

**REKAYASA KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM
DIPERKUAT ALUMINA DAN BAGGASE ASH DENGAN
METODE METALURGI SERBUK**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

M Ghazi Al Ghifari NIM : 1042015

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2023/2024

LEMABAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**REKAYASA KOMPOSIT MATRIK ALUMINIUM
DIPERKUAT ALUMINA DAN BAGGASE ASH DENGAN
METODE METALURGI SERBUK**

Oleh:

M Ghazi Al Ghifari/ 1042015

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

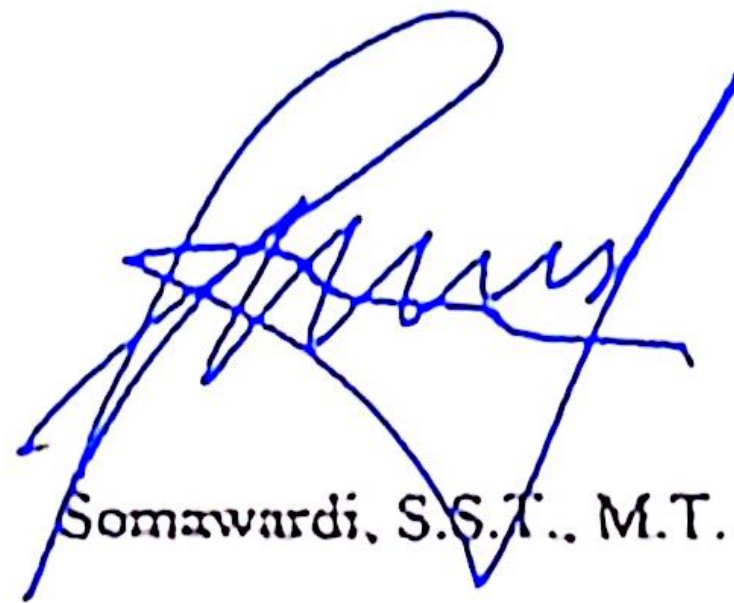
Menyetujui

Pembimbing 1



DR. Sukanto, S.S.T., M.Eng

Pembimbing 2



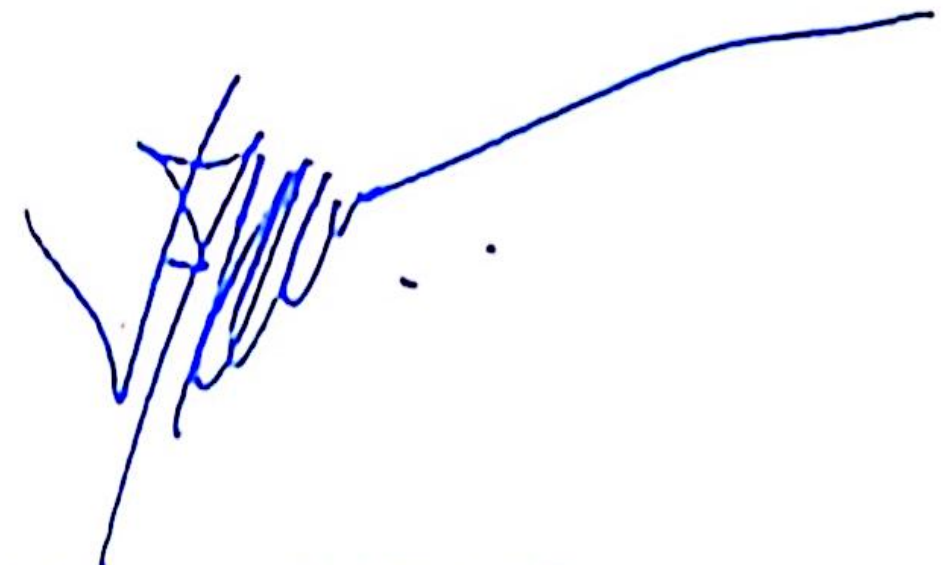
Somawardi, S.S.T., M.T.

Penguji 1



Boy Rahasta, S.Tr., M.T.

Penguji 2



Yufiyanto, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : M Ghazi Al Ghifari

NIM : 1042015

Dengan Judul : Rekayasa Komposit Matrik Aluminium Diperkuat
Alumina Dan *Baggase Ash* Dengan Metode Metalurgi
Serbuk

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, 07 Desember 2023



M GHAZI AL GHIFARI

Abstrak

Pada umumnya pembuatan kampas rem banyak menggunakan material dari *asbestos*, akan tetapi kampas rem yang terbuat dari *asbestos* sangat berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu perlu dikembangkan inovasi bahan yang ramah lingkungan salah satunya komposit matrik aluminium. Tujuan dari proses penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan tekanan kompaksi panas dan suhu sintering terhadap sifat densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium hasil daur ulang yang diperkuat alumina dan *baggage ash*. Metode yang digunakan untuk membuat komposit dari aluminium yaitu metode metalurgi serbuk, yang meliputi proses persiapan, pencampuran serbuk, kompaksi dan sintering. Pencampuran serbuk aluminium, alumina dan *baggage ash* menggunakan mesin *horizontal ball mill* dan digunakan parameter proses yang meliputi parameter *Ball Powder Weight Ratio* (BPR) 10:1, kecepatan putar mesin yaitu 90 rpm dan waktu Penggilingan 2 jam. Sedangkan proses kompaksi panas menggunakan metode dua-Arah penekanan dengan mesin pompa hidrolik yang terdapat alat pembaca tekanan. Proses kompaksi panas dilakukan dengan suhu 600°C ditahan selama 15 Menit serta variasi tekanan kompaksi dua-arah penekanan yang digunakan yaitu 5600 Psi, 6000 Psi, dan 6400 Psi. Pengujian densitas dilakukan dengan mengacu pada hukum *Archimedes* dengan standar ASTM B962-17 pada pengujian ini hasil yang baik pada variasi tekanan 6400 Psi dengan waktu sintering 60 menit (1,98 g/m³). Sedangkan pengujian kekerasan digunakan uji kekerasan *brinell portable* serta mengacu pada ASTM E110-14 pada pengujian ini hasil yang baik pada variasi tekanan 6400 Psi dengan waktu 60 menit (47,2 HB).

Kata kunci: kampas rem, komposit matrik aluminium, *metalurgi serbuk*, *Mechanical alloying*,

Abstract

In general, brake linings are made using asbestos materials, but brake linings made from asbestos are very dangerous for health. Therefore, it is necessary to develop innovative environmentally friendly materials, one of which is aluminum matrix composite. The aim of this research process is to determine the effect of differences in hot compaction pressure and sintering temperature on the density and hardness properties of recycled aluminum matrix composites reinforced with alumina and baggase ash. The method used to make composites from aluminum is the powder metallurgy method, which includes preparation processes, powder mixing, compaction and sintering. Mixing aluminum powder, alumina and baggase ash using a horizontal ball mill machine and using process parameters which include Ball Powder Weight Ratio (BPR) parameters of 10:1, machine rotation speed of 90 rpm and grinding time of 2 hours. Meanwhile, the hot compaction process uses a two-way pressing method with a hydraulic pump machine that has a pressure reader. The hot compaction process is carried out with a temperature of 600°C held for 15 minutes and variations in the two-way compaction pressure used, namely 5600 Psi, 6000 Psi and 6400 Psi. Density testing was carried out by referring to Archimedes' law with the ASTM B962-17 standard. This test resulted in good results at a pressure variation of 6400 Psi with a sintering time of 60 minutes (1.98 g/m³). Meanwhile, the portable Brinell hardness test was used for hardness testing and referred to ASTM E110-14. In this test, the results were good at a pressure variation of 6400 Psi with a time of 60 minutes (47.2 HB).

Keywords: *brake pads, aluminum matrix composites, powder metallurgy, Mechanical alloying,*

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 **“REKAYASA KOMPOSIT Matrik Aluminium Diperkuat Alumina dan Bagase Ash dengan Metode Metalurgi Serbuk”**, 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. Orang tua saya tercinta, ayah tercinta Hazani (Alm), ibu tercinta Sri Sedani yang telah menjadi orang tua terhebat, yang selalu memberikan motivasi, nasihat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa yang tentu takkan bisa penulis balas.
2. Adik saya tercinta Ghiza Azzikra yang selalu menjadi penyemangat bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T, M.Eng. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Dr. Sukanto, M.Eng., selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa dengan sabar memberikan masukan dan perbaikan selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Somawardi, S. S., M.T, selaku dosen pembimbingan kedua yang telah banyak memberikan ide-ide dan konsep pemikirannya selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng.,PhD, selaku Direktur

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

8. Teman-teman saya Arise Graafian Dylan, Sulis Febriyani, Heri Gunawan, 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.
9. Seluruh teman-teman satu kelas saya dan mahasiswa Teknik Mesin dan Manufaktur POLMAN BABEL angkatan 2020 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, 07 Desember 2023



M GHAZI AL GHIFARI

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Komposit	5
2.2.1 Definisi Komposit.....	5
2.2.2 Klasifikasi Material.....	5
2.3. Mesin Ball Mill	7
2.4. Metalurgi Serbuk.....	7
2.4.1. Pencampuran (<i>Mixing</i>)	8
2.4.2. Penekanan (kompaksi).....	8
2.4.3. Pemanasan (sintering).....	11
2.5. Aluminium	11
2.6. <i>Baggase ash</i>	13
2.7. Alumina.....	14
2.8. Pengujian Komposit.....	15
2.8.1 Uji Densitas.....	15
2.8.2 Uji Kekerasan.....	16

2.9. Kampas Rem	16
2.10. Metode Desain Faktorial	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Metode Pelaksanaan.....	19
3.2. Studi Literatur	20
3.3. Persiapan alat dan bahan penelitian.	21
3.3.1 Bahan yang digunakan	21
3.3.2. Peralatan yang digunakan.....	22
3.4. Proses Penelitian	28
3.5 Validasi Spesimen.....	30
3.6 Pengujian Densitas.....	30
3.7 Pengujian Kekerasan.....	30
3.8 Pengolahan Data.....	31
3.9 analisis data.....	32
BAB IV PEMBAHASAN	35
4.1. Hasil Pemaduan Mekanik	35
4.2. Analisis Densitas spesimen sebelum sintering.....	36
4.3. Analisis Kekerasan Spesimen Komposit Sebelum Sintering.....	42
4.3.1 Uji Mikroskopis.....	45
4.4. Analisis Hasil Pengujian Densitas Setelah Sintering	46
4.5. Analisis Hasil Pengujian Kekerasan Setelah Sintering	52
4.5.1 Uji Mikroskopis.....	55
BAB V PENUTUP	57
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium.....	12
Tabel 2.2 Sifat-sifat mekanik aluminium.....	12
Tabel. 2.3 Penyusun kimia <i>baggage ash</i>	14
Tabel 2.4 Penyusun kimia alumina.....	14
Tabel 2.5 Pesyaratan Teknik kampas rem komposit.....	17
Tabel 3.1 Data pengujian densitas (g/cm ³)	31
Tabel 3. 2 Data Pengujian Kekerasan (HB).....	32
Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji	32
Tabel 3. 4 Desain Full Factorial.....	34
Tabel 3. 5 Uji ANNOVA	34
Tabel 4. 1 hasil penimbangan massa kering spesimen komposit	38
Tabel 4. 2 hasil penimbangan massa basah spesimen komposit	39
Tabel 4. 3 hasil penimbangan massa kering spesimen komposit	41
Tabel 4. 4 hasil pengujian kekerasan portabel spesimen komposit	43
Tabel 4. 5 Hasil Spesimen Di Timbang kering.....	47
Tabel 4. 6 Hasil Spesimen Di Timbang Basah	47
Tabel 4. 7 hasil penimbangan densitas aktual spesimen komposit Al, Al ₂ O ₃ ,BA	49
Tabel 4. 8 Data Analisis Variasi Uji Densitas (<i>Minitab</i>).....	51
Tabel 4. 9 hasil pengujian kekerasan komposit Al, Al ₂ O ₃ ,BA.....	52
Tabel 4. 10 Data Analisis Variasi Uji Kekerasan (<i>Minitab</i>).....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses penekanan satu arah, dua arah	9
Gambar 2. 2 Tahapan proses pembentukan kepadatan serbuk	10
Gambar 2.3 Proses ikatan-ikatan partikel	11
Gambar 2. 4 Diagram Fasa Al-Si	13
Gambar 2.5 Ilustrasi Pengujin Densitas	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3. 2 Serbuk aluminium hasil daur ulang	21
Gambar 3. 3 serbuk <i>baggse ash</i>	22
Gambar 3. 4 Serbuk alumina	22
Gambar 3. 5 Timbangan digital	23
Gambar 3.6 Mesin Horizontal Ball mill	23
Gambar 3. 7 Alat press hidrolik.....	24
Gambar 3. 8 Alat Thermogun	25
Gambar 3. 9 Oven.....	25
Gambar 3. 10 Gelas ukur	25
Gambar 3. 11 Cetakan	26
Gambar 3. 12 Thermocouple	27
Gambar 3. 13 alat uji kekerasan portable	27
Gambar 3. 14 Alat uji densitas.....	28
Gambar 4. 1 Foto serbuk hasil penggilingan selama 2 jam	35
Gambar 4. 2 Grafik Distribusi Particle Size Analyzer terhadap Serbuk Hasil Pema duan Mekanik 2 Jam.....	36
Gambar 4. 3 Spesimen komposit	37
Gambar 4. 4 Penimbangan Spesimen Kondisi Kering.....	38
Gambar 4. 5 Penimbangan Spesimen Kondisi basah.....	38
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian Densitas Sebelum Sintering	41
Gambar 4. 7 Posisi Pengujian Kekerasan Komposit	43
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen Sebelum Sintering.....	44
Gambar 4.9 Uji <i>Microscope</i>	46
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Pengujian Densitas Setelah Sintering	50
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Setelah Sintering.....	53
Gambar 4. 12 Uji <i>Microscope</i>	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Hasil Sertifikat Serbuk Aluminiums

Lampiran 3 Hasil Anova Manual Uji Densitas

Lampiran 4 Hasil Uji Anova Kekerasan

Lampiran 5 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer Serbuk Aluminium,
Alumina, *Baggase ash*

Lampiran 6 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Al

Lampiran 7 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Al₂O₃

Lampiran 8 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk BA

Lampiran 9 Bukti Bukan Plagiasi

Lampiran 10 Bukti Publikasi

Lampiran 11 Poster Proyek Akh

Lampiran 12 Form Rivisi Laporan Akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Ilmu rekayasa material telah mengalami perkembangan yang pesat untuk memenuhi kebutuhan teknologi modern pada akhir-akhir ini. Dimana banyak kebutuhan akan material yang mempunyai sifat mekanik yang baik menjadi dasar perkembangan dunia rekayasa material. *Tren* perkembangan material yang digunakan untuk komponen alat transportasi dituntut memiliki sifat ringan tetapi memiliki sifat mekanik yang baik salah satunya rem gesek. Oleh karena itu, komponen rem gesek ini harus tahan gesekan (tidak mudah aus), tahan panas, dan tidak mudah berubah bentuk saat bekerja pada temperatur tinggi [1]. Selain itu, ketersediaan bahan baku asbes dan penggunaan asbes dalam pembuatan rem gesek sendiri berdampak negatif bagi kesehatan masyarakat.

