belinyu (2006-2012)  
SMP Negeri 1 Belinyu (2012-2015)  
SMK YPN Belinyu (2015-2018)

Sungailiat, 08 Januari 2023

Ricky Irwansyah

## Lampiran 2

### Hasil Pengujian XRD Serbuk Aluminium

X'Pert HighScore PANalytical	X'Pert HighScore Report 	date: 04/12/19 for internal use only
---------------------------------	--	--

## LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU UNIVERSITAS NEGERI MALANG

### Report on C204 – [Aluminium Paduan 2]

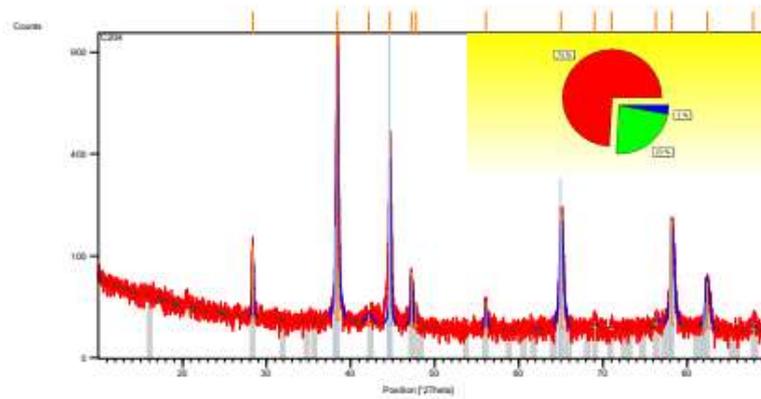


#### Distribution:

Name	Function	0.1	0.5	1.0
N.N.-999	Mastering Group Manager (MGM)	✓		
N.N.-998	Product Ontwikkelt Manager (POM)	✓		
N.N.-1	(AS)			✓
N.N.-2	(DS)			✓
N.N.-3	(BS)			✓
T.P.	Supervisor All Coding			✓

Last saved by HP	Draft	file: C204	rev: 1
© 2019 PANalytical B.V. All Rights Reserved		No. of pages: 1/3	

## Graphics: (C204)



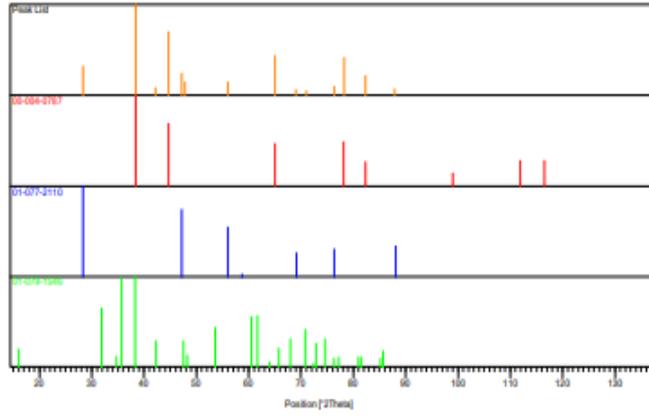
## Peak List: (C204)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip width [°2Th.]	Matched by
28.3353	102.78	0.0984	3.14977	10.24	0.1181	01-077-2110
38.4088	1004.16	0.1771	2.34371	100.00	0.2125	00-004-0787; 01-079-1546
42.1592	6.90	0.9446	2.14349	0.69	1.1336	01-079-1546
44.6725	483.82	0.0984	2.02856	48.18	0.1181	00-004-0787
47.2206	60.19	0.1968	1.92487	5.99	0.2362	01-077-2110
47.7900	21.20	0.0100	1.90326	2.11	0.0120	01-079-1546
56.0492	20.67	0.2362	1.64081	2.06	0.2834	01-077-2110
65.0236	187.78	0.3542	1.43437	18.70	0.4251	00-004-0787
69.0300	4.00	0.0900	1.36058	0.40	0.1080	01-077-2110
71.0100	2.00	0.0900	1.32743	0.20	0.1080	01-079-1546
76.3300	9.00	0.0900	1.24762	0.90	0.1080	01-077-2110; 01-079-1546
78.2101	171.77	0.3149	1.22227	17.11	0.3779	00-004-0787
82.3693	46.23	0.3360	1.16980	4.60	0.4032	00-004-0787
87.8700	5.00	0.0900	1.11111	0.50	0.1080	01-077-2110

## Identified Patterns List: (C204)

Visible	Ref. Code	Compound Name	Perct. (%)	Chemical Formula
*	00-004-0787	Aluminum, syn	74	Al
*	01-077-2110	Silicon	3	Si
*	01-079-1546	Copper Iron Oxide	23	Cu ( Fe O <sub>2</sub> )

**Plot of Identified Phases: (C204)**



### Lampiran 3

### Hasil Pengujian XRD Pasir Silika Tailing Timah

X'Pert HighScore	X'Pert HighScore Report	date: 01/28/19
PANalytical		for internal use only

## LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU UNIVERSITAS NEGERI MALANG

### Report on C46 – [Silika 125]

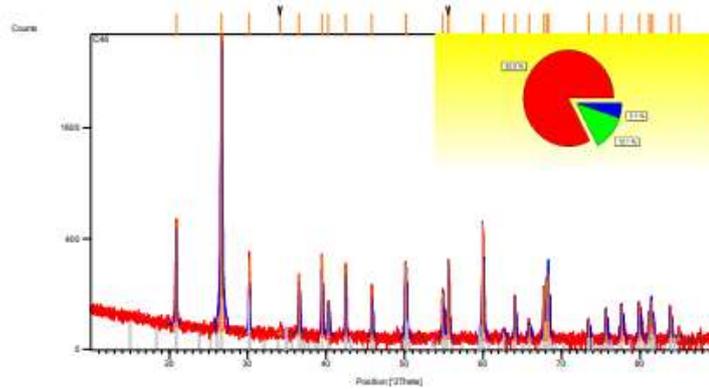


**Distribution:**

Name	Function	0.1	0.5	1.0
N.N.-999	Mastering Group Manager (MGM)	✓		
N.N.-998	Product Ontwikkelt Manager (POM)	✓		
N.N.-1	(AS)			✓
N.N.-2	(DS)			✓
N.N.-3	(BS)			✓
T.P.	Supervisor All Coding			✓

Last saved by HP	Draft	file: C46	rev: 1
© 2019 PANalytical B.V. All Rights Reserved		No. of pages: 1/3	

## Graphics: (C46)



## Peak List: (C46)

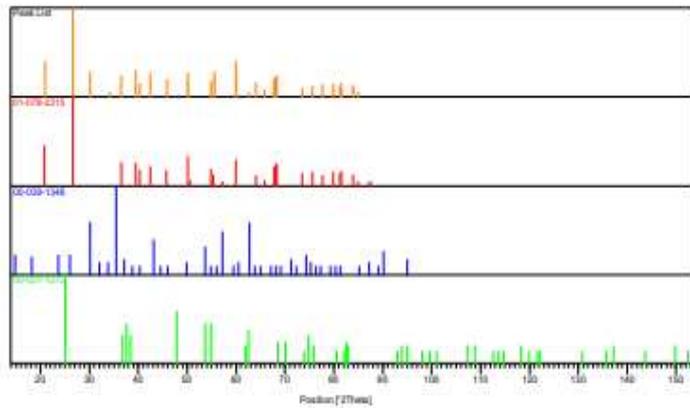
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip width [°2Th.]	Matched by
20.8771	518.11	0.0787	4.25507	16.10	0.0945	01-078-2315
26.6481	3217.42	0.1378	3.34524	100.00	0.1653	01-078-2315
30.1577	250.70	0.0590	2.96345	7.79	0.0708	00-039-1346
36.5549	176.65	0.0984	2.45820	5.49	0.1181	01-078-2315
39.4614	279.13	0.0590	2.28359	8.68	0.0708	01-078-2315
40.2856	67.54	0.1968	2.23874	2.10	0.2362	01-078-2315; 00-039-1346
42.4659	231.32	0.0590	2.12872	7.19	0.0708	01-078-2315
45.8202	117.83	0.0984	1.98039	3.66	0.1181	01-078-2315
50.1440	237.30	0.0960	1.81779	7.38	0.1152	01-078-2315
54.8632	98.71	0.0960	1.67206	3.07	0.1152	01-078-2315; 00-039-1346
59.9670	517.79	0.0720	1.54137	16.09	0.0864	01-078-2315
62.6630	7.14	0.2880	1.48138	0.22	0.3456	00-021-1272
64.0381	84.04	0.0720	1.45284	2.61	0.0864	01-078-2315; 00-039-1346
65.8791	15.75	0.2880	1.41663	0.49	0.3456	01-078-2315
67.7603	124.39	0.0960	1.38181	3.87	0.1152	01-078-2315
68.1480	153.15	0.0720	1.37489	4.76	0.0864	01-078-2315; 00-039-1346
68.3254	179.53	0.0720	1.37175	5.58	0.0864	01-078-2315; 00-039-1346
73.4513	24.81	0.1440	1.28816	0.77	0.1728	01-078-2315
75.6657	50.81	0.1200	1.25587	1.58	0.1440	01-078-2315
77.6699	61.50	0.1440	1.22839	1.91	0.1728	01-078-2315
79.8880	68.78	0.1200	1.19977	2.14	0.1440	01-078-2315
81.1594	41.27	0.1440	1.18416	1.28	0.1728	01-078-2315

81.4773	76.54	0.1200	1.18034	2.38	0.1440	01-078-2315; 00-039-1346
83.8614	54.09	0.0960	1.15274	1.68	0.1152	01-078-2315
84.9500	9.00	0.0900	1.14073	0.28	0.1080	01-078-2315

