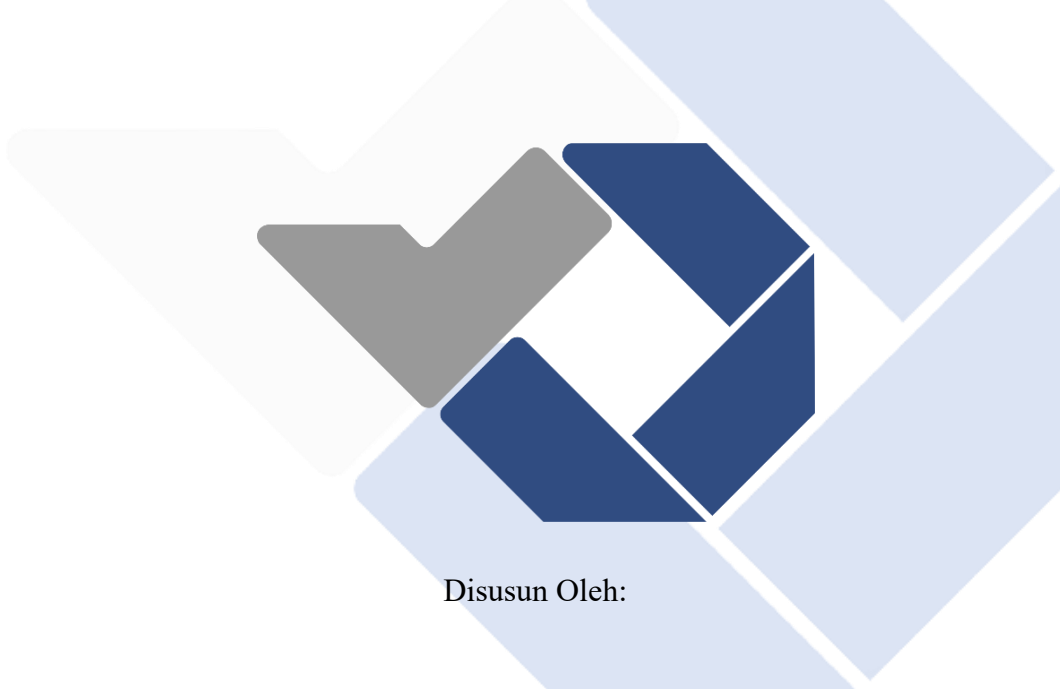


**PEMBUATAN KOMPOSIT AMC DI PERKUAT *HYBRID*
BAGGASE ASH – ALUMINA TERHADAP VARIASI
KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING DENGAN
METODE METALURGI SERBUK**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh:

YULIA ANGGRENI NIM: 1042030

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2024**

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**PEMBUATAN KOMPOSIT AMC DI PERKUAT *HYBRIB BAGGASE ASH* –
ALUMINA TERHADAP VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING
METODE METALURGI SERBUK**

Oleh :

Yulia Anggreni

/

NPM : 1042030

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

Mengetahui

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



(.....)

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

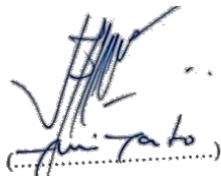


(.....)

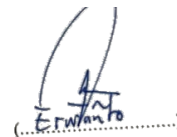
Sugiyarto, S.S.T .,M.T

Penguji 1

Penguji 2



(.....)



(.....)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Yulia Anggreni NIM : 1042030

Dengan Judul : Pembuatan Komposit AMC Diperkuat *Hybrid Baggase AS* - Alumina Terhadap Variasi Kompaksi dan Suhu Sintering Metode Metalurgi Serbuk

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

Sungailiat, 25 Januari 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Yulia Anggreni



.....

ABSTRAK

Industri otomotif saat ini sudah berkembang pesat salah satunya komponen kampas rem dibidang transportasi. Kampas rem secara umum mengandung asbestos yang sangat berbahaya bagi kesehatan serta tidak ramah lingkungan, karena terdapat zat Carsinogenik. Apabila partikel hasil gesekan kampas rem tersebut beterbangan dan terhirup oleh manusia maka sangat berakibat fatal. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif baru untuk memenuhi kebutuhan material sebagai pengganti asbestos tersebut seperti komposit matriks aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan kompaksi dan suhu sintering terhadap densitas serta kekerasan AMC diperkuat BA dan Al_2O_3 . Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode metalurgi serbuk yang terdiri dari tahap persiapan, mixing, kompaksi, dan sintering. Proses pencampuran ini menggunakan mesin ball mill dengan parameter rasio bola 10:1 dan waktu pengadukan selama 2 jam serta dengan kecepatan putar 90 rpm. Pada proses kompaksi dilakukan dengan penekanan dua arah menggunakan mesin press hidrolis yang terdapat alat pengukur tekanan. Parameter yang digunakan pada proses kompaksi yaitu 5600, 6000, 6400 Psi dengan waktu tahan selama 15 menit. Sedangkan parameter pada proses sintering yaitu dengan suhu 550, 580, 610 °C dengan waktu tahan selama 10 menit. Pengujian densitas dilakukan dengan berpedoman pada hukum Archimedes dengan ASTM B962-17 mendapatkan hasil dengan nilai tertinggi 1,59 gr/cm³, Sedangkan pengujian kekerasan dilakukan dengan berpedoman pada uji kekerasan Brinell Portable dengan ASTM E110-14 mendapatkan hasil tertinggi dinilai 42,76 HRB, nilai tertinggi tersebut terdapat pada tekanan kompaksi 6400 Psi. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi tekanan maka semakin tinggi nilai kekerasan dan densitas sampel .

Kata kunci: kampas rem, metalurgi serbuk, AMC hybrid BA – Al_2O_3 , densitas, kekerasan

ABSTRAK

The automotive industry is currently growing rapidly, one of which is the brake lining component in the field of transportation. Brake pads in general contain asbestos which is very harmful to health and not environmentally friendly, because there are carcinogenic. If the particles resulting from the friction of the brake lining fly and are inhaled by humans, it is very fatal. Therefore, new alternatives are needed to meet the needs of materials as a substitute for asbestos such as aluminum matrix composites. This study aims to determine the effect of variations in compaction pressure and sintering temperature on the density and hardness of AMC strengthened BA and Al₂O₃. The method used in this study is the powder metallurgy method which consists of the stages of preparation, mixing, compaction, and sintering. This mixing process uses a ball mill machine with a ball ratio parameter of 10: 1 and a stirring time of 2 hours and a rotating speed of 90 rpm. The compaction process is carried out by pressing two directions using a hydraulic press machine that has a pressure gauge. The parameters used in the compaction process are 5600, 6000, 6400 Psi with a hold time of 15 minutes. While the parameters in the sintering process are with temperatures of 550, 580, 610 oC with a holding time of 10 minutes. Density testing is carried out based on Archimedes' law with ASTM B962-17 getting the highest value of 1.59 gr / cm³, while hardness testing is carried out based on the Brinell Portable hardness test with ASTM E110-14 getting the highest result rated at 42.76 HRB, the highest value is found at a compaction pressure of 6400 Psi. This shows that the higher the pressure, the higher the hardness value and density of the sample.

Key words: Brake Lining, Powder Metallurgy, AMC Hybrid BA – Al₂O₃, Density, Hardness.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pembuatan Komposit Variasi Kompaksi dan Suhu Sintering Terhadap AMC diperkuat Hybrid Baggase Ash dan Alumina 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. 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 Jurusan 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, S.S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang selalu membimbing dan memberikan masukan serta perbaikan selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Sugiyantoro, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan masukan serta perbaikan penulisan selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Yuliyanto, S.S.T.,M.T selaku kepala Laboratorium Las dan Fabrikasi Logam.
7. Bapak Zulfitriyanto, S.S.T.,M.T selaku dosen wali.
8. Para PLP yang telah membantu memperlancar proses pengerjaan tugas akhir.
9. Kedua orang tua paling berjasa dalam hidup saya. Papa Arwon dan Mama Susianti terimakasih atas kepercayaan yang telah diberikan kepada saya untuk melanjutkan kuliah, serta cinta, do'a, motivasi, semangat serta nasihat yang tidak hentinya diberikan kepada anaknya dalam menyusun Karya tulis ini.

10. Kepada cinta kasih kedua saudara dan saudari kandung saya. Fransisko dan Yuzalia terimakasih support yang telah diberikan kepada saya selama proses pengerjaan penulisan karya tulis ini.
11. Para teman seperjuangan saya Arise Graafian Dylan, M. Ghazi Alghifari, Sulis Ferbiany, dan Tegar Ade Guna yang telah membantu dalam penyelesaian proyek akhir.
12. Seluruh rekan sekelas dan mahasiswa Teknik Mesin dan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung angkatan 2020 yang telah saling mendukung satu sama lain.
13. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, M. Khatami Assiddiqie terimakasih telah berkontribusi dalam penulisan karya tulis ini yang menemani, meluangkan waktu, tenaga, pikiran atau materi kepada saya, dan memberikan semangat untuk terus maju tanpa kenal lelah, kata menyerah dalam segala hal.
14. Kepada sahabat saya Ketri Aryanti Putri yang telah mendukung dan selalu memberi semangat dalam menyelesaikan penulisan karya tulis ini serta selalu memotivasi saya agar terus maju dalam segala hal.
15. Terakhir diri saya sendiri, Yulia Anggreni terimakasih telah berjuang melewati semuanya, untuk segala kerja keras dan semangatnya. Terima kasih karena tidak pernah menyerah dan yakin bahwa kamu mampu menyelesaikannya.
Penulis telah mengusahakan yang terbaik dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini dengan harapan dapat bermanfaat untuk kedepannya dan semoga Allah SWT. selalu melindungi kita semua. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Sungailiat, 25 Januari 2024



Yulia Anggreni

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang Masalah.....	14
1.2 Rumuan masalah	16
1.3 Tujuan.....	16
BAB II DASAR TEORI.....	17
2.1 Metalurgi serbuk.....	17
2.2 Uji Kekerasan	23
2.3 Uji Densitas	23
2.4 Penelitian Terdahulu.....	25
2.3 Kampas rem.....	27
BAB III METODE PELAKSANAAN	29
3.1 Metode Pelaksanaan	29
3.2 Studi literatur	30
3.3 Bahan dan alat penelitian.....	30
3.3.1 Bahan penelitian.....	31
3.3.2 Alat penelitian	33
3.3.3 Prosedur Penelitian.....	40
3.4 Validasi visual.....	43
3.5 Pengolahan Data.....	43
3.6 Analisa Data	45
BAB IV PEMBAHASAN.....	47

4.1	Hasil Pencampuran / Pemaduan Mekanik (Mixing)	47
4.2	Sampel Sebelum Pengujian	50
4.3	Uji kekerasan sebelum sintering.....	51
4.3.1	Proses pengujian kekerasan pada sampel sebelum sintering	51
4.3.2	Pengolahan data dan Analisa hasil proses uji kekerasan sebelum sintering	52
4.4	Uji densitas sebelum sintering.....	54
4.4.1	Proses pengujian densitas pada sampel sebelum sintering	54
4.4.2	Pengolahan data dan analisa sampel hasil pengujian densitas sebelum sintering	56
4.5	Uji kekerasan setelah proses sintering.....	59
4.5.1	Proses pengujian kekerasan setelah proses sintering	59
4.5.2	Pengolahan data dan analisa data hasil uji kekerasan setelah sintering	61
4.6	Uji densitas setelah proses sintering.....	63
4.6.1	Proses pengujian densitas setelah proses sintering	63
4.6.2	Pengolaha data dan analisa data densitas setelah sintering.....	64
4.7	Uji Struktur Mikro.....	69
4.7.1	Uji Struktur Mikro pada sampel hasil proses mixing.....	69
4.7.2	Uji Struktur Mikro pada sampel hasil proses kompaksi	70
4.8	<i>Analysis of Variance</i> Uji Kekerasan	72
BAB V PENUTUP.....		76
5.1	KESIMPULAN	76
5.2	SARAN.....	76
DAFTAR PUSTAKA		78

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Pengujian Kekerasan (HB).....	44
Tabel 3. 2 Data Uji densitas (g/cm^3).....	45
Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji.	46
Tabel 4.1 Tabel nilai hasil pengujian kekerasan dengan tiga spesimen pengujian.	53
Tabel 4.2 Tabel nilai hasil timbangan kering pada sampel.	56
Tabel 4.3 tabel nilai hasil timbangan basah pada sampel.....	56
Tabel 4.4 Tabel nilai rata -rata hasil penghitungan densitas manual melalui rumus persamaan setelah dilakukannya menimbang sampel pada kondisi kering dan basah.	58
Tabel 4.5 Tabel nilai hasil uji kekerasan setelah sintering	61
Tabel 4.6 nilai hasil sampel ditimbang dalam kondisi kering menggunakan timbangan digital setelah proses sintering.	65
Tabel 4.7 nilai hasil sampel ditimbang dalam kondisi basah dengan dimasukkan kedalam air sesuai dengan hukum archimedes setelah proses sintering	66
Tabel 4.8 nilai rata – rata densitas hasil perhitungan manual.	67
Tabel 4.9 data analisis variasi hasil uji kekerasan setelah sintering	72
Tabel 4.10 Berikut ini tabel perbandingan nilai penelitian terdahulu dan penelitian ini.	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ilustrasi tahapan proses penekanan serbuk[20].....	19
Gambar 2.2 ilustrasi penekanan aksi tunggal dan aksi ganda pada proses penekanan [21].	20
Gambar 3.1 Diagram alir.....	29
Gambar 3.2 serbuk aluminium.....	31
Gambar 3.3 Serbuk Alumina (Al_2O_3).....	32
Gambar 3.4 abu ampas tebu	33
Gambar 3.5 timbangan digital.....	34
Gambar 3.6 ball mill machine.....	34
Gambar 3.7 mesin press hidrolis.....	35
Gambar 3.8 Cetakan.....	36
Gambar 3.9 thermocouple.	36
Gambar 3.10 thermogun.....	37
Gambar 3.11 oven atau furnace.	38
Gambar 3.12 gelas ukur.....	38
Gambar 3.13 Alat uji kekerasan Brinell Portable	39
Gambar 3.14 alat uji densitas.....	40
Gambar 4.1 Serbuk hasil proses pencampuran dan pepaduan mekanik (mixing) dengan menggunakan mesin ball mill selama 2 jam.	48
Gambar 4.2 Struktur mikro hasil pembesaran gambat pada serbuk hasil mixing dengan menggunakan alat mikroskopik.	48
Gambar 4.3 Grafik hasil uji <i>Particle Size Analyza</i> (Psa) setelah diuji di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya	49
Gambar 4.4 Sampel hasil proses pepadatan dua arah dengan waktu tahan 15 menit dan proses sintering dengan waktu tahan selama 20 menit.	51
Gambar 4.5 Titik representasi pengujian kekerasan pada sampel.	51
Gambar 4.6 proses pengujian kekerasan pada sampel menggunakan alat uji kekerasan portable dengan satuan HRB.	52
Gambar 4.7 Grafik nilai kekerasan tiga spesimen sebelum sintering.....	53
Gambar 4.8 Proses timbangan kering pada sampel menggunakan timbangan digital.....	55

Gambar 4.9 Proses penimbangan basah pada sampel menggunakan alat timbang yang berpedoman pada hukum <i>Archimedes</i>	55
Gambar 4.10 Grafik nilai rata – rata densitas hasil perhitungan manual sebelum proses sintering	59
Gambar 4.11 Proses pengujian kekerasan setelah proses sintering dengan menggunakan alat uji kekerasan portabel satuan HB dilakukan di Lab Material Polman Babel.....	60
Gambar 4.12 Titik pada sampel merupakan titik pengujian kekerasan terhadap sampel.....	61
Gambar 4.14 Proses penimbangan sampel dalam kondisi kering setelah proses sintering	64
Gambar 4.15 Proses penimbangan sampel dalam kondisi basah dengan memasukkan sampel kedalam air sesuai dengan hukum Archimedes.	64
Gambar 4.16 Grafik nilai rata – rata hasil perhitungan densitas secara manual. ...	68
Gambar 4.17 Struktur Mikro pada sampel hasil proses mixing.....	69
Gambar 4.18 Grafik Grafis sebaran hasil pencampuran serbuk (mixing) ukuran serbuk D50% : 230.42 dalam uji particle size analyzer.	70
Gambar 4.19 Struktur mikro hasil proses kompaksi pada tekanan 5600 Psi.....	71
Gambar 4.20 Struktur mikro hasil proses kompaksi pada tekanan 6000 Psi.....	71
Gambar 4.21 Struktur mikro pada sampel hasil proses kompaksi dengan tekanan 6400 Psi.	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup	82
Lampiran 2 Sertifikat Pengujian Unsur Serbuk Aluminium.....	83
Lampiran 3 Pengujian XRF Serbuk <i>Baggase Ash</i> (BA)	84
Lampiran 4 Pengujian XRF Alumina.....	85
Lampiran 5	86
Lampiran 6 Hasil Uji Particle Size Analyzer Serbuk <i>Baggase Ash</i> (BA).....	88
Lampiran 7 Hasil Uji Particle Size Analyzer Serbuk Alumina	90
Lampiran 8 Hasil Uji Particle Size Analyzer (PSA) Serbuk Aluminium, <i>Baggase Ash</i> , dan Alumina	92
Lampiran 9 Hasil Perhitungan Nilai Densitas Sebelum Sintering.....	94
Lampiran 10 Hasil Perhitungan Nilai Densitas Setelah Sintering	100
Lampiran 9 form bimbimbangan dosen pembimbing 1	106
Lampiran 10 form bimbingan dosen pembimbing 2	110
Lampiran 11 form monitoring.....	111
Lampiran 12 bukti submit jurnal	114
Lampiran 13 bukti bukan plagiasi	115
Lampiran 14 poster	116

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah memainkan peran besar dalam meningkatkan kinerja dan keamanan sistem pengereman pada kendaraan. Komponen rem yang bergesekan, seperti kampas rem dan cakram, harus memenuhi standar keamanan dan performa yang tinggi. Dalam bidang otomotif, penggunaan material yang tepat untuk komponen rem sangat penting. Beberapa jenis material yang umum digunakan termasuk paduan logam, serat karbon, dan keramik. Keunggulan masing-masing material tersebut berbeda-beda, tergantung pada kekerasan, daya tahan aus, konduktivitas panas, dan karakteristik lainnya. Penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan material-material yang lebih tahan terhadap panas, gesekan, dan keausan. Selain itu, teknologi dalam proses manufaktur juga berkembang untuk memastikan komponen rem dapat diproduksi dengan presisi tinggi dan kualitas yang konsisten. Proses manufaktur tersebut yaitu pada metode metalurgi serbuk yang dapat membuat peningkatan teknik pengerjaan permukaan menjadi fokus untuk meningkatkan performa komponen-komponen tersebut. Dengan terus majunya ilmu pengetahuan dan teknologi, diharapkan komponen-komponen rem pada kendaraan akan terus meningkatkan keamanan, kinerja, dan daya tahan, memberikan kepercayaan bagi pengguna kendaraan untuk berkendara dengan lebih aman [1].

Kampas rem adalah komponen yang memiliki beban tinggi mencapai 90% dari komponen lainnya dari kendaraan, kampas rem sebelumnya sering kali terbuat dari asbestos, namun penggunaannya secara luas telah dikurangi karena beberapa kelemahan yang signifikan yang terkait dengannya. Asbestos memiliki sifat-sifat tertentu yang memang bermanfaat dalam fungsi pengereman, tetapi juga memiliki risiko kesehatan dan dampak lingkungan yang serius. Asbestos, ketika terkikis atau terurai akibat gesekan yang terjadi selama pengereman, dapat melepaskan serat-serat yang sangat kecil. Partikel-partikel ini, jika terhirup, dapat menyebabkan masalah kesehatan serius termasuk penyakit paru-paru seperti asbestosis dan kanker paru-paru, karena asbestos adalah bahan yang diketahui sebagai karsinogenik.

Selain risiko kesehatan yang terkait dengan asbestos, penggunaannya juga tidak ramah lingkungan karena melepaskan partikel karsinogenik ke udara [2]. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan ini, industri otomotif dan manufaktur komponen rem telah beralih ke bahan-bahan alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan. Penggunaan bahan alternatif baru dengan menggunakan komposit matriks aluminium serta menggunakan campuran *Baggase ash* (abu ampas tebu / BA) – alumina (Al_2O_3) sebagai penguat menunjukkan pendekatan inovatif untuk meningkatkan performa komponen pengereman sambil mengurangi kelemahan yang terkait dengan bahan-bahan konvensional.

Komposit matriks aluminium (AMC) merupakan bahan yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi karena kombinasi sifat fisik dan mekanik yang baik seperti aluminium merupakan logam ringan, kekakuan yang baik, kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, serta ketahanan terhadap suhu tinggi [3]. Keunggulan yang dimiliki oleh komposit matriks aluminium ini yang menjadi acuan untuk peneliti agar dapat mengembangkannya sebagai alternatif pengganti material kampas rem dari asbestos. Adapun metode yang digunakan untuk proses pembuatan komposit matriks aluminium adalah metode *powder metallurgy* atau metalurgi serbuk.

Perancangan suatu produk yang baik tidak lepas dari penggunaan proses manufaktur yang tepat. Dalam proses manufaktur metode metalurgi serbuk terdapat tiga proses transformasi utama bahan baku menjadi produk atau komponen jadi. Tiga proses metalurgi serbuk tersebut yaitu proses pemaduan mekanik (*mechanical alloying*), proses kompaksi atau pemadatan serta proses sintering atau pemanggangan[4][5].

Aluminium adalah salah satu logam non-ferrous yang paling umum dan banyak digunakan di dunia. Penggunaannya yang luas terutama karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, dan kegunaannya yang beragam dalam industri. Sejarah penemuan aluminium dan pengembangan metode produksinya cukup menarik. Sir Humphry Davy menemukan aluminium sebagai unsur pada tahun 1809, tetapi logam ini pertama kali berhasil diproduksi secara komersial oleh dua peneliti secara terpisah: Paul Héroult di Prancis dan Charles Martin Hall di Amerika Serikat pada tahun 1886. [6][7].

1.2 Rumuan masalah

Berdasarkan pembahasan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tekanan kompaksi terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matriks aluminium diperkuat alumina dan abu ampas tebu metode metalurgi serbuk?
2. Bagaimana pengaruh suhu sintering terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matriks aluminium diperkuat alumina dan abu ampas tebu metode metalurgi serbuk?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis hasil dari komposit matriks aluminium dengan *hybrid* alumina dan *baggage ash* terhadap densitas dan kekerasan komposit dengan menggunakan metode metalurgi serbuk.
2. Memahami bagaimana perubahan suhu memengaruhi distribusi partikel dan interaksi antarmuka di dalam komposit. Hal ini dapat membantu menentukan suhu sintering yang optimal untuk mencapai sifat-sifat yang diinginkan dalam komposit matriks aluminium dengan *hybrid* alumina dan *baggage ash*.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Metalurgi serbuk

Metalurgi serbuk adalah metode manufaktur yang terus berkembang dan merupakan proses pembuatan komponen dengan menggunakan serbuk logam atau bahan lainnya[8]. Proses metalurgi serbuk ini sering digunakan untuk menciptakan komponen dengan tingkat presisi yang tinggi, struktur yang kompleks, dan dengan biaya produksi yang relatif rendah. Ini adalah metode yang penting dalam industri manufaktur modern, digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk otomotif, elektronik, peralatan rumah tangga, dan banyak lagi. Berikut beberapa kelebihan dan kekurangan pada metode metalurgi serbuk:

- Kelebihan Metalurgi Serbuk:
 - a) Kontrol kuantitatif yang baik dan presisi tinggi.
 - b) Kemungkinan produk yang beragam
 - c) Dimensi kecil dengan toleransi ketat dan permukaan halus
 - d) Proses yang ekonomis dan efisiensi tenaga kerja.