Asbes dapat mengakibatkan kanker jenis mesothelioma, yaitu jenis kanker yang memengaruhi membran yang menyelimuti paru-paru [3]. Sehingga diperlukan rekayasa material yang bertujuan menghindari bahan asbestos yang berbahaya dan beracun serta dapat merusak lingkungan [2]. Material yang dibuat dengan serbuk komposit matrik aluminium di perkuat alumina dan *baggase ash* lebih ramah lingkungan dan mudah didapatkan. Selanjutnya, salah satu bagian terpenting dari bantalan rem adalah lapisan gesekan. Lapisan gesekan terbuat dari bahan dengan kekerasan yang baik, ketahanan aus, ketahanan korosi, tahan panas, kekuatan tarik dan koefisien gesekan. Secara umum material yang memiliki sifat-sifat tersebut adalah berupa oksida logam (keramik) atau karbida, seperti Al_2O_3 , MgO , SiO_2 , SiC dan lain-lain[5]. Kriteria sifat fisik dan mekanik untuk bahan gesek dan kampas rem secara nasional dan internasional telah ditentukan standarnya, dimana harus sesuai dengan kegunaannya, misalnya rem gesek untuk sepeda motor [4], mobil, truk, kereta api dan pesawat terbang dan lain sebagainya.

Adapun metode yang digunakan untuk proses pembuatan komposit matriks aluminium adalah metode powder metallurgy atau metalurgi serbuk. Proses utama metode metalurgi serbuk terbagi menjadi tiga tahapan yaitu tahapan proses mixing

atau pencampuran serbuk matrik dengan serbuk penguat, proses kompaksi atau penekanan serta tahapan sintering [19]. Metode ini digunakan karena mempunyai berbagai keuntungan dibandingkan dengan proses lainnya [19]. Beberapa keuntungan pembuatan komposit menggunakan metode metalurgi serbuk adalah energi proses yang rendah [20], serta pembuatan produk yang cepat sehingga produk yang dihasilkan relatif murah, hasil produk yang diperoleh dapat langsung digunakan tanpa harus masuk keproses permesinan serta produksinya dapat dikerjakan dalam skala kecil atau massal. Selain itu, 95% penggunaan bahan baku dalam proses metalurgi serbuk ini dapat menjadi sebuah produk jadi [11].

Aluminium merupakan logam ringan yang digunakan sebagai bahan material teknik karena memiliki beberapa sifat penting yang dimilikinya, sifat-sifat penting yang terdapat pada aluminium yaitu sifat ketahanan korosi serta hantaran listrik yang sangat baik dengan sifat-sifat lainnya yang dimiliki logam. Logam aluminium dapat ditingkatkan nilai kekuatan mekaniknya, apabila logam aluminium dicampur dengan unsur seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, Ti dan lain-lain [12]. Dengan menambah unsur-unsur tersebut dapat memperoleh sifat-sifat seperti ketahanan korosi, ketahanan aus serta koefisien pemuaian rendah dan lain-lain. Untuk memanfaatkan serta pengolahan limbah aluminium untuk diproses daur ulang hanya membutuhkan energi sekitar 5% saja, sehingga dari segi ekonomis jauh lebih murah dan bisa mengurangi konsumsi energi. Hal itu jauh berbeda dengan penggunaan aluminium primer bauksit, energi yang dibutuhkan untuk proses pengolahannya sangat banyak.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh tekanan kompaksi panas terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matriks aluminium hasil daur ulang diperkuat alumina dan *baggase ash* metalurgi serbuk
- Bagaimana pengaruh holding time sintering terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matriks aluminium hasil daur ulang diperkuat alumina dan *baggase ash* metalurgi serbuk

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mendapatkan hasil pengaruh tekanan kompaksi panas dan terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium hasil daur ulang diperkuat alumina dan *baggage ash* metrolgi serbuk
- Mendapatkan hasil pengaruh *holding time sintering* terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium hasil daur ulang diperkuat alumina dan *baggage ash* metrolgi 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 alumina dan *baggage ash*.
3. Variasi tekanan kompaksi panas 5600, 6000, 6400 psi dengan waktu penekanan selama 15 menit.
4. Variasi waktu sintering selama 20, 40, 60 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 Tedahulu

Berdasarkan pembahasan latar belakang yang sudah disampaikan di Bab I, maka penelitian ini berpedoman berdasarkan pembahasan yang mengenai penerapan metode metalurgi serbuk. Pada proses penelitian ini berfokus pada penerapan pengaruh tekanan kompaksi panas dan suhu sintering terhadap kekerasan dan densitas komposit matrik aluminium hasil daur ulang diperkuat pasir silika tailing timah. Oleh sebab itu, penelitian ini harus mempunyai acuan dari berbagai sumber salah satunya penelitian sebelumnya yang telah meneliti dengan bahan yang sama.

Menurut Hermawan et al. (2022) [6] kekerasan komposit 95%:5% fraksi berat Al/Cu adalah bernilai rata-rata kekerasan pada sampel dengan tekanan 4000 sebesar 22,32 kg/mm², tekanan 4100 sebesar 23,62 kg/mm², dan tekanan 4200 adalah 24,94 kg/mm². Dari ketiga sampel tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan kompaksidan semakin tinggi suhu sintering maka semakin tinggi nilai kekerasan material

Menurut Firmansyah dan Maula (2022)[8] dari data hasil pengujian Pengaruh variasi tekanan terhadap densitas dan kekerasan dengan variasi 6000, 6300, 6600 Psi Paduan Al-Cu, bisa dilihat di tekanan 6300 Psi yang mendapatkan nilai densitas tertinggi 2,83 (*gr/ml*), berbanding terbalik di tekanan 6600 Psi mendapatkan nilai densitas terendah 2,6 (*gr/ml*), sedangkan pada nilai kekerasan terbesar didapatkan tekanan 6300 Psidengan nilai 63.4 HRB dan nilai kekerasan terendah didapatkan tekanan 6000 Psidengan nilai 42,6 HRB. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai densitas maka sampel tersebut akan lebih padat dan rapat ikatan antar partikelnya, maka nilai kekerasannya juga semakin meningkat. Penggunaan serbuk aluminium sebagai matrik memiliki berbagai keunggulan, dimana selain ringan dan memiliki ketahanan aus yang relatif tinggi, proses daur ulang aluminium juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena hanya memerlukan biaya sekitar 6% (2,8 kWh/kg) dibandingkan dengan biaya

pembuatan aluminium primer [9]. Demikian halnya dengan penggunaan penguat dari campuran (*hybrid*) logam tembaga dengan serbuk *baggage ash* (BA) mampu meningkatkan kekerasan. Selain bersifat ramah lingkungan, penggunaan BA sebagai penguat juga dapat membantu dalam penyelesaian masalah yang diakibatkan oleh dampak negative dari rem gesek berbasis asbestos.

2.2. Komposit

2.2.1. Definisi Komposit

Komposit merupakan bahan material yang dapat disusun melalui proses kombinasi dua atau lebih material pembentuknya serta sifat yang dimiliki bahan pembentuknya berbeda-beda, baik dari sifat fisika ataupun sifat kimia dari bahan tersebut. Hasil dari proses kombinasi ini menghasilkan material komposit yang memiliki sifat mekanik serta karakteristik yang berbeda sesuai dengan material pembentuk pada komposit tersebut [11]. Selain itu, hasil proses kombinasi dari beberapa bahan yang berbeda dapat menghasilkan sifat komposit yang lebih unggul dan kuat. Adapun keunggulan dari sifat komposit adalah sebagai berikut.

- a. Material komposit mempunyai kekakuan serta kekuatan yang tinggi.
- b. Tahan terhadap korosi.
- c. Memiliki bobot yang ringan.
- d. Biaya pembuatan material komposit yang lebih murah.

2.2.2. Klasifikasi Material

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

1. *Metal Matrix Composite* (MMC)

Metal matrix composit merupakan material komposit dari bahan logam yang digunakan sebagai matrik yang berupa unsur (*elemen*) atau paduan (*Alloy*) yang dikombinasikan dengan bahan pengisi (*filler*) agar dapat menghasilkan sifat-sifat

yang diharapkan. MMC pada saat ini banyak dikembangkan dengan menggunakan Aluminium (Al) sebagai matrik. Bahan aluminium dipilih sebagai matrik karena aluminium memiliki sifat unggul dibandingkan dengan logam lainnya, seperti densitas rendah, ketahanan korosi yang baik, tahan terhadap gesekan dan ketahanan aus baik, hantaran listrik baik dan memiliki kemampuan penguatan dengan presipitasi.

2. *Polymer Matrix Composite* (PMC)

Polymer matrix composite adalah material komposit dari matrik yang menggunakan bahan dasar polimer seperti *poliester, polietilena, polipropilen, polivinil, klorida* dan lain-lain. *Polymer Matrix Composite* merupakan material komposit yang sangat banyak digunakan, hal ini dikarenakan proses pembuatan komposit polimer ini biayanya sangat murah, kekuatan material kompositnya yang lebih besar serta prinsip manufakturnya simple.

3. *Ceramic Matrix Composite* (CMC)

Ceramic matrix composite adalah material komposit dari bahan matrik keramik seperti alumina kalsium, dan alumina silikat yang dapat diperkuat menggunakan serat pendek serta serabut-serabut (*whiskers*) dari serat karbon atau silikon karbida. Material komposit jenis *Ceramic Matrix Composite* (CMC) mempunyai kelebihan seperti kekerasan yang sangat tinggi, tahan terhadap temperatur tinggi, kepadatan rendah. Hal ini bisa terjadi karena jika bahan keramik yang diperkuat dengan menggunakan bahan serat dapat meningkatkan kekuatan serta kekerasan dari komposit tersebut, serat yang dapat digunakan sebagai penguatnya adalah silikon karbida serta karbon [12].

Sedangkan komposit dapat dibagi menjadi tiga berdasarkan penguatnya yaitu :

1. Komposit Serat

Komposit serat adalah material komposit yang menggunakan fiber yang didalamnya terdapat matriks, secara alami kekuatan yang dimiliki serat panjang lebih kuat jika dibandingkan dengan serat yang berbentuk secara curah (bulk).

2. Komposit Partikel

Komposit partikel adalah material komposit yang menggunakan penguat dari bahan partikel serbuk dan dapat menyebar secara merata pada matriknya.

3. Komposit Lapis

Komposit lapisan adalah material komposit yang dapat dibuat dari dua atau lebih lamina. Komposit jenis ini menggunakan serat yang berbentuk lamina dan komposit jenis ini banyak digunakan pada bidang teknologi atau industri otomotif.

2.3. Mesin *Ball Mill*

Mesin *ball mill* merupakan mesin yang digunakan untuk mencampurkan sertamenghancurkan bahan material menjadi partikel-partikel yang lebih kecil atau halus. Penghancuran bahan material tersebut terjadi dikarenakan terjadinya tumbukan dari bola-bola baja yang terdapat pada mesin *ball mill*. Pada umumnya mesin *ball mill* dapat digunakan untuk menggiling berbagai macam material seperti kuningan, silika, aluminium, dan lain-lain [13]. Mesin *ball mill* banyak digunakan pada proses penggilingan material karena mempunyai beberapa kelebihan yaitu terjadinya dua proses secara bersamaan pada proses penggilingan yaitu proses pencampuran dan proses penumbukan sehingga bahan material yang dihasilkan dari proses penggilingan menggunakan *ball mill* dapat tercampur dengan rata serta dapat menghasilkan partikel-partikel yang lebih halus dari sebelum dilakukan proses penggilingan.