**Identified Patterns List: (C46)**

Visible	Ref. Code	Compound Name	Perct. %	Chemical Formula
*	01-078-2315	Quartz	83	Si O <sub>2</sub>
*	00-039-1346	Maghemite	12	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
*	00-021-1272	Anatase	5	Ti O <sub>2</sub>

**Plot of Identified Phases: (C46)**



## Lampiran 4

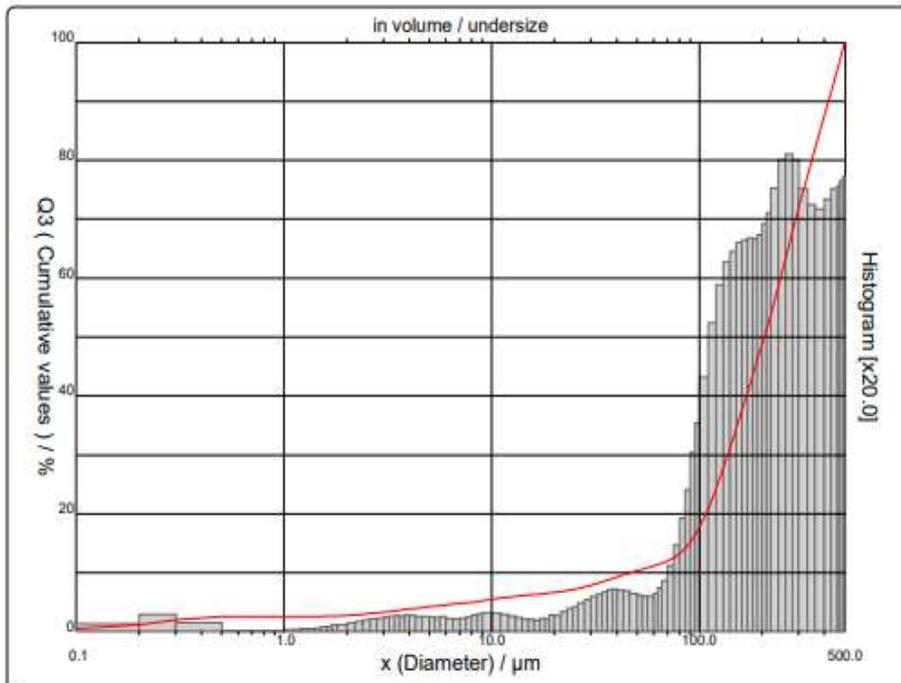
### Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Aluminium



#### PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

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

Sample ref. : Sample_X_	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : Al_paduan2_45_210	Obscuration : 2 %
Sample type : SERBUK	Diameter at 10% : 46.30 $\mu\text{m}$
Comments :	Diameter at 50% : 205.08 $\mu\text{m}$
-----	Diameter at 90% : 418.43 $\mu\text{m}$
Operator : BBG	Fraunhofer
Company :	Density/Factor : -----
Location :	Specific surface : -----
Date : 17/11/2017 Time : 07:14:48	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Index meas. : 1311	SOP name : BBG
Database name : CilasDB1	





## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_ Sample Name : Al_paduan2_45_210 Sample type : SERBUK Comments : ----- Operator : BBG Company : Location : Date : 17/11/2017 Time : 07:14:48 Index meas. : 1311 Database name : CilasDB1	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50] Obscuration : 2 % Diameter at 10% : 46.30 µm Diameter at 50% : 205.08 µm Diameter at 90% : 418.43 µm Fraunhofer Density/Factor : ----- Specific surface : ----- 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	0.55	1.17	2.01	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.53	2.54
q3	0.03	0.06	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	2.56	2.58	2.60	2.63	2.66	2.70	2.78	2.87	2.97	3.08
q3	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	3.19	3.30	3.41	3.52	3.63	3.73	3.83	3.97	4.09	4.24
q3	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	4.34	4.43	4.55	4.67	4.78	4.89	5.00	5.12	5.24	5.48
q3	0.12	0.11	0.12	0.10	0.10	0.11	0.11	0.13	0.14	0.15
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	5.69	5.87	6.02	6.14	6.24	6.33	6.41	6.50	6.58	6.68
q3	0.15	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.11	0.10	0.13
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	6.82	6.98	7.16	7.34	7.60	7.87	8.15	8.43	8.71	8.99
q3	0.13	0.16	0.19	0.20	0.24	0.26	0.29	0.31	0.33	0.35
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	9.26	9.63	9.97	10.36	10.62	10.86	11.16	11.39	11.64	12.01
q3	0.35	0.34	0.34	0.31	0.30	0.29	0.29	0.32	0.36	0.42
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	12.58	13.28	14.14	15.16	16.38	17.73	20.79	24.18	27.68	31.14
q3	0.55	0.73	0.95	1.20	1.51	1.76	2.15	2.61	2.93	3.13
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	34.45	37.62	40.62	43.46	46.14	48.71	51.22	53.68	58.55	63.32
q3	3.22	3.29	3.32	3.33	3.32	3.36	3.45	3.55	3.75	4.00
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	67.79	71.90	77.23	81.92	87.54	91.49	95.26	96.47	98.84	100.00
q3	4.04	3.99	3.75	3.61	3.58	3.66	3.75	3.77	3.81	3.85