Kelebihan-kelebihan ini menjadikan metalurgi serbuk sebagai pilihan yang menarik dalam produksi komponen dengan toleransi tinggi, dimensi kecil, dan permukaan yang halus, terutama untuk produksi massal.

- Kekurangan Metalurgi Serbuk :
 - a) Biaya peralatan yang relatif tinggi
 - b) Keterbatasan kapasitas mesin press dan ratio kompresi
 - c) Keterbatasan bentuk produk yang sulit
 - d) Harga serbuk yang relatif mahal dan sulit untuk disimpan.

Kendala-kendala ini menggaris bawahi bahwa meskipun metalurgi serbuk memiliki kelebihan, namun ada beberapa batasan dan tantangan yang perlu diatasi agar proses ini dapat digunakan secara optimal dalam berbagai aplikasi. Dalam beberapa kasus, pencarian solusi alternatif atau pengembangan teknologi mungkin diperlukan untuk mengatasi kendala-kendala tersebut [9].

Dalam proses manufaktur menggunakan metode metalurgi serbuk, terdapat tiga proses utama yang membentuk bahan baku menjadi produk atau komponen jadi seperti yang Anda sebutkan :

a) Pemasukan mekanik (*mechanical alloying*) / *mixing*

Proses *mixing* merupakan proses dimulai dengan pencampuran serbuk bahan dasar, seperti logam atau paduan logam, dalam proporsi yang diinginkan. Campuran ini sering kali melibatkan serbuk yang memiliki komposisi kimia atau ukuran butir yang berbeda untuk mencapai sifat-sifat tertentu pada komponen akhir [10]. *Mixing* adalah proses menggabungkan bahan-bahan yang digunakan untuk membentuk sifat fisik atau mekanik yang baru, seringkali dengan tujuan untuk menciptakan campuran yang homogen atau seragam. Ada dua jenis pencampuran utama yang digunakan dalam berbagai aplikasi:

- a) Pencampuran Kering: Proses pencampuran kering terjadi tanpa adanya bahan pelarut polar. Bahan-bahan padat atau serbuk dicampur bersama dalam keadaan kering. Teknik ini sering digunakan dalam berbagai industri, seperti dalam proses manufaktur logam, produksi komposit, atau dalam pembuatan campuran serbuk untuk berbagai aplikasi seperti makanan, farmasi, dan banyak lagi. Pencampuran kering dapat dilakukan dengan berbagai peralatan, seperti blender, mesin penggiling, atau mixer khusus.
- b) Pencampuran Basah: Proses pencampuran basah melibatkan penggunaan bahan pelarut polar, yang seringkali berupa cairan, untuk mencampurkan bahan-bahan. Bahan padat dicampurkan dengan bahan cair atau bahan-bahan yang larut dalam pelarut polar. Proses ini sering diterapkan dalam industri kimia, farmasi, dan produksi bahan-bahan kimia tertentu. Contohnya adalah pembuatan larutan, dispersi, atau pencampuran bahan-bahan reaktif dalam kondisi cair.

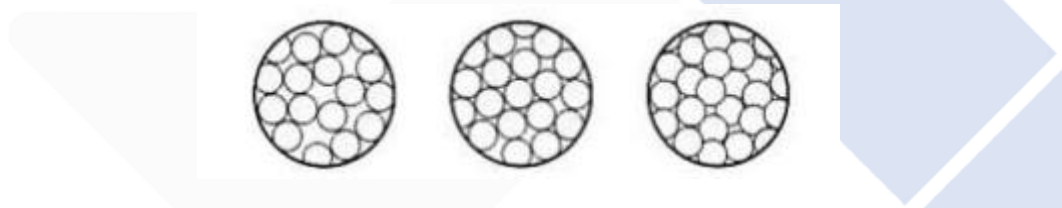
Pencampuran merupakan langkah krusial dalam banyak proses manufaktur dan produksi karena dapat memengaruhi kualitas, kehomogenan, dan sifat akhir dari produk yang dihasilkan. Penggunaan teknik pencampuran yang tepat sangat penting untuk mencapai sifat yang diinginkan dalam produk akhir[10][11].

b) Kompaksi

Kompaksi merupakan salah satu proses pada metalurgi serbuk dengan memberikan tekanan kepada serbuk agar menjadi suatu bentuk tertentu. Proses pemampatan atau

kompaksi pada metalurgi serbuk sangat penting untuk menciptakan komponen dengan sifat-sifat yang diinginkan. Tekanan yang diberikan pada serbuk logam membantu mengubahnya menjadi bentuk yang diinginkan, meningkatkan densitasnya dengan mengurangi porositas, dan menciptakan kontak yang lebih baik antar partikel serbuk. Hal ini penting karena densitas yang tinggi dan porositas yang rendah dapat meningkatkan kekuatan dan kinerja mekanik dari komponen yang dihasilkan. Dengan demikian, proses kompaksi adalah langkah krusial dalam pembuatan komponen dari logam serbuk.

Proses kontak antar partikel dalam tahap awal memang dimulai dengan serbuk dimasukkan ke dalam cetakan dan diberikan tekanan rendah. Tahap ini memungkinkan partikel-partikel serbuk untuk menyusun diri dan mengisi ruang kosong dalam cetakan, meningkatkan kepadatan serbuk secara umum[12].



Gambar 2.1 ilustrasi tahapan proses penekanan serbuk[13].

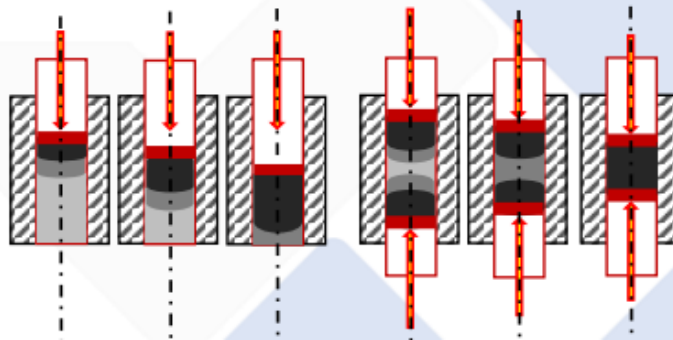
Meskipun pada tahap awal ini terjadi pengurangan ruang kosong di antara partikel-partikel serbuk, ikatan antar partikel masih lemah. Untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan komponen yang dihasilkan, tekanan kompaksi kemudian ditingkatkan. Peningkatan tekanan ini memperbaiki kontak antar permukaan serbuk secara signifikan, membantu meningkatkan kepadatan, menurunkan porositas, dan secara keseluruhan meningkatkan kekuatan struktural dari benda yang dibuat dari logam serbuk. Ada dua metode utama dalam proses kompaksi logam serbuk :

- 1) Kompaksi dingin: Proses ini melibatkan penekanan serbuk logam pada suhu ruangan atau suhu rendah tanpa pemanasan tambahan. Tekanan yang diberikan cukup tinggi untuk mencapai kepadatan yang diinginkan pada logam serbuk tanpa memerlukan pemanasan tambahan. Metode ini biasanya lebih murah dan lebih cepat daripada kompaksi panas.
- 2) Kompaksi Panas: Proses ini melibatkan pemanasan serbuk logam ke suhu yang lebih tinggi sebelum proses penekanan. Serbuk dipanaskan untuk meningkatkan plastisitasnya sehingga memudahkan penekanan dan pembentukan yang lebih baik.

Tekanan yang diberikan pada serbuk yang dipanaskan ini membantu mencapai kepadatan yang lebih tinggi dan mengurangi porositas.

Berdasarkan pada gaya penekanan terdapat perbedaan antara proses penekanan aksi tunggal dan aksi ganda terletak pada arah dan distribusi gaya tekan yang diberikan pada serbuk.

- 1) Proses Penekanan Aksi Tunggal: Pada proses ini, tekanan diberikan dari satu arah saja. Hal ini bisa menyebabkan distribusi tekanan yang tidak merata pada serbuk, terutama jika ada bidang tertentu yang menerima tekanan lebih tinggi daripada bidang lainnya. Ini bisa mengakibatkan densitas yang tidak seragam atau ketidakmerataan dalam pemadatan.
- 2) Proses Penekanan Aksi Ganda: Pada proses ini, tekanan diberikan dari dua arah yang berlawanan secara simultan. Ini memungkinkan untuk mendapatkan pemadatan yang lebih merata karena tekanan yang diberikan dari kedua arah dapat membentuk serbuk dengan lebih seragam. Densitas terendah biasanya terjadi di tengah aglomerat serbuk sementara densitas tertinggi terjadi di bagian luar aglomerat serbuk, karena tekanan terbesar diberikan dari arah luar.



Gambar 2.2 ilustrasi penekanan aksi tunggal dan aksi ganda pada proses penekanan [14].

c) Sintering

Sintering adalah proses pemanasan material serbuk pada suhu di bawah titik lelehnya untuk menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih kuat dan membentuk komponen padat. Beberapa parameter yang memengaruhi proses sintering meliputi:

- 1) Temperatur (T): Suhu yang diterapkan saat proses sintering sangat penting karena memengaruhi tingkat pemadatan, reaksi kimia antar partikel, dan pembentukan ikatan antara partikel-partikel serbuk.
- 2) Waktu: Lama waktu pemanasan pada suhu sintering juga mempengaruhi proses. Waktu yang tepat dibutuhkan untuk memastikan bahwa proses pembentukan ikatan antar partikel dapat terjadi dengan baik.
- 3) Kecepatan Pendinginan dan Pemanasan: Cara di mana suhu dinaikkan dan diturunkan (kecepatan pemanasan dan pendinginan) dapat mempengaruhi struktur mikro dan makro dari material yang dihasilkan.
- 4) Atmosfer Sintering: Gas yang hadir selama proses sintering dapat memengaruhi reaksi kimia antara partikel serbuk dan juga menghindari oksidasi yang tidak diinginkan. Atmosfer yang dapat dikendalikan seperti gas inert sering digunakan untuk mencegah oksidasi.
- 5) Jenis Material: Sifat-sifat material seperti ukuran partikel, komposisi kimia, dan karakteristik fisiknya akan mempengaruhi parameter sintering yang optimal. Setiap jenis material memerlukan kondisi sintering yang berbeda.

Pengendalian parameter-parameter ini dalam proses sintering sangat penting untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan dalam hal kekuatan, kepadatan, dan struktur mikro dari komponen yang dihasilkan dari logam serbuk[15][16].

Penelitian ini memfokuskan pada penerapan metode metalurgi serbuk untuk mengkaji pengaruh tekanan kompaksi panas dan suhu sintering terhadap sifat-sifat komposit matriks aluminium yang diperkuat dengan campuran *Baggase ash* (BA) dan alumina (Al_2O_3), terutama terkait kekerasan dan densitas material.

Aluminium adalah salah satu logam non-ferrous yang paling umum dan banyak digunakan di dunia. Penggunaannya yang luas terutama karena sifatnya yang ringan, tahan korosi, dan kegunaannya yang beragam dalam industri. Sejarah penemuan aluminium dan pengembangan metode produksinya cukup menarik. Sir Humphry Davy menemukan aluminium sebagai unsur pada tahun 1809, tetapi logam ini pertama kali berhasil diproduksi secara komersial oleh dua peneliti secara terpisah: Paul Héroult di Prancis dan Charles Martin Hall di Amerika Serikat pada tahun 1886. [6][7].

Alumina adalah salah satu bahan yang sangat penting dalam industri keramik, mirip dengan peran baja dalam industri logam. Ini termasuk di antara jenis keramik yang paling umum dan sering digunakan karena aplikasinya yang sangat luas di berbagai bidang. Alumina, atau aluminium oksida (Al_2O_3), memiliki sejumlah sifat yang membuatnya sangat berguna dalam keramik, seperti kekuatan mekanik yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, tahan terhadap suhu tinggi, serta ketahanan terhadap abrasi atau keausan. Kombinasi sifat-sifat ini menjadikan Al_2O_3 cocok untuk berbagai aplikasi dalam industri keramik. Penggunaan Al_2O_3 dalam industri keramik meliputi pembuatan bahan-bahan seperti porselen, bahan tahan api, isolator listrik, dan berbagai komponen teknik seperti alat pemotong yang tahan aus, bantalan mekanik, komponen dalam mesin, dan banyak lagi. Kekuatan dan ketahanan abrasi alumina menjadikannya bahan yang sangat dihargai untuk digunakan dalam kondisi lingkungan yang keras. Karena sifat-sifatnya yang luar biasa, Al_2O_3 memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan industri keramik dalam berbagai aplikasi teknis dan industri yang memerlukan bahan yang kuat, tahan lama, dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem [17].

Bagasse ash atau abu ampas tebu (BA) adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran ketel uap yang menggunakan ampas tebu sebagai bahan bakar. Ini adalah residu yang diperoleh setelah ampas tebu terbakar dalam ketel uap di industri gula untuk menghasilkan energi panas yang digunakan dalam proses produksi gula atau untuk menghasilkan listrik. BA terdiri dari berbagai mineral dan bahan anorganik yang tersisa setelah pembakaran ampas tebu. Komposisi abu ini bisa bervariasi tergantung pada sifat-sifat ampas tebu, proses pembakaran, dan kondisi ketel uap. Pengelolaan limbah seperti BA ini menjadi perhatian karena potensi untuk pemanfaatan kembali atau pengolahan yang tepat. Beberapa penerapan dari limbah ini termasuk penggunaan sebagai bahan tambahan dalam produksi semen, sebagai bahan baku dalam pembuatan bata, atau bahkan sebagai bahan untuk pupuk tanaman karena mengandung mineral-mineral yang dapat berguna bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, upaya untuk mengelola dan memanfaatkan BA dengan cara yang ramah lingkungan juga bisa mengurangi dampak negatif limbah industri terhadap lingkungan sekitar [18][19].

2.2 Uji Kekerasan

Proses pengujian kekerasan adalah tahap penting dalam mengevaluasi sifat-sifat mekanik dari sebuah material. Dalam penelitian ini, pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode yang cukup umum yaitu Rockwell dengan alat uji kekerasan portable. Di bawah ini adalah informasi lebih lanjut mengenai proses tersebut:

1) Metode Pengujian Kekerasan:

- Rockwell: Metode ini populer karena sederhana dan tidak memerlukan keahlian khusus. Dalam pengujian Rockwell, indenter berbentuk bola dengan beban penekanan 2 kg digunakan untuk menekan permukaan sampel. Nilai kekerasan langsung terbaca pada layar alat uji dan dicatat sebagai hasil pengujian.

2) Peralatan Pengujian:

- Alat uji kekerasan portable yang digunakan memiliki indenter berbentuk bola dengan diameter 2 mm. Hal ini penting karena indenter yang tepat harus dipilih sesuai dengan metode yang digunakan untuk memperoleh nilai kekerasan yang akurat.

3) Standar Pengujian:

- Proses pengujian kekerasan dalam penelitian ini mengacu pada standar ASTM E110-14 [20]. Penggunaan standar ini penting untuk memastikan bahwa pengujian dilakukan dengan konsistensi dan keakuratan yang tinggi, serta memungkinkan hasil yang dapat dibandingkan dengan standar industri.

Penggunaan metode Rockwell dengan alat uji kekerasan portable memungkinkan pengukuran kekerasan material dengan cara yang relatif sederhana dan cepat. Hasil yang langsung terbaca pada layar alat uji memudahkan pencatatan dan analisis data. Validitas dan akurasi hasil pengujian sangat bergantung pada pemilihan metode yang tepat dan penggunaan standar yang diakui dalam proses pengujian.

2.3 Uji Densitas

Uji densitas merupakan metode penting untuk mengukur massa jenis atau kepadatan suatu material. Proses pengukuran densitas dapat dilakukan dengan menggunakan hukum Archimedes, yang membandingkan massa sampel dalam

keadaan kering dengan massa sampel yang direndam dalam cairan (biasanya air). Beberapa poin penting terkait dengan proses pengujian densitas dalam penelitian ini:

1) Pengukuran Massa Sampel:

- Pengukuran massa sampel dilakukan menggunakan timbangan digital sebelum dan setelah dimasukkan ke dalam air atau dalam keadaan kering. Perbedaan antara massa sampel dalam keadaan kering dan massa sampel yang direndam dalam air digunakan untuk menghitung densitas.

2) Metode Pengukuran dengan Hukum Archimedes:

- Hukum Archimedes menyatakan bahwa gaya apung yang dialami oleh suatu benda dalam cairan adalah sama dengan gaya dorong cairan yang dipindahkan oleh benda tersebut. Dengan merendam sampel dalam cairan, gaya apung yang dialami akan sama dengan berat cairan yang dipindahkan, yang bisa diukur dari perubahan massa sampel.

3) Perhitungan Densitas:

- Densitas (ρ) dihitung dengan membandingkan massa sampel dalam keadaan kering dengan massa sampel yang direndam dalam air menggunakan rumus: Densitas = (Massa Sampel Kering) / (Massa Sampel Kering - Massa Sampel Basah).

4) Standar Pengujian:

- Uji densitas dalam penelitian Anda mengacu pada standar ASTM B962-17 [21]. Mengacu pada standar ini penting untuk memastikan konsistensi dan validitas hasil pengujian serta memastikan bahwa proses pengukuran dilakukan secara standar dan dapat diandalkan.

Uji densitas penting dalam menentukan karakteristik fisik dari suatu material, dan dengan mengacu pada hukum Archimedes serta menggunakan standar pengujian yang sesuai, hasil pengukuran dapat memberikan informasi yang akurat dan berguna terkait dengan sifat fisik dari sampel yang diuji.

Nilai densitas dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\rho_m = \frac{m_s}{m_s - m_g} \rho_{H_2O} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

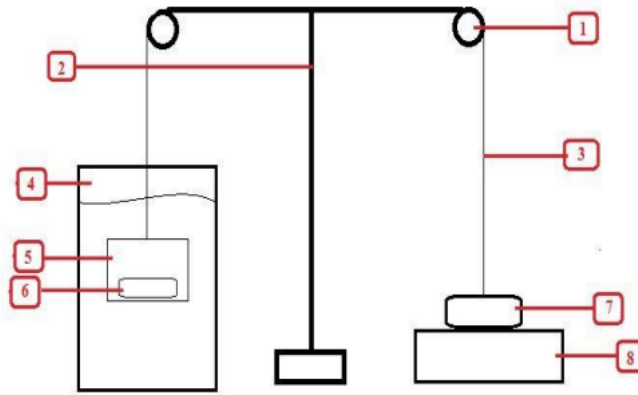
ρ_m : densitas actual (g/cm^3)

m_s : massa sampel kering (g)

m_g : massa sampel basah (g)

ρ_{H_2O} : massa jenis air = 1 g/cm³

Uji densitas dapat dilihat pada gambar 3.14



Keterangan:

- 1) Katrol
- 2) Rangka
- 3) Tali
- 4) Wadah
- 5) Keranjang
- 6) Sampel 1
- 7) Sampel 2
- 8) Timbangan digital

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Azis [22] menunjukkan hubungan yang signifikan antara tekanan kompaksi dan sifat fisik dari komposit matriks aluminium yang diperkuat dengan Al₂O₃. Ditemukan bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi yang digunakan (dalam rentang 40 hingga 50 kN), semakin tinggi pula densitas komposit yang dihasilkan. Hal ini mengindikasikan bahwa tekanan yang lebih tinggi menghasilkan distribusi partikel yang lebih padat dan terikat lebih erat dalam matriks aluminium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa densitas tertinggi yang

dicapai adalah sebesar $3,644 \text{ g/cm}^3$ pada tekanan 50 kN. Ini menunjukkan bahwa tekanan kompaksi yang lebih tinggi menghasilkan komposit dengan densitas yang lebih tinggi pula. Kekerasan komposit juga menunjukkan peningkatan seiring dengan peningkatan tekanan kompaksi. Nilai kekerasan tertinggi yang dicapai adalah sebesar 97,23 BHN pada tekanan 50 kN. Ini menunjukkan bahwa kekuatan mekanis komposit juga meningkat sejalan dengan peningkatan tekanan kompaksi. Dalam penelitian tersebut, suhu sintering yang digunakan adalah 450°C dengan waktu tahan selama 2 jam. Namun, dari informasi yang diberikan, tidak ada informasi spesifik mengenai pengaruh suhu sintering terhadap sifat fisik komposit dalam hasil kesimpulan. Penelitian ini memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana tekanan kompaksi berpengaruh pada densitas dan kekerasan komposit matriks aluminium yang diperkuat dengan Al_2O_3 . Namun, studi lanjutan dapat melibatkan variasi suhu sintering untuk mengeksplorasi pengaruhnya terhadap sifat fisik komposit secara lebih *komprehensif*.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Dardare [23] tentang Pengaruh penguatan abu ampas tebu pada komposit matrik Al_{356} yang diproduksi dengan proses stir casting dua tahap. penelitian ini menggunakan Aluminium paduan (Al_{356}) dan abu ampas tebu, pada $\text{Al}_{356} + 2\% \text{ BA}$ menghasilkan nilai kekerasan 78,22 BHN, $\text{Al}_{356} + 4\% \text{ BA}$ menghasilkan nilai kekerasan 79,5 BHN, Dan $\text{Al}_{356} + 6\% \text{ BA}$ menghasilkan nilai kekerasan 81,50 BHN. Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa kekuatan dan kekerasan tekan tertinggi material komposit meningkat dengan meningkatnya persentase berat BA dibahan komposit.

Penelitian yang dilakukan oleh Suprpto [24] mengungkapkan pengaruh komposisi serta perlakuan sintering pada komposit $\text{Al}/(\text{SiC} + \text{Al}_2\text{O}_3)$ terhadap sifat fisik dan keausan. Komposisi matriks aluminium dalam penelitian ini adalah 80%, dengan variasi penguat sebesar 20% yang terdiri dari SiC (Silicon Carbon) dan Al_2O_3 (Alumina). Variasi ini menunjukkan bahwa perubahan dalam persentase berat SiC dan Al_2O_3 berdampak pada sifat fisik dan mekanik komposit. Proses pembuatan material uji menggunakan metode metalurgi serbuk dengan menerapkan gaya tekan sebesar 25 N dan waktu penahanan selama 15 menit. Hal ini mempengaruhi struktur dan interaksi antara partikel-partikel dalam

komposit. Pengujian dilakukan untuk mengidentifikasi sifat fisik dan mekanik komposit. Densitas dan keausan menjadi fokus dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Al_2O_3 dalam komposisi memberikan pengaruh signifikan terhadap densitas dan keausan komposit. Kenaikan dalam persentase berat Al_2O_3 mengakibatkan peningkatan densitas dan keausan komposit secara keseluruhan. Penting untuk diingat bahwa Al_2O_3 , sebagai penguat, tampaknya memiliki peran penting dalam peningkatan densitas dan keausan komposit. Namun, studi ini mungkin dapat diperluas dengan melibatkan variasi yang lebih luas dalam komposisi serta pemahaman lebih dalam tentang struktur mikro dan interaksi antarpartikel dalam komposit. Hal ini akan membantu dalam mengoptimalkan sifat fisik dan mekanik komposit untuk aplikasi yang lebih spesifik.

2.3 Kampas rem

Kampas rem adalah salah satu komponen yang sangat penting dalam sistem pengereman kendaraan. Fungsinya adalah untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan dengan mengubah energi kinetik menjadi panas melalui gesekan antara kampas rem dan cakram atau drum rem. Kampas rem memang biasanya terbuat dari bahan asbestos yang dicampur dengan bahan tambahan seperti SiC (karbida silikon), Mn (mangan), atau Co (kobalt). Proses pembuatannya melalui penekanan (pencetakan) dan pemanasan (sintering) untuk membentuk struktur yang padat dan kuat. Proses sintering ini meningkatkan kekuatan, kekerasan, serta meningkatkan gaya gesek yang diperlukan untuk pengereman yang efektif. Namun, perlu dicatat bahwa penggunaan asbestos dalam kampas rem telah menjadi perhatian karena potensi bahaya kesehatan yang terkait dengan serat asbestos yang dapat menyebabkan penyakit paru-paru serius jika terhirup dalam jumlah besar dan terus-menerus. Oleh karena itu, sebagian besar produsen kini beralih ke bahan pengganti yang lebih aman, seperti bahan-bahan organik atau keramik tertentu yang memiliki sifat pengereman yang baik dan lebih ramah lingkungan [25].