2.4. Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk merupakan keilmuan yang membahas tentang metalurgi fisik serta teknologi manufaktur (fabrikasi) yang membuat suatu material atau komponen yang dihasilkan dari proses teknologi manufaktur konvensional seperti casting, forging, dan cutting. Oleh karena itu, proses metalurgi serbuk ini lebih efektif dan ekonomis karena dapat meminimalis waste, dengan demikian pada proses metalurgi serbuk 95% bahan baku yang digunakan menjadi sebuah produk jadi [10]. Adapun langkah-langkah proses metalurgi serbuk adalah sebagai berikut:

2.4.1. *Mixing* (pencampuran serbuk)

Pencampuran serbuk merupakan suatu proses yang dilakukan untuk mencampurkan material logam dengan material yang lain, agar mendapatkan sifat fisik atau mekanik yang jauh lebih baik dan untuk memperoleh campuran yang homogen. Pada proses pencampuran suatu material logam dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pencampuran basah dan kering. Pencampuran basah merupakan suatu proses pencampuran yang dilakukan dengan mencampurkan terlebih dahulu antar serbuk matrik serta filler menggunakan pelarut polar. Tujuan diberikannya pelarut polar ini, agar dapat mempermudah dalam proses pencampuran material. Sedangkan pencampuran kering adalah proses pencampuran tanpa menggunakan bahan pelarut, karena material tersebut tidak mudah mengalami oksidasi. Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kehomogenan distribusi partikel antara lain:

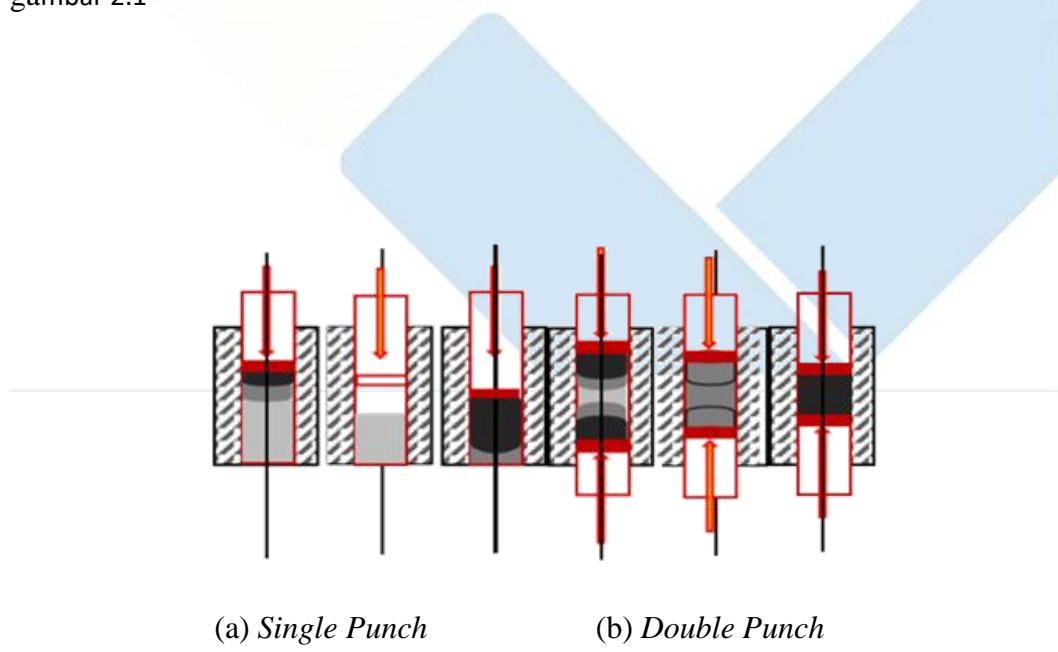
- a. Kecepatan pencampuran.
- b. Lama waktu pencampuran.
- c. Ukuran partikel.
- d. Jenis material.
- e. Temperatur.
- f. Media pencampuran.

Kehomogenan dalam proses pencampuran dapat berpengaruh ketika proses penekanan (kompaksi), hal itu dikarenakan semakin homogen pencampuran maka hasil dari proses kompaksi dapat merata dan padat sehingga menghasilkan kualitas ikatan antar partikel semakin baik.

2.4.2. Kompaksi Proses

Kompaksi merupakan proses yang dilakukan untuk memadatkan serbuk agar dapat dibentuk menjadi suatu produk yang diinginkan sesuai dengan cetakan yang

digunakan. Selain itu, proses pemadatan ini dilakukan untuk saling melekatkan serbuk yang digunakan sebelum ditingkatkan antara ikatannya melalui proses sintering dan mendorong rongga udara yang terdapat diantara partikel. Ketika tekanan kompaksi yang diberikan semakin besar, maka udara yang terdapat dipartikel dapat semakin kecil. Pada proses kompaksi berdasarkan sumbu dapat dilakukan dengan satu arah atau satu arah penekanan dan dua arah atau dua arah penekanan. Pada umumnya proses kompaksi satu arah digunakan pada sampel dengan bentuk yang lebih sederhana. Sedangkan proses kompaksi dengan dua arah penekanan biasanya dilakukan pada bentuk-bentuk yang rumit atau kompleks. Pada proses kompaksi dua arah penekanan, kerapatan yang dihasilkan relatif lebih seragam, karena tekanan dapat bergerak dari atas dan bawah yang saling menekan bersamaan dengan arah yang berlawanan, sehingga nilai kekuatan mekanik terendah terjadi pada titik pusat. Untuk produk dengan kompleksitas yang lebih tinggi maka tekanan dapat ditambah agar memperoleh kepadatan yang seragam [14]. Berikut gambar penekanan satu arah dan dua arah ditunjukkan gambar 2.1

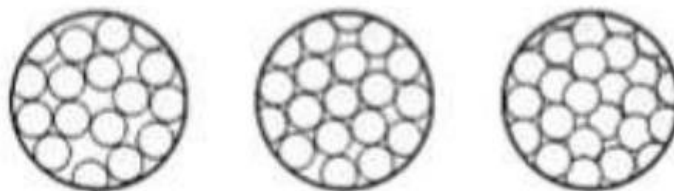


Gambar 2. 1 Proses penekanan satu arah dan dua arah [14].

Pada proses pemadatan atau kompaksi terdapat dua metode kompaksi yang digunakan berdasarkan suhu, yaitu kompaksi panas (Hot Compaction) merupakan proses pemadatan yang dilakukan dengan memberikan suhu diatas temperatur kamarnya sedangkan kompaksi dingin (Cold Compaction) merupakan proses pemadatan yang dilakukan pada suhu kamar [16]. Proses kompaksi panas dilakukan pada suhu dibawah titik cair dari matrik sehingga serbuk penyusun akan menjadi lebih lunak atau plastis, sehingga lebih mudah memadat pada saat diberi tekanan pada proses kompaksi. Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pada proses kompaksi sebagai berikut:

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

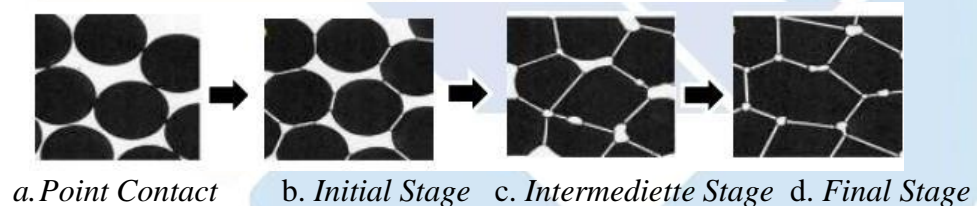
Pada saat diberi tekanan, maka respon yang terjadi antar partikel-partikel yaitu tersusun serta pori-pori besar yang terdapat pada serbuk tertutup, sehingga serbuk tersebut dapat memadat. Jika tekanan ditingkatkan maka kepadatan pada serbuk jauh lebih baik dan dapat menurunkan pori-pori sehingga membentuk formasi partikel- partikel yang baru [17]. Berikut ini gambar proses pembentukan kepadatan serbuklogam



(a) *Preparatio* (b) *Star Compaction* (c) *Completed Compaction*
Gambar 2. 2 Tahapan proses pembentukan kepadatan serbuk [15].

2.4.3. Sintering

Sintering merupakan suatu proses pemanasan pada material komposit yang dilakukan pada temperatur dibawah titik cair serbuk material yang digunakan dan waktu pemanasan pada setiap jenis logam berbeda-beda. Proses sinter dapat menambahkan kepadatan akibat terbentuknya ikatan-ikatan. Hal ini disebabkan oleh, suhu panas yang diberikan pada proses sinter akan mengakibatkan bersatunya suatu partikel dan efektivitas reaksi tegangan suatu permukaan meningkat. Pada proses sintering jugadapat membentuk suatu batas butir, yang merupakan tahap dari rekristalisasi. Pada umumnya proses sintering dapat dilakukan dengan suhu temperatur yang berkisar antara 70% hingga 90% berada dari temperatur cair pada serbuk utama [10]. Berikut ini gambar proses yang terjadi pada saat sintering ditunjukkan gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses ikatan-ikatan partikel [10]

2.5. Aluminium

Aluminium adalah unsur ketiga terbanyak yang diperoleh didalam bumi setelah Oksigen dan Silikon. Aluminium yang ada didalam bumi sekitar 7,6%. Selain itu, aluminium merupakan logam ringan yang digunakan sebagai bahan baku material teknik karena memiliki beberapa sifat penting yang dimilikinya, sifat-sifat penting yang terdapat pada aluminium yaitu sifat ketahanan korosi serta hantaran listrik yang sangat baik dengan sifat-sifat lainnya yang dimiliki logam [11].

Adapun tabel sifat fisik serta sifat mekanik pada aluminium dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2. Sedangkan diagram fasa ditunjukkan pada gambar 2.4 dibawah ini:

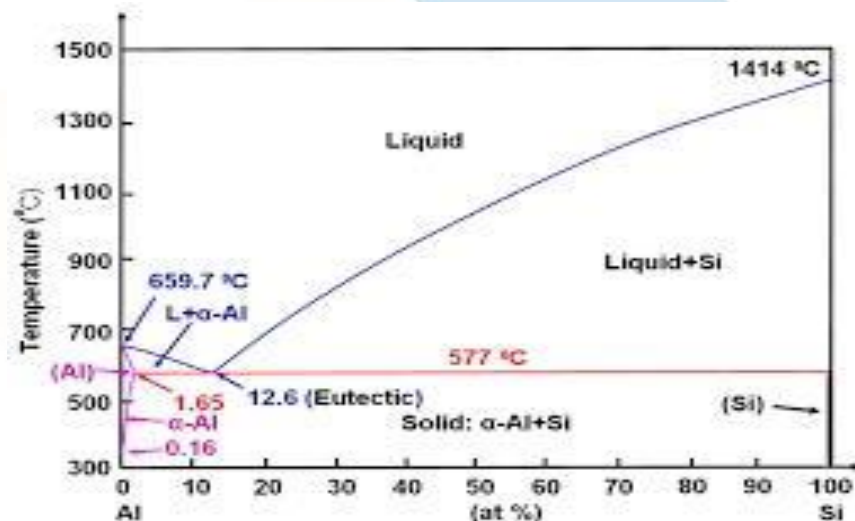
Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium [11]

Sifat-sifat fisik	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal /g. °C) (100°C)	0,226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,96	59(dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuayan (20-100°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis Kristal, konstanta kisi	<i>Fcc,a</i> = 4,013 kX	<i>Fcc,a</i> = 4,04 kX

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

Pada penelitian ini menggunakan aluminium daur ulang, hal ini dikarenakan agar dapat mengurangi penggunaan bahan dari sumber daya alam yang sulit dicari seperti: batu bara, bauksit, gas alam, serta minyak bumi. Proses mendaur ulang aluminium tidak perlu lagi menggunakan bahan biji bauksit, karena bahan yang digunakan adalah aluminium bekas. Oleh sebab itu, proses ini dapat menghemat penggunaan biji bauksit sebagai bahan membuat aluminium. Untuk memanfaatkan

serta pengolahan limbah aluminium untuk diproses daur ulang hanya membutuhkan energi sekitar 5% saja dari pengolahan aluminium primer, sehingga dapat menghemat energi $\pm 95\%$ dan dari segi ekonomis jauh lebih murah dan bisa mengurangi konsumsi energi [21][22]. Hal itu jauh berbeda dengan penggunaan aluminium primer bauksit, energi yang dibutuhkan untuk proses pengolahannya sangat banyak [23]. Daur ulang aluminium merupakan metode atau cara yang dapat digunakan untuk mengurangi limbah aluminium yang ada dan hal ini dilakukan karena untuk mengurangi limbah logam serta penggunaan bahan dari sumber daya alam secara terus-menerus dalam waktu jangka panjang [24].