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

## Lampiran 5

### Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Pasir Silika Tailing timah

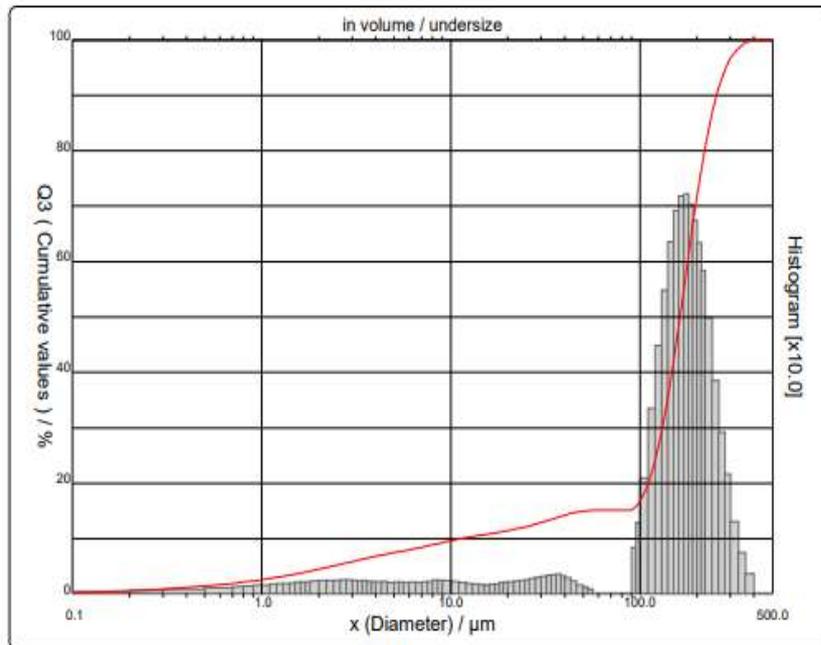


#### PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

#### CILAS 1090 DRY

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

Sample ref. : Sample_X_	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : SI-125(3)	Obscuration : 3 %
Sample type : SERBUK	Diameter at 10% : 11.31 $\mu\text{m}$
Comments :	Diameter at 50% : 162.42 $\mu\text{m}$
-----	Diameter at 90% : 254.22 $\mu\text{m}$
-----	Fraunhofer
Operator : BBG	Density/Factor : 2.67 g/cm <sup>3</sup> / 1.00
Company :	Specific surface : 2907.38 cm <sup>2</sup> /g
Location :	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Date : 13/02/2018 Time : 07:43:13	SOP name : BBG
Index meas. : 1354	
Database name : CilasDB1	



Serial no : 3627 Ref : 2./301.m0.88A18187.00/1354/m99.3.0.0.1Eh.10.0.0.DhQ-.0.0.0.0i/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45E35



## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

### CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

<p>Sample ref. : Sample_X_          Sample Name : SI-125(3)          Sample type : SERBUK          Comments :          -----          Operator : BBG          Company :          Location :          Date : 13/02/2018 Time : 07:43:13          Index meas. : 1354          Database name : CilasDB1</p>	<p>Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]          Obscuration : 3 %          Diameter at 10% : 11.31 µm          Diameter at 50% : 162.42 µm          Diameter at 90% : 254.22 µm          Fraunhofer          Density/Factor : 2.67 g/cm<sup>3</sup> / 1.00          Specific surface : 2907.38 cm<sup>2</sup>/g            Meas./Rins. : 15s/15s/0          SOP name : BBG</p>
--	---