Umur pakai kampas rem memang bergantung pada jumlah kontak pengereman. Biasanya, pemakaian tidak melebihi sekitar 10.000 kali kontak, yang dalam penggunaan normal dalam kota bisa sekitar 6 bulan. Namun, keausan yang tidak merata dapat memperpendek umur kampas rem, yang mungkin disebabkan

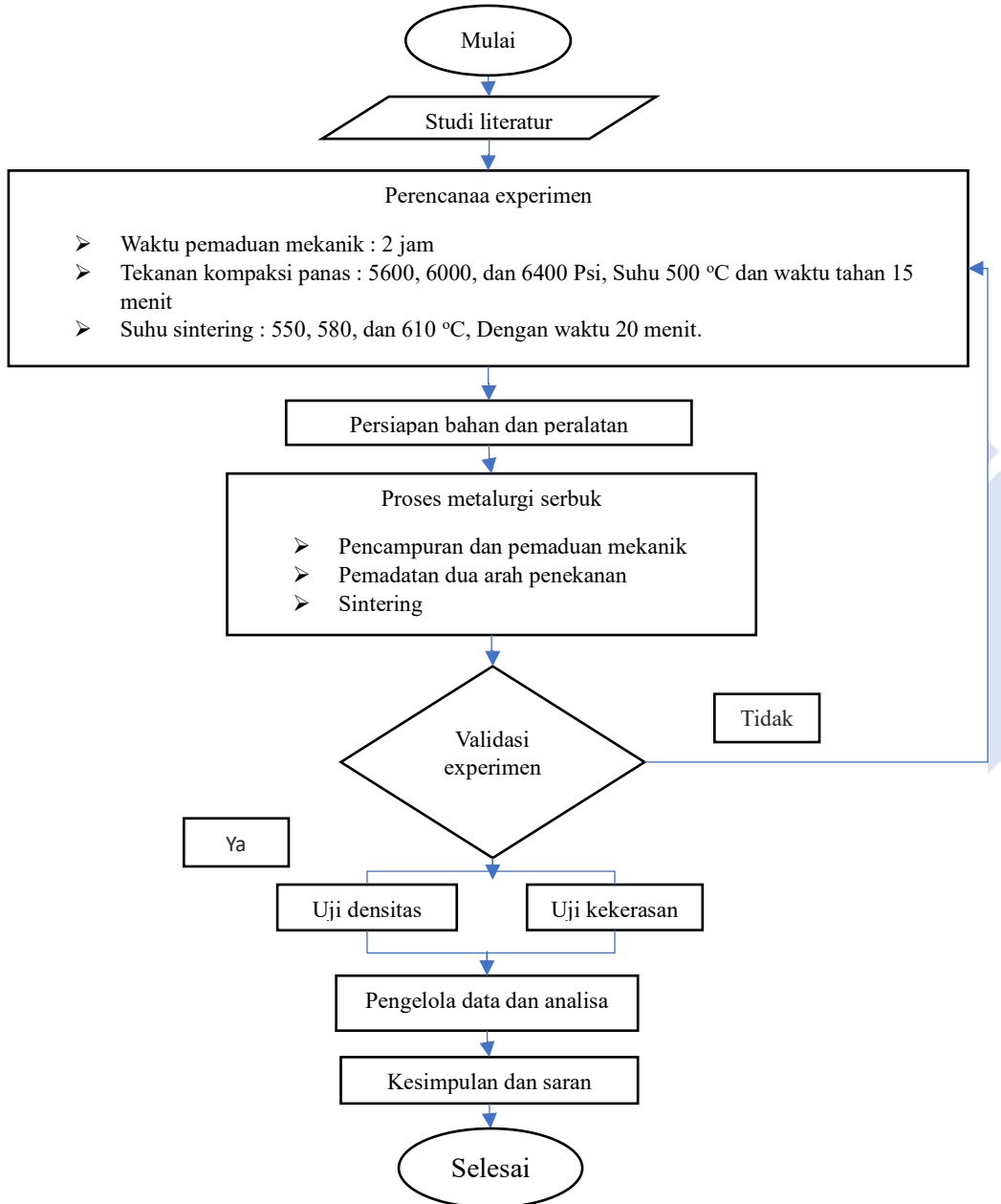
oleh tekanan yang tidak seragam atau pemasangan yang kurang tepat, seperti pemasangan pin yang terlalu kencang. Kekuatan komposit pada kampas rem dipengaruhi oleh ukuran partikel, bahan matriks, dan proses pembuatannya. Kekuatan komposit partikel biasanya optimal pada ukuran partikel antara 0,01 hingga 0,1 mm. Selain itu, kekuatan ikatan permukaan partikel, proses pengepresan, dan sintering juga berperan penting dalam menentukan kekuatan komposit ini. Pada kekuatan komposit dan ukuran partikel dalam proses pembuatan kampas rem sangat penting. Keseragaman tekanan dan pemasangan yang tepat merupakan faktor penting untuk memastikan umur pakai yang lebih lama dan efektivitas pengereman yang baik [26].



BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Metode Pelaksanaan

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



Gambar 3.1 Diagram alir

3.2 Studi literatur

Studi literatur memberikan referensi yang berguna sebagai panduan bagi peneliti. Ini dapat membantu dalam merencanakan metodologi penelitian, memilih teknik yang tepat, serta menentukan pendekatan yang sesuai untuk mengumpulkan dan menganalisis data. Literatur memberikan dasar teori yang diperlukan untuk memahami konsep, prinsip, dan teori yang mendasari subjek penelitian. Ini membantu peneliti dalam membangun landasan yang kuat untuk pemahaman mereka tentang topik yang diteliti. Literatur menyediakan data-data pendukung seperti hasil penelitian sebelumnya, eksperimen yang relevan, dan temuan dari berbagai sumber. Informasi ini dapat digunakan untuk memperkuat argumen dalam penelitian baru atau untuk membandingkan hasil yang diperoleh. Mengacu pada literatur yang relevan meningkatkan kredibilitas penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian telah mengambil langkah-langkah untuk memastikan validitas hasil dengan merujuk pada penelitian-penelitian terdahulu.

Melalui studi literatur, peneliti juga dapat mengidentifikasi celah pengetahuan atau area yang belum banyak diteliti. Ini dapat membantu dalam menemukan ide-ide baru atau menetapkan fokus penelitian yang lebih spesifik. Memperoleh informasi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, dan sumber-sumber online yang terpercaya adalah langkah penting dalam menjamin bahwa penelitian memiliki dasar yang kokoh dan memadai serta dapat memberikan kontribusi yang berarti pada bidang pengetahuan yang bersangkutan.

3.3 Bahan dan alat penelitian

Proses pembuatan sampel penelitian ini dilakukan di Bengkel LAPALO di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL). Proses fisik pembuatan sampel dilakukan di bengkel tersebut. Dikarenakan ada peralatan khusus yang digunakan di sana untuk pencetakan, pemrosesan, atau perlakuan termal spesimen sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Langkah selanjutnya setelah pembuatan sampel adalah pengujian untuk mengukur densitas dan kekerasan komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Material di Jurusan Teknik Mesin 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:

a) Serbuk Aluminium

Aluminium adalah salah satu logam yang sangat penting dalam banyak aplikasi industri dan kehidupan sehari-hari. Ini digunakan dalam konstruksi, pembuatan kendaraan, peralatan dapur, kemasan, dan banyak aplikasi lainnya karena kekuatan dan sifat ringannya. Salah satu karakteristik utama aluminium adalah sifat reaktifnya yang membuatnya cenderung untuk teroksidasi. Akibatnya, dalam bentuk alamnya, aluminium tidak ditemukan dalam bentuk unsur murni, melainkan dalam bentuk senyawa oksida seperti bauksit, yang merupakan sumber utama aluminium dalam proses produksinya. Oksidasi terjadi ketika aluminium bereaksi dengan oksigen di udara membentuk lapisan tipis oksida (aluminium oksida) yang melindungi permukaannya dari korosi lebih lanjut. Lapisan oksida inilah yang memberikan perlindungan terhadap kerusakan lebih lanjut pada logam, sehingga sering kali aluminium digunakan dalam bentuk paduan atau dilapis dengan lapisan pelindung untuk menjaga keawetannya[26].



Gambar 3.2 serbuk aluminium.

Penelitian ini menggunakan serbuk Aluminium 80% sebagai matriks dengan kandungan Al 83,4%, Si 10,06%, Cu 2,67% dan 3,87% unsur lain.

b) Alumina (Al_2O_3)

Alumina atau Al_2O_3 adalah salah satu jenis oksida keramik yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi teknik. Ini sering dianggap sebagai pelopor dalam keramik rekayasa modern karena sejumlah sifat unggul yang dimilikinya.

- Beberapa karakteristik penting dari alumina meliputi:
 - 1) Massa Jenis Tinggi: Dengan massa jenis sekitar $3,89 \text{ g/cm}^3$, alumina memiliki densitas yang tinggi, yang sering kali mengindikasikan kepadatan material yang kuat.
 - 2) Titik Leleh Tinggi: Titik leleh yang tinggi, sekitar 2050°C , menjadikannya tahan terhadap suhu tinggi, yang berguna dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap panas.
 - 3) Kekuatan dan Ketahanan Panas: Gaya pengikat antar atom pada alumina sangat kuat, sebagian ionik dan sebagian kovalen, yang memberikan stabilitas fisis hingga suhu sekitar $1500\text{-}1700^\circ\text{C}$.
 - 4) Kekerasan Tinggi dan Ketahanan Terhadap Wear: Alumina memiliki kekerasan yang tinggi namun rentan terhadap keretakan (getas). Ini membuatnya tahan terhadap abrasi dan aus, membuatnya berguna dalam aplikasi yang memerlukan kekuatan dan ketahanan terhadap gesekan.
 - 5) Kekakuan Tinggi: Kekakuan atau kekakuan bahan juga tinggi, memberikan stabilitas struktural dalam berbagai kondisi.
 - 6) Konduktivitas Termal yang Baik: Alumina memiliki konduktivitas termal yang baik, berguna dalam aplikasi di mana konduktivitas panas menjadi pertimbangan.
 - 7) Resistensi terhadap Asam Kuat dan Alkali pada Suhu Tinggi: Ketahanannya terhadap serangan dari asam kuat dan alkali pada suhu tinggi membuatnya berguna dalam lingkungan yang keras[27].



Gambar 3.3 Serbuk Alumina (Al_2O_3)

Penelitian ini menggunakan 10% serbuk alumina dengan terdapat unsur didalamnya seperti Al 95,6%, P 1,8%, Ca 1,1% dan 1,28% unsur lain.

- c) Abu ampas tebu (*Baggase Ash* / BA)

Pemanfaatan BA dalam berbagai industri konstruksi seperti pembuatan genteng, batu bata, sebagai campuran dalam pembuatan semen, dan sebagai pupuk kompos merupakan langkah yang positif dalam mengurangi limbah industri dan memanfaatkannya kembali dalam berbagai aplikasi yang berguna. Namun, Penanganan yang tidak tepat terhadap bagasse ash dapat menyebabkan masalah lingkungan yang serius. Akumulasi yang berlebihan dari abu ampas tebu, terutama karena meningkatnya produksi pada musim giling, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Berikut adalah beberapa masalah yang mungkin muncul jika penanganan abu ampas tebu tidak diatur dengan baik:

- 1) Pencemaran Lingkungan: Akumulasi yang berlebihan dari BA dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air di sekitarnya, terutama jika tidak ada sistem penanganan limbah yang baik.
- 2) Dampak Kesehatan: Debu atau partikel yang terbang dari abu ampas tebu bisa menjadi masalah kesehatan. Jika tersebar di udara, mereka bisa menjadi penyebab berbagai masalah pernapasan.
- 3) Penurunan Estetika Lingkungan: Tumpukan abu yang tidak tertangani dapat merusak keindahan lingkungan sekitar dan mengurangi kualitas visual dari wilayah tersebut[28].



Gambar 3.4 abu ampas tebu

Pada penelitian ini digunakan 10% serbuk BA hasil pembakaran mandiri yang terdapat unsur dengan kandungan Si 61,0%, Ca 16,7%, K 8,18% dan 13,57% unsur lain.

3.3.1 Alat penelitian

Pada proses penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut :

- a) Timbangan digital

Timbangan digital sangat berguna dalam penelitian ini untuk mengukur massa bahan-bahan dengan presisi tinggi. Dengan menggunakan timbangan digital, Dapat memastikan bahwa proporsi yang tepat dari serbuk aluminium, serbuk alumina, dan abu ampas tebu digunakan sesuai dengan kebutuhan eksperimen. Berikut ini gambar timbangan digital yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.5 timbangan digital

b) *Ball mill machine*

Ball mill adalah peralatan yang umum digunakan dalam proses pencampuran bahan-bahan seperti serbuk aluminium serta *hybrit* Al_2O_3 dan BA. Mesin ini bekerja dengan cara menggiling atau menghancurkan bahan-bahan tersebut menjadi partikel yang lebih kecil dan lebih seragam ukurannya. Bola - bola kecil di dalam tabung ball mill membantu dalam proses penghancuran dan pencampuran dengan menggelinding dan menghancurkan bahan saat tabung berputar. Berikut ini gambar Ball mill machine yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.6 ball mill machine.

c) Mesin pemadat hidrolik

Proses penggunaan mesin pemadat hidrolik dalam penelitian ini sangat penting untuk membentuk dan memadatkan serbuk aluminium serta *hybrid* Al₂O₃ dan BA ke dalam bentuk yang diinginkan sesuai cetakan. Mesin press hidrolik bekerja dengan cara menggunakan tekanan hidrolik untuk mengompaksi bahan-bahan tersebut ke dalam cetakan. Keberadaan ram atas dan bawah dengan alat ukur tekanan pengontrolan yang tepat terhadap tekanan yang diterapkan pada serbuk dalam proses pemadatan. Hal ini krusial dalam memastikan bahwa bahan-bahan yang digunakan terkompresi dengan konsistensi yang diinginkan untuk menghasilkan produk akhir yang sesuai dengan spesifikasi yang Anda inginkan. Berikut ini gambar mesin press hidrolik yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.7 mesin press hidrolik.

d) Cetakan

Cetakan dalam proses pembuatan sampel komposit adalah langkah kunci untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. Cetakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi tertentu, yaitu berbentuk cincin dengan diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm. Proses pembuatan cetakan ini memastikan bahwa hasil akhir dari proses kompaksi panas akan menghasilkan sampel dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini gambar cetakan yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.8 Cetakan.

e) Thermocouple

Thermocouple adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu dalam berbagai aplikasi termal. Dalam konteks penelitian ini, penggunaan thermocouple bertujuan untuk memonitor suhu pada saat proses pemanasan paduan serbuk aluminium dan penguat Al_2O_3 *hybrid* BA saat proses penekanan atau kompaksi panas berlangsung. Penggunaan thermocouple untuk memantau suhu dalam bahan selama proses pemanasan secara real-time. Dengan demikian, hal ini dapat memastikan bahwa bahan telah mencapai suhu yang ditentukan sebelum proses penekanan atau kompaksi panas dimulai. Pemantauan suhu ini krusial karena suhu yang tepat diperlukan untuk memastikan bahwa material dapat diproses dengan baik dan menghasilkan sifat mekanis yang diinginkan setelah proses penekanan selesai. Berikut ini gambar Thermocouple yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.9 thermocouple.

f) Alat pengukur suhu (*Thermogun*)

Thermogun atau kadang disebut sebagai *infrared thermometer* atau *pyrometer*; adalah alat pengukur suhu non-kontak yang menggunakan sinar

inframerah untuk mengukur suhu suatu objek. Dalam konteks penelitian ini, thermogun digunakan untuk mengukur suhu pada alat pemanas selama proses kompaksi panas. Alat ini bekerja dengan cara mengarahkan sinar inframerah ke permukaan yang ingin diukur suhunya dan kemudian membaca radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek tersebut untuk menentukan suhu relatifnya.

Hal ini memungkinkan pengguna untuk mendapatkan informasi suhu tanpa harus bersentuhan langsung dengan objek yang sedang dipanaskan. Penggunaan thermogun memungkinkan pengawasan suhu yang akurat dan cepat selama proses kompaksi panas, memastikan bahwa suhu alat pemanas tetap berada dalam rentang yang diinginkan untuk menjaga konsistensi dan hasil yang diinginkan dari proses tersebut.. Berikut ini gambar Thermogun yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.10 thermogun

g) Oven/furnace

Oven atau furnace adalah perangkat pemanas yang digunakan untuk memanaskan sampel komposit setelah selesai proses kompaksi panas. Setelah proses kompaksi panas selesai, sampel komposit perlu dipanaskan pada suhu yang tepat untuk mengkondisikan atau mengonsolidasi bahan-bahan tersebut. Oven atau furnace dapat dikendalikan suhunya secara presisi, memungkinkan pengguna untuk menjaga suhu pada level yang diperlukan sesuai dengan spesifikasi proses yang diinginkan. Proses pemanasan ini bisa diperlukan untuk beberapa alasan, seperti penghilangan sisa-sisa pelarut atau agen pengikat, pengaturan struktur mikro, atau menghilangkan sisa-sisa stres yang mungkin terakumulasi selama proses kompaksi panas. Pemanasan setelah proses kompaksi panas juga memungkinkan sampel untuk mendingin secara perlahan, mengurangi risiko terjadinya retak atau

perubahan struktural yang tidak diinginkan karena perubahan suhu yang terlalu cepat.. Berikut ini gambar oven yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.11 oven atau furnace.

h) Gelas ukur

Penggunaan gelas ukur sebagai wadah untuk menampung serbuk sebelum memasukkan sampel merupakan langkah yang penting dalam beberapa proses laboratorium, terutama ketika membutuhkan kontrol volume atau prosedur tertentu yang melibatkan perbandingan berat sampel dengan volume serbuk. Dalam penelitian ini, penggunaan gelas ukur untuk menampung serbuk memberikan referensi yang akurat terhadap volume serbuk yang telah diisi sebelum memasukkan sampel. Hal ini bisa menjadi bagian dari prosedur pengukuran yang ketat untuk mengukur berat atau massa sampel, terutama jika perlu dilakukan perhitungan tertentu yang melibatkan volume serbuk yang tepat. Berikut ini gambar gelas ukur yang digunakan, ditunjukkan gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.12 gelas ukur.

i) Alat Uji Kekerasan Brinell Portable

Alat uji kekerasan Brinell adalah salah satu metode pengukuran kekerasan material yang menggunakan prinsip indentasi untuk menentukan kekerasan sebuah material. Metode ini umumnya digunakan untuk bahan yang relatif lunak atau untuk sampel besar yang sulit diukur dengan metode kekerasan lainnya. Proses pengujian Brinell melibatkan penekanan bola baja yang keras dengan diameter yang telah ditentukan ke permukaan sampel dengan tekanan tertentu. Skala kekerasan Brinell menghasilkan nilai kekerasan yang lebih umumnya dinyatakan dalam HB (*Hardness Brinell*).

Metode ini sering digunakan dalam industri untuk mengukur kekerasan logam, termasuk material komposit yang memiliki karakteristik mekanis tertentu. Keunggulan utama dari metode Brinell adalah kemampuannya mengukur kekerasan pada sampel yang memiliki struktur kasar atau tidak rata, serta material yang sangat keras. Namun, metode ini mungkin tidak cocok untuk pengukuran kekerasan pada material yang sangat tipis atau untuk aplikasi yang memerlukan hasil yang sangat presisi. Berikut ini gambar alat uji kekerasan portable yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.13 Alat uji kekerasan Brinell Portable

j) Alat Uji Densitas

Alat yang memanfaatkan prinsip Archimedes untuk mengukur densitas atau berat jenis suatu benda. Metode Archimedes memanfaatkan perbedaan antara berat benda di udara dan beratnya saat tenggelam dalam air untuk menghitung volume dan dengan demikian, densitas benda tersebut. Saat benda tenggelam dalam air, ada gaya apung yang bertindak pada benda tersebut, dan besarnya gaya ini bergantung pada volume benda dan densitas air. Melalui pengukuran perubahan berat benda saat tenggelam dalam air, dapat dihitung volume benda tersebut. Dengan

mengetahui volume dan berat benda, densitasnya bisa dihitung menggunakan rumus densitas = massa / volume.

Alat uji densitas ini akan membantu dalam mengukur densitas sampel, terutama benda padat atau material yang tidak mudah diukur volume atau densitasnya secara langsung. Dalam konteks penelitian Anda, pengukuran densitas dapat memberikan informasi penting tentang sifat fisik dan komposisi material yang diteliti. Berikut ini alat uji densitas yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.14 alat uji densitas.

3.3.2 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah proses prosedur penelitian yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Melakukan proses mixing

Penelitian ini memiliki campuran dengan perbandingan fraksi volume berat 80% serbuk aluminium dan 20% hybrid BA – Al₂O₃ (10% BA + 10% Al₂O₃), dan total berat campuran adalah 350 gram, kita dapat menghitung berat masing-masing bahan. Diketahui bahwa 80% dari total berat adalah serbuk aluminium, dan 20% sisanya adalah campuran hybrid BA dan Al₂O₃. Oleh karena itu:

$$\text{Berat serbuk aluminium} = 80\% \text{ dari } 350 \text{ gram}$$

$$= 0,8 \times 350$$

$$= 280 \text{ gram}$$

$$\text{Berat campuran hybrid BA – Al}_2\text{O}_3 = 20\% \text{ dari } 350 \text{ gram}$$

$$= 0,2 \times 350$$

$$= 70 \text{ gram}$$

Dengan demikian, dari sampel yang memiliki berat 35 gram, 280 gram adalah serbuk aluminium dan 70 gram adalah campuran hybrid BA – Al₂O₃.

Proses pencampuran mekanik dengan menggunakan mesin horizontal ball mill merupakan teknik yang efektif untuk mencampur serbuk dan menghasilkan serbuk yang lebih halus serta homogen. Proses ini melibatkan bola-bola kecil yang bergerak di dalam tabung horizontal bersama dengan serbuk untuk melakukan pencampuran dan penggerusan. Beberapa parameter yang digunakan dalam proses *Mechanical Alloying* dengan mesin horizontal ball mill adalah:

- 1) *Ball Powder Weight Ratio* (BPR): Rasio berat antara bola-bola dan serbuk. Pada kasus ini, BPR yang digunakan adalah 10:1, yang berarti berat total bola-bola yang dimasukkan ke dalam mill adalah 10 kali berat serbuk.
- 2) Kecepatan Putaran Mesin (RPM): Kecepatan dengan mana tabung horizontal ball mill berputar. Dalam kasus ini, kecepatan putaran mesin adalah 90 rpm.
- 3) Waktu Penggilingan: Durasi atau lama waktu saat proses pencampuran dan penggerusan berlangsung. Dalam kasus ini, waktu penggilingan adalah 2 jam.

Bola-bola dengan diameter 30 mm dan 25 mm serta berat masing-masing bola telah diberikan. Kekerasan bola-bola tersebut juga tercatat, dengan bola berdiameter 30 mm memiliki kekerasan sebesar 61 HRC dan bola berdiameter 25 mm memiliki kekerasan sebesar 58,2 HRC. Hal ini penting karena kekerasan bola dapat mempengaruhi efisiensi proses penggerusan dan pencampuran. Proses ini secara simultan melakukan pencampuran dan penggerusan serbuk, sehingga partikel-partikel serbuk akan terus tercampur dan dihaluskan selama proses berlangsung. Hasil akhirnya diharapkan adalah serbuk yang homogen dan lebih halus dari serbuk awal sebelum proses *Mechanical Alloying* dilakukan.