Gambar 2.4 Diagram Fasa Al-Si [25]

2.6. *Baggase ash*

Ampas tebu (*baggase ash*) adalah campurandari Serat yang kuat, yang mempunyai tingkat higroskopis yang tinggi, dihasilkan melalui penggilingan tebu. Ampas tebusendiri merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula ($\pm 30\%$ dari kgiling).[29]

Tabel 2. 3 Penyusunan kimia *bagasse* ash [29]

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

2.7. Alumina

Aluminium oksida (Alumina) adalah sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksida, dengan rumus kimia. Al_2O_3 adalah bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan dalam berbagai jenis bahan metalurgi, industri kimia, industri otomotif, dan industri kosmetik.[25]

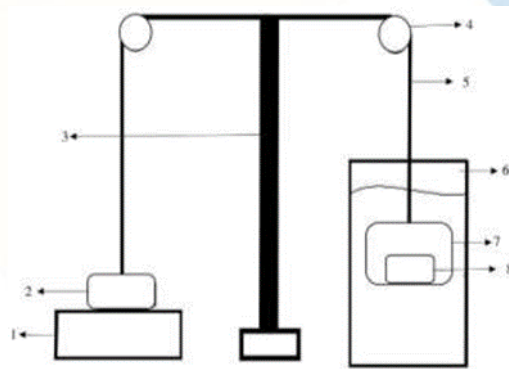
Tabel 2.4 Penyusun kimia Alumina [25]

Material	Titik lebur	Kerapatan teoritis	Modulus elastisitas	Konduktivitas termal	Koef. Termal ekspansi
	(°C)	(gr. cm ⁻³)	(Mpsi)	W(mK) ⁻¹	Pct-°C x10 ⁻⁶
Al ₂ O ₃ (98%)	2050	3,97	40	6,2	8,6
BeO	2550	3,01	35	20,3	9,1
CaO	2600	3,32	-	7,8	13,0
MgO	2800	3,58	30	7,0	14,2
SiO ₂	-	2,20	-	2,1	0,5
TiO ₂	1840	4,24	-	3,3	8,0
ZrO ₂	2677	5,90	18	2,3	6,5-10

2.8. Pengujian Komposit

2.8.1. Uji Densitas

Densitas merupakan sifat yang sangat penting yang dimiliki suatu zat yaitu kerapatan atau massa jenis yang disebut dengan istilah densitas, perbandingan rapat massa (mass density) suatu zat ialah massa per satuan volume. Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan standar pengujian ASTM B962-17 [26] sebagai salah satu acuan untuk prosedur pengujian. Berikut gambar ilustrasi pengujian densitas dengan sampel dimasukkan didalam air dengan posisi sampel melayang dengan menggunakan keranjang.



Gambar 2.5 Ilustrasi Pengujian Densitas [26]

Keterangan gambar :

1. Timbangan digital
2. Anak timbangan
3. Rangka penyangga katrol
4. Katrol
5. Benang nilon
6. Wadah fluida

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan hukum Archimedes yang dimana hukum tersebut berbunyi benda yang dimasukkan sebagian atau seluruh kedalam fluida/air. Benda yang dimasukkan kedalam fluida/air maka dapat

memiliki tiga kemungkinanyaitu mengapung, melayang, serta tenggelam. Nilai densitas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

Keterangan :

ρ_m = densitas actual (gram/cm³) m_s = massa sampel kering (gram)

m_g = massa sampel yang digantung didalam air (gram)

ρ_{H_2O} = massa jenis air = 1 gram/cm³

2.8.2 Uji Kekerasan

Kekerasan merupakan sifat ketahanan suatu material terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan tersebut berupa indentasi dari material keras terhadap suatu permukaan benda uji. Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan beberapa metode pengujian seperti Rockwell, Vicker dan Brinell. Metode rockwell merupakan metode yang banyak digunakan karena proses pengujian yang simpel serta tidak perlu keahlian khusus untuk proses pengujiannya. Sedangkan metode vicker merupakan metode yang digunakan untuk menentukan kekerasan pada material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan piramida dengan sudut puncak 136° dan metode brinell merupakan metode yang digunakan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan terhadap bola baja yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pada penelitian ini menggunakan uji kekerasan dengan alat uji kekerasan portable yang mempunyai beban penekanan 2 kg dengan indenter berbentuk bola berdiameter 2 mm. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan standar pengujian ASTM E110-14 [27]

2.9 Kampas Rem

Kampas rem adalah komponen yang memiliki fungsi mengurangi kecepatan serta menghentikan kendaraan. Pada umumnya kendaraan mempunyai kecepatan yang tinggi. Oleh karena itu komponen kampas rem harus dibuat menggunakan

material yang memiliki kemampuan yang sangat baik serta efisien agar memperoleh pengereman yang optimal, selain itu kampas rem mempunyai peranan yang paling utama yaitu untuk keselamatan. Kampas rem komposit harus memenuhi standart agar dapat digunakan pada kendaraan khusus pada kekerasan material kampas rem tersebut. Kekerasan standar kampas rem motor komposit yaitu sebesar 68-105 (BHN) [29]

Tabel 2. 5 Persyaratan teknik kampas rem komposit [29]

No	Standart	Nilai
1	Kekerasan	68-105 BHN
2	Ketahanan Panas	360°C
3	Keausan	$5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{kg}$
4	Koefisien gesek	0,14-0,27
5	Massa Jenis	1,5-2,4 gr/cm ³
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 ²
9	Kekuatan perpatahan	480-1500 N/cm ²

2,10. Metode Desain Full Faktorial Desain

Full faktorial merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan dari beberapa efek faktor dan sekaligus interaksinya, metode tersebut dapat dikatakan sebagai persamaan regresi yang digunakan untuk menentukan model hubungan antara variabel respon dengan satu atau lebih dari variabel bebas, metode ini juga untuk mencari efek beberapa faktor tergantung pada kondisi hasil penelitian. Desain fullfaktorial memiliki beberapa kelebihan yaitu informasi yang didapatkan lebih komprehensif karena dapat mempelajari pengaruh utama interaksi dan hasil eksperimen dapat diterapkan pada kondisi yang lebih luas karena kombinasi dari berbagai faktor [30]. Pada rancangan eksperimen faktorial harus membuat hipotesis atau analisis anova. Keputusan terhadap hipotesis nol (H_0) didasarkan pada nilai F_{tabel} yakni selama statistik F_{hitung} melebihi $F_{0,05;2,27(3,55)}$ atau p-value kurang dari α , keputusannya adalah menolak H_0 . Untuk menentukan H_0 yang ditolak atau gagal menolak maka ketentuan yang harus diikuti adalah sebagai berikut[30]:

- 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 probabilitas $> 0,05$, maka H_0 ditolak
- d. Jika signifikan atau probabilitas $< 0,05$, 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

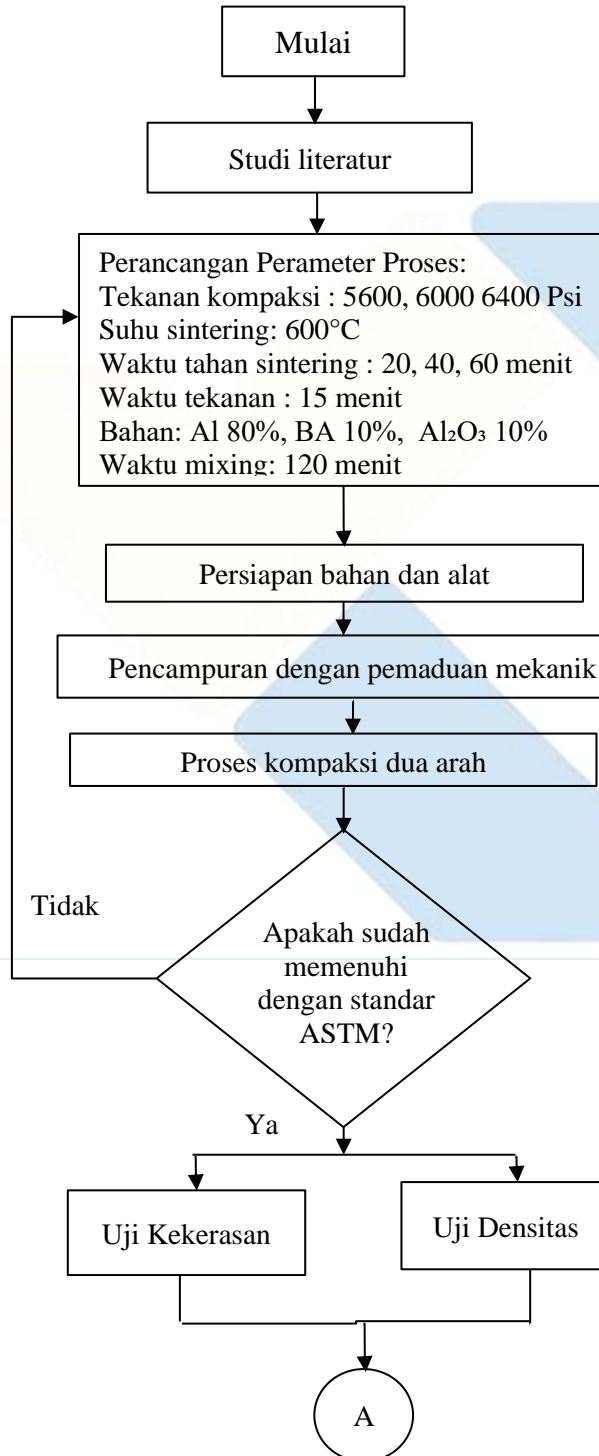
$$jke = jkt - jkm - jkf \dots\dots\dots (2.5)$$

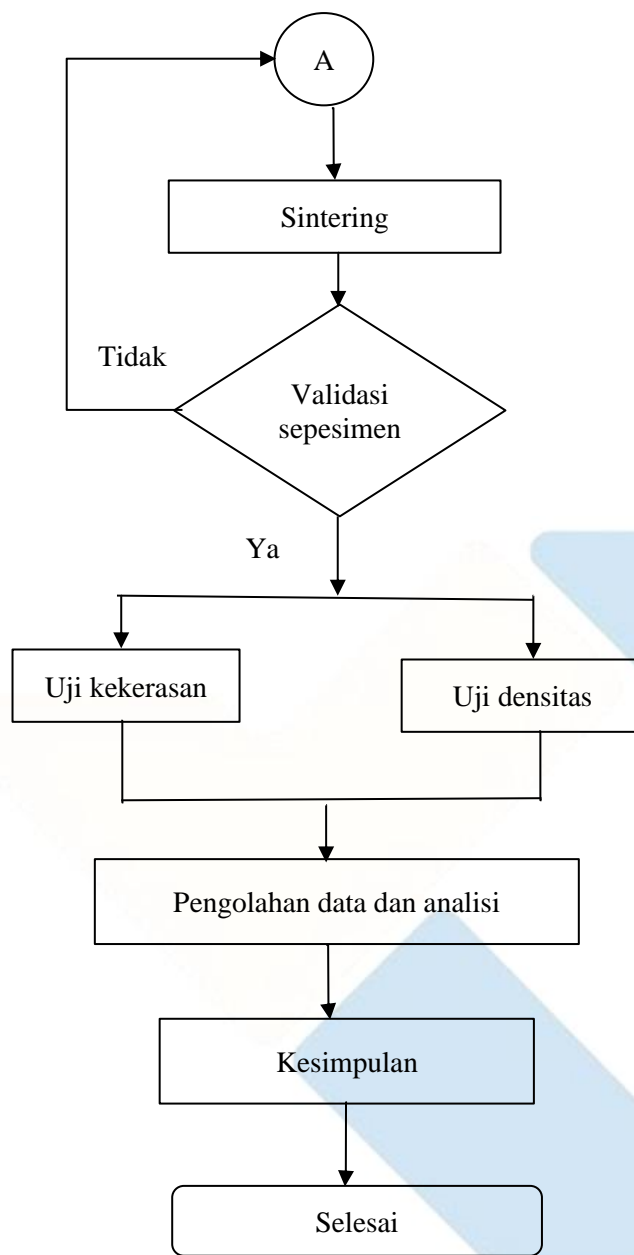
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Tahapan penelitian dalam tugas akhir ini dijabarkan pada diagram alir berikut.





Gambar 3.1 Diagram alir

3.2. Studi Literatur

Studi literatur ini sangat diperlukan pada proses penelitian karena sebagai pendukung untuk mengidentifikasi dan mempelajari dasar-dasar teori untuk dijadikan sebagai acuan pada proses penelitian serta mencari data-data pendukung untuk proses penelitian yang dimana panduan dan referensinya didapatkan dari berbagai sumber seperti buku, jurnal-jurnal, artikel- artikel dan sumber-sumber lainnya baik internet ataupun majalah.

3.3. Bahan dan alat penelitian

Pada proses pembuatan spesimen penelitian ini dilakukan laboratorium LAPALO Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan untuk pengambilan data uji densitas dan uji kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL). Berikut ini bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini

3.3.1. Bahan penelitian

Pada proses penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut:

1. Serbuk aluminium hasil daur ulang

Serbuk Aluminium memiliki kandungan 83,4% Al, 10,06% Si, 2,67% Cu, dan 3,87% unsur lain dari hasil uji XRF, dan hasil uji Psa D50:282.53 μm .



Gambar 3. 2 Serbuk aluminium hasil daur ulang

2. Serbuk *Baggase ash*

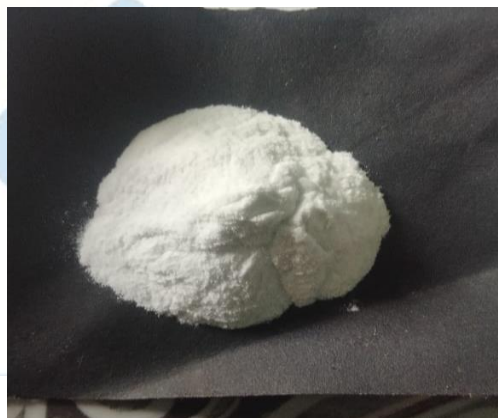
Serbuk *Baggase ash* memiliki kandungan 61,0% Si, 16,7% Ca, dan unsur lain 22,24 dari hasil uji XRF, dan hasil Psa D50:44,08 μm .



Gambar 3.3 Serbuk *Baggase ash*

3. Serbuk Alumina

Serbuk Alumina memiliki kandungan 14,4% SiO₂, 50,8% K₂O, 14,3% CaO, dan unsur lain 20,59% dari hasil uji XRF, dan hasil uji Psa D50:66,06 μm.