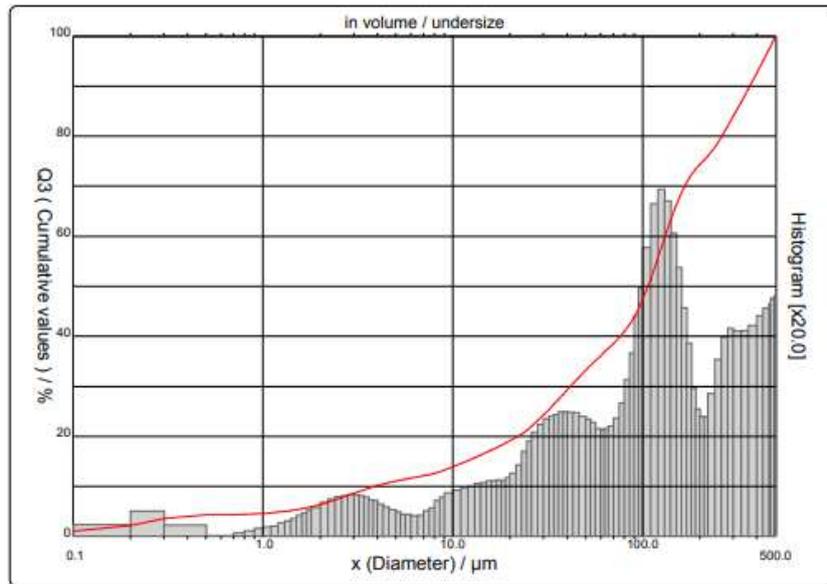
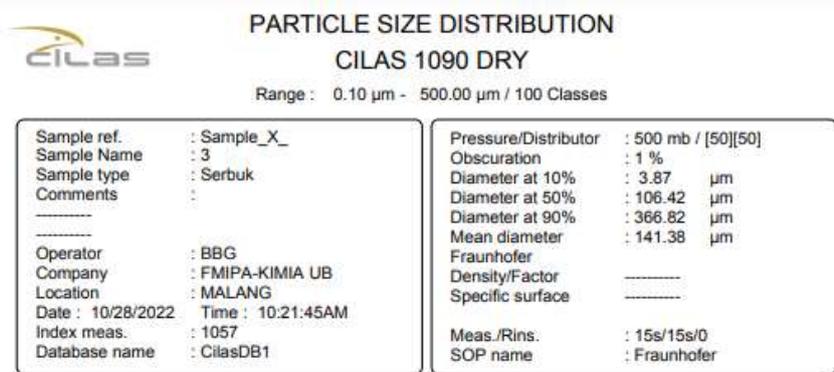
Standards classes in volume / undersize

	x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3		0.22	0.58	0.89	1.44	1.93	2.16	2.38	2.60	2.81	3.02
q3		0.01	0.03	0.05	0.07	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
	x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3		3.22	3.41	3.60	3.79	3.97	4.14	4.48	4.80	5.10	5.37
q3		0.17	0.17	0.19	0.20	0.20	0.20	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
Q3		5.63	5.87	6.09	6.29	6.48	6.65	6.81	7.03	7.24	7.48
q3		0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	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		7.65	7.81	8.01	8.25	8.46	8.67	8.87	9.08	9.27	9.62
q3		0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.20	0.21	0.23	0.22	0.22
	x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3		9.92	10.17	10.37	10.55	10.71	10.85	11.00	11.14	11.29	11.44
q3		0.21	0.19	0.17	0.16	0.16	0.15	0.17	0.16	0.19	0.20
	x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3		11.66	11.88	12.09	12.30	12.59	12.88	13.17	13.46	13.74	14.01
q3		0.20	0.22	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.33	0.34
	x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3		14.25	14.55	14.77	14.95	15.04	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10
q3		0.32	0.28	0.22	0.15	0.10	0.07	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		15.10	15.10	15.10	15.10	15.76	16.73	19.67	23.97	29.28	35.29
q3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	1.27	2.08	3.33	4.47	5.46
	x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3		41.79	48.40	54.85	60.96	66.59	71.71	76.29	80.31	86.72	91.28
q3		6.35	6.90	7.17	7.20	7.01	6.72	6.32	5.82	4.96	3.84
	x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3		94.47	96.67	98.50	99.45	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3		2.90	2.15	1.29	0.74	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

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

## Lampiran 6

### Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Setelah digiling





## PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_ Sample Name : 3 Sample type : Serbuk Comments : ----- Operator : BBG Company : FMIPA-KIMIA UB Location : MALANG Date : 10/28/2022 Time : 10:21:45AM Index meas. : 1057 Database name : CilasDB1	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50] Obscuration : 1 % Diameter at 10% : 3.87 µm Diameter at 50% : 106.42 µm Diameter at 90% : 366.82 µm Mean diameter : 141.38 µm Fraunhofer Density/Factor : ----- Specific surface : ----- Meas./Rins. : 15s/15s/0 SOP name : Fraunhofer
---	---

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	1.08	2.17	3.60	4.38	4.38	4.43	4.51	4.62	4.74	4.86
q3	0.05	0.11	0.24	0.11	0.00	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	5.01	5.17	5.34	5.53	5.73	5.94	6.37	6.83	7.29	7.74
q3	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.28	0.33	0.37	0.39
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	8.17	8.58	8.96	9.31	9.63	9.91	10.17	10.50	10.78	11.09
q3	0.40	0.41	0.41	0.40	0.39	0.36	0.35	0.32	0.29	0.26
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	11.29	11.46	11.67	11.90	12.12	12.37	12.63	12.94	13.26	13.91
q3	0.24	0.21	0.21	0.20	0.21	0.25	0.28	0.35	0.39	0.43
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	14.54	15.14	15.71	16.27	16.80	17.31	17.79	18.25	18.68	19.11
q3	0.46	0.48	0.49	0.52	0.53	0.55	0.55	0.56	0.55	0.58
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	19.76	20.45	21.22	22.03	23.14	24.25	25.34	26.39	27.39	28.36
q3	0.62	0.71	0.84	0.94	1.03	1.11	1.17	1.20	1.21	1.24
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	29.28	30.57	31.77	33.21	34.19	35.09	36.16	36.91	37.63	38.56
q3	1.24	1.23	1.23	1.19	1.16	1.13	1.07	1.06	1.07	1.09
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	39.73	40.97	42.34	43.85	45.57	47.41	51.38	55.56	59.57	63.16
q3	1.17	1.33	1.56	1.82	2.20	2.48	2.88	3.32	3.46	3.35
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	66.18	68.68	70.68	72.27	73.42	74.36	75.20	76.00	77.79	79.83
q3	3.02	2.68	2.28	1.92	1.47	1.27	1.19	1.19	1.42	1.76
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	81.96	84.03	86.85	89.43	92.63	94.93	97.15	97.87	99.30	100.00
q3	1.98	2.07	2.04	2.05	2.10	2.20	2.27	2.31	2.37	2.39