2. Proses Kompaksi panas

Proses kompaksi panas ini tampaknya cukup terperinci dan berfokus pada memadatkan serbuk yang telah dicampur sebelumnya. Berikut adalah langkah-langkah dan detail dari proses kompaksi panas dalam penelitian ini:

- 1) Menggunakan mesin press hidrolik dengan dua sistem hidrolik atas dan bawah. Alat ini dilengkapi dengan alat pembaca tekanan untuk mengontrol tekanan yang diberikan. Untuk memanaskan serbuk, digunakan alat Thermocouple. Cetakan yang dipilih berbentuk cincin dengan diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm.

- 2) Serbuk yang telah dicampur ditempatkan secara merata ke dalam cetakan. Kemudian, besi bulat berbentuk cincin ditempatkan di atas cetakan untuk menekan serbuk.
- 3) Cetakan ditekan menggunakan sistem hidrolik atas dan bawah dengan tekanan yang telah ditentukan, yaitu 5600 Psi, 6000 Psi, dan 6400 Psi selama 15 menit. Tekanan ini akan memadatkan serbuk di dalam cetakan.
- 4) Proses kompaksi panas dilakukan pada suhu 500°C. Area dapur pemanas menyelimuti cetakan untuk mempertahankan suhu yang diperlukan selama proses kompaksi.
- 5) Setelah proses kompaksi selesai, tunggu hingga cetakan dan sampel menjadi dingin sebelum mengeluarkan sampel dari cetakan.

Proses ini bertujuan untuk menghasilkan sampel yang telah dipadatkan dengan baik dari serbuk yang telah dicampur sebelumnya. Melalui pemberian tekanan dan suhu yang terkontrol, diharapkan sampel yang dihasilkan memiliki kepadatan yang diinginkan dan sifat mekanik yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang dituju.

3. Proses Sintering

Proses sintering adalah langkah penting dalam manufaktur untuk meningkatkan ikatan antar partikel pada serbuk. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses sintering dalam penelitian ini:

- 1) Sampel yang telah dicetak dan dipersiapkan sebelumnya siap untuk dimasukkan ke dalam furnace atau oven untuk proses sintering.
- 2) Dalam proses pemanasan, dilakukan variasi suhu sintering pada sampel. Tiga suhu yang berbeda digunakan, yaitu 550°C, 580°C, dan 610°C. Setiap suhu diberikan waktu tahan (*Holding Time*) selama 20 menit untuk memungkinkan proses sintering terjadi dengan baik.
- 3) Sampel dimasukkan ke dalam furnace atau oven dan dipanaskan pada suhu yang telah ditentukan. Suhu yang diberikan akan mempengaruhi proses ikatan antar partikel pada serbuk.
- 4) Setelah mencapai suhu yang diinginkan, sampel dipertahankan pada suhu tersebut selama 20 menit. *Holding time* ini penting untuk memastikan bahwa proses

sintering terjadi dengan baik dan ikatan antar partikel dapat terbentuk dengan optimal.

- 5) Setelah proses sintering dan holding time selesai, sampel dikeluarkan dari furnace atau oven. Sampel kemudian didinginkan secara alami pada suhu ruangan.

Proses ini bertujuan untuk meningkatkan ikatan antar partikel pada serbuk, yang pada gilirannya akan meningkatkan kekuatan, kepadatan, dan sifat mekanik lainnya dari sampel yang telah diproses. Variasi suhu sintering dan holding time yang berbeda memberikan informasi tentang bagaimana suhu dan waktu dapat mempengaruhi sifat akhir dari produk sintering.

3.4 Validasi visual

Validasi visual pada sampel yang telah diproses adalah langkah penting untuk memastikan kualitas sampel sebelum memasuki tahap pengujian. Beberapa aspek yang diperhatikan dalam validasi visual ini mencakup:

- 1) Bentuk yang Tidak Sempurna
- 2) Keretakan dan Pecah
- 3) Kesesuaian dengan Standar Kualitas

Jika sampel yang telah diproses menunjukkan cacat atau ketidaksesuaian dengan kriteria yang ditetapkan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pencetakan ulang dari tahap awal. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sampel yang akan diuji memiliki kualitas yang memadai sesuai dengan tujuan pengujian. Penting untuk melakukan validasi visual ini sebelum memasuki tahap pengujian karena dapat mengurangi potensi pemborosan waktu dan sumber daya pada pengujian sampel yang cacat atau tidak memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Selain itu, validasi visual ini membantu memastikan bahwa sampel yang diuji nantinya memberikan hasil yang akurat dan representatif.

3.5 Pengolahan Data

Pengujian densitas dan kekerasan yang dilakukan pada spesimen komposit matrik aluminium hybrid alumina dan abu ampas tebu menghasilkan data yang penting untuk analisis. Setelah memperoleh nilai densitas dan kekerasan dari sampel-sampel yang diuji, data tersebut bisa disusun dalam bentuk tabel dan grafik

untuk visualisasi yang lebih mudah dipahami. Sebagai contoh:Berikut ini tabel pengujian densitas dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Data Pengujian Kekerasan (HB)

No	Kompaksi panas (Psi)	Suhu sintering °C	Nilai kekerasan (HB) Spesimen			Rata – rata
			1	2	3	
1.	5600	550				
2.	5600	580				
3.	5600	610				
4.	6000	550				
5.	6000	580				
6.	6000	610				
7.	6400	550				
8.	6400	580				
9.	6400	610				

Tabel 3. 2 Data Uji densitas (g/cm³)

No	Kompaksi panas (Psi)	Suhu sintering °C	Nilai densitas (g/cm ³)			Rata – rata (g/cm ³)
			Spesimen			
			1	2	3	
1.	5600	550				
2.	5600	580				
3.	5600	610				
4.	6000	550				
5.	6000	580				
6.	6000	610				
7.	6400	550				
8.	6400	580				
9.	6400	610				

3.6 Analisa Data

Setelah menyusun data dalam tabel dan grafik, Dengan menggabungkan hasil uji densitas dan kekerasan dalam bentuk tabel, grafik, dan melakukan analisis dapat menggali informasi penting tentang sifat-sifat material komposit matrik aluminium hybrid alumina dan abu ampas tebu yang diuji. Data yang diperoleh dari 27 percobaan ini akan memberikan gambaran yang komprehensif tentang bagaimana kombinasi dari kompaksi panas dan suhu sintering dapat memengaruhi sifat-sifat material yang diuji, seperti densitas, kekerasan, atau sifat lainnya yang menjadi fokus penelitian. Analisis statistik dari data ini akan membantu dalam mengidentifikasi pengaruh signifikan dari masing-masing faktor, interaksi antara faktor-faktor tersebut, serta bagaimana kombinasi tertentu dari kedua faktor ini memengaruhi hasil pengujian.

Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji.

Faktor		Level	
Kompaksi panas Psi	5600	6000	6400
Suhu sintering °C	550	580	610



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pencampuran / Pemasukan Mekanik (Mixing)

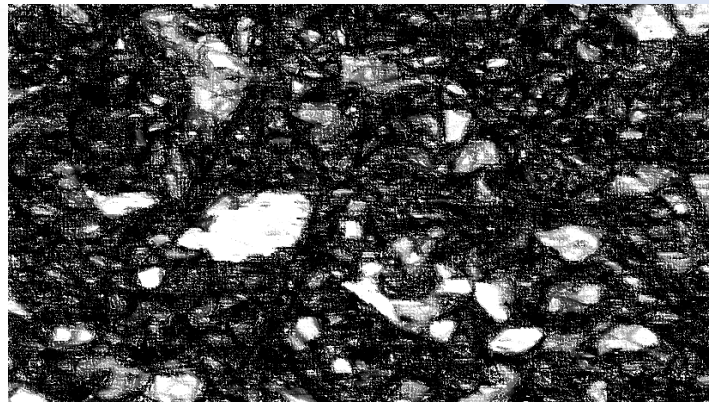
Proses pencampuran mekanik dingin menggunakan mesin Horizontal Ball Mill memiliki beberapa dampak yang signifikan terhadap serbuk matrik Al dan penguat *hybrid* BA – Al₂O₃ seperti :

- 1) Penggerusan dan Pencampuran: Proses ini terjadi secara simultan di dalam Ball Mill. Hal ini mengakibatkan serbuk matrik dan penguat dicampur secara merata dan ukuran partikelnya menjadi semakin kecil. Proses ini penting untuk homogenitas campuran dan meningkatkan reaktivitas material.
- 2) Pengelasan Dingin (*Cold-Welding*): Tumbukan berulang antara bola-bola bearing dengan serbuk matrik dan penguat dapat menyebabkan fenomena *cold-welding*. *Cold-welding* terjadi ketika partikel-partikel padatan bergabung satu sama lain karena adanya tekanan yang tinggi dan kontak berulang antarpartikel. Hal ini dapat meningkatkan interaksi antara serbuk matrik dan penguat, serta meningkatkan kekuatan interpartikel.
- 3) Reduksi Ukuran Serbuk: Proses pencampuran mekanik dingin cenderung menghasilkan serbuk dengan ukuran yang lebih kecil. Hal ini dapat memperbaiki homogenitas campuran serta meningkatkan luas permukaan partikel, yang pada gilirannya dapat meningkatkan reaktivitas material.
- 4) Peningkatan Sifat Mekanik: *Cold-welding* dan pengurangan ukuran serbuk dapat berkontribusi pada peningkatan sifat mekanik komposit yang dihasilkan. *Cold-welding* dapat meningkatkan ikatan antar partikel, sementara ukuran partikel yang lebih kecil dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan sifat lainnya.

Proses pencampuran mekanik dingin ini adalah tahap penting dalam pembentukan komposit matrik Al dan penguat *hybrid* BA – Al₂O₃. Dengan menghasilkan campuran yang homogen dan partikel yang lebih kecil, proses ini mempersiapkan material untuk langkah-langkah selanjutnya seperti kompaksi panas dan sintering.



Gambar 4.1 Serbuk hasil proses pencampuran dan pemaduan mekanik (mixing) dengan menggunakan mesin ball mill selama 2 jam.

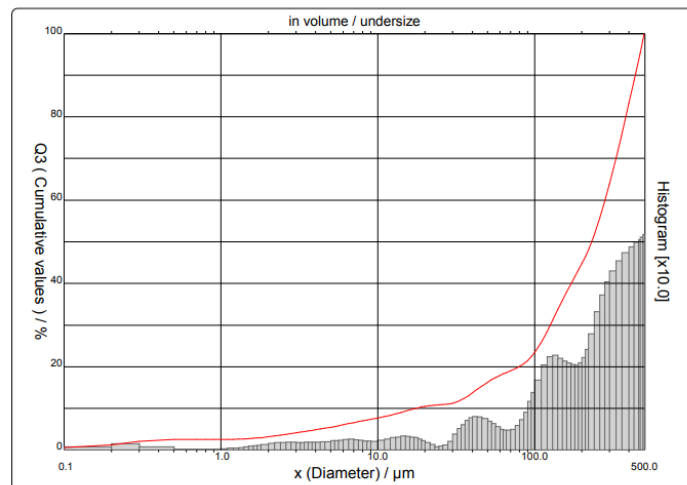


Gambar 4.2 Struktur mikro hasil pembesaran gambat pada serbuk hasil mixing dengan menggunakan alat mikroskopik.

Gambar 4.1 diatas merupakan serbuk hasil proses pencampuran dengan metode *mechanical alloying*. Dapat diamati bahwa proses *mechanical alloying* sering kali menyebabkan fenomena pengelasan dingin antara partikel-partikel serbuk. Ini bisa diamati dalam bentuk inisiasi ikatan mekanik antara butiran-butiran serbuk setelah proses mixing. Inisiasi ikatan mekanik seperti pengelasan dingin ini merupakan salah satu dari hasil utama dalam proses *mechanical alloying* yang dapat meningkatkan sifat-sifat material yang dihasilkan., seperti yang ditampilkan pembesarannya pada gambar Gambar 4.2 menunjukkan hasil dari proses pencampuran dengan metode *mechanical alloying*, di mana banyak serbuk yang digiling dalam satu kali penggilingan sebanyak 350 gram. Dalam proses ini, energi

tumbukan antara bola-bola penggiling dengan serbuk komposit terus menerus berulang selama 2 jam. Mekanisme *cold-welding* terjadi karena kombinasi sifat logam aluminium sebagai matriks yang cenderung lunak dan elastis. Hal ini memengaruhi morfologi dan sifat-sifat akhir dari serbuk hasil proses mechanical alloying. Dalam konteks komposit, pemahaman terhadap fenomena ini membantu mengoptimalkan proses untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan pada material akhir.

Hasil dari uji Particle Size Analyzer (PSA) yang dilakukan terhadap distribusi ukuran serbuk campuran setelah proses pemaduan mekanik menunjukkan bahwa campuran padatan mendekati homogen. Gambar 4.3 yang dibawah menampilkan distribusi ukuran butiran-butiran serbuk dalam campuran tersebut. Hasil distribusi serbuk campuran menunjukkan rata-rata ukuran D50 sebesar 133.12 μm . Nilai D50 merupakan ukuran butir di mana 50% massa dari serbuk berada di atas dan di bawah nilai tersebut. Dalam konteks ini, nilai D50 yang diperoleh menunjukkan bahwa ukuran butiran dalam campuran padatan lebih halus dibandingkan dengan serbuk sebelum proses mixing.



Gambar 4.3 Grafik hasil uji *Particle Size Analyza* (Psa) setelah diuji di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya

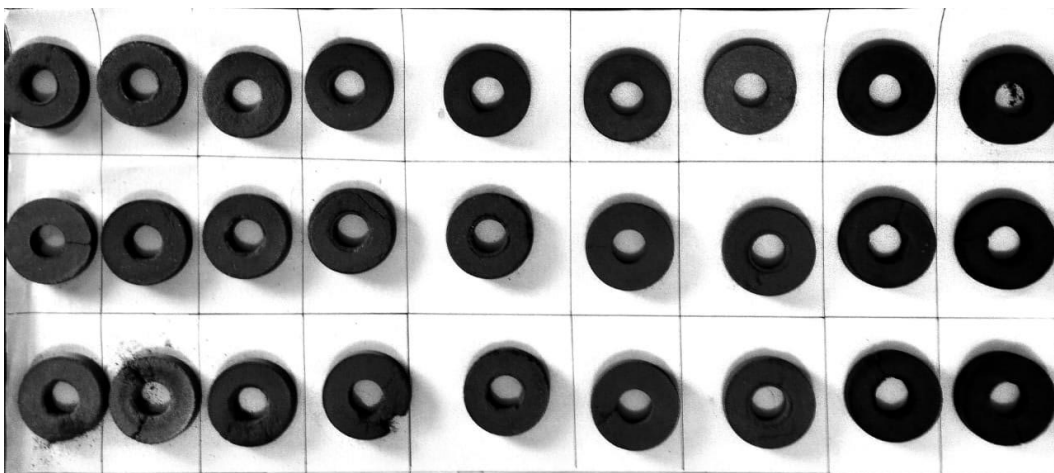
Ukuran butiran yang lebih kecil setelah proses mixing adalah hasil yang diharapkan dari proses pemaduan mekanik. Proses mechanical alloying atau mixing cenderung mengurangi ukuran partikel sehingga menciptakan distribusi ukuran

yang lebih homogen. Ukuran butir yang lebih halus ini dapat mempengaruhi sifat-sifat material, termasuk kekuatan mekanik, reaktivitas kimia, dan karakteristik lainnya. Hal ini menjadi penting terutama dalam aplikasi di mana distribusi ukuran partikel yang homogen diperlukan untuk hasil yang konsisten dan unggul.

4.2 Sampel Sebelum Pengujian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi nilai densitas dan kekerasan dari komposit aluminium yang diperkuat oleh hybrid alumina dan baggase ash terhadap perbedaan tekanan kompaksi dan suhu sintering. Variasi tekanan kompaksi panas dilakukan pada 5600 Psi, 6000 Psi, dan 6400 Psi, dengan suhu 500°C selama 15 menit. Sementara variasi suhu sintering dilakukan pada 510°C, 560°C, dan 610°C selama 20 menit. Spesimen yang digunakan memiliki bentuk berupa cincin dengan diameter luar 50 mm, diameter dalam 20 mm, dan ketebalan rata-rata antara 9-10 mm. Proses kompaksi panas dilakukan dengan tekanan dua arah dan proses sintering dilakukan pada jumlah total sampel sebanyak 27.

Melalui variasi tekanan kompaksi dan suhu sintering, penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana parameter-proses tersebut mempengaruhi sifat-sifat material komposit seperti densitas dan kekerasan. Analisis terhadap sampel-sampel ini diharapkan akan memberikan wawasan tentang optimalisasi kondisi proses untuk mendapatkan sifat-sifat material yang diinginkan, terutama dalam pengaplikasian pembuatan kampas rem.



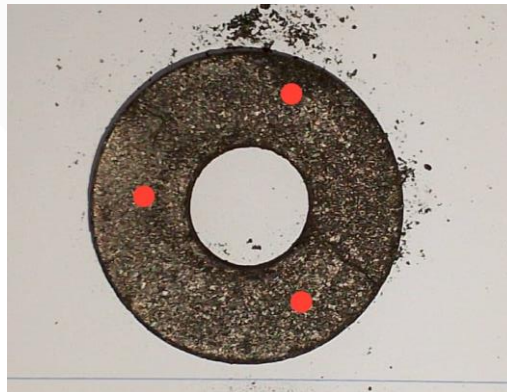
Gambar 4.4 Sampel hasil proses pemadatan dua arah dengan waktu tahan 15 menit dan proses sintering dengan waktu tahan selama 20 menit.

4.3 Uji kekerasan sebelum sintering

4.3.1 Proses pengujian kekerasan pada sampel sebelum sintering

Pengujian kekerasan pada komposit sebelum proses sintering dilakukan di Laboratorium Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pengujian ini dilakukan pada tiga titik yang telah ditentukan sebelumnya pada sampel yang telah dicetak.

Pengambilan nilai kekerasan dari tiga titik yang berbeda memungkinkan untuk mendapatkan representasi yang lebih baik tentang kekerasan keseluruhan dari komposit tersebut. Dengan pengujian pada beberapa titik, dapat diidentifikasi apakah kekerasan komposit tersebut konsisten di seluruh permukaan sampel atau apakah terdapat variasi yang signifikan antar titik pengujian. Pada gambar 4.5 merupakan posisi pengukuran kekerasan spesimen komposit seperti gambar dibawah.



Gambar 4.5 Titik representasi pengujian kekerasan pada sampel.

Hasil dari pengujian kekerasan pada tiga titik tersebut kemudian dijadikan sebagai representasi dari kekerasan keseluruhan komposit sebelum proses sintering. Hal ini memberikan gambaran tentang sifat mekanik material sebelum melalui tahap sintering, yang kemudian akan menjadi dasar untuk memahami perubahan atau perbaikan sifat mekanik setelah proses sintering dilakukan. Berikut gambar proses pengujian kekerasan pada sampel ditunjukkan pada gambar 4.6 dibawah.



Gambar 4.6 proses pengujian kekerasan pada sampel menggunakan alat uji kekerasan portable dengan satuan HRB.

Proses ini memungkinkan pengguna untuk mendapatkan nilai kekerasan dengan cepat dan langsung terbaca pada layar alat, membuat pengujian menjadi lebih efisien dan praktis.

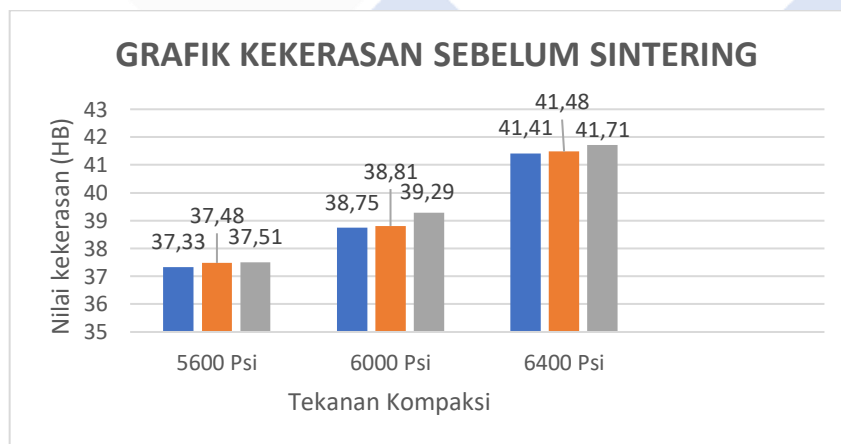
4.3.2 Pengolahan data dan Analisa hasil proses uji kekerasan sebelum sintering

Pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan portabel biasanya dilakukan dengan cara menekan indenter pada permukaan sampel secara otomatis atau manual. Nilai kekerasan kemudian terbaca langsung pada layar alat uji portabel. Dengan nilai kekerasan yang didapatkan secara instan, hasil pengujian dapat segera digunakan untuk analisis atau keperluan evaluasi lainnya dalam penelitian atau pengembangan material dapat ditunjukkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Tabel nilai hasil pengujian kekerasan dengan tiga spesimen pengujian.

No	Tekanan kompaksi panas (Psi)	Nilai Kekerasan (HB)			Rata – rata (HB)
		1	2	3	
1.	5600	38	37.33	36.67	37,33
2.	5600	36.89	37.56	38	37.48
3.	5600	37.66	36.89	37	37,51
4.	6000	38.35	39.66	39.86	39.29
5.	6000	38.76	38.66	39	38.91
6.	6000	39	38.98	38.27	38.75
7.	6400	40.89	41	41.56	41.48
8.	6400	41.25	40.98	42	41.41
9.	6400	41.67	41.35	42.10	41.71

Berdasarkan data tabel hasil uji kekerasan diatas, maka mendapatkan grafik hasil pengujian kekerasan dengan satuan HB seperti dibawah ini :



Gambar 4.7 Grafik nilai kekerasan tiga spesimen sebelum sintering.

Dengan adanya variasi dalam tekanan kompaksi panas, terlihat bahwa nilai kekerasan bahan juga bervariasi. Nilai kekerasan tertinggi tercatat pada tekanan kompaksi panas 6400 PSI dengan hasil sebesar 41.71 HB, sementara nilai terendah terjadi pada tekanan kompaksi panas 5600 PSI dengan nilai kekerasan sebesar

37.33 HB. Hal ini menunjukkan bahwa adanya variasi tekanan kompaksi panas tampaknya memiliki dampak signifikan pada kekerasan bahan yang diuji.

Dari grafik hasil pengujian kekerasan, terlihat bahwa tekanan kompaksi panas yang lebih tinggi cenderung menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi pada komposit Al hybrid Ba – Al₂O₃. Peningkatan tekanan kompaksi panas dapat mengakibatkan serbuk penyusun komposit menjadi lebih padat saat diberikan tekanan tinggi. Hal ini dapat mengurangi porositas dan meningkatkan homogenitas struktur material, yang pada gilirannya dapat berkontribusi pada peningkatan kekerasan keseluruhan komposit.

4.4 Uji densitas sebelum sintering

4.4.1 Proses pengujian densitas pada sampel sebelum sintering

Langkah selanjutnya setelah menyiapkan peralatan yang diperlukan adalah proses pengukuran densitas sampel. Sampel akan dilakukan penimbangan dalam kondisi kering dengan menggunakan timbangan digital dan kondisi basah dilakukan dengan memasukkan sampel kedalam air sesuai dengan pedoman pada hukum *Archimedes*. Pengukuran densitas dengan metode timbangan basah dan kering adalah teknik umum dalam menentukan densitas relatif suatu benda. Berikut adalah langkah-langkahnya:

1) Penimbangan Kering:

- Timbang sampel secara kering menggunakan timbangan digital.