Gambar 3.4 Serbuk Alumina

3.3.2. Alat Penelitian

Pada proses penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut :

1. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan sebagai alat untuk menimbang berat serbuk

aluminium, alumina dan *bagasse ash* yang digunakan pada penelitian ini. Berikut ini gambar timbangan digital yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3. 5 Timbangan digital

2. *Ball mill machine*

Ball mill machine digunakan untuk mencampurkan serbuk aluminium, alumina dan *bagasse ash*, mesin ini juga dapat menghancurkan serbuk menjadi partikel-partikel yang lebih halus lagi karena didalam tabung mesin tersebut terdapat bola kecil-kecil. Berikut ini gambar *Ball mill machine* yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Mesin ball mill

3. Mesin press hidrolik

Mesin press hidrolik digunakan untuk memadatkan serbuk dengan cara menekan/mengompaksi serbuk aluminium, alumina dan *bagasse ash* yang sudah diaduk untuk dibentuk sesuai dengan cetakan. Mesin press hidrolik yang digunakan pada penelitian ini ialah menggunakan ram atas dan bawah yang terdapat alat ukur untuk membaca tekanan. Berikut ini gambar mesin press hidrolik yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3. 7 Mesin press hidrolik

4. Alat pengukur suhu (Thermogun)

Alat ini digunakan untuk mengukur suhu pada alat pemanas pada saat proses kompaksi. Berikut ini gambar Thermogun yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.8 Alat Thermogun

5. Furnace

Oven / *furnace* digunakan sebagai alat pemanas sampel komposit yang telah selesai dalam proses kompaksi panas. Berikut ini gambar oven yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.9 Oven

6. Gelas ukur

Gelas ukur berfungsi sebagai wadah menampung air yang di isi secara penuh sebelum sampel dimasukkan kedalamnya. Berikut ini gambar gelas ukur yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3. 10 Gelas ukur

7. Cetakan

Cetakan digunakan untuk proses pembentukan sampel komposit hasil dari proses kompaksi panas, sampel yang dicetak sesuai dengan bentuk cetakan yang dipakai. Pada penelitian ini hasil benda yang dicetak berbentuk cincin dengan ukuran diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm. Berikut ini gambar cetakan yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.11 Cetakan

8. Thermocouple

Alat ini digunakan untuk memanaskan paduan serbuk aluminium, alumina dan *bagasse ash* dengan suhu yang telah ditentukan, proses pemanasan ini dilakukan secara bersamaan dengan proses penekanan/kompaksi panas. Berikut ini gambar Thermocouple yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3. 12 Thermocouple

9. Alat uji kekerasan Portable

Alat uji ini digunakan untuk menguji kekerasan sampel material komposit yang diteliti. Berikut ini gambar alat uji kekerasan portable yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3. 13 Alat uji portable

10. Alat Uji Densitas

Alat uji ini digunakan untuk menimbang sampel didalam air agar dapat mengetahui berat sampel pada saat didalam air. Berikut ini alat uji densitas yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3. 14 Alat uji densita

3.4 Prosedur penelitian

Berikut ini adalah jalannya prosedur penelitian, dijelaskan sebagai Pengikut:

1. Lakukan proses *mixing*

Proses pencampuran bubuk aluminium daur ulang ,bubuk alumina dan bubuk *bagasse ash* menggunakan paduan mekanis. Paduan dilakukan menggunakan *ball mill horizontal*. proses integrasi Parameter proses yang digunakan oleh masinis *ball mill horizontal* ini. Termasuk parameter rasio *ball-to-powder* (BPR) 10:1, parameter kecepatan. Kecepatan mesin adalah 90rpm, dan parameter waktu penggilingan adalah 2 jam atau 120 menit. Pada proses pencampuran dengan metode *mechanical alloying* dibagi menjadi dua tahap Secara bersamaan, yaitu proses pencampuran dan proses penggilingan, dengan cara ini bubuk yang dihasilkan oleh proses pencampuran mekanis dapat campur merata atau hampir seragam untuk menghasilkan bubuk lebih halus dari bubuk sebelum proses pemaduan mekanis.

Komposisi campuran serbuk aluminium yang dihasilkan digunakan dalam penelitian ini alumina daur ulang dan *bagasse ash* daur ulang dengan fraksi volume dengan rasio berat 80% bubuk aluminium daur ulang , 10% alumina, dan 10% *bagasse ash*, berat bubuk campuran yang dibutuhkan untuk setiap sampel adalah 35 gram. Untuk menghasilkan sampel dengan ketebalan 9-10 mm. Proses penimbangan bubuk dilakukan gunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 untuk menimbang serbuk aluminium Satu kali pencampuran

alumina dan *bagasse ash* berat terintegrasi adalah 350 gram.

Setelah proses penimbangan selesai masukkan serbuk tersebut ke dalam tabung yang terdapat pada mesin *horizontal ball mill* untuk dilakukan proses pencampuran mesin tersebut mempunyai bola-bola kecil yang terdapat didalamnya dengan diameter 30 mm dan diameter 25 mm, masing-masing bola memiliki berat masing-masing 111,18 gram dan 65,96 gram, dengan berat rata-rata Kekerasan bola adalah 61 HRC dan 58,2 HRC

2. Proses Kompaksi panas

Tujuan dari proses pemadatan termal adalah untuk memadatkan bubuk digunakan. Proses pemadatan panas dilakukan dengan menggunakan alat press tekanan hidrolik memiliki dua perangkat hidrolik, perangkat hidrolik atas dan perangkat hidrolik bawah dan dilengkapi dengan pressure reader, alat ini digunakan untuk memanaskan serbuk pada saat proses kompaksi panas menggunakan alat *thermocouple* dan cetakan yang digunakan berbentuk cincin yang memiliki diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm, sebelum proses kompaksi panas dilakukan, letakkan cetakan pada alat kompaksi masukkan serbuk yang telah dicampur kedalam cetakan secara merata, setelah itu pasang besi bulat berbentuk cincin dibagian atas cetakan untuk menekan serbuk, cetakan ditekan dengan mesin hidrolik 2 arah penekanan yang terdiri dari ram atas serta bawah yang mempunyai alat ukur agar dapat membaca tekanan. Tekanan kompaksi panas yang diberikan yaitu sebesar 5600, 6000, 6400 Psi selama 15 menit. Proses kompaksi panas dilakukan pada suhu kompaksi yaitu 500°C pada area dapur pemanas yang melingkupi cetakan. Setelah proses kompaksi panas selesai tunggu agar cetakan menjadi dingin dan keluarkan sampel dari cetakan.

3. Proses *sintering*

Tujuan dari proses *sintering* adalah untuk membuat ikatan antar partikel

bubuk meningkat. Saat melakukan proses *sintering*, siapkan sampel hasil sinter setelah dicetak, sampel ditempatkan dalam tungku atau oven. Sedang berlangsung sampel dipanaskan melalui suhu *sintering* yang berbeda, yaitu 610°C. Waktu penahanan 20 menit, 4menit, 60 menit kemudian diberikan. Setelah proses *sintering* selesai, sampel dikeluarkan dari tungku dan didinginkan dalam suhu ruangan.

3.5. Validasi Spesimen

Dalam prosedur ini, *validasi spesimen* dilakukan dengan cara melihatnya secara visual jikapola yang telah dibuat memiliki cacat seperti bentuk yang tidak beraturan sempurna (terkikis), retak dan pecah. Jika sampel telah dibuat dalam keadaan layak uji segera memasuki tahap percobaan, tetapi jika sampel memiliki kesalahan dan tidak seperti yang diharapkan, lalu keluarkan proses cetak ulang sampel dari tahap awal.

3.6. Uji Densitas

Uji densitas dilakukan dengan mengukur berat sampel dengan neraca digital untuk mendapatkan massa sampel. Proses pengujian ini Ini dilakukan dengan menimbang sampel sebelum memasukkannya ke dalam air atau kering dan sampel ditempatkan dalam air atau basah. Data diperoleh dari hasil proses penimbangan, sampel kemudian dibandingkan dengan massa sampel kering relatif terhadap massa sampel yang terkandung dalam air atau basah, proses ini disebut densitas (ρ). Proses pengujian kepadatan mengacu pada ASTM B962-17.

3.7. Uji Kekerasan

Untuk mendapatkan nilai kekerasan dari sampel yang dicetak pada penelitian ini dilakukan pengujian kekerasan pada spesimen. Kekerasan diukur dengan durometer genggam beban tekan 2 kg dengan ujung bulat berdiameter 2 mm, alat uji metode ini digunakan karena relatif sederhana dan nilai kekerasan hasil uji dapat dibaca langsung di layar perangkat tes seluler dan nilainya dapat disimpan secara instan ditampilkan di layar. Prosedur uji kekerasan mengacupada standar ASTM E110-14.

3.8. Pengolahan data

Hasil data diperoleh setelah melakukan uji densitas dan kekerasan, kemudian dihasilkan nilai berupa tabel dan data grafik. Pengujian telah dilakukan untuk melihat hasil pengujian campuran matriks sampel aluminium diperkuat alumina dan *bagasse ash*.

Berikut ini tabel pengujian densitas dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 Data pengujian densitas (g/cm^3)

No	Kompaksi (Psi)	Waktu Sintering (menit)	Nilai Densitas (g/cm^3)			Rata-rata (g/cm^3)
			Spesimen			
			1	2	3	
1	5600	10				
2	5600	20				
3	5600	30				
4	6000	10				
5	6000	20				
6	6000	30				
7	6400	10				
8	6400	20				
9	6400	30				

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

Tabel. 3.2 Data uji kekerasan (HB)

No	Kompaksi (Psi)	Waktu sintering (menit)	Nilai Kekerasan (HB)			Rata-rata (HB)
			Spesimen			
			1	2	3	
1	5600	20				
2	5600	40				
3	5600	60				
4	6000	20				
5	6000	40				
6	6000	60				
7	6400	20				
8	6400	40				
9	6400	60				

3.9. 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)	560	600	640
	0	0	00
Waktu Sintering (menit)	20	40	60

Tabel 3. 4 *Desain Full Factorial*

Eksperimen	Kompaksi (Psi)	Waktu sintering (menit)
1	5600	20
2	5600	40
3	5600	60
4	6000	20
5	6000	40
6	6000	60
7	6400	20
8	6400	40
9	6400	60

Tabel 3.5 Uji ANOVA

Faktor	DF	Adj SS	Adj MM	F- Value	P-Value
Penguat (%)					
Suhu sintering					
Kompaksi*Waktu sintering					
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:

A. Hipotesis Tekanan Kompaksi panas

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

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

B. Hipotesis Waktu Sintering

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

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

C. 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 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, Al₂O₃, *Baggsse ash* meningkat. Hal ini disebabkan oleh tekanan kompaksi panas dapat meningkatkan sifat pembasahan pada serbuk matrik, yang menghasilkan peningkatan ikatan dan kekuatan antar serbuk matrik. Akibatnya, *green body* yang terbentuk menjadi lebih padat, yang mengurangi rongga dan porositas pada komposit.
2. Semakin lama waktu sintering yang diberikan membuat nilai densitas dan kekerasan komposit Al, Al₂O₃, *Baggase ash* mengalami peningkatan. Hal ini akan memberi waktu kepada partikel serbuk matrik dan penguat untuk berikatan satu sama lain. Ini akan meningkatkan ikatan antar serbuk, yang mengurangi porositas dan meningkatkan nilai kekerasan dan densitas.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil evaluasi penelitian, ada beberapa hal yang perlu diperbaiki dan ditingkatkan. misalnya, waktu pencampuran harus lebih lama lagi saat pencampuran serbuk dalam penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aditya and Sugihartana.2014."Pengertian REM". Repository, Bitstream, Umy(<http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/31409/BA D%20I I.pdf?seuence=6&isAlloed=y>)
- [2]. M. T. N. Fuad and H. Yudiono, "Analisa Keausan Kampas Rem Sepeda Motor BerbahanKomposit Serbuk Tempurung Buah Maja," J. Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, vol. 10, no.1, pp. 2614-1876, 2022.
- [3]. Riki, " Dampak Kesehatan Emisi Serat Asbes Dari Cerobong Asap," J. Sekolah TinggiTeknik-PLN, vol. 7, no. 1, 2015.
- [4]. Lu, G., Oyadiji, S. O., & Popov, V. L. (2000). *Friction materials for automotive applications. Journal of Materials Processing Technology*, 99(1-3), 1-12
- [5]. Garg, P., Gupta, V., & Yadav, S. (2019). *Optimization of Friction Materials for Automotive Brake System: A Review. Journal of Engineering Science and TechnologyReview*, 12(2), 66-77.
- [6]. Restu C. S, Agung S, M. V. Hermawan. "Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Komposit Alumunium Tembaga (Al-Cu) Dengan Variasi Komposisi, " J. Sekolah Tinggi TeknologiWarga Surakarta, vol 7, no 4, pp 228 – 235, 2022.
- [7]. Andriyanto, Y., Nugroho, S. A., & Prabowo, A. (2019). Karakterisasi Bahan Gesek Berbasis Limbah Padat Industri Pengolahan Kelapa Sawit Sebagai Alternatif PenggantiBahan Gesek Konvensional. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(2), 101-111.
- [8]. Firmansyah. H, Maula. N, " Analisa Sifat Mekanik Dari Campuran Al-Cu Dengan Perlakuan Waktu Pengadukan Dan Variasi Tekanan Kompaksi," *Jurnal Universitas 17Agustus 1945 Surabaya*, vol 5, no 2, 2022.