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

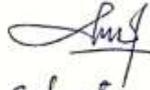
## Lampiran 7

### Form Monitoring Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

 <b>FORM MONITORING PROYEK AKHIR</b> <b>TAHUN AKADEMIK</b> -----/-----			
<b>JUDUL</b>		Proses Meninjau Sebuah Kota Pabrikasi ABC di Perkotaan Sebelah Timur Liris	
<b>Nama Mahasiswa</b>		1. <u>Ricky Irwansyah</u> /NIM: <u>1041955</u> 2. _____ /NIM: _____ 3. _____ /NIM: _____ 4. _____ /NIM: _____ 5. _____ /NIM: _____	
<b>Monitoring ke</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Progress Alat</b>	<b>Paraf Pembimbing</b>
	26/12/2022	Mengumpulkan progres B&A IV	<i>SL</i>
	30/12/2022	Mengumpulkan progres B&A V	<i>SL</i>
	3/01/2023	Mengumpulkan review B&A IV dan B&A V serta mengumpulkan progres poster	<i>SL</i>
	5/01/2023	Mengumpulkan B&A IV dan B&A V	<i>SL</i>
	16/01/2023	Mengumpulkan progres poster	<i>SL</i>

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP /~~BELUM~~ (coret salah satu)

Mengetahui		
<b>Pembimbing 1</b>  (.....)	<b>Pembimbing 2</b>  (.....)	<b>Pembimbing 3</b>  (.....)

## Lampiran 8

### Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023			
JUDUL	Proses meeting serbuk pada Pabrikasi AMC di rumah serbuk sika Taring		
Nama Mahasiswa	Ricki Irawansyah NIM: 1041955		
Nama Pembimbing	1. Dr. Sukmno, M. Eng 2. Rodika - S.S.T., M.T. 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	28/10/2022	menyusun jurnal Penelitian	Sh
2	5/11/2022	mendiskusikan Hasil penyusunan dan revisi	Sh
3	12/11/2022	Uploud jurnal	Sh
4	26/11/2022	mendiskusikan proyek BAB IV	Sh
5	30/11/2022	mendiskusikan proyek BAB V	Sh
6	5/12/2022	mendiskusikan Revisi Bab IV dan V dan membuat poster PA	Sh
7	16/01/2023	mendiskusikan Poster PA	Sh
8			
9			
10			

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 <p style="text-align: center;">FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021 / 2022</p>			
JUDUL	<p style="text-align: center;">Proses produksi serbuk pada Fabrikasi AMC diperkuat serbuk silika Talung.</p>		
Nama Mahasiswa	<p>Ricky Pratomo NIM: 1011901</p>		
Nama Pembimbing	<p>1. D.F. Sukanto, S.S.T., M.Eng 2. Rizka, S.S.T., M.T. 3.</p>		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	17/05/2022	Review Bab 1 dan membahas mengenai mesin Ball mill dan komposisi	
2	26/05/2022	membahas mesin Ball mill dan menuliskan komponen 2 mesin Ballmill	
3	01/06/2022	mengumpulkan progres Bab 2 dan membahas isi Bab Pembahan Bab 2	
4	14/06/2022	mengumpulkan progres Bab 2	
5	23/06/2022	Review Bab 2 serta membahas Bab 3	
6	29/07/2022	mengumpulkan Bab 2 dan Progres Bab 3	
7	30/08/2022	membahas tentang proses pemrosesan komposisi zirconium oksida	
8	05/09/2022	mengumpulkan hasil proses pengujian purn zirconium dan silika	
9	12/09/2022	membahas proses untuk komposisi serta menuliskan Bab 3 yg di susun	
10	21/09/2022	membahas hasil hasil komposisi serta menuliskan susunan registrasi karya	

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

**Lampiran 9**

**Form Revisi Proyek Akhir**







## Lampiran 10

### Bukti Bukan Plagiasi

Ricky

ORIGINALITY REPORT

13%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	es.scribd.com Internet Source	2%
2	journalstkipgrisitubondo.ac.id Internet Source	1%
3	download.garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	1%
4	scholar.unand.ac.id Internet Source	1%
5	repository.its.ac.id Internet Source	1%
6	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1%
7	pt.scribd.com Internet Source	<1%
8	core.ac.uk Internet Source	<1%
9	ojs.unm.ac.id Internet Source	<1%