2) Penimbangan Basah:

- Gantung sampel menggunakan tiang di dalam air sehingga sepenuhnya tenggelam dan tidak menyentuh dasar wadah. Pastikan sampel dalam keadaan basah.

Metode ini bekerja berdasarkan prinsip pada hukum Archimedes dengan standar uji menggunakan ASTM B962-17. bahwa benda akan menimbulkan gaya apung yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Perbedaan antara massa kering dan massa basah digunakan untuk menghitung volume benda yang tenggelam di dalam air, dan kemudian densitasnya dihitung berdasarkan volume dan massa tersebut. Berikut gambar proses pengujian densitas pada sampel ditunjukkan pada gambar 4.8 pada kondisi kering dan gambar 4.9 pada kondisi basah atau didalam air.



Gambar 4.8 Proses timbangan kering pada sampel menggunakan timbangan digital.



Gambar 4.9 Proses penimbangan basah pada sampel menggunakan alat timbang yang berpedoman pada hukum *Archimedes*.

4.4.2 Pengolahan data dan analisa sampel hasil pengujian densitas sebelum sintering

Berikut ini tabel nilai sampel ditimbang kering ditunjukkan pada tabel 4.2 dan tabel nilai spesimen ditimbang basah pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.2 Tabel nilai hasil timbangan kering pada sampel.

No	Tekanan kompaksi (Psi)	Pengujian kering (g/cm ³)		
		1	2	3
1.	5600	35,35	35,01	35,94
2.	5600	35,79	33,13	34,15
3.	5600	35,73	35,05	34,89
4.	6000	34,65	36,53	36,01
5.	6000	32,97	34,87	35,25
6.	6000	35,69	33,86	35,03
7.	6400	36,79	31,34	32,88
8.	6400	33,56	34,70	35,07
9.	6400	34,96	35,05	32,82

Tabel 4.3 tabel nilai hasil timbangan basah pada sampel

No	Tekanan kompaksi (Psi)	Pengujian basah (g/cm ³)		
		1	2	3
1.	5600	8,60	8,0	9,0
2.	5600	8,54	8,50	8,10
3.	5600	8,0	8,70	8,25
4.	6000	8,80	9,90	8,75
5.	6000	9,05	8,50	8,70
6.	6000	9,75	9,80	8,75

7.	6400	9,70	10,05	9,0
8.	6400	9,95	9,50	11,05
9.	6400	10,70	10,15	9,75

Nilai hasil dari menimbang sampel dalam kondisi kering dan basah, maka setelah itu mengolah nilai tersebut dengan menghitung menggunakan rumus densitas pada persamaan pada Bab 3 (3.1). Dibawah ini merupakan hitungan nilai densitas pada sampel sebelum dilakukan proses sintering.

➤ Nilai densitas sebelum sintering

• Spesimen 1 tekanan 5600 Psi

Diket : $m_s = 35,35$ g

$m_g = 8,60$ g

$$\text{jawab : } \rho_m = \frac{35,35}{35,35 - 8,60} = \frac{35,35}{26,75} = 1,321 \text{ g/cm}^3$$

Ditanya : ρ_m ?

• Spesimen 1 tekanan 6000 Psi

Diket : $m_s = 34,65$ g

$m_g = 8,80$ g

$$\text{jawab : } \rho_m = \frac{34,65}{34,65 - 8,80} = \frac{34,65}{25,85} = \rho_m = 1,340 \text{ g/cm}^3$$

Ditanya : ρ_m ?

• Spesimen 1 tekanan 6400 Psi

Diket : $m_s = 36,79$ g

$m_g = 9,70$ g

$$\text{jawab} = \rho_m = \frac{36,79}{36,79 - 9,70} = \frac{36,79}{27,09} = 1,356 \text{ g/cm}^3$$

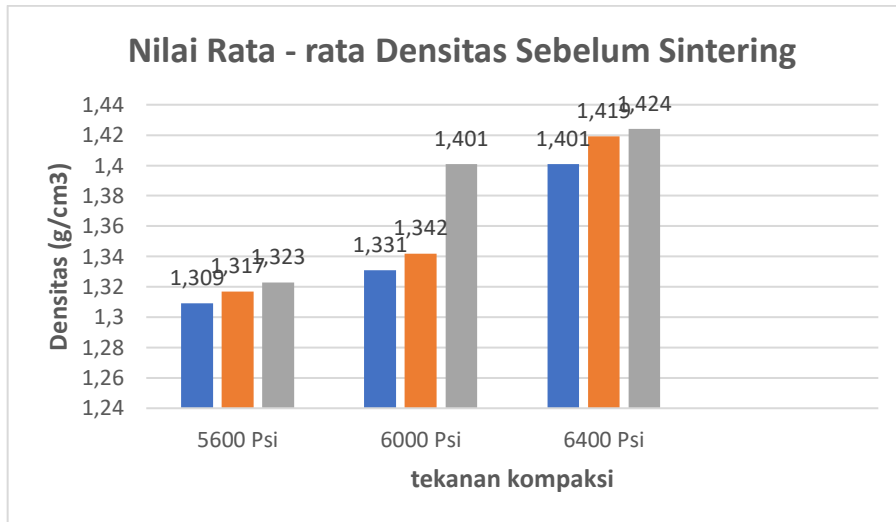
Ditanya : ρ_m ?

Berikut ini tabel nilai densitas yang didapatkan dari proses menghitung menggunakan rumus persamaan pada bab dua ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.4 Tabel nilai rata -rata hasil penghitungan densitas manual melalui rumus persamaan setelah dilakukannya menimbang sampel pada kondisi kering dan basah.

No	Tekanan kompaksi (Psi)	Nilai densitas (g/cm ³)			Rata – rata (g/cm ³)
		1	2	3	
1.	5600	1,321	1,296	1,334	1,317
2.	5600	1,313	1,345	1,310	1,323
3.	5600	1,288	1,330	1,309	1,309
4.	6000	1,340	1,334	1,320	1,331
5.	6000	1,378	1,322	1,327	1,342
6.	6000	1,324	1,407	1,345	1,401
7.	6400	1,356	1,472	1,376	1,401
8.	6400	1,421	1,377	1,460	1,419
9.	6400	1,441	1,408	1,423	1,424

Berdasarkan tabel 4.5, maka dibuatlah nilai rata – rata hasil perhitungan densitas secara manual dalam bentuk grafik maka didapatkan sebuah grafik seperti pada gambar grafik 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Grafik nilai rata – rata densitas hasil perhitungan manual sebelum proses sintering

Dari grafik diatas dapat bahwa tekanan kompaksi panas yang lebih tinggi cenderung menghasilkan nilai densitas yang lebih tinggi pada komposit. Peningkatan tekanan kompaksi panas dapat menyebabkan serbuk penyusun komposit menjadi lebih padat, mengurangi porositas, dan meningkatkan kerapatan struktural. Ini kemudian mengakibatkan peningkatan nilai densitas dari bahan tersebut. nilai densitas tertinggi terjadi pada tekanan kompaksi panas 6400 Psi dengan nilai 1,424 g/mm³, sementara nilai terendah terjadi pada tekanan kompaksi panas 5600 Psi dengan nilai 1,309 g/mm³. Hal ini sesuai dengan kesimpulan bahwa tekanan yang lebih tinggi menghasilkan densitas yang lebih tinggi.

4.5 Uji kekerasan setelah proses sintering

4.5.1 Proses pengujian kekerasan setelah proses sintering

Pengujian kekerasan pada komposit setelah proses sintering dilakukan di Laboratorium Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pengujian ini dilakukan pada tiga titik yang telah ditentukan sebelumnya pada sampel yang telah dicetak. Pengambilan nilai kekerasan dari tiga titik yang berbeda memungkinkan untuk mendapatkan representasi yang lebih baik tentang kekerasan keseluruhan dari komposit tersebut. Dengan pengujian pada beberapa titik, dapat diidentifikasi apakah kekerasan komposit tersebut konsisten di seluruh permukaan sampel atau apakah terdapat variasi yang signifikan antar titik pengujian.

Berikut gambar proses pengujian kekerasan pada spesimen ditunjukkan pada gambar 4.11 serta hasil gambar sampel yang telah di uji kekerasan ditunjukkan pada gambar 4.12 dibawah.



Gambar 4.11 Proses pengujian kekerasan setelah proses sintering dengan menggunakan alat uji kekerasan portabel satuan HB dilakukan di Lab Material Polman Babel.

Pengambilan nilai kekerasan dari tiga titik yang berbeda memungkinkan untuk mendapatkan representasi yang lebih baik tentang kekerasan keseluruhan dari komposit tersebut. Dengan pengujian pada beberapa titik, dapat diidentifikasi apakah kekerasan komposit tersebut konsisten di seluruh permukaan sampel atau apakah terdapat variasi yang signifikan antar titik pengujian.



Gambar 4.12 Titik pada sampel merupakan titik pengujian kekerasan terhadap sampel.

Hasil dari pengujian kekerasan pada tiga titik tersebut kemudian dijadikan sebagai representasi dari kekerasan keseluruhan komposit sebelum proses sintering. Hal ini memberikan gambaran tentang sifat mekanik material setelah melalui tahap sintering.

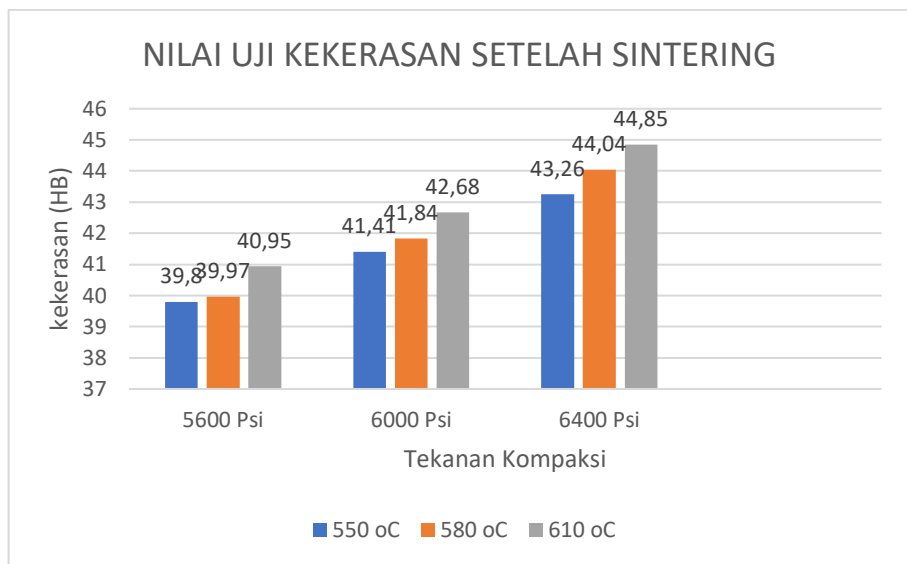
4.5.2 Pengolahan data dan analisa data hasil uji kekerasan setelah sintering

Berikut nilai kekerasan ditunjukkan pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Tabel nilai hasil uji kekerasan setelah sintering

No	Tekanan kompaksi (Psi)	Suhu sintering (°C)	Nilai kekerasan (HB)			Rata – rata (HB)
			1	2	3	
1.	5600	550	39,66	40,25	39,50	39,80
2.	5600	580	40	39,88	40,05	39,97
3.	5600	610	41,15	40,79	40,92	40,95
4.	6000	550	40,89	41,58	41,76	41,41
5.	6000	580	42,37	41	42,15	41,84
6.	6000	610	43,48	41,92	42,63	42,68
7.	6400	550	43,89	43	42,88	43,26
8.	6400	580	44,15	43,98	44	44,04
9.	6400	610	44,95	44,56	45,05	44,85

Berdasarkan tabel 4.5 jika dibuat dalam bentuk grafik maka didapatkan sebuah grafik seperti pada gambar grafik 4.13 dibawah in.



Gambar 4.13 Grafik nilai rata – rata hasil uji kekerasan setelah sintering.

Dari grafik pengujian kekerasan setelah proses sintering yang kamu gambarkan, terlihat bahwa nilai kekerasan meningkat seiring dengan peningkatan suhu sintering pada setiap sampel. Sampel dengan tekanan kompaksi panas 6400 Psi dan suhu sintering 610°C menunjukkan nilai kekerasan tertinggi, mencapai 44,85 HB. Sementara sampel dengan tekanan kompaksi panas 5600 Psi dan suhu sintering 550°C memiliki nilai kekerasan terendah, yaitu 39,8 HB. Penjelasan bahwa peningkatan kekerasan setelah proses sintering berkaitan dengan teori bahwa proses sintering dapat meningkatkan kepadatan bahan karena terbentuknya ikatan antar partikel pada serbuk. Proses ini secara umum meningkatkan kekerasan materi karena meningkatkan integrasi antar partikel, mengurangi porositas, dan meningkatkan kepadatan struktural secara keseluruhan. Dengan demikian, hasil ini mengonfirmasi bahwa suhu sintering yang lebih tinggi cenderung menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi setelah proses sintering pada sampel-sampel yang diuji.

4.6 Uji densitas setelah proses sintering

4.6.1 Proses pengujian densitas setelah proses sintering

Langkah selanjutnya setelah menyiapkan peralatan yang diperlukan adalah proses pengukuran densitas sampel. Sampel akan dilakukan penimbangan dalam kondisi kering dengan menggunakan timbangan digital dan kondisi basah dilakukan dengan memasukkan sampel kedalam air sesuai dengan pedoman pada hukum *Archimedes*. Pengukuran densitas dengan metode timbangan basah dan kering adalah teknik umum dalam menentukan densitas relatif suatu benda. Berikut adalah langkah-langkahnya:

1) Penimbangan Kering:

Timbang sampel secara kering menggunakan timbangan digital.

2) Penimbangan Basah:

Gantung sampel menggunakan tiang di dalam air sehingga sepenuhnya tenggelam dan tidak menyentuh dasar wadah. Pastikan sampel dalam keadaan basah.

Metode ini bekerja berdasarkan prinsip pada hukum Archimedes dengan standar uji menggunakan ASTM B962-17. bahwa benda akan menimbulkan gaya apung yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut. Perbedaan antara massa kering dan massa basah digunakan untuk menghitung volume benda yang tenggelam di dalam air, dan kemudian densitasnya dihitung berdasarkan volume dan massa tersebut.

Berikut gambar proses pengujian densitas pada spesimen ditunjukkan pada gambar 4.14 pada kondisi kering dan gambar 4.15 pada kondisi basah atau didalam air.



Gambar 4.14 Proses penimbangan sampel dalam kondisi kering setelah proses sintering



Gambar 4.15 Proses penimbangan sampel dalam kondisi basah dengan memasukkan sampel kedalam air sesuai dengan hukum Archimedes.

4.6.2 Pengolaha data dan analisa data densitas setelah sintering

Berikut ini tabel nilai spesimen ditimbang kering ditunjukkan pada tabel 4.6 dan tabel nilai sampel ditimbang basah pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.6 nilai hasil sampel ditimbang dalam kondisi kering menggunakan timbangan digital setelah proses sintering.

No	Tekanan kompaksi (Psi)	Suhu sintering (°C)	Pengujian kering (g)		
			1	2	3
1.	5600	550	34,39	33,01	35,14
2.	5600	580	33,45	34,13	34,01
3.	5600	610	32,53	34,87	35,25
4.	6000	550	34,39	32,13	32,15
5.	6000	580	32,53	33,05	32,79
6.	6000	610	34,29	33,86	34,53
7.	6400	550	34,00	30,45	32,18
8.	6400	580	31,16	32,66	32 ,07
9.	6400	610	32,57	34,15	32,82

Tabel 4.7 nilai hasil sampel ditimbang dalam kondisi basah dengan dimasukkan kedalam air sesuai dengan hukum archimedes setelah proses sintering

No	Tekanan kompaksi (Psi)	Suhu sintering (°C)	Pengujian basah (g)		
			1	2	3
1.	5600	550	10,65	10,08	10,24
2.	5600	580	10,54	10,50	11,10
3.	5600	610	10,65	10,70	10,66
4.	6000	550	10,54	10,50	11,10
5.	6000	580	10,65	10,70	10,66
6.	6000	610	10,75	11,08	11,10
7.	6400	550	11,70	10,95	11,05
8.	6400	580	10,95	11,50	11,05
9.	6400	610	10,88	11,15	10,75

Setelah mendapatkan nilai dari menimbang sampel dalam kondisi kering dan basah, selanjutnya nilai tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus densitas pada persamaan dalam bab 3 (3.1). Berikut ini hitungan nilai densitas sampel setelah disintering.

➤ Nilai densitas setelah sintering

- Spesimen 1 tekanan 5600 Psi dengan suhu sintering 550 °C

Diket : $m_s = 34,39$ g

ditanya : ρ_m ?

$m_g = 10,65$ g

$$\text{jawab : } \rho_m = \frac{34,39}{34,39 - 10,65} = \frac{34,39}{23,85} = 1,442 \text{ g/cm}^3$$

- Spesimen 1 tekanan 5600 Psi dengan suhu sintering 580 °C

Diket : $m_s = 33,45$ g

$m_g = 10,54$ g

$$\text{jawab : } \rho_m = \frac{33,45}{33,45 - 10,54} = \frac{33,45}{22,91} = 1,460 \text{ g/cm}^3$$

- Spesimen 1 tekanan 5600 Psi dengan suhu sintering 610 °C

Diket : $m_s = 32,53$

$M_g = 10,65$

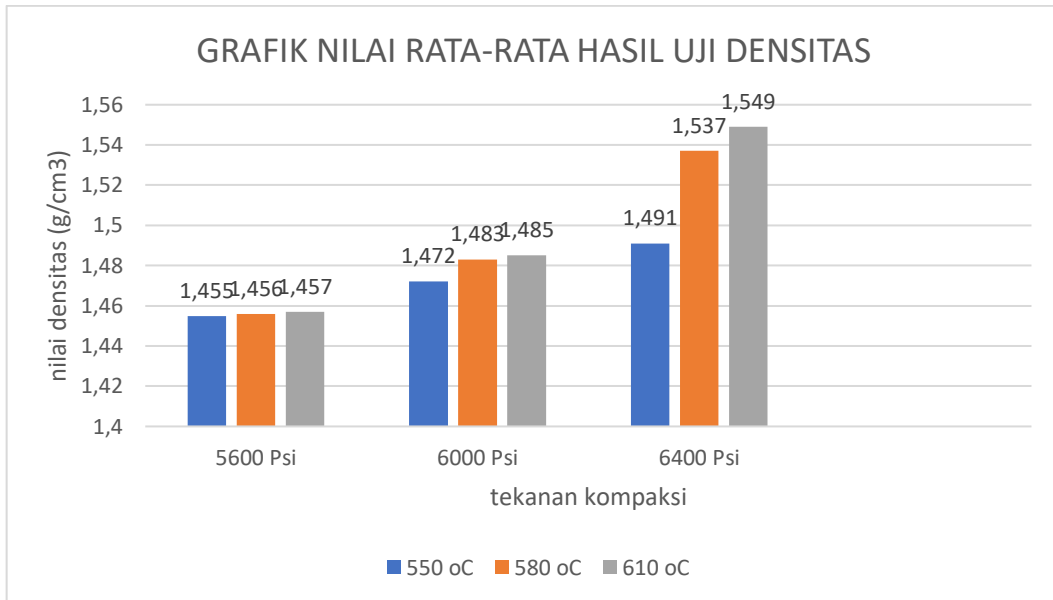
$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,53}{32,53 - 10,65} = \frac{32,53}{21,88} = 1,487 \text{ g/cm}^3$$

Berikut ini tabel nilai densitas sesudah sintering yang telah dihitung menggunakan rumus ditunjukkan pada tabel 4.8 dibawah.

Tabel 4.8 nilai rata – rata densitas hasil perhitungan manual.

No	Tekanan kompaksi (Psi)	Suhu sintering (°C)	Nilai densitas (g/cm ³)			rata – rata (g/cm ³)
			1	2	3	
1.	5600	550	1,442	1,439	1,459	1,455
2.	5600	580	1,460	1,432	1,462	1,456
3.	5600	610	1,487	1,431	1,436	1,457
4.	6000	550	1,442	1,485	1,527	1,485
5.	6000	580	1,487	1,479	1,482	1,483
6.	6000	610	1,457	1,486	1,474	1,472
7.	6400	550	1,525	1,598	1,523	1,549
8.	6400	580	1,542	1,543	1,526	1,537
9.	6400	610	1,502	1,485	1,487	1,491

Berdasarkan tabel 4.8 jika dibuat dalam bentuk grafik maka didapatkan sebuah grafik seperti pada gambar grafik 4.16 dibawah ini.



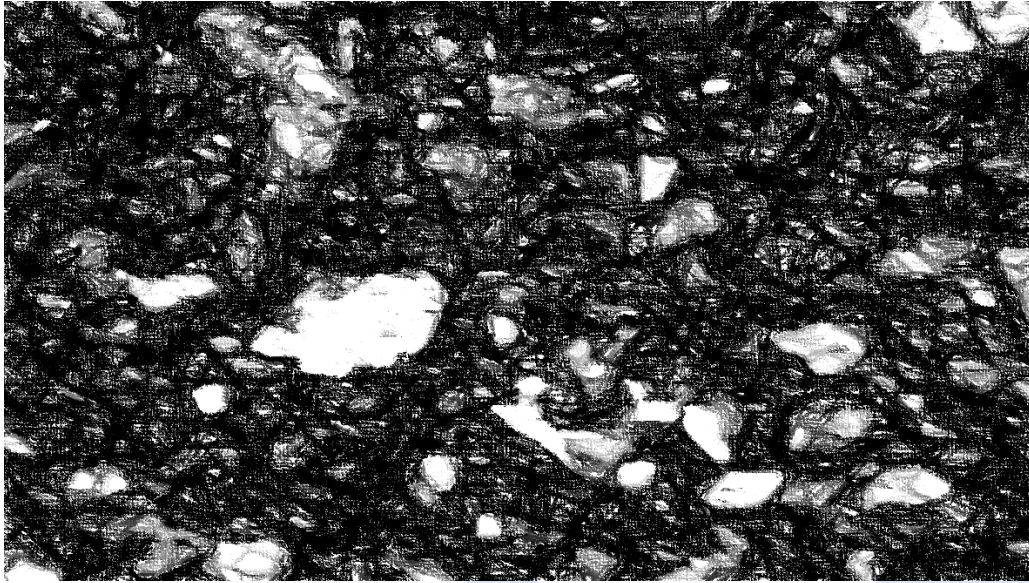
Gambar 4.16 Grafik nilai rata – rata hasil perhitungan densitas secara manual.

Dari grafik pengujian densitas setelah proses sintering yang dijelaskan, terlihat bahwa nilai densitas meningkat seiring dengan peningkatan suhu sintering pada setiap sampel. Sampel dengan tekanan kompaksi panas 6400 Psi dan suhu sintering 610°C menunjukkan nilai densitas tertinggi, mencapai 1,549 g/mm³. Sementara sampel dengan tekanan kompaksi panas 5600 Psi dan suhu sintering 550°C memiliki nilai densitas terendah, yaitu 1,455 g/mm³. Penjelasan bahwa peningkatan densitas setelah proses sintering dapat dikaitkan dengan teori bahwa proses sintering mengubah struktur mikro, termasuk mengurangi jumlah dan ukuran pori-pori. Selain itu, proses ini juga dapat membantu menghilangkan gas atau udara yang terperangkap di dalam spesimen, yang dapat mengakibatkan peningkatan densitas secara keseluruhan. Hasil ini menegaskan bahwa suhu sintering yang lebih tinggi cenderung menghasilkan densitas yang lebih tinggi pada spesimen setelah proses sintering, sesuai dengan teori bahwa sintering dapat mengurangi porositas dan menghilangkan gas terperangkap, yang pada gilirannya meningkatkan nilai densitas material.