- [9]. Abdi-Zay, I. P., Zulfi, F. R., & Gurning, A. (2014). Daur Ulang Scrap Aluminium sebagai Solusi Alternatif untuk Mengurangi Ketergantungan Aluminium Impor Di Indonesia. Conference Paper. DOI: 10.13140/2.1.3237.6006.
- [10]. R. Suprpto, W & Soenoko, "Teknologi Metalurgi Serbuk," Pena Mas Publ., vol. 192, p.10, 2015.
- [11]. Krevelen, "Properties of Polymers, Their Correlation with Chemical Structure, Their Numerical Estimated and Prediction from Additional Group Contributions". Threed Edition. Elsevier Science B. V. Amsterdam. 59 Netherlands," 1994.
- [12]. A. Kaw, *Mechanic of Composite Material*. Edisi kedua. Amerika Serikat: Taylor & Francis Group, LLC. 2006.
- [13]. M. Ramadhan, "Pengaruh Waktu Penggilingan Material Alumunium terhadap Bulir yang Dihasilkan dengan Menggunakan Mesin Bola Penghancur/Ball Milling," Univ. Muhammadiyah Sumatera Utara, pp. 1–56, 2019.
- [14]. M. Milani, "Optimization of the pressing process of triangular shaped cutting toolinserts," Master Thesis Mech. Eng., 2016.
- [15]. M. . Groover, "Fundamentals of Modern Manufacturing Material, Processes, and System 4th edition. John Willey & Sons, Inc. Elly, N.," 2010.
- [16]. I. A. Wahyudie, "Hot Compaction Process Optimization For Improvement Tribology Behavior Of Zirconium Silicate Strengthened BMCs `," J. Southwest Jiaotong Univ., vol.56, 2021.

- [17]. M. Fawaid and S. Hamdi, "Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Komposit Bahan Alternatif Kampas Rem Berpenguat Serat Bambu," *Semin. Nas. Ind. Serv.*, 2015.
- [18]. S. E. Susilowati, A. Fudholi, and D. Sumardiyanto, "Mechanical and microstructural characteristics of Cu–Sn–Zn/ Gr metal matrix composites processed by powder metallurgy for bearing materials," *Results Eng.*, vol. 14, no. February, p. 100377, 2022, doi: 10.1016/j.rineng.2022.100377.
- [19]. 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.
- [20]. I. Chatur Adhi WA, A. A. Alit Triadi, M. Wijana, I. M. Nuarsa, and I. M. Mara, "Kekerasan Produk Metalurgi Serbuk Berbahan Limbah Aluminium dengan Metode Kompaksi Bertahap," *J. Sains Teknol. Lingkung.*, pp. 141–146, 2021, doi: 10.29303/jstl.v0i0.252. T. Surdia and S. Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*. 1985
- [21]. 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.
- [22]. P. Wong, D.S., and Lavoie, "Aluminium : Recycling and Environmental Footprint," *JOM*, vol. 71, no. 9, 2019.
- [23]. I. Bulei, C., Todor, M.P., Heput, T., and Kiss, "Recovering Aluminium for Recycling in Reuseable Backyard Foundry that Melts Aluminium Cans," *Mater. Sci. Eng.*, 2018.
- [24]. Z. Liu and K. Wu, "Introduction to Aluminum-Silicon Casting Alloys," *Springer Briefs Comput. Sci.*, vol. 2, pp. 1–9, 2021, doi: 10.1007/978-981-16-2241-0_1.

- [25]. Hudson, L. K., Misra, C., Perrotta, J., Anthony J., Wefers, K., and Williams, F. S. (2002). Aluminum Oxide. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim. Vol. 10, pp. 557.
- [26]. ASTM International, "Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes' Principle," Astm B962-17, vol. i, pp. 1–7, 2013, doi:10.1520/B0962-17.2.60
- [27]. E110-14, "Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers," ASTM B. Stand., pp. 4–8, 2015, doi: 10.1520/E0110-14.2.
- [28]. M. Syahid, "Analisa Sifat Mekanik Polimer Matriks Komposit Berpenguat Fly Ash Batubara Sebagai Kampas Rem," Univ. Hasanudin Makassar, 2011
- [29]. Hanun, J. N., Setiawan, A., & Afiuddin, A. E. (2019). Karakteristisasi Limbah Bagasse Ash Pabrik Gula sebagai Alternatif Bahan Dasar Zeolit Sintesis. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 22(3), 71-75.
- [30]. 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.
- [31]. 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.
- [32]. 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

- [33]. 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
- [34]. “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)”.



Lampiran 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama : M Ghazi Al
Ghifari Tempat Tanggal Lahir : Pubes, 09
Febuari 2002 Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Jln. Mentok Puding Besar, Kecamatan
Puding Besar, Kabupaten Bangka,
Kepulauan BangkaBelitung
No Telpon/HP : 085764357957
Email : jaziazza83@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

SDN 3 Puding Besar (2008-2014)
SMP Negeri 1 Puding Besar (2014-2017)
SMA Negeri 1 Puding Besar (2017-2020)

Lampiran 2

Hasil Sertifikat Serbuk Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	137/23-S403 (%)	Standar Deviasi
Si	10,09	0,185
Fe	0,640	0,029
Cu	2,674	0,170
Mn	0,188	0,0050
Mg	0,503	0,017
Cr	0,030	0,0092
Ni	1,042	0,227
Zn	0,849	0,072
Ti	0,048	0,0096
Pb	0,143	0,038
Sn	0,152	0,036
V	0,0087	0,0035
Sr	0,0039	0,0004
Zr	0,0084	0,0015
Cd	<0,0050	0,0011
Co	0,0063	0,0082
B	<0,0010	0,0004
Ag	0,0028	0,0005
Bi	0,118	0,152
Ca	0,027	0,012
Li	<0,300	0,074
Al	83,40	0,282

Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian
Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang dituji

Klaten, 06 April 2023
Manajer Teknik
Lutiyaning, ST., MT.



Lampiran 3

Hasil Anova Manual Uji Densitas

tekanan	waktu tahan			total	kuadrat		
	20	40	60		20	40	60
5600	1.86	1.97	1.95	5.78	3.4596	3.8809	3.8025
5600	1.95	1.9	1.98	5.83	3.8025	3.61	3.9204
5600	1.77	1.98	1.96	5.71	3.1329	3.9204	3.8416
6000	1.88	1.96	1.97	5.81	3.5344	3.8416	3.8809
6000	1.96	1.96	1.97	5.89	3.8416	3.8416	3.8809
6000	1.93	1.97	1.98	5.88	3.7249	3.8809	3.9204
6400	1.87	1.98	1.98	5.83	3.4969	3.9204	3.9204
6400	1.97	1.95	1.99	5.91	3.8809	3.8025	3.9601
6400	1.96	1.98	1.97	5.91	3.8416	3.9204	3.8809
					total kuadrat		102.3421
5600	5.58	5.85	5.89	17.32	299.9824		102.2846
6000	5.77	5.89	5.92	17.58	309.0564		
6400	5.8	5.91	5.94	17.65	311.5225		
total	17.15	17.65	17.75	52.55	2761.5025	102.2779	
	pangkat				pangkat total kuadrat		
5600	31.1364	34.2225	34.6921				
6000	33.2929	34.6921	35.0464				
6400	33.64	34.9281	35.2836	102.3114		34.11403	
	294.1225	311.5225	315.0625	102.3008			

jumlah kuadrat total	0.06423		rata kolom masing masing			
jumlah kuadrat baris	0.006719		1.86	1.95	1.963333	
jumlah kuadrat kolom	0.022963		1.923333333	1.963333333	1.973333	
jumlah kuadrat interaksi	0.0000		1.933333333	1.97	1.98	
jumlah kuadrat error	0.0345		rata baris	rata kolom gabungan		
rata-rata kuadrat			1.924444444	1.905555556		
s1	0.003359		1.953333333	1.961111111		
s2	0.011481		1.961111111	1.972222222	1.946296	semua
s3	0					
s4 error	0.00157		-0.0237037	0.010740741	0.012963	
F hitung			0.010740741	-0.00481481	-0.00593	
F1	2.139151		0.012962963	-0.00592593	-0.00704	
F2	7.311321					
F3	0		-0.00851852	7.25652E-05	0.000218	
			0.012962963			
F tabel	19		-0.02148148	0.05797		
α	0.05					
DoF tekanan kompaksi	2					
DoF waktu tahanan	2					
DoF gabungan	4					



Lampiran 4

Uji Anova Kekerasan

tekanan kompaksi	waktu tahan	1	2	3	rata-rata		kc
5600	20	35	38	40	37,6		Ht
5600	40	42	36	41	39,6		H:
5600	60	45	40	42	42,3		
6000	20	45	43	43	43,6		w
6000	40	44	47	45	45,3		Ht
6000	60	46	46,7	45,7	46,1		H:
6400	20	45	45	46	45,3		
6400	40	48	45	47	46,6		in
6400	60	48	47	46,7	47,2		Ht
							H:

tekanan	waktu tahan			total	kuadrat	hasil bagi
	20	40	60			
5600	113	119	127	359	128881	467703
6000	131	136	138.4	405.4	164349.16	51967.1
6400	136	140	141.7	417.7	174473.29	
Σ total	380	395	407.1	1182.1	1397360.41	51754.1
jumlah kuadrat total	52075.27		321.18074			
jumlah kuadrat baris			212.96074			
jumlah kuadrat kolom			40.956296			
jumlah kuadrat interaksi			0	-34649.6		
jumlah kuadrat error			67.263704			
rata-rata kuadrat						
s1^2			106.48037			
s2^2			20.478148			
s3^2			0			
s4^2 error			3.0574411			

F hitung				
F1			34.82663	
F2			6.6978063	
F3			0	
F tabel			6.9442719	19

kuadrat			
1225	1444	1600	
1764	1296	1681	
2025	1600	1764	
2025	1849	1849	
1936	2209	2025	
2116	2180.89	2088.49	
2025	2025	2116	
2304	2025	2209	
2304	2209	2180.89	
rasan			
17358.4233			
12769	14161	16129	
17161	18496	19154.6	
18496	19600	20078.9	
156045.45			
52015.15			
144400	156025	165730	
51795.0456			
α	0.05		
dof TK	2		
dof WT	2		
dof TK, WT	4		
82016.4	474.68	2041.12	84574.7
42.5			



Lampiran 5

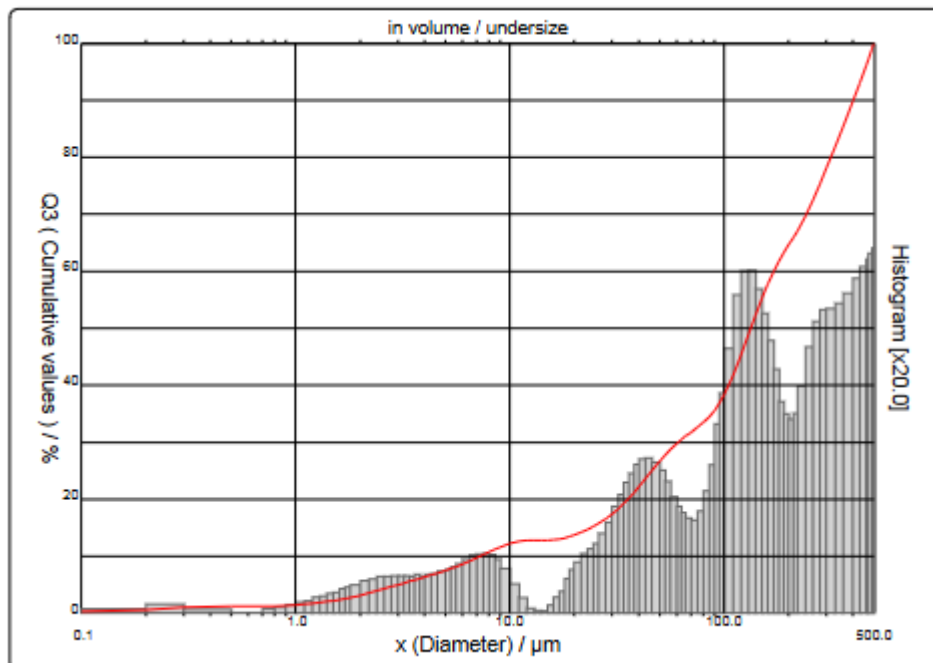
Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Aluminium, Alumina, *Bagasse ahs*



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : ALAI2O3.BA.	Obscuration : 3 %
Sample type : Serbuk	Diameter at 10% : 7.23 μm
Comments :	Diameter at 50% : 133.12 μm
-----	Diameter at 90% : 401.73 μm
Operator : BBG	Mean diameter : 171.71 μm
Company : FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer
Location : MALANG	Density/Factor : -----
Date : 10/02/2023 Time : 01:38:41PM	Specific surface : -----
Index meas. : 1171	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Database name : CilasDB1	SOP name : Fraunhofer





PARTICLE SIZE DISTRIBUTION
CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