10	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1%
11	<a href="http://id.123dok.com">id.123dok.com</a> Internet Source	<1%
12	<a href="http://repositori.uin-alauddin.ac.id">repositori.uin-alauddin.ac.id</a> Internet Source	<1%
13	<a href="http://eprints.undip.ac.id">eprints.undip.ac.id</a> Internet Source	<1%
14	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	<1%
15	<a href="http://journal.ubb.ac.id">journal.ubb.ac.id</a> Internet Source	<1%
16	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet Source	<1%
17	<a href="http://repository.polman-bandung.ac.id">repository.polman-bandung.ac.id</a> Internet Source	<1%
18	<a href="http://repository.radenintan.ac.id">repository.radenintan.ac.id</a> Internet Source	<1%
19	<a href="http://www.ejournal-s1.undip.ac.id">www.ejournal-s1.undip.ac.id</a> Internet Source	<1%
20	<a href="http://vdocuments.mx">vdocuments.mx</a> Internet Source	<1%
21	<a href="http://www.nen.nl">www.nen.nl</a> Internet Source	<1%

22	Samir K. Khrais, Hadeel Al Hmoud, Ahmad R. Abdel Al, Tariq Darabseh. "Investigation the effect of welding parameters on mechanical properties of AISI 316L by Metal Inert Gas (MIG)", Research Square Platform LLC, 2022 Publication	<1 %
23	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
24	idoc.pub Internet Source	<1 %
25	research-report.umm.ac.id Internet Source	<1 %
26	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
27	majalah.farmasetika.com Internet Source	<1 %
28	senatik.stta.ac.id Internet Source	<1 %
29	repository.ummat.ac.id Internet Source	<1 %
30	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	<1 %
31	skripsistie.files.wordpress.com Internet Source	<1 %

32	<a href="http://iptek.its.ac.id">iptek.its.ac.id</a> Internet Source	<1 %
33	<a href="http://psdg.bgl.esdm.go.id">psdg.bgl.esdm.go.id</a> Internet Source	<1 %
34	<a href="http://repository.setiabudi.ac.id">repository.setiabudi.ac.id</a> Internet Source	<1 %
35	<a href="http://repository.umsu.ac.id">repository.umsu.ac.id</a> Internet Source	<1 %
36	<a href="http://www.nesabamedia.com">www.nesabamedia.com</a> Internet Source	<1 %
37	<a href="http://ejurnal.its.ac.id">ejurnal.its.ac.id</a> Internet Source	<1 %
38	<a href="http://eprints.polsri.ac.id">eprints.polsri.ac.id</a> Internet Source	<1 %
39	<a href="http://repository.usd.ac.id">repository.usd.ac.id</a> Internet Source	<1 %
40	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	<1 %
41	<a href="#">Submitted to Universitas Brawijaya</a> Student Paper	<1 %
42	<a href="http://ejournal2.pnp.ac.id">ejournal2.pnp.ac.id</a> Internet Source	<1 %
43	<a href="http://kjmm.org">kjmm.org</a> Internet Source	<1 %

44 herisouvenir.blogspot.com  
Internet Source

<1 %

45 Agung Supriyanto, Stanislaus Aprilla Krisna,  
Muh. Vendy Hermawan. "EKSPERIMEN  
VARIASI UKURAN BUTIR DAN TEKANAN  
KOMPAKSI CAMPURAN Al-Si TERHADAP  
DENSITAS DAN POROSITAS METODE  
METALURGI SERBUK", Teknika, 2022  
Publication

<1 %

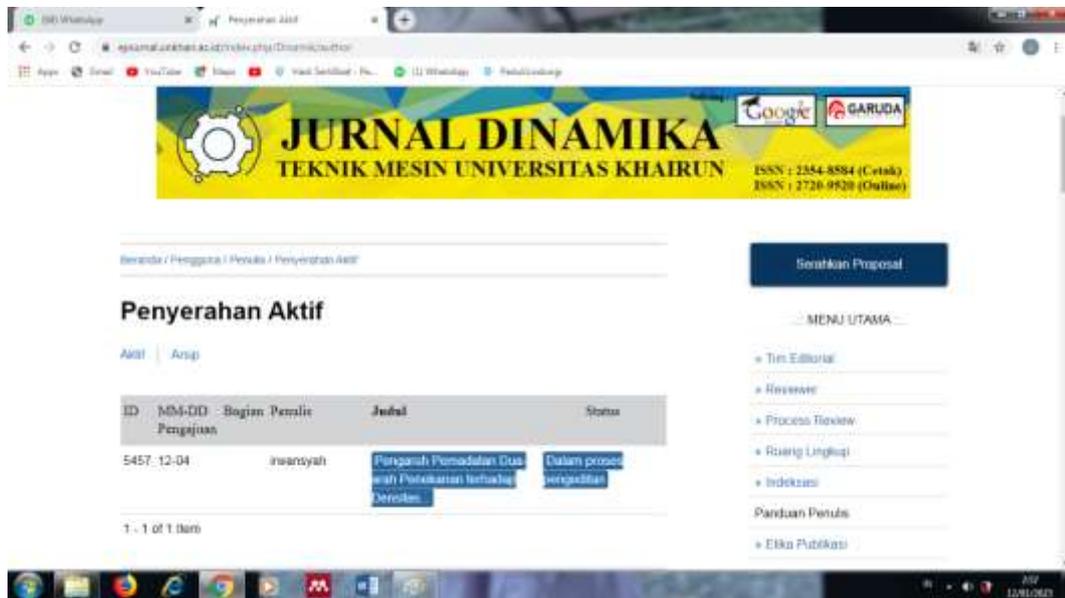
Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