4.7 Uji Struktur Mikro

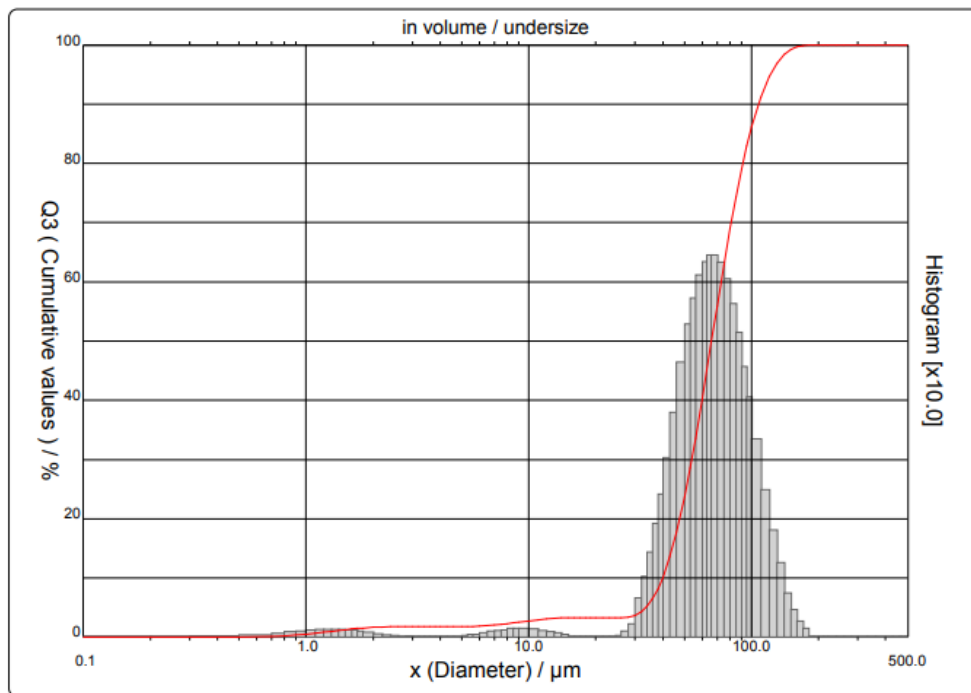
4.7.1 Uji Struktur Mikro pada sampel hasil proses mixing

Pada penelitian ini dilakukan pengujian struktur setelah melakukan proses mixing pada sampel yang akan dilakukan proses pencetakan. Pengujian ini dilakukan agar dapat melihat keadaan butiran serbuk hasil proses mixing. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17 Struktur Mikro pada sampel hasil proses mixing.

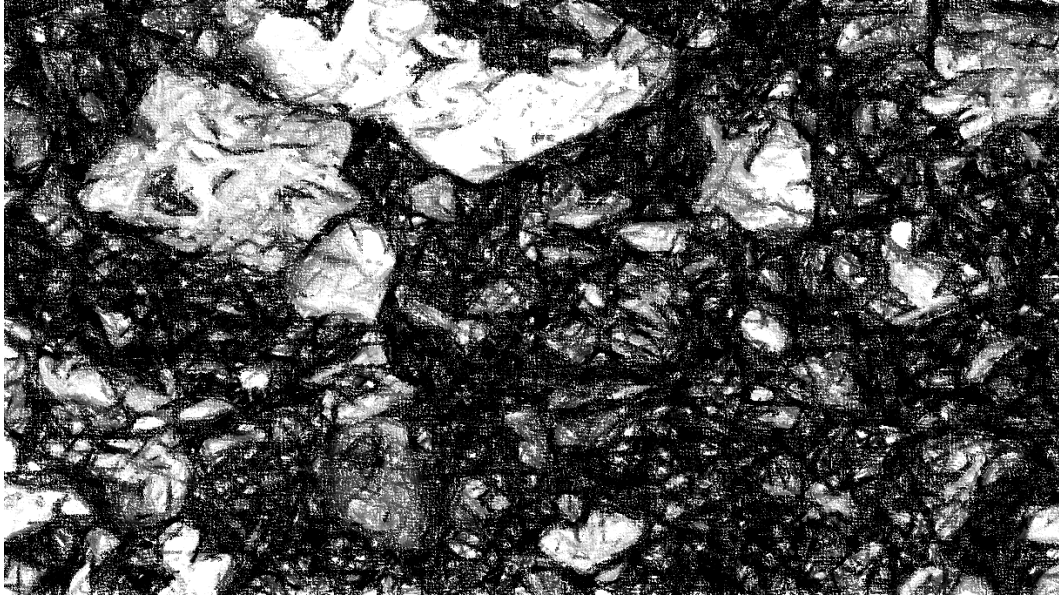
Menurut hasil pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) merk cilas 1173 DB 1 yang dilakukan di laboratorium FMIPA - KIMIA, Universitas Brawijaya bahwa ukuran distribusi serbuk sebanyak 10 gram didapatkan rata-rata $D_{50}:230.42 \mu\text{m}$. Dengan hasil pengujian bisa dilihat di gambar 4.18 dibawah ini.



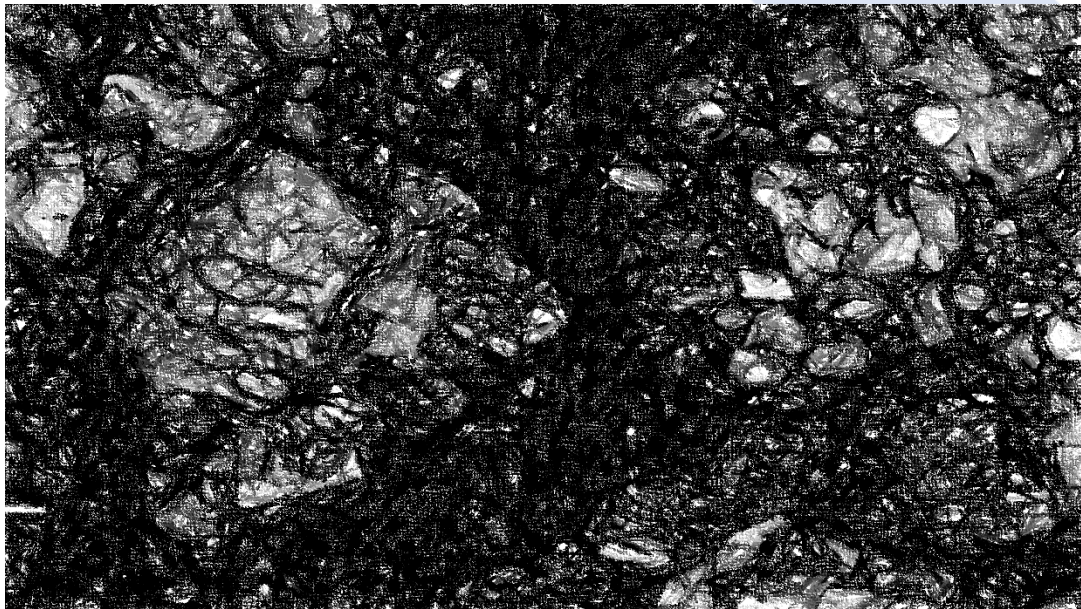
Gambar 4.18 Grafik Grafis sebaran hasil pencampuran serbuk (mixing) ukuran serbuk D50% : 230.42 dalam uji particle size analyzer.

4.7.2 Uji Struktur Mikro pada sampel hasil proses kompaksi

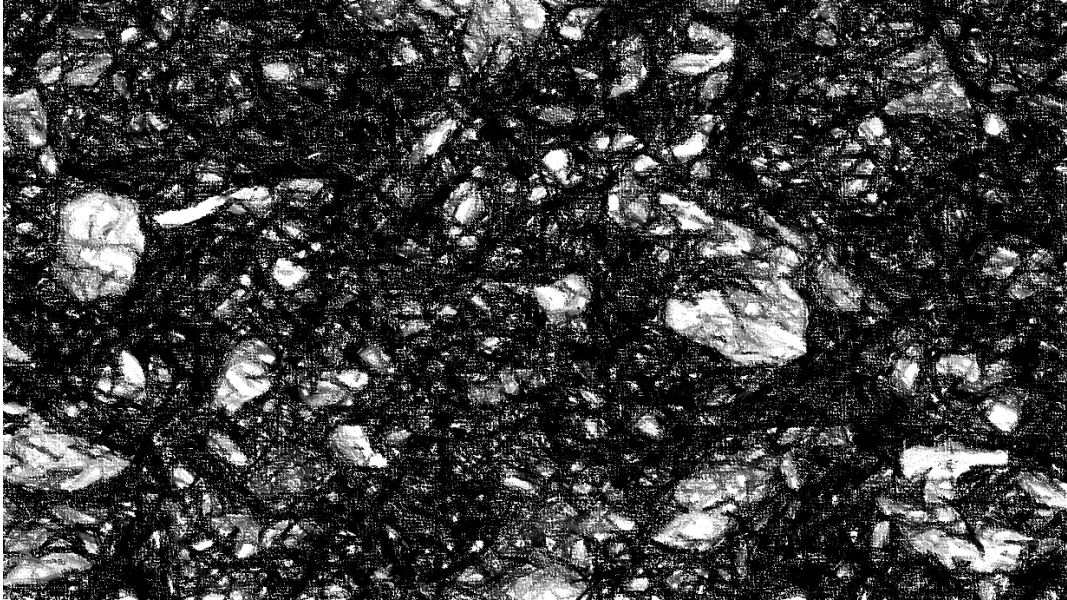
Berikut hasil pengujian struktur mikro dengan menggunakan alat uji mikroskopik digital pada sampel hasil kompaksi terdapat pada gambar 4.19, 4.20, dan 4.21 dengan variasi tekanan kompaksi yaitu pada gambar 4.19 ditekanan kompaksi 5400 Psi, gambar 4.20 ditekanan kompaksi 6000 Psi, sedangkan gambar 4.21 ditekanan kompaksi pada 6400 Psi.



Gambar 4.19 Struktur mikro hasil proses kompaksi pada tekanan 5600 Psi



Gambar 4.20 Struktur mikro hasil proses kompaksi pada tekanan 6000 Psi



Gambar 4.21 Struktur mikro pada sampel hasil proses kompaksi dengan tekanan 6400 Psi.

4.8 *Analysis of Variance Uji Kekerasan*

Setelah hasil data uji densitas didapatkan, Maka data tersebut dihitung menggunakan *Analysis of variance* dengan menggunakan software excel dan diverifikasi menggunakan software minitab 21.3 (*Minitab License*), Berikut ini tabel hasil perhitungan uji Analysis of Variance dapat ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.9 data analisis variasi hasil uji kekerasan setelah sintering

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-Hitung	F-Tabel
Tekanan kompaksi	2	65,2109	32,6054	183,80	3,44
Suhu sintering	2	11,0974	5,5487	31,28	3,44
Error	22	3,9026	0,1774		
Total	26	80,2109			

Terdapat tiga pernyataan hipotesis nol (H_0) dan tiga pernyataan hipotesis alternatif (H_1) terkait pengaruh faktor-faktor tertentu terhadap nilai kekerasan dari hasil analisis variansi (ANOVA).

1) Pernyataan H_0 dan H_1 :

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.

2) Pernyataan H_0 dan H_1 :

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

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

3) Pernyataan H_0 dan H_1 :

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

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

Dari tiga pernyataan hipotesis tersebut, setiap H_0 menyatakan bahwa tidak ada pengaruh signifikan dari faktor tertentu terhadap nilai kekerasan, sedangkan setiap H_1 menyatakan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari faktor yang bersangkutan terhadap nilai kekerasan.

Dalam hal ini, Fhitung adalah nilai F yang dihitung berdasarkan data yang ada, sementara Ftabel adalah nilai kritis dari distribusi F yang digunakan untuk menentukan signifikansi.

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, artinya terdapat perbedaan signifikan di antara grup/grup yang diuji, dan H_0 (hipotesis nol) dapat ditolak. Ini menunjukkan bahwa setidaknya salah satu dari faktor yang diuji (misalnya, kompaksi panas, suhu sintering, atau keduanya) memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan. Namun, jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka tidak cukup bukti untuk menolak H_0 . Ini berarti tidak ada cukup bukti statistik untuk menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan di antara grup/grup yang diuji.

Terdapat kesimpulan eksperimen dari hasil uji F terhadap faktor-faktor yang diuji terhadap nilai kekerasan:

1) Faktor Kompaksi Panas (Faktor A):

- Nilai Fhitung > Ftabel, sehingga H0 ditolak.

Kesimpulan: Kompaksi panas memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

2) Faktor Suhu Sintering (Faktor B):

- Nilai Fhitung > Ftabel, sehingga H0 ditolak.

Kesimpulan: Suhu sintering memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

3) Interaksi Faktor Kompaksi Panas (Faktor A) dan Faktor Suhu Sintering (Faktor B):

- Nilai Fhitung > Ftabel, sehingga H0 ditolak.

Kesimpulan: Interaksi antara faktor kompaksi panas dan faktor suhu sintering juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

Kesimpulan ini menunjukkan bahwa secara individual, baik kompaksi panas maupun suhu sintering memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan. Selain itu, interaksi antara kedua faktor ini juga berdampak pada nilai kekerasan, menunjukkan bahwa pengaruh keduanya tidak dapat dipisahkan secara terpisah ketika mempengaruhi nilai kekerasan dari benda kerja yang diuji.

Tabel 4.10 Berikut ini tabel perbandingan nilai penelitian terdahulu dan penelitian ini.

Nilai uji	Kampas Rem SNI		
	Penelitian ini	M. Asep	Syarat SNI
Uji kekerasan	44,85 HB	71,8 HRB	68-105 BHN
Uji densitas	1,549 g/cm ³	2,368 g/cm ³	1,5-2,4 g/cm ³

Dalam kasus penelitian ini, nilai densitas yang diperoleh memenuhi standar SNI untuk material kampas rem, tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan nilai densitas yang dicapai dalam penelitian M. Asep. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan parameter proses. Namun, nilai kekerasan dari penelitian ini tidak memenuhi syarat kekerasan kampas rem SNI dan pada

penelitian M. Asep. Ini juga disebabkan oleh kesalahan teknis dalam pencetakan saat pembentukan sampel. Akan tetapi untuk parameter-proses seperti tekanan kompaksi dan suhu sintering harus diperhatikan secara cermat untuk mencapai nilai densitas dan kekerasan yang sesuai dengan standar yang ditetapkan.



BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian serta pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

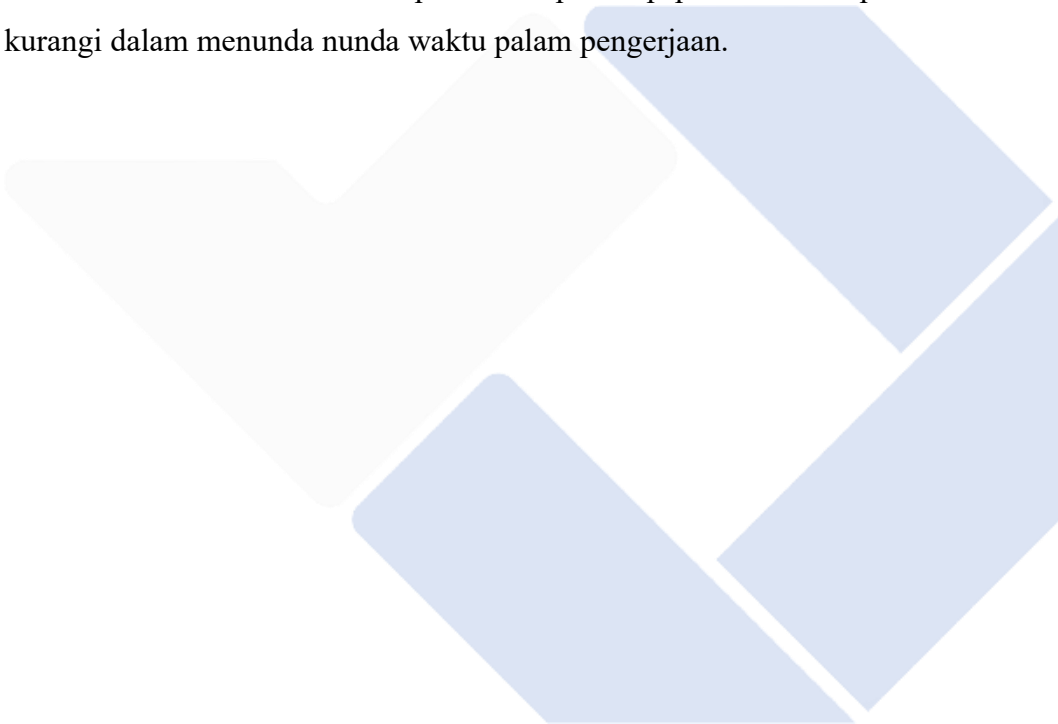
1. Pengaruh perbedaan tekanan kompaksi panas pada komposit matrik aluminium yang diperkuat *hybrid baggase ash* dan alumina hasil dari proses metalurgi serbuk dapat mempengaruhi nilai densitas dan kekerasan yang dihasilkan. Karena perbedaan tekanan kompaksi dapat menghasilkan ikatan antar partikel semakin kuat dan pori-pori yang dihasilkan dari proses kompaksi kecil yang meningkat kerapatan sehingga nilai densitas dan kekerasan tinggi. Hal tersebut dapat di buktikan dengan data nilai densitas tertinggi terdapat pada tekanan kompaksi panas 6400 Psi yaitu sebesar 1,549 g/cm³ dan nilai terendah yaitu sebesar 1,455 g/cm³ pada tekanan 5600 Psi. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada tekanan kompaksi panas 6400 Psi yaitu sebesar 41.71 HB dan nilai terendah yaitu sebesar 37,33 HB pada tekanan kompaksi panas 5600 Psi.
2. Pengaruh perbedaan suhu sintering pada komposit matrik aluminium yang diperkuat *hybrid baggase ash* dan alumina hasil proses metalurgi serbuk dapat mempengaruhi nilai densitas dan kekerasan yang dihasilkan. Karena hal tersebut dapat di buktikan dengan data nilai densitas tertinggi terdapat pada tekanan kompaksi panas 6400 Psi dengan suhu sintering 610°C yaitu sebesar 1,549 g/cm³ dan nilai terendah yaitu sebesar 1,455 g/cm³ pada tekanan kompaksi panas 6400 Psi dengan suhu sintering 550°C sedangkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada tekanan kompaksi panas 6400 Psi dengan suhu sintering 610°C yaitu sebesar 44,85 HB dan nilai terendah yaitu sebesar 39,8 HB pada tekanan kompaksi panas 5600 Psi dengan suhu sintering 550°C. Penggunaan variasi suhu sintering dapat meningkatkan nilai densitas dan nilai kekerasan sehingga suhu sintering berpengaruh terhadap nilai densitas dan kekerasan.

5.2 SARAN

Untuk pengembangan penelitian yang berkaitan dengan komposit matrik aluminium yang diperkuat *hybrid baggase ash* dan alumina, maka penulis

memberikan saran agar dapat membantu peneliti selanjutnya untuk melakukan penelitian yaitu :

1. Untuk peneliti selanjutnya yang mengambil tema pada metalurgi serbuk tingkatkan terlebih dahulu mesin tekanan kompaksinya.
2. Menggunakan alat *safety* seperti sepatu *safety*, sarung tangan, apron dada dan apron lengan pada saat proses pengangkatan sampel dari *thermocouple* serta lebih hati – hati lagi dalam mengeluarkan sampel dari cetakan.
3. Lebih berhati-hati serta teliti pada saat melakukan proses pencetakan spesimen agar memperoleh hasil yang maksimal.
4. Jadwalkan terlebih dahulu tahapan – tahapan tiap proses dalam pencetakan dan kurangi dalam menunda nunda waktu dalam pengerjaan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Telang A K and R. A, "Alternate Materials in Automobile Brake Disc Applications with Emphasis on Al Composites- A Technical Review," J. Eng. Res. Stud., vol. I, no. I, pp. 35–46, 2010.
- [2] Choirudin. 2010, Pengaruh Variasi Komposisi Serat Serabut Kelapa, Plastik PET, Serbuk Aluminium Pada Sifat Fisik dan Koefisien Gesek Bahan Kampas Rem Gesek. (Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [3] Muhammad Asep 2023, Pembuatan Komposit Matriks Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Dengan Metode Metalurgi Serbuk. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- [4] Wahyono.S. "Teknologi metalurgi serbuk"penamas.
- [5] Rahman. S. "Metalurgi Serbuk dan Jenis – Jenis Perkakas" Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatra utara Medan 2015.
- [6] Iman.s. "Studi karakteristik sifat mekanik aluminium matrik composite (AMC) paduan Al, 5% Cu, 12% Mg, 15% SiC hasil proses Stir Casting dengan variasi Temperatur Pengadukan. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [7] Emira.e.i. "Aluminium" jurusan kimia, Universitas Negeri Padang, Indonesia 2016
- [8] Mahadi.S.T.,M.T "Pengaruh variasi pengadukan serbuk aluminium(Al), Magnesium(Mg), dan Seng(Zn) terhadap mekanik logam dengan metode metalurgi serbuk." dosen jurusan teknik mesin, fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara. jl. Politeknik, Gedung J17 Kota Medan, Sumatra Utara.
- [9] Wahyono.S. "Teknologi metalurgi serbuk"penamas.
- [10] Rahman. S. "Metalurgi Serbuk dan Jenis – Jenis Perkakas" Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatra utara Medan 2015.

- [11] Doddy Setiabudi. Mechanical Alloying A mechanical alloy (MA) is a solid-state powder processing technique that involves repeated welding, <https://adoc.pub/author/Doddy+Setiabudi>.
- [12] M.Asep, "Sand Reinforced Aluminum Matrix Composite Manufacturing Silica Tin Tailings By Powder Metallurgy Method," Machine; Jurnal Teknik Mesin Vol. 9 No. 1 April 2023 .
- [13] Ricky Irwansyah, "Proses metalurgi serbuk pada fabrikasi komposit matriks aluminium diperkuat pasir silika tailing penambangan timah," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung 2023.
- [14] Ricky Irwansyah, "Proses metalurgi serbuk pada fabrikasi komposit matriks aluminium diperkuat pasir silika tailing penambangan timah," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung 2023.
- [15] Imroatul.M."Pengaruh pemanasan serbuk Al Pra-kompaksi terhadap sifat fisis komposit Al/SiC hasil metalurgi serbuk" Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 2015.
- [16] Toto.R."Hot pressing metalurgi serbuk aluminium dengan variasi suhu pemanasan" teknik mesin, fakultas teknologi industri, institut sains % teknologi AKPRIND yogyakarta.
- [17] Putri.M. " Pengaruh kemurnian bahan baku alumina terhadap tempering sintering dan karakteristik keramik alumina" Program studi fisika, Fakultas sains dan teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, jakarta 2014.
- [18] Jihan.N.H. "Karakteristik limbah baggase ash pabrik gula sebagai alternatif bahan dasar zeolit sintesis." Program Studi D4 Teknik Pengolahan LImbah, jurusan permesinan kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111.
- [19] BAB II Tinjauan Pustaka 2.1 Ampas Tebu. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung. digilib.uinsgd.ac.id/4292/5/5_bab2.pdf .