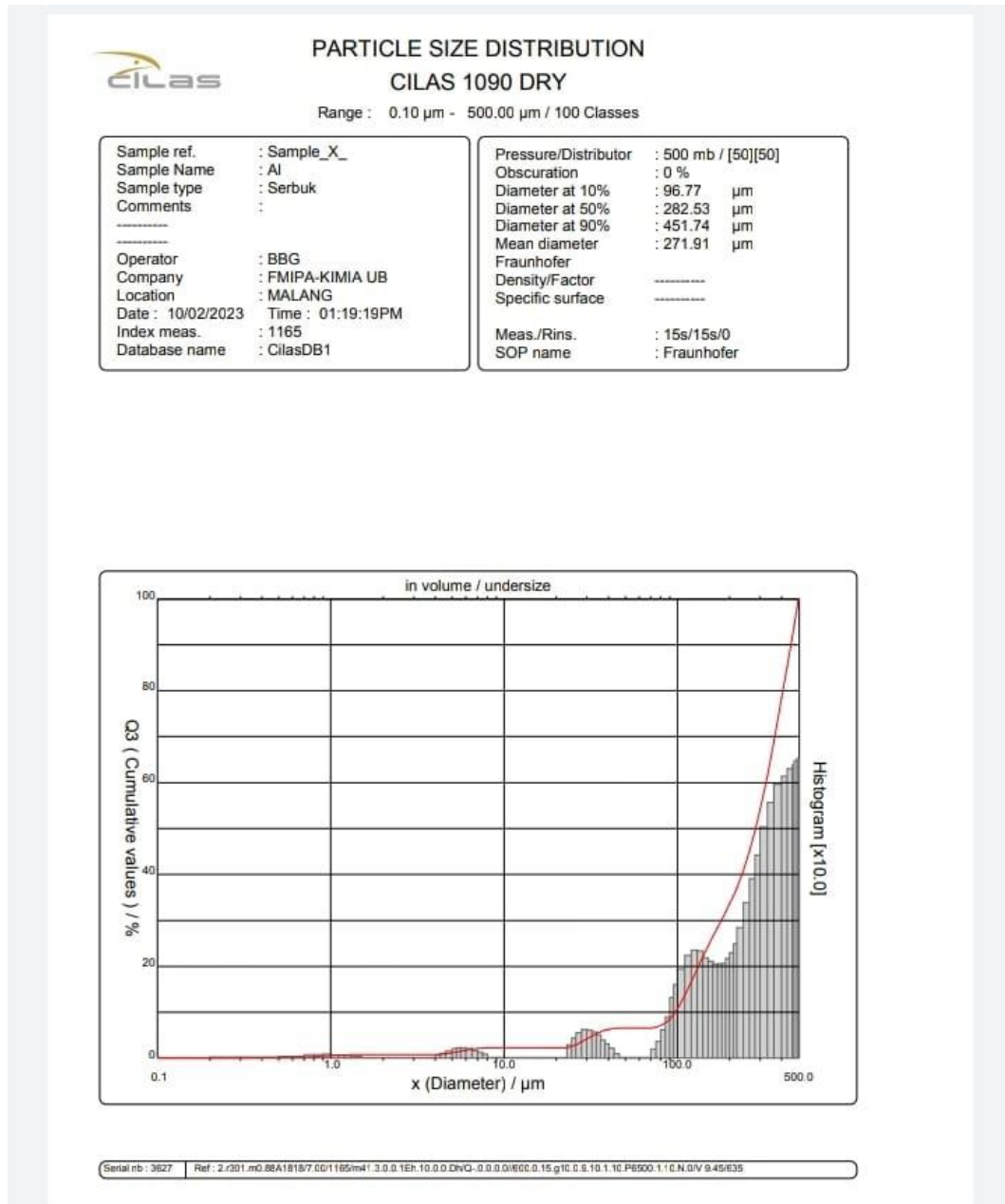
Sample ref. : Sample_X	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : AL ₂ O ₃ .BA.	Obscuration : 3 %
Sample type : Serbuk	Diameter at 10% : 7.23 µm
Comments :	Diameter at 50% : 133.12 µm
-----	Diameter at 90% : 401.73 µm
Operator : BGG	Mean diameter : 171.71 µm
Company : FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer
Location : MALANG	Density/Factor : -----
Date : 10/02/2023 Time : 01:38:41PM	Specific surface : -----
Index meas. : 1171	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Database name : CilasDB1	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	0.29	0.60	1.03	1.23	1.23	1.29	1.37	1.48	1.61	1.74
q3	0.01	0.03	0.07	0.03	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	1.90	2.06	2.23	2.40	2.59	2.78	3.16	3.56	3.94	4.32
q3	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.22	0.24	0.28	0.29	0.32
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	4.67	5.00	5.31	5.60	5.87	6.14	6.38	6.74	7.08	7.53
q3	0.31	0.32	0.32	0.32	0.31	0.33	0.31	0.33	0.34	0.36
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	7.86	8.19	8.63	9.19	9.75	10.28	10.78	11.24	11.64	12.25
q3	0.38	0.40	0.42	0.47	0.50	0.51	0.52	0.51	0.47	0.39
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	12.61	12.78	12.82	12.84	12.85	12.91	13.03	13.19	13.43	13.72
q3	0.25	0.13	0.03	0.02	0.01	0.06	0.13	0.19	0.30	0.38
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	14.20	14.72	15.25	15.79	16.56	17.38	18.28	19.22	20.20	21.19
q3	0.44	0.51	0.56	0.60	0.69	0.79	0.93	1.03	1.14	1.22
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	22.19	23.65	25.02	26.67	27.76	28.71	29.76	30.44	31.05	31.78
q3	1.30	1.34	1.35	1.32	1.25	1.15	1.01	0.93	0.87	0.83
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	32.62	33.48	34.45	35.56	36.90	38.38	41.69	45.33	48.93	52.27
q3	0.81	0.89	1.07	1.29	1.65	1.92	2.31	2.78	2.99	3.00
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	55.21	57.75	59.92	61.75	63.25	64.59	65.83	67.05	69.64	72.44
q3	2.84	2.62	2.38	2.13	1.85	1.74	1.69	1.75	1.98	2.33
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	75.28	78.03	81.84	85.38	89.81	92.99	96.06	97.06	99.03	100.00
q3	2.55	2.65	2.66	2.71	2.80	2.93	3.03	3.10	3.15	3.20

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

Lampiran 6

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Al





PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_ Sample Name : AI Sample type : Serbuk Comments : <hr/> Operator : BBG Company : FMIPA-KIMIA UB Location : MALANG Date : 10/02/2023 Time : 01:19:19PM Index meas. : 1165 Database name : CilasDB1	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50] Obscuration : 0 % Diameter at 10% : 96.77 µm Diameter at 50% : 282.53 µm Diameter at 90% : 451.74 µm Mean diameter : 271.91 µm Fraunhofer Density/Factor : ----- Specific surface : ----- Meas./Rins. : 15s/15s/0 SOP name : Fraunhofer
---	--

Standards classes in volume / undersize

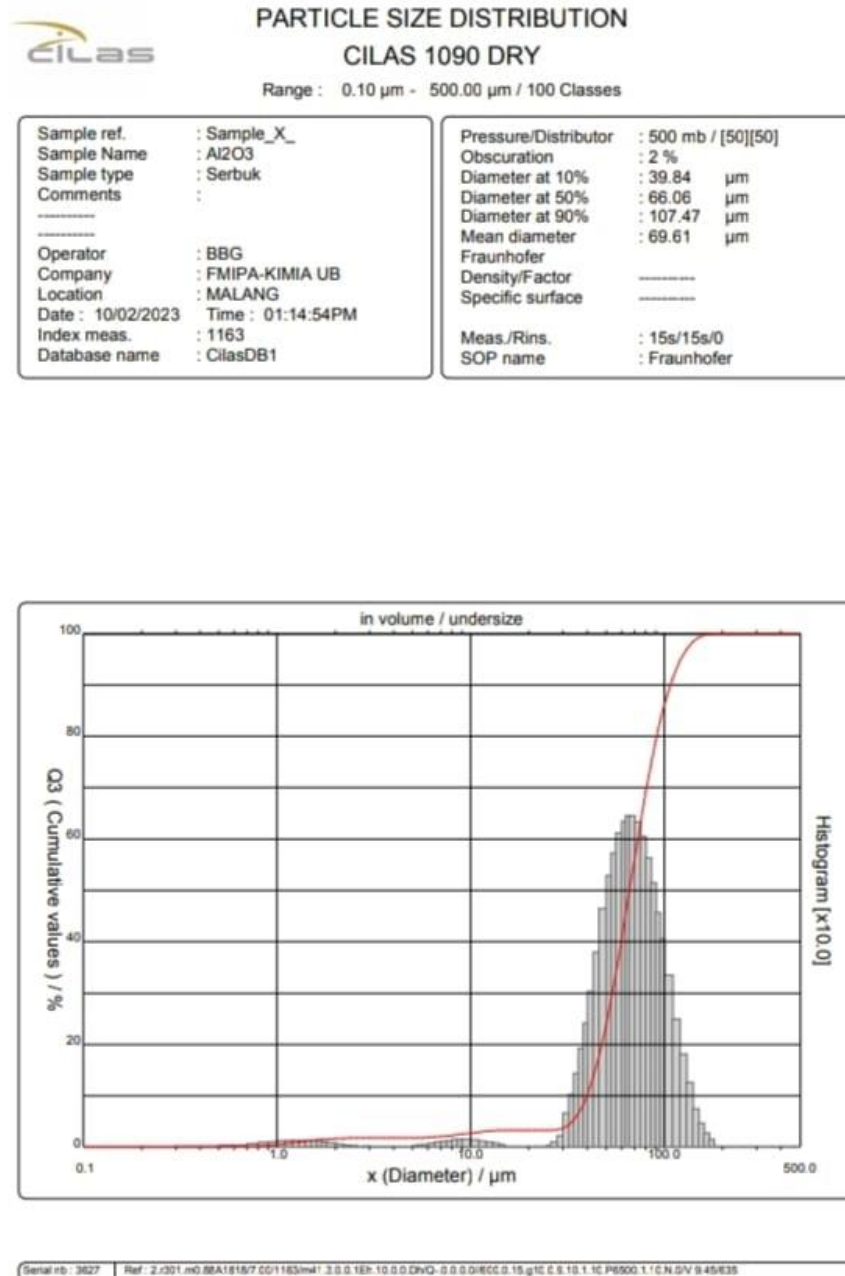
x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.00	0.00	0.05	0.11	0.25	0.37	0.48	0.59	0.67	0.73
q3	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	0.06	0.07	0.05	0.04
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	0.78	0.81	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
q3	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.89	0.98	1.15
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09	0.13
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	1.32	1.50	1.72	1.96	2.12	2.23	2.30	2.30	2.30	2.30
q3	0.19	0.21	0.21	0.20	0.14	0.10	0.07	0.00	0.00	0.00
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	2.30	2.30	2.57	2.96	3.57	4.22	4.81	5.33	5.76	6.07
q3	0.00	0.00	0.28	0.43	0.54	0.61	0.60	0.56	0.49	0.37
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	6.30	6.52	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
q3	0.29	0.20	0.08	0.00	0.00	0.00	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	6.79	7.14	7.70	8.47	9.55	10.80	13.62	16.59	19.46	22.10
q3	0.18	0.35	0.60	0.88	1.30	1.59	1.93	2.22	2.33	2.32
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	24.40	26.47	28.37	30.16	31.86	33.56	35.27	37.04	40.82	44.96
q3	2.17	2.09	2.04	2.04	2.05	2.16	2.28	2.48	2.83	3.37
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	49.39	54.06	61.41	68.83	78.44	85.24	91.75	93.85	97.98	100.00
q3	3.89	4.41	5.02	5.55	5.94	6.12	6.29	6.36	6.45	6.51

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

Serial no: 3627 Ref: 2.201.m0.8A19187.C01165.m41.2.0.0.1Eh.10.0.0.DvQ-0.0.0.0.R0C0.15.g10.C.1.10.1.10.P6900.1.1.C.N.D/V.9.45/E35

Lampiran 7

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Al_2O_3





PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

<p>Sample ref. : Sample_X_ Sample Name : Al2O3 Sample type : Serbuk Comments : ----- Operator : BBG Company : FMIPA-KIMIA UB Location : MALANG Date : 10/02/2023 Time : 01:14:54PM Index meas. : 1163 Database name : CilasDB1</p>	<p>Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50] Obscuration : 2 % Diameter at 10% : 39.84 µm Diameter at 50% : 66.06 µm Diameter at 90% : 107.47 µm Mean diameter : 69.61 µm Fraunhofer Density/Factor : ----- Specific surface : ----- Meas./Rins. : 15s/15s/0 SOP name : Fraunhofer</p>
--	---

Standards classes in volume / undersize

x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.00	0.00	0.00	0.02	0.15	0.26	0.40	0.55	0.71	0.87
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.08	0.09	0.11	0.12
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	1.02	1.16	1.29	1.40	1.50	1.58	1.70	1.76	1.79	1.81
q3	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.07	0.04	0.02	0.02
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	1.81	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
q3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	1.83	1.86	1.90	1.98	2.08	2.19	2.30	2.43	2.55	2.77
q3	0.01	0.03	0.04	0.06	0.09	0.10	0.11	0.14	0.13	0.13
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	2.96	3.10	3.20	3.27	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31	3.31
q3	0.13	0.10	0.08	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	3.31	3.31	3.31	3.32	3.42	3.65	4.31	5.28	6.57	8.20
q3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.21	0.65	1.01	1.42	1.90
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	10.15	13.61	17.65	23.76	28.63	33.61	40.28	45.17	49.91	55.91
q3	2.40	3.02	3.78	4.62	5.27	5.71	6.10	6.33	6.43	6.44
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	62.81	68.98	74.37	79.02	82.92	86.20	91.23	94.64	96.91	98.37
q3	6.31	6.03	5.61	5.13	4.55	4.04	3.33	2.47	1.79	1.24
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	99.17	99.63	99.88	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.73	0.45	0.26	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