## Lampiran 11

### Bukti Publikasi



The screenshot shows the website for Jurnal Dinamika, Teknik Mesin Universitas Khairun. The page features a header with the journal's logo and ISSN information. Below the header, there is a navigation menu and a main content area titled "Penyerahan Aktif". A table lists active submissions, with one entry for ID 5457-12-04 by author irwanryah. The table also shows the submission title and its current status.

Google GARUDA  
ISSN : 2554-8584 (Cetak)  
ISSN : 2726-9920 (Online)

Beranda / Pengantar / Penulis / Penyerahan Aktif

**Penyerahan Aktif**

Aktif | Arsip

ID	MM-DD - Bagian Penulis Pengajuan	Judul	Status
5457-12-04	irwanryah	Perancangan Pemadatan Udara dan Peningkatan Kualitas Derivasi	Dalam proses pengujian

1 - 1 of 1 item

Serahkan Proposal

MENU UTAMA

- » Tin Editorial
- » Reviewer
- » Process Review
- » Ruang Lingkup
- » Indeksasi
- Panduan Penulis
- » Etika Publikasi

## Lampiran 12

### Poster Proyek Akhir



**Ricky Irwansyah, Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng., Rodika, S.S.T., M.T.**  
**PROYEK AKHIR TAHUN 2022/2023**  
**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

## PROSES METALURGI SERBUK PADA FABRIKASI AMC DIPERKUAT SERBUK SILIKA TAILING



**Latar Belakang**

Maraknya penambangan biji timah di Kepulauan Bangka Belitung, menghasilkan hamparan limbah berupa pasir silika tailing yang melimpah. Oleh karena itu diperlukannya inovasi sebagai solusi untuk mengurangi limbah tailing timah yaitu dengan memanfaatkan limbah tailing timah sebagai bahan campuran pada material komposit MMC.

**Proses Pembuatan dan Pengujian**

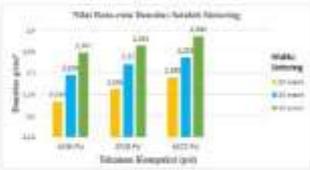


**Metode**

Serbuk matrik aluminium dengan kadar 74% berukuran 204 µm dipadukan dengan serbuk silika tailing berukuran 164 µm dengan kadar sebesar 53% menggunakan mesin horizontal ball mill dengan metode pemaduan mekanik selama 4 jam. Serbuk hasil pemaduan mekanik diuji particle size analyzer. Serbuk hasil pemaduan kemudian dilakukan penekanan panas dua arah penekanan yang divariasikan 4400 psi, 4500 psi, 4600 psi dengan memvariasikan waktu sintering selama 10 menit, 20 menit, 30 menit. Aluminium matrik komposit yang dihasilkan kemudian dilakukan pengujian densitas dan pengujian kekerasan.

**Data dan Grafik Hasil Uji**

No	Berkas (psi)	Waktu Sintering (menit)	Nilai Densitas (g/cm <sup>3</sup> )			Nilai Kekerasan (HB)
			1	2	3	
1	4400	10	2,311	2,328	2,344	82,0
2	4400	20	2,343	2,361	2,376	82,0
3	4400	30	2,384	2,394	2,394	82,0
4	4500	10	2,327	2,336	2,336	82,0
5	4500	20	2,381	2,385	2,374	82,0
6	4500	30	2,381	2,388	2,388	82,0
7	4600	10	2,371	2,378	2,388	82,0
8	4600	20	2,384	2,385	2,384	82,0
9	4600	30	2,385	2,384	2,384	82,0




**Kesimpulan** >

komposit dengan kompak: panas dua arah penekanan 4600 psi dengan waktu sinteing 30 menit menunjukkan nilai densitas tertinggi 2,385 g/cm<sup>3</sup> dan nilai kekerasan tertinggi 82,7 HB. hal ini dikarenakan dengan meningkatnya tekanan kompak: panas dua arah, penekanan mengakibatkan kontak permukaan antar partikel serbuk menjadi lebih rapat sehingga rongga atau porositas menjadi menurun. Semakin lama waktu sinteing memberikan waktu pada serbuk matrik aluminium dan penguat silika tailing saling berikatan sehingga semakin baik kualitas ikatan antar partikel matrik dan penguatnya.