- [20] E110-14, Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers. 2015. doi: 10.1520/E0110-14.2.
- [21] ASTM International, Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes' Principle, vol. I. 2013. doi: 10.1520/B0962-17.2.
- [22] F. Azis, Sunardi, and A. Pramono, "Analisa Pengaruh Komperesibilitas Metalurgi Serbuk Terhadap Karakteristik Fisik Pada Komposit Matriks Logam Aluminium Berpenguat Alumina," 2012.
- [23] Vaibhav Dardare* and S. G. Kulkarni. Effect of bagasse ash reinforcement on Al356 matrix composite manufactured by two stage stir casting process, Mechanical Engineering Department, Solapur University, SKN Sinhgad College Of Engineering, Korti, Pandharpur, Maharashtra, India. Received 01 May 2018, Accepted 01 July 2018, Available online 02 July 2018, Vol.8, No.4 (July/Aug 2018)
- [24] I Wayan Lega Suprpto, "EFEK KOMPOSISI DAN PERLAKUAN SINTERING PADA KOMPOSIT Al/(SiCw+Al₂O₃) TERHADAP SIFAT FISIK, DAN KEAUSAN. 1)" S2 Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Udayana Dosen Mesin Program Pascasarjana Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran Bali , Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran Bali teknologi AKPRIND yogyakarta.
- [25] Choirudin. 2010, Pengaruh Variasi Komposisi Serat Serabut Kelapa, Plastik PET, Serbuk Aluminium Pada Sifat Fisik dan Koefisien Gesek Bahan Kampas Rem Gesek. (Tugas Akhir, Universitas Muhamadiyah Surakarta).
- [26] Ferriawan.Y. "Karakteristik bahan kampas rem sepeda motor dari komposit serbuk kayu jati" universitas muhammadiyah yogyakarta, Quantum teknika jurnal teknik mesin terapan 1 oktober 2019.
- [27] Emira.e.i. "Aluminium" jurusan kimia, Universitas Negeri Padang, Indonesia 2016

- [28] Hendriwan.F."Analisa kekerasan dan Fracture toughness alumina diperkuat serbuk aluminium dan tembaga. Jurusan teknik mesin, fakultas teknologi industri, Institut teknologi padang.
- [29] Jihan.N."Karakteristisasi Limbah Bagasse Ash Pabrik Gula sebagai Alternatif Bahan Dasar Zeolit Sintesis" Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111
- [30] A. Pramono, "Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan," Fakultas Teknik Metalurgi dan Material, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa p. 3, 2008.



Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

1. Data Diri

Nama Lengkap : Yulia Anggreni
Tempat & Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 25 Maret 2002
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl. Kemakmuran Tanjung Ketapang, Kecamatan Toboali,
Kabupaten Bangka Selatan Provinsi Bangka Belitung
No Telepon/Hp : 0895393095884
Email : yuliaanggreni25@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

TK Pedika Puri	(2006 – 2008)
SD Negeri 5 Pangkalanbaru	(2008 – 2010)
SD Negeri 2 Toboali	(2010 – 2014)
MTS Nurul Falah Air Mesu	(2014 – 2017)
MA Nurul Falah Air Mesu	(2017 – 2020)

Sungailiat, 25 Januari 2024

Yulia Anggreni

Lampiran 2 Sertifikat Pengujian Unsur Serbuk Aluminium



POLITEKNIK MANUFATUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER

Batur, Tegayrejo, Cepur, Klaten 57465 - Jawa Tengah, Telp./Fak. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id



LABORATORIUM PENGUJI
LP - 546 - 09

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 137.1/UJ/SPBR/IV/2023
 Pelanggan : Prof. Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.
 Universitas Brawijaya
 Ket. Sampel : Langsung Produk
 A. PM
 Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
 Metode Pengujian : ASTM E 415 - 06
 Grade : Al100
 Tanggal Diterima : 03 April 2023
 Tanggal Pengujian : 05 April 2022

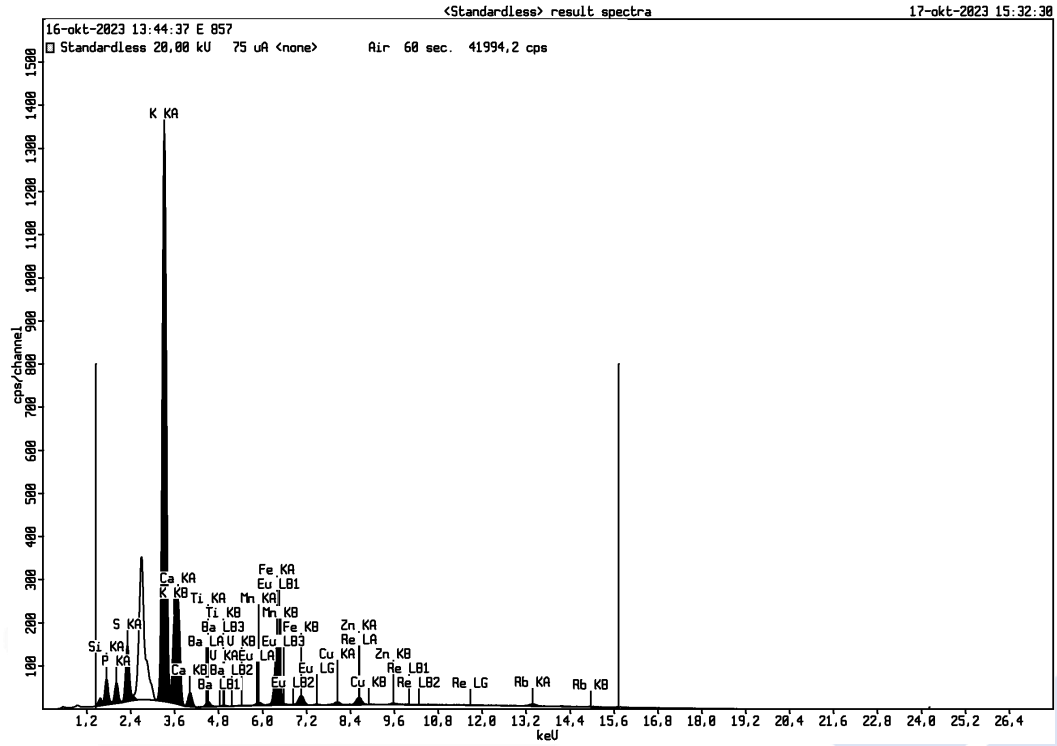
UNSUR	SAMPSEL UJI	
	137/23-S403 (%)	Standar Deviasi
Si	10,09	0,185
Fe	0,640	0,029
Cu	2,674	0,170
Mn	0,188	0,0050
Mg	0,503	0,017
Cr	0,030	0,0092
Ni	1,042	0,227
Zn	0,849	0,072
Ti	0,048	0,0096
Pb	0,143	0,038
Sn	0,152	0,036
V	0,0067	0,0035
Sr	0,0039	0,0004
Zr	0,0084	0,0015
Cd	<0,0050	0,0011
Co	0,0063	0,0082
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



Madeh, 05 April 2023
 Manasol Teknik
 Luliyatni, ST., MT.

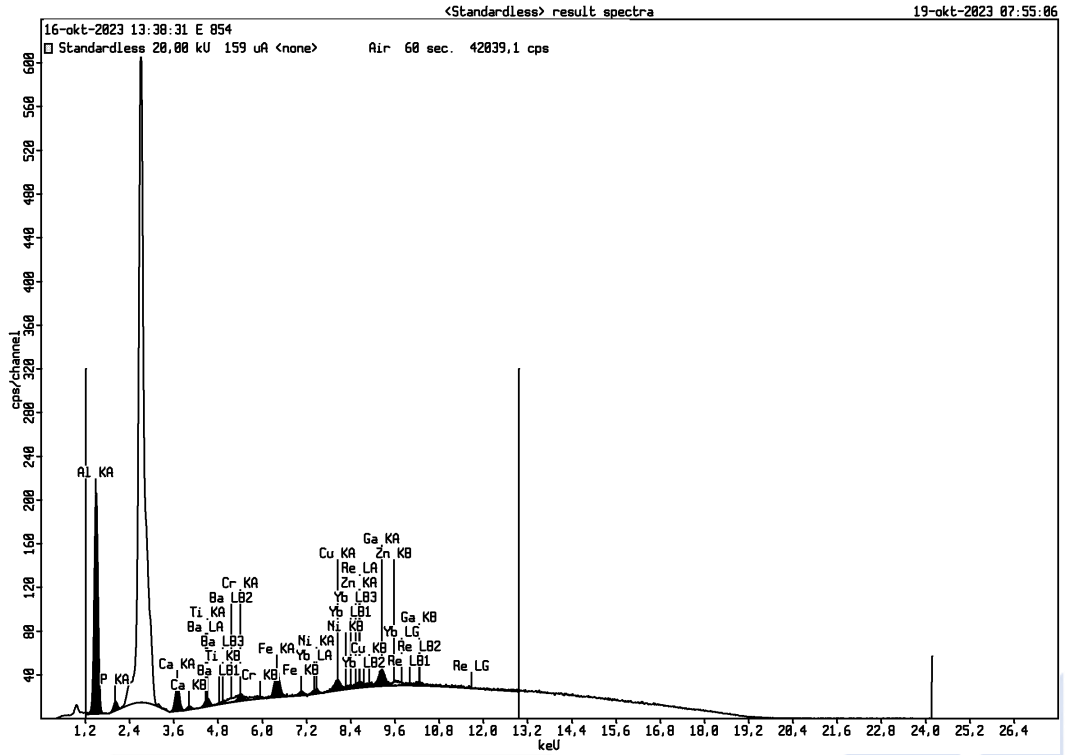


Lampiran 3 Pengujian XRF Serbuk *Baggase Ash (BA)*



Compound	Si	P	S	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Cu	Zn	Rb	Ba	Eu	Re
Conc	8,18	3,26	4,86	61,0	16,7	0,55	0,03	0,16	3,79	0,16	0,40	0,49	0,06	0,2	0,1
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Lampiran 4 Pengujian XRF Alumina



Compound	Al	P	Ca	Ti	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Ga	Ba	Yb	Re
Conc	95,6	1,8	1,1	0,16	0,12	0,33	0,008	0,12	0,03	0,21	0,2	0,2	0,1
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Lampiran 5 Hasil Uji *Particle Size Analyzer* (PSA) Aluminium



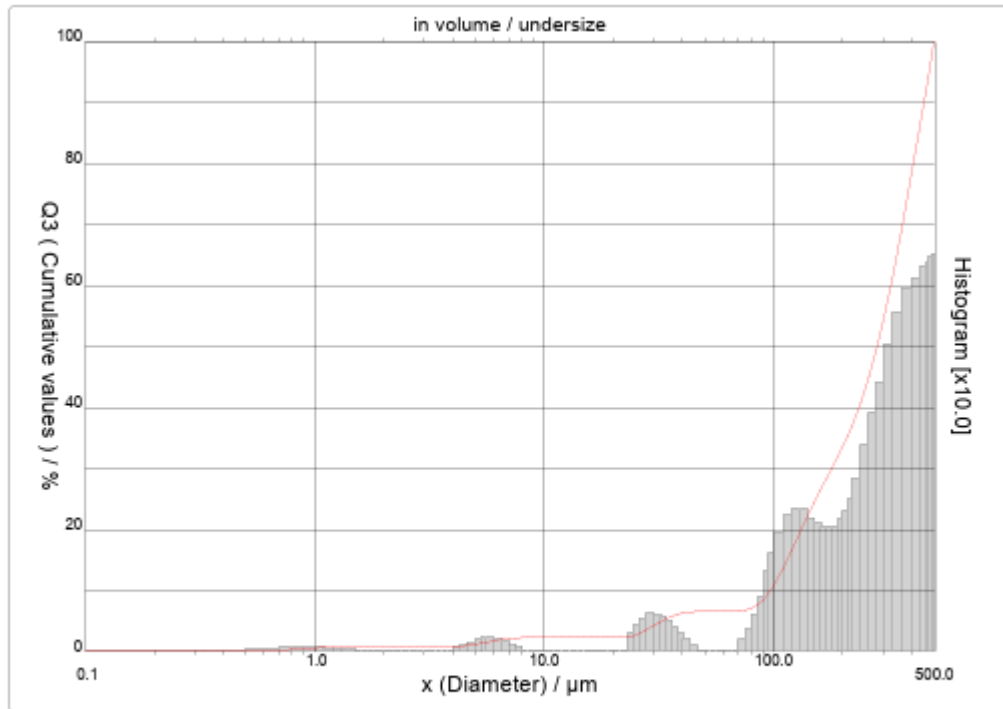
PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_
 Sample Name : Al
 Sample type : Serbuk
 Comments :

 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



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1165/m41.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q-0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45/635



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_ Sample Name : Al Sample type : Serbuk Comments : ----- 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

Lampiran 6 Hasil Uji Particle Size Analyzer Serbuk Baggase Ash (BA)

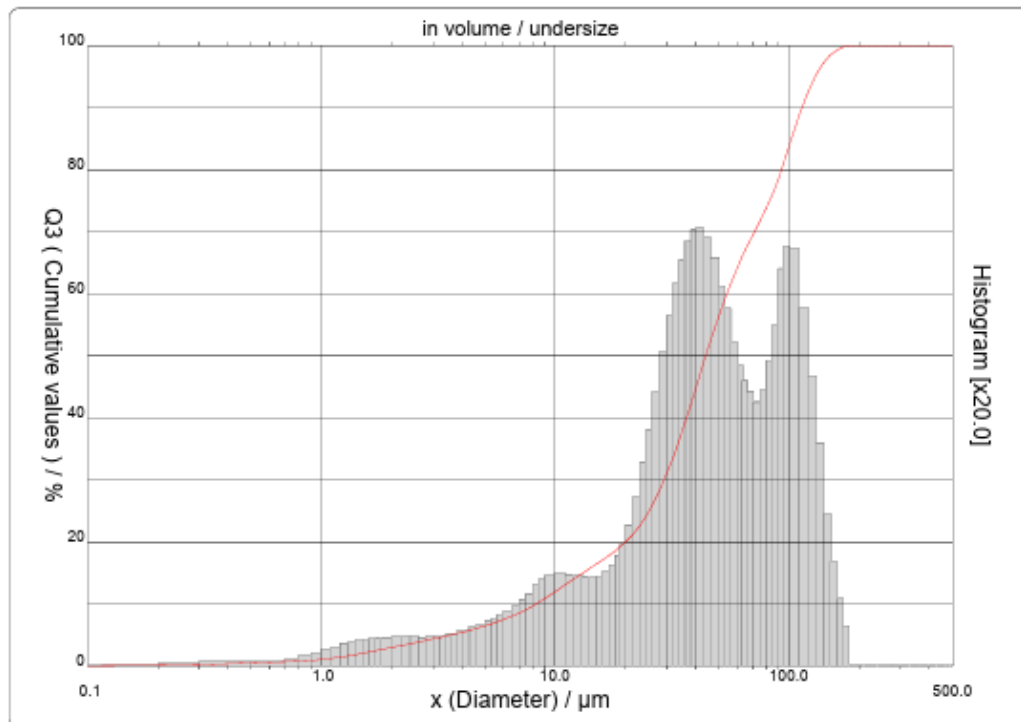


PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

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
-----	Mean diameter : 54.47 μm
Operator : BBG	Fraunhofer
Company : FMIPA-KIMIA UB	Density/Factor : -----
Location : MALANG	Specific surface : -----
Date : 10/02/2023 Time : 01:09:49PM	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Index meas. : 1161	SOP name : Fraunhofer
Database name : CilasDB1	



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



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

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

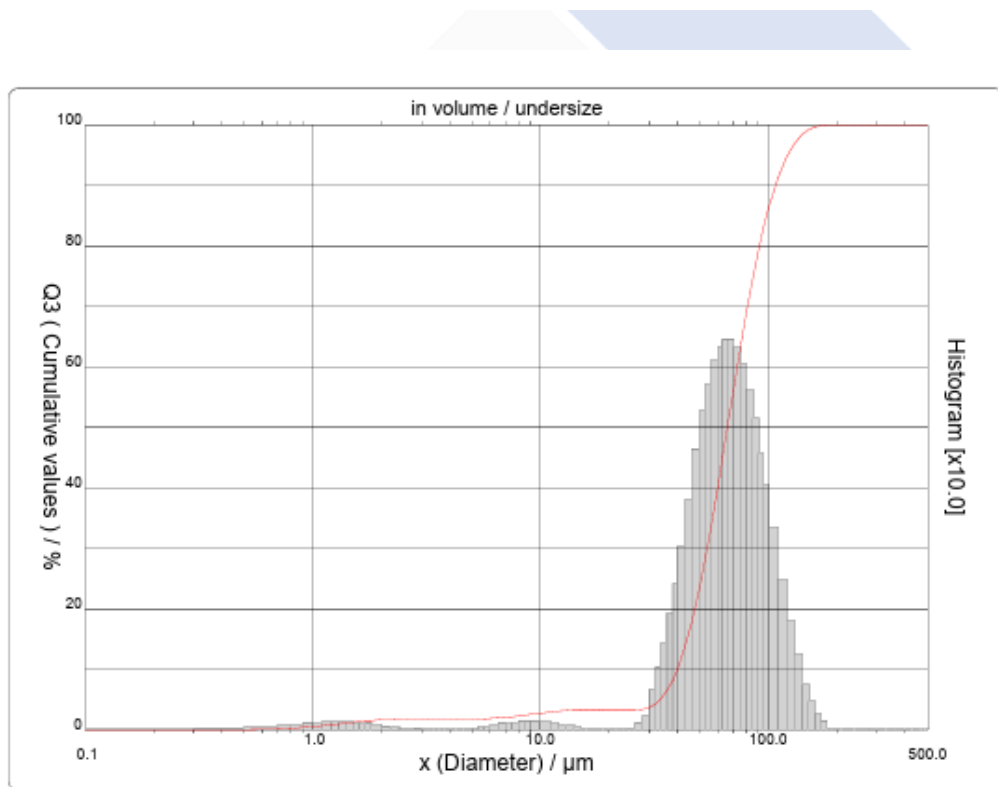
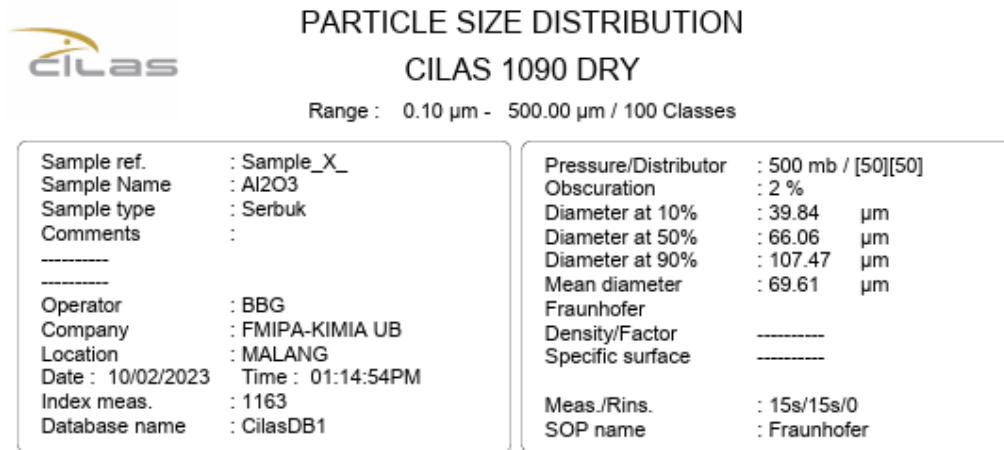
Standards classes

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	0.09	0.18	0.27	0.48	0.69	0.79	0.92	1.07	1.25	1.44
q3	0.00	0.01	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.12	0.14
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	1.65	1.85	2.06	2.26	2.46	2.65	3.00	3.33	3.63	3.91
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
Q3	4.16	4.40	4.63	4.84	5.05	5.25	5.46	5.76	6.07	6.48
q3	0.22	0.23	0.24	0.23	0.24	0.24	0.27	0.27	0.30	0.33
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	6.79	7.10	7.52	8.04	8.57	9.12	9.68	10.27	10.87	12.02
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
Q3	13.08	14.04	14.91	15.70	16.44	17.14	17.83	18.53	19.25	20.00
q3	0.74	0.73	0.72	0.71	0.71	0.72	0.75	0.81	0.88	0.97
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	21.23	22.61	24.17	25.87	28.33	30.96	33.71	36.53	39.35	42.14
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
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
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	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
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
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 7 Hasil Uji Particle Size Analyzer Serbuk Alumina



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1163/m41.3.0.0.1En.10.0.0.Dh/Q-.0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V 9.45/635



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

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	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
---	--

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 Uji Particle Size Analyzer (PSA) Serbuk Aluminium, Baggase Ash, dan Alumina

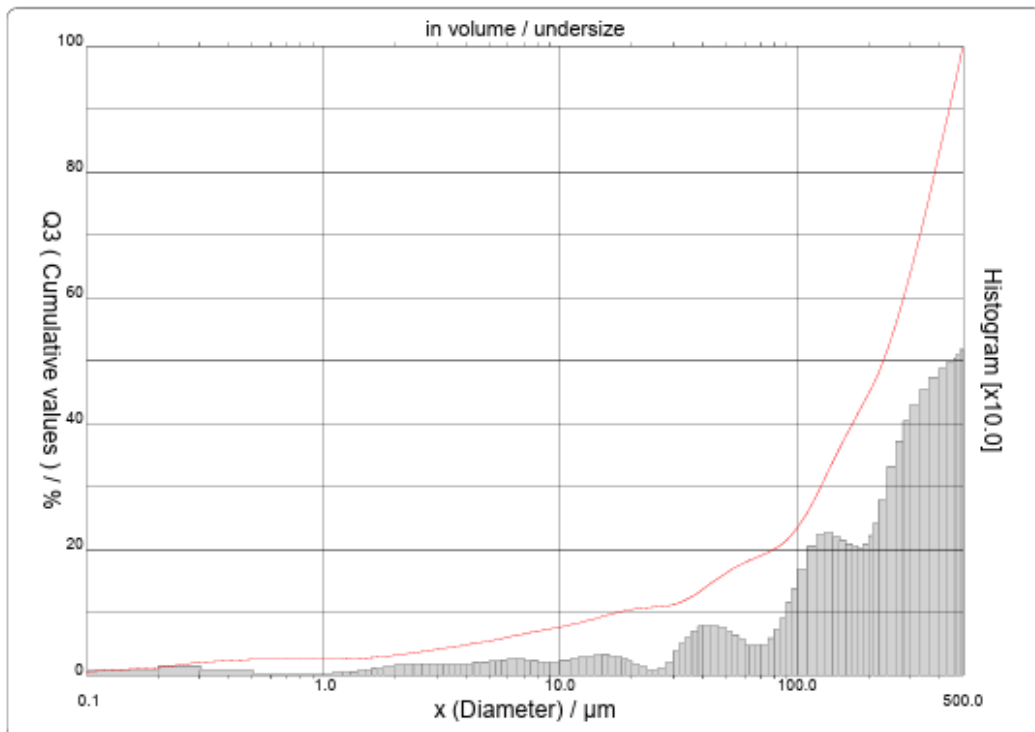


PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

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.10.	Obscuration	: 1 %
Sample type	: Serbuk	Diameter at 10%	: 17.37 µm
Comments	:	Diameter at 50%	: 230.42 µm
-----		Diameter at 90%	: 438.05 µm
-----		Mean diameter	: 230.09 µm
Operator	: BBG	Fraunhofer	
Company	: FMIPA-KIMIA UB	Density/Factor	-----
Location	: MALANG	Specific surface	-----
Date : 10/02/2023	Time : 01:49:37PM	Meas./Rins.	: 15s/15s/0
Index meas.	: 1173	SOP name	: Fraunhofer
Database name	: CilasDB1		



Serial nb : 3527 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1173/m41.3.0.0.1En.10.0.0.Dh/Q-0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45/635