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

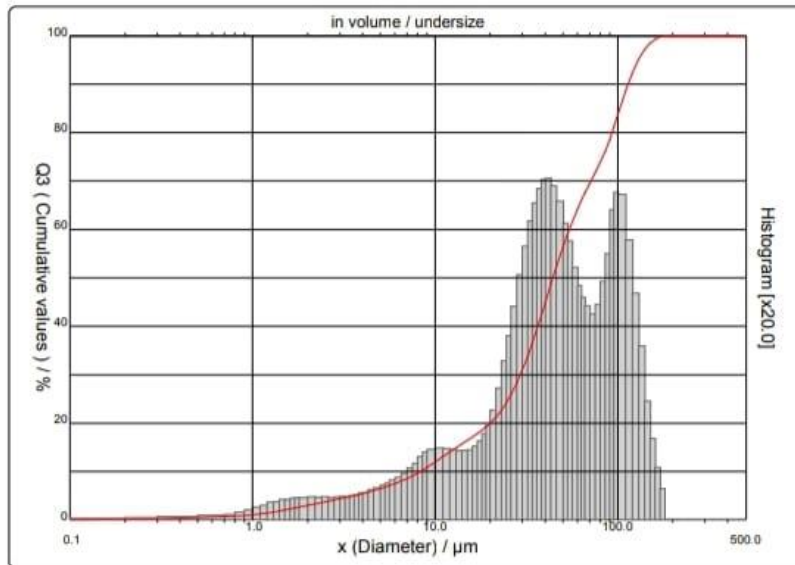
Lampiran 8
Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk BA



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION
CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

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



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.86A1818/7.00/1161/m41.3.0.0.1EH.10.0.0.DvQ-0.0.0.0/W00.0.15.g1C.C.5.10.1.1C.P6500.1.10.N.0/V.9.45/W35



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION
CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : BA	Obscuration : 3 %
Sample type : Serbuk	Diameter at 10% : 8.27 µm
Comments :	Diameter at 50% : 44.08 µm
-----	Diameter at 90% : 113.72 µm
Operator : BBG	Mean diameter : 54.47 µm
Company : FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer
Location : MALANG	Density/Factor : -----
Date : 10/02/2023 Time : 01:09:49PM	Specific surface : -----
Index meas. : 1161	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Database name : CilasDB1	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	x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	0.09	0.18	0.27	0.48	0.69	0.79	0.92	1.07	1.25	1.44	Q3	1.65	1.85	2.06	2.26	2.46	2.65	3.00	3.33	3.63	3.91
q3	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.12	0.14	q3	0.17	0.18	0.20	0.20	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00	x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	4.16	4.40	4.63	4.84	5.05	5.25	5.46	5.76	6.07	6.48	Q3	6.79	7.10	7.52	8.04	8.57	9.12	9.68	10.27	10.87	12.02
q3	0.22	0.23	0.24	0.23	0.24	0.24	0.27	0.27	0.30	0.33	q3	0.35	0.37	0.40	0.43	0.47	0.53	0.57	0.64	0.69	0.72
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	13.08	14.04	14.91	15.70	16.44	17.14	17.83	18.53	19.25	20.00	Q3	21.23	22.61	24.17	25.87	28.33	30.96	33.71	36.53	39.35	42.14
q3	0.74	0.73	0.72	0.71	0.71	0.72	0.75	0.81	0.88	0.97	q3	1.12	1.35	1.63	1.89	2.20	2.52	2.82	3.08	3.26	3.41
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00	x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	44.86	48.71	52.22	56.36	59.05	61.44	64.15	65.93	67.54	69.50	Q3	44.86	48.71	52.22	56.36	59.05	61.44	64.15	65.93	67.54	69.50
q3	3.51	3.52	3.44	3.28	3.05	2.87	2.60	2.41	2.29	2.20	q3	3.51	3.52	3.44	3.28	3.05	2.87	2.60	2.41	2.29	2.20
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0	x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	71.71	73.87	76.12	78.49	81.10	83.72	88.55	92.34	95.16	97.16	Q3	71.71	73.87	76.12	78.49	81.10	83.72	88.55	92.34	95.16	97.16
q3	2.12	2.21	2.45	2.74	3.19	3.38	3.35	2.88	2.33	1.78	q3	2.12	2.21	2.45	2.74	3.19	3.38	3.35	2.88	2.33	1.78
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0	x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	98.43	99.24	99.73	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Q3	98.43	99.24	99.73	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	1.22	0.83	0.53	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	q3	1.22	0.83	0.53	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0	x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

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

Lampiran 9

Bukti Bukan Plagiasi

gajol

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	ejournal.pnc.ac.id Internet Source	2%
2	repository.its.ac.id Internet Source	1%
3	journalstkipgrisitubondo.ac.id Internet Source	1%
4	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	1%
5	docplayer.info Internet Source	1%
6	123dok.com Internet Source	1%
7	pt.scribd.com Internet Source	1%
8	journal.ubb.ac.id Internet Source	1%
9	repository.usd.ac.id Internet Source	1%

10	dspace.uui.ac.id Internet Source	1 %
11	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
12	adoc.pub Internet Source	<1 %
13	repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %
14	tms1.unisma45bekasi.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
15	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
16	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1 %
17	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
18	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
19	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
20	ejournal-polnam.ac.id Internet Source	<1 %
21	repository.um-surabaya.ac.id Internet Source	<1 %

22	jurnal.sttw.ac.id Internet Source	<1 %
23	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
24	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
25	eprints.polbeng.ac.id Internet Source	<1 %
26	vdocuments.pub Internet Source	<1 %
27	core.ac.uk Internet Source	<1 %
28	media.neliti.com Internet Source	<1 %
29	vdocuments.mx Internet Source	<1 %
30	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	<1 %
31	fdocuments.net Internet Source	<1 %
32	repository.iainpare.ac.id Internet Source	<1 %

33	Agung Supriyanto, Stanisias Aprilia Nisida, Muh. Vandy Hermawan. "EKSPERIMEN VARIASI UKURAN BUTIR DAN TEKANAN KOMPAKSI CAMPURAN Al-Si TERHADAP DENSITAS DAN POROSITAS METODE METALURGI SERBUK", <i>Teknika</i> , 2022 Publication	<1 %
34	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	<1 %
35	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1 %
36	es.scribd.com Internet Source	<1 %
37	repository.teknokrat.ac.id Internet Source	<1 %
38	ar.scribd.com Internet Source	<1 %
39	digilib.its.ac.id Internet Source	<1 %
40	ojs.unud.ac.id Internet Source	<1 %
41	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
42	research-report.umm.ac.id Internet Source	<1 %

33	Agung Supriyanto, Stanisias Aprilia Nisida, Muh. Vendy Hermawan. "EKSPERIMEN VARIASI UKURAN BUTIR DAN TEKANAN KOMPAKSI CAMPURAN Al-Si TERHADAP DENSITAS DAN POROSITAS METODE METALURGI SERBUK", <i>Teknika</i> , 2022 Publication	<1 %
34	Submitted to Universitas Muria Kudus Student Paper	<1 %
35	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1 %
36	es.scribd.com Internet Source	<1 %
37	repository.teknokrat.ac.id Internet Source	<1 %
38	ar.scribd.com Internet Source	<1 %
39	digilib.its.ac.id Internet Source	<1 %
40	ojs.unud.ac.id Internet Source	<1 %
41	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
42	research-report.umm.ac.id Internet Source	<1 %

43	www.scribd.com Internet Source	<1 %
44	andayana.wordpress.com Internet Source	<1 %
45	ejurnal.its.ac.id Internet Source	<1 %
46	ojs.stie-tdn.ac.id Internet Source	<1 %
47	eprints.akprind.ac.id Internet Source	<1 %
48	Kaleb Priyanto, Martinus Heru Palmiyanto, Bambang Hari Priyambodo, Edi Cahyono. "STUDI VARIASI TEMPERATUR HARDENING TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4340 MELALUI JOMINY TEST", <i>Teknika</i> , 2023 Publication	<1 %
49	Muhammad Asep. "PENGARUH VARIASI TEKANAN KOMPAKSI PANAS TERHADAP DENSITAS DAN KEKERASAN AMC DIPERKUAT SiO ₂ ", <i>Machine : Jurnal Teknik Mesin</i> , 2023 Publication	<1 %
50	repository.upstegal.ac.id Internet Source	<1 %
51	gregoriusagung.wordpress.com Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off Exclude matches Off
 Exclude bibliography Off

Lampiran 10

Bukti Publikasi

**JITT :**
JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG
Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585
website : <https://jitt.polman-babel.ac.id>
e-ISSN : 3026-0213

SURAT KETERANGAN
Nomor : 076/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

“REKAYASA KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM DIPERKUAT ALUMINA DAN BAGASSE ASH DENGAN METODE METALURGI SERBUK”

Atas nama :


Penulis : M GHAZI AL GHIFARI, SOMAWARDI, AHAMAD RUSDI, SUKANTO

Afiliasi : POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 27 November 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 28 November 2023
Kepala P3KM


Dr. Parulian Silalahi, M.Pd
NIP. 1964-01-02-2021 211 001

Lampiran 11

Poster Proyek Akhir

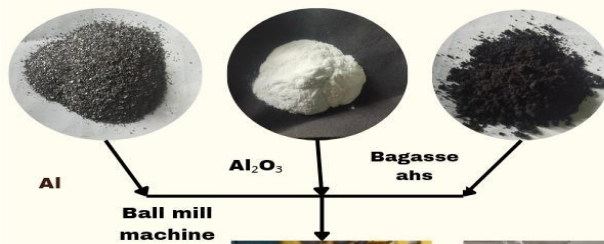


M GHAZI AL GHIFARI, DR Sukanto, S.S.T.,M.Eng Somawardi, S.S.T.,MT
 Proyek Akhir 2023/204

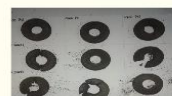


REKAYASA KOMPOSIT Matriks ALUMINIUM DIPERKUAT DENGAN ALUMINA DAN BAGASSE AHS DENGAN METODE METALURGI SERBUK

Metode



Peres hidrolisk



Oven



Uji densitas



Uji portabel

Hasil





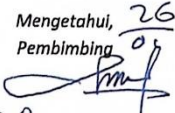

PARAMETER:
 5600 Psi, 20 menit, 600°C
 6000 Psi, 40 menit, 600°C
 6400 Psi, 60 menit, 600°C

Kesimpulan



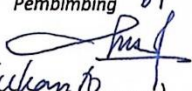
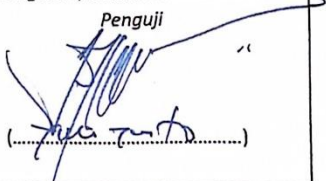
Semakin tinggi tekanan kompaksi dan suhu sintering maka semakin tinggi juga hasil kekerasan dan densitas (47,2 HB dan 1,98 g/m³)

Lampiran 12
Form Revisi Laporan Akhir


FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....	
	JUDUL : REKAYASA KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM DIPERKUAT ALUMINA DAN BAGASE ASH DENGAN METODE METALURGI SERBUK.	
Nama Mahasiswa :	1. M. GHAZI, A. G NIM: 1042015 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____	
Bagian yang direvisi		Halaman
1- Perbaiki tulisan - tulisan yang masih salah.		
2- Penulisan mengikuti panduan P-A		
3- Tujuan Penelitian Harap di Perjelas!		
4- Gambar standar ASTM... dimasukan kedalam Makalah.		
5- Flow chart di Revisi mengikuti metode penulisan yg benar ditambahkan.		
Sungailiat,16/01/2024 Penguji  (...Boy Rollastin...)		
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa		
Mengetahui, Pembimbing  (...Suharto...)	Sungailiat,26/01/2024 Penguji  (...Boy Rollastin...)	

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK 2023 / 2024	
	JUDUL : <u>Relevansi kompetensi mata kuliah Alumnus di</u> <u>Perilaku Alumnus dan Bagaimana Kita</u> <u>Mero dan Merolanya Serta</u>	
Nama Mahasiswa :	1. <u>M. Ghori Cahfer :</u> NIM: <u>1042015</u>	
	2. _____ NIM: _____	
	3. _____ NIM: _____	
	4. _____ NIM: _____	
	5. _____ NIM: _____	
Bagian yang direvisi		Halaman
Lihat awal		1/1000
Perbaiki secara total		1
Sungailiat, ...16-01-2024...		Penguji  (.....)
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa		
Mengetahui, <u>26/01/2024</u> Pembimbing  (.....)	Sungailiat, Penguji  (.....)	

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

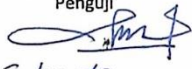


FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK
2023/2024

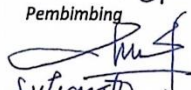

JUDUL : Rekayasa Komposit matrik Alumina
di perkuat Alumina dan PA dg Metode
Metakempa Serbuk

Nama Mahasiswa : 1. M. Ghofar Al-Ghifari NIM: 1042015
2. _____ NIM: _____
3. _____ NIM: _____
4. _____ NIM: _____
5. _____ NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
1. <u>Tabel</u> <u>Teori Desain</u> → <u>rumus</u> <u>nilai</u> <u>perbaiki</u>	11
2. <u>hal xi-1-6</u> <u>template</u> (<u>ukuran margin</u>) <u>SALAH</u>	1-6
3. <u>Gbr 2.7</u> <u>tidak jelas</u>	10
4. <u>Margin</u>	22-24
5. <u>Gbr</u>	
6. <u>Tujuan</u> → <u>diubah</u> <u>jar. 2</u>	2

Sungailat, 16-01-2023
Penguji

(.....Sukanto.....)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing <u>26/01/24</u>  (.....<u>Sukanto</u>.....)</p>	<p style="text-align: center;">Sungailat, Penguji  (.....)</p>
--	--