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_ Sample Name : Al ₂ O ₃ .BA.10. Sample type : Serbuk Comments : ----- Operator : BBG Company : FMIPA-KIMIA UB Location : MALANG Date : 10/02/2023 Time : 01:49:37PM Index meas. : 1173 Database name : CilasDB1	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50] Obscuration : 1 % Diameter at 10% : 17.37 µm Diameter at 50% : 230.42 µm Diameter at 90% : 438.05 µm Mean diameter : 230.09 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	0.63	1.27	2.10	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.55	2.59
q3	0.03	0.06	0.14	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	2.63	2.68	2.74	2.82	2.90	2.98	3.17	3.37	3.58	3.78
q3	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.09	0.12	0.14	0.16	0.17
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	3.97	4.15	4.31	4.46	4.61	4.75	4.88	5.07	5.25	5.48
q3	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	5.66	5.83	6.06	6.34	6.61	6.85	7.06	7.24	7.41	7.71
q3	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.23	0.22	0.20	0.20	0.19
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	8.02	8.34	8.68	9.01	9.34	9.64	9.91	10.15	10.35	10.51
q3	0.22	0.25	0.28	0.30	0.32	0.31	0.30	0.28	0.25	0.21
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	10.69	10.81	10.87	10.94	11.06	11.26	11.62	12.07	12.58	13.14
q3	0.17	0.12	0.06	0.08	0.11	0.19	0.37	0.50	0.60	0.69
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	13.72	14.57	15.36	16.29	16.88	17.39	17.95	18.30	18.62	19.03
q3	0.76	0.79	0.78	0.75	0.68	0.62	0.54	0.48	0.46	0.47
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	19.53	20.08	20.73	21.49	22.42	23.47	25.84	28.48	31.14	33.65
q3	0.48	0.57	0.72	0.89	1.15	1.37	1.66	2.03	2.22	2.26
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	35.91	37.96	39.84	41.58	43.21	44.80	46.41	48.08	51.69	55.65
q3	2.19	2.12	2.07	2.03	2.01	2.07	2.20	2.40	2.77	3.31
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	59.76	63.91	70.02	75.91	83.36	88.62	93.64	95.26	98.44	100.00
q3	3.70	4.02	4.28	4.52	4.72	4.86	4.97	5.03	5.10	5.16

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

Lampiran 9 Hasil Perhitungan Nilai Densitas Sebelum Sintering

1. Tekanan 5600 Psi

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 35,35$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,60 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,35}{35,35 - 8,60} = \frac{35,35}{26,75} = 1,321 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 35,01$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,0 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,01}{35,01 - 8,0} = \frac{35,01}{27,01} = 1,296 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 35,94$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,0 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,94}{35,94 - 9,0} = \frac{35,94}{26,94} = 1,334 \text{ g/cm}^3$$

d) Sampel 4

Diketahui : $m_s = 35,79$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,54 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,79}{35,79 - 8,54} = \frac{35,79}{27,25} = 1,313 \text{ g/cm}^3$$

e) Sampel 5

Diketahui : $m_s = 33,13$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,50 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,13}{33,13-8,50} = \frac{33,13}{24,63} = 1,345 \text{ g/cm}^3$$

f) Sampel 6

Diketahui : $m_s = 34,15 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,10 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,15}{34,15-8,10} = \frac{34,15}{24,05} = 1,419 \text{ g/cm}^3$$

g) Sampel 7

Diketahui : $m_s = 35,73 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,0 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,73}{35,73-8,0} = \frac{35,73}{27,73} = 1,289 \text{ g/cm}^3$$

h) Sampel 8

Diketahui : $m_s = 35,05 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,70 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,05}{35,05-8,70} = \frac{35,05}{26,35} = 1,330 \text{ g/cm}^3$$

i) Sampel 9

Diketahui : $m_s = 34,89 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,25 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,89}{34,89-8,25} = \frac{34,89}{26,64} = 1,390 \text{ g/cm}^3$$

2. Tekanan 6000 Psi

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 34,65 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,80 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,65}{34,65 - 8,80} = \frac{34,65}{25,85} = 1,340 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 36,53 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,90 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{36,53}{36,53 - 9,90} = \frac{36,53}{26,63} = 1,372 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 36,01 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,75 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{36,01}{36,01 - 8,75} = \frac{36,01}{27,26} = 1,321 \text{ g/cm}^3$$

d) Sampel 4

Diketahui : $m_s = 32,97 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,05 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,97}{32,97 - 9,05} = \frac{32,97}{23,92} = 1,378 \text{ g/cm}^3$$

e) Sampel 5

Diketahui : $m_s = 34,87 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,50 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,87}{34,87 - 8,50} = \frac{34,87}{26,37} = 1,322 \text{ g/cm}^3$$

f) Sampel 6

Diketahui : $m_s = 35,25 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,70 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,25}{35,25 - 8,70} = \frac{35,25}{26,55} = 1,328 \text{ g/cm}^3$$

g) Sampel 7

Diketahui : $m_s = 35,69 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,57 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,69}{35,69 - 9,57} = \frac{35,69}{26,12} = 1,366 \text{ g/cm}^3$$

h) Sampel 8

Diketahui : $m_s = 33,86 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,80 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,86}{33,86 - 9,80} = \frac{33,86}{24,06} = 1,407 \text{ g/cm}^3$$

i) Sampel 9

Diketahui : $m_s = 35,03 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 8,75 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,03}{35,03 - 8,75} = \frac{35,03}{26,28} = 1,333 \text{ g/cm}^3$$

3. Tekanan 6400 Psi

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 36,79 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,70 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{36,79}{36,79 - 9,70} = \frac{36,79}{27,09} = 1,358 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 31,34 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,05 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = 31,34 \frac{31,34}{31,34 - 10,05} = \frac{31,34}{21,29} = 1,472 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 32,88 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,0 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,88}{32,88 - 9,0} = \frac{32,88}{23,88} = 1,377 \text{ g/cm}^3$$

d) Sampel 4

Diketahui : $m_s = 33,56 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,95 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,56}{33,56 - 9,95} = \frac{33,56}{23,61} = 1,421 \text{ g/cm}^3$$

e) Sampel 5

Diketahui : $m_s = 34,70 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,50 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,70}{34,70 - 9,50} = \frac{34,70}{25,2} = 1,377 \text{ g/cm}^3$$

f) Sampel 6

Diketahui : $m_s = 35,07 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 11,05 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,07}{35,07 - 11,05} = \frac{35,07}{24,2} = 1,402 \text{ g/cm}^3$$

g) Sampel 7

Diketahui : $m_s = 34,96 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,70 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,96}{34,96 - 10,70} = \frac{34,96}{24,26} = 1,441 \text{ g/cm}^3$$

h) Sampel 8

Diketahui : $m_s = 35,05 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,15 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,05}{35,05 - 10,15} = \frac{35,05}{24,9} = 1,408 \text{ g/cm}^3$$

i) Sampel 9

Diketahui : $m_s = 32,82 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 9,75 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,82}{32,82 - 9,75} = \frac{32,82}{23,07} = 1,423 \text{ g/cm}^3$$

Lampiran 10 Hasil Perhitungan Nilai Densitas Setelah Sintering

1. Tekanan 5600 suhu 550 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 33,39$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,65$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,39}{33,39 - 10,65} = \frac{33,39}{22,74} = 1,468 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 33,01$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,08$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,01}{33,01 - 10,08} = \frac{33,01}{22,93} = 1,440 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 35,14$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,24$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,14}{35,14 - 10,24} = \frac{35,14}{24,9} = 1,411 \text{ g/cm}^3$$

2. Tekanan 5600 suhu 580 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 33,45$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,54$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,45}{33,45 - 10,54} = \frac{33,45}{22,91} = 1,460 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 34,13$ g ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,50 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,13}{34,13 - 10,50} = \frac{34,13}{23,63} = 1,444 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 34,01 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 11,10 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,01}{34,01 - 11,10} = \frac{34,01}{22,91} = 1,485 \text{ g/cm}^3$$

3. Tekanan 5600 suhu 610 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 32,97 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,65 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,97}{32,97 - 10,65} = \frac{32,97}{22,32} = 1,477 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 34,87 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,70 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,87}{34,87 - 10,70} = \frac{34,87}{24,17} = 1,402 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 35,25 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,66 \text{ g}$$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{35,25}{35,25 - 10,66} = \frac{35,24}{24,59} = 1,434 \text{ g/cm}^3$$

4. Tekanan 6000 suhu 550 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 34,39 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 10,54 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,39}{34,39 - 10,54} = \frac{34,39}{23,85} = 1,442 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 32,13 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 10,50 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,14}{32,13 - 10,50} = \frac{32,13}{21,63} = 1,485 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 32,15 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 11,10 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,15}{32,15 - 11,10} = \frac{32,15}{22,05} = 1,503 \text{ g/cm}^3$$

5. Tekanan 6000 suhu 580 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 32,53 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 10,65 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,53}{32,53 - 10,65} = \frac{32,53}{21,88} = 1,487 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 33,05 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 10,70 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,05}{33,05 - 10,70} = \frac{33,05}{22,35} = 1,479 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 32,79 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 10,66 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{32,79}{32,79 - 10,66} = \frac{32,79}{22,13} = 1,482 \text{ g/cm}^3$$

6. Tekanan 6000 suhu 610 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 34,29 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 11,75 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,29}{34,29 - 11,75} = \frac{34,29}{22,54} = 1,521 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 33,86 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 11,08 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{33,86}{33,86 - 11,08} = \frac{33,86}{22,78} = 1,486 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 34,53 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 11,10 \text{ g}$

$$\text{Jawab : } \rho_m = \frac{34,53}{34,53 - 11,10} = \frac{34,53}{23,43} = 1,539 \text{ g/cm}^3$$

7. Tekanan 6400 suhu 550 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 34,00 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 11,70 \text{ g}$

$$\text{Jawab: } \rho_m = \frac{34,00}{34,00 - 11,70} = \frac{34,00}{22,3} = 1,525 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 30,45 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,95 \text{ g}$$

$$\text{Jawab: } \rho_m = \frac{30,45}{30,45 - 10,95} = \frac{30,45}{19,5} = 1,562 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 32,18 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 11,05 \text{ g}$$

$$\text{Jawab: } \rho_m = \frac{32,18}{32,18 - 11,05} = \frac{32,18}{21,13} = 1,523 \text{ g/cm}^3$$

8. Tekanan 6400 suhu 580 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 31,16 \text{ g}$ ditanya :

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 10,95 \text{ g}$$

$$\text{Jawab: } \rho_m = \frac{31,16}{31,16 - 10,95} = \frac{31,16}{20,21} = 1,542 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

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

$\rho_m \dots \dots ?$

$$m_g = 11,50 \text{ g}$$

$$\text{Jawab: } \rho_m = \frac{32,66}{32,66 - 11,50} = \frac{32,66}{21,16} = 1,543 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3

Diketahui : $m_s = 32,07 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 11,05 \text{ g}$

$$\text{Jawab}=\rho_m = \frac{32,07}{32,07-11,05} = \frac{32,07}{21,02} = 1,526 \text{ g/cm}^3$$

9. Tekanan 6400 suhu 610 °C

a) Sampel 1

Diketahui : $m_s = 32,57 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 10,88 \text{ g}$

$$\text{Jawab}=\rho_m = \frac{32,57}{32,57-10,88} = \frac{32,57}{21,69} = 1,502 \text{ g/cm}^3$$

b) Sampel 2

Diketahui : $m_s = 32,15 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 11,15 \text{ g}$

$$\text{Jawab}=\rho_m = \frac{32,15}{32,15-11,15} = \frac{32,15}{21} = 1,531 \text{ g/cm}^3$$

c) Sampel 3



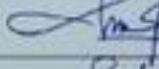





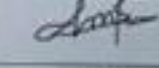
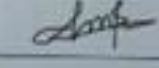

Diketahui : $m_s = 32,82 \text{ g}$ ditanya :
 $\rho_m \dots \dots ?$

$m_g = 10,75 \text{ g}$

$$\text{Jawab}=\rho_m = \frac{32,82}{32,82-10,75} = \frac{32,82}{22,07} = 1,487 \text{ g/cm}^3$$

Lampiran 9 form bimbingan dosen pembimbing 1


FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR - TARIJIN AKADEMIK			
JUDUL	PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIPEKUAT HYBRID BAGGASE ASH - ALUMINA METODE METALURGI SEBEK		
Nama Mahasiswa	YULIA ANGGRENI NIRM: 1012030		
Nama Pembimbing	1. Dr. Sukanto S.S.T, M. Eng 2. _____ 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	16/2023/09	Perbaikan Termocouple	
2	18/2023/09	Lajit komposisi	
3	25/2023/09	Persiapan alat pengujian	
4	27/2023/09	Perbaikan alat keberasan	
5	06/2023/10	Lajit pembuatan sampel	
6	09/2023/10	Pengujian keberasan	
7	10/2023/10	Persiapan uji densitas	
8	11/2023/10	Pengujian densitas	
9	7/2023/11	Parsi Bab A	
10	15/2023/11	Panduan submit jurnal	

Catatan:


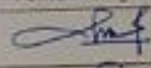
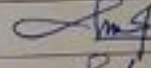



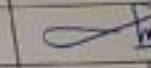
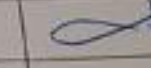
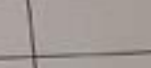
- Jika pertemuan bimbingan lebih dari ...

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 <p style="text-align: center;">FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2023/2024</p>			
JUDUL	PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIPERBUAT HYBRID BAGGASE ASH - ALUMINA METODE METALURGI SERBUK		
Nama Mahasiswa	YULIA ANGGRENI NIRM: 10A2030		
Nama Pembimbing	1. Dr. Subanto S.S.T., M. Eng 2. _____ 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	16/2023/11	Uji mikroskopik	<i>[Signature]</i>
2	22/2023/11	Laporan hasil pengujian	<i>[Signature]</i>
3	28/2023/11	Anova	<i>[Signature]</i>
4	30/2023/11	Hitungan manual.	<i>[Signature]</i>
5	18/2023/10	Revisi jurnal	<i>[Signature]</i>
6	4/2023/11	Revisi Bab 4	<i>[Signature]</i>
7			
8			
9			
10			

Catatan:


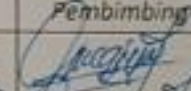
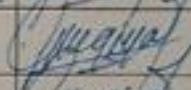


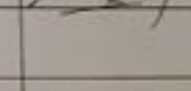
FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

		FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR - TAHUN AKADEMIK - / -	
JUDUL		PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPAKSI PADA SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIKUAT HYBRID BAGGASE ASH - ALUMINA METODE METALURGI SERBUK	
Nama Mahasiswa		YULIA ANGGRENI NIRM: 1012030	
Nama Pembimbing		1. Dr. Sukanto S.S.T. M.Eng 2. _____ 3. _____	
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	15/2023/10	Perbaikan Termocouple	
2	18/2023/10	Lajut komposisi	
3	25/2023/10	Persiapan alat pengujian	
4	29/2023/10	Perbaikan alat kebesaran	
5	05/2023/10	Lajut pembuatan sampel	
6	09/2023/10	Pengujian kebesaran	
7	10/2023/10	Persiapan uji densitas	
8	11/2023/10	Pengujian densitas	
9			
10			

Catatan:


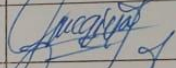
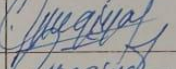
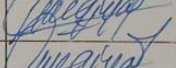
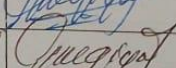
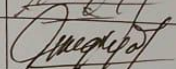
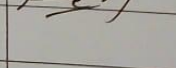
- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

 <p style="text-align: center;">FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK — / —</p>			
JUDUL	<p>PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIPERKUAT HYBRID BAGGASE ASH - ALUMINA METODE METALURGI SERBUK</p>		
Nama Mahasiswa	<p>YULIA ANGGRENI NIM: 1092030</p>		
Nama Pembimbing	<p>1. <u>SUGIYARTO, S.ST., M.T</u> 2. _____ 3. _____</p>		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	03/2023/02	Diagram dir. bab 2 tentang dasar teori, cara pengisian, jenis bahan serbuk. Cara pemilihan jenis bahan	
2	20/2023/02	modifikasi Hidrolik	
3	22/2023/02	Tujuan, metode penelitian, Diagram dir	
4	29/2023/02	Revisi bab 1	
5	10/23	laporan PA sampai Bab III & Artikel jurnal	
6			
7			
8			
9			
10			

Lampiran 10 form bimbingan dosen pembimbing 2

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/.....			
			
JUDUL	PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIPEBUAT HYBRID BAGGASE ASH - ALUMINA METODE METALURGI BERBUK		
Nama Mahasiswa	YULIA ANGGRENI NIM: 1092030		
Nama Pembimbing	1. SUGIYARTO, S.S.T., M.T 2. _____ 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	03/07/2023	Diagram skir, bab 2 Tentang dasar teori, cek plagiat, pinin ukur serbuk. Cara pemberian unsur kimia	
2	20/02/2023	modifikasi Hidrolik	
3	22/02/2023	Tujuan, metode penelitian, diagram skir	
4	29/02/2023	Revisi bab 1	
5	11/10/23	laporan PA sampai Bab III & Article jurnal	
6	7/11/2023	Revisi Bab IV + Upload Article jurnal	
7			
8			
9			
10			


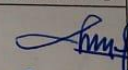
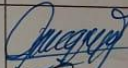
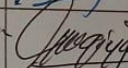
Catatan:

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


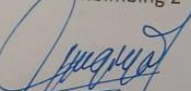
Pedoman Proyek Akhir | Hal. 41

Lampiran 11 form monitoring

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


	FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....		
JUDUL	PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIPEKUHAT HYBRID BAGGASE ASH- ALUMINA METODE METALURGI SERBUK		
Nama Mahasiswa	1. YULIA AUGGRENII /NIRM: 10A2030 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:		
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	6/7/2023	+ 20% mixing & pembuatan hidrelit.	
I	6/9/2023	Mixing & pembuatan H. & rock ± 20%	
	11/10/2023	Sampel uji + Pengalaban data 50%	

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

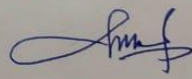
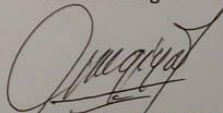
Mengetahui		
Pembimbing 1  (Dr. Sukanto, SST, M.Eng)	Pembimbing 2  Pujiyarto SST, M.T	Pembimbing 3 (.....)

Pedoman Proyek Akhir | Hal. 43

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

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....	
		JUDUL PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPASI DAN SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIPER KUAT HYBRID BAGGASE ASH-ALUMINIA METODE METALURGI SERBUK	
Nama Mahasiswa		1. YULIA ANGGRENI /NIRM: 1042030	
		2. /NIRM:	
		3. /NIRM:	
		4. /NIRM:	
		5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
II	11/2023 /10	Sampel uji + Pengam- bilan data 50%	f
II	12/2023 /10	pengambilan data smpul 50%	Amf

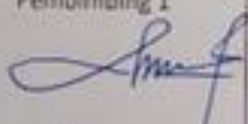

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / ~~BELUM~~ (coret salah satu) 50%

Mengetahui		
Pembimbing 1	Pembimbing 2	Pembimbing 3
 Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng	 Sugiyarto, S.S.T., M.T	(.....)

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


 <p>FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHLIN AKADEMIK</p>			
<p>JUDUL: <u>Penelitian komposit serat karbon dan serat sintetik terhadap ADIC diperkuat HYBRID Epoksi resin - Alumina metode metalurgi serbuk.</u></p>			
<p>Nama Mahasiswa:</p> <p>1. <u>Yulia Arqreni</u> /NRM: <u>10A2040</u></p> <p>2. _____ /NRM: _____</p> <p>3. _____ /NRM: _____</p> <p>4. _____ /NRM: _____</p> <p>5. _____ /NRM: _____</p>			
Monitoring ke	Tanggal	Progress/Alat	Paraf Pembimbing
3	30/4/2023	pengujian demat + kepanasan di 100%	
		Bab 4 sedang proses penulisan	
		Laporan PA revisi pd bab III (75%)	
		Laporan sampai dengan Bab 5 sudah selesai 100%	


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

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Silke... ..)	Pembimbing 2  (Fuglyarto)	Pembimbing 3 (.....)

Lampiran 12 bukti submit jurnal

[Dinamik] Pernyataan Naskah 🔍

 Translate message to: English | Never translate from: Indonesian

 **Witono Hardi** <ejournalunckhair@gmail.com> ↩️ ↶️ ↷️ ⋮

To: You Tue 11/28/2023 10:11 AM

Kanto sukanto "-" wiryono:


Terima kasih untuk menyerahkan manuskrip, "Pembuatan Komposit Variasi Kompaksi dan Suhu Sintering terhadap AMC Diperkuat Hibryd Baggase Ash – Alumina Metode Metalurgi Serbuk" untuk DINAMIKA : Jurnal Teknik Mesin. Dengan sistem manajemen jurnal online yang kami gunakan, Anda akan bisa melacak kemajuan naskah dalam proses editorial dengan login ke web site jurnal:

URL Manuskrip:
<https://ejournal.unckhair.ac.id/index.php/Dinamik/author/submission/7034>
Nama pengguna Penulis: sukanto_wiryono

Jika Anda mempunyai pertanyaan, silakan hubungi saya. Terima kasih untuk mempertimbangkan jurnal ini sebagai tempat untuk karya Anda.

Witono Hardi
DINAMIKA : Jurnal Teknik Mesin

Dinamika
<http://ejournal.unckhair.ac.id/index.php/Dinamik>



Lampiran 13 bukti bukan plagiasi

Cek final

ORIGINALITY REPORT

21 %	20 %	2 %	2 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	16 %
2	docplayer.info Internet Source	<1 %
3	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
4	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
5	journal.umy.ac.id Internet Source	<1 %
6	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
7	id.scribd.com Internet Source	<1 %



**PROYEK AKHIR
TAHUN 2024**

PEMBUATAN KOMPOSIT VARIASI KOMPAKSI DAN SUHU SINTERING TERHADAP AMC DIPERKUAT HYBRID BAGGASE ASH . ALUMINA METODE METALURGI SERBUK

Latar Belakang

- Penggunaan asbestos pada komponen pengereman memiliki sifat-sifat pengereman yang baik, tetapi risiko kesehatan dan dampak lingkungan yang serius mendorong perlunya mencari bahan alternatif yang aman dan ramah lingkungan.
- Industri otomotif dan manufaktur komponen rem perlu beralih dari asbestos ke bahan alternatif yang lebih aman, memerlukan penyesuaian proses produksi untuk menjaga kualitas dan presisi yang konsisten.
- Perlu mengoptimalkan proses manufaktur dengan menggunakan metalurgi serbuk untuk memastikan presisi tinggi dalam pembuatan komposit matriks aluminium

Tujuan Penelitian

Untuk mengidentifikasi parameter optimal dalam pembuatan komposit matriks aluminium dengan hybrid alumina dan baggase ash melalui variasi tekanan kompaksi dan suhu sintering. Fokus utamanya adalah menganalisis dampak variasi tersebut terhadap densitas, kekerasan, distribusi partikel, dan interaksi antarmuka dalam komposit.

Metode Pelaksanaan



Parameter :
 Mixing 2 jam
 Tekanan Kompaksi : 5600, 6000, dan 6400 Psi (waktu tahan 15 menit)
 Suhu Sintering : 550, 580, dan 610 oC (waktu tahan : 20 meni

Terdiri dari 80% Aluminium, 10% Hybrid Baggase ASH dan 10% Alumina

Hasil

Nilai Rata- rata uji kekerasan setelah sintering



Tekanan Kompaksi	550 oC	580 oC	610 oC
5600 Psi	39,8	39,92	40,95
6000 Psi	41,81	41,84	42,68
6400 Psi	43,26	43,04	44,85

Nilai Rata- rata uji densitas setelah sintering



Tekanan Kompaksi	550 oC	580 oC	610 oC
5600 Psi	1,458	1,458	1,457
6000 Psi	1,472	1,483	1,485
6400 Psi	1,491	1,537	1,549



Kesimpulan

Pengaruh perbedaan tekanan kompaksi dan suhu sintering terhadap komposit " AMC Hybrid BA - Al2O3" dengan meningkatnya tekanan dan suhu maka meningkat pula kekerasan dan densitas pada komposit.

PEMBIMBING 1
DR. Sukanto, S. S. T., M. Eng

PENULIS
Yulia Anggreni
1042030

PEMBIMBING 2
Sugiyarto, S. S. T., M. T