KAJIAN KOMPOSIT MATRIK ALUMINIUM PADA PEMBUATAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR DIPERKUAT ALUMINA HYBIRD (AI_2O_3)/BA/ RHA) DENGAN METODE METALURGI SERBUK

PROYEK AKHIR

Disusun Oleh :

Adhe Fajarul Rahman / NIM: 1042102

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2024

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

KAJIAN KOMPOSIT MATRIK ALUMINIUM PADA PEMBUATAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR DIPERKUAT ALUMINA HYBRID(AI2O3)/BA/RHA) DENGAN METODE METALURGI SERBUK

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

Menyetujui,

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng	Rodika, S.S.T., M.T.
Penguji 1	Penguji 2
(Yuliyanto, S.S.T., M.T)	(Zulfitriyanto, S.S.T., MT)

ABSTRAK

Pada saat ini penggunaan dari bahan asbes menunjukkan kematian akibat asbes secara global mencapai hingga 225.000 jiwa per tahun. Untuk saat ini kampas rem non-asbestos sudah di kembangkan dari tahun 2000-an sampai saat ini. Kampas rem adalah komponen kendaraan bermotor yang berguna untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan.Matrik pada penelitian ini yakni menggunakan serbuk aluminium yang mempunyai ukuran PSA (*particle size analyzer*) yaitu D50: 171.37 μm. Perbandingan 93% Al dan 7% (AL_2O_3,RHA,BA), 90% Al dan 10% (AL_2O_3,RHA,BA), 87% Al dan 13% (AL_2O_3,RHA,BA) dengan berat setiap sampel adalah 35-40 gram. Dan penguat yang di gunakan pada penelitian ini yaitu alumina hybrid, abu sekam padi (RHA) dan abu ampas tebu (BA). Sampel yang di lakukan penelitian berbentuk sebuah cincin yang mempunyai diameter dalam 20 mm dan untuk diameter luarnya yaitu 50 mm dan di cetak sebanyak 27 sampel dari hasil perhitungan full factorial dengan 2 faktor dan 3 level, dengan faktor presetase untuk penguat yaitu 3 level, (7%, 10%, 13%) dan di ikutin dengan tekenan kompaksi sebesar 6000 Psi. Nilai uji kekerasan dan densitas terendah yang di dapatkan pada tekanan kompaksi panas sebesar 6000 Psi dengan presentase penguat 7%, 10%, 13% yakni 1,760 g/cm^3 dan 46,33 HB. Dan untuk Nilai uji kekerasan dan densitas tertinggi yang di dapatkan pada tekanan kompaksi panas sebesar 6000 Psi dengan presentase penguat 7%, 10%, 13% yakni 2,279 g/cm^3 dan 72,66 HB.

Kata Kunci : metalurgi serbuk, asbestos, kampas rem, alumina hybird, abu sekam padi, abu ampas tebu

ABSTRACT

the use of asbestos materials means that deaths due to asbestos globally reach up to 225,000 people per year. Currently, non-asbestos brake linings have been developed from the 2000s until now. Brake pads are motor vehicle components that are useful for slowing down and stopping vehicles. The matrix in this research uses aluminum powder which has a PSA (particle size analyzer) size, namely D50: 171.37 μm. comparison of 93% Al and 7% (AL_2O_3,RHA,BA), 90% Al and 10% (AL_2O_3,RHA,BA), 87% Al and 13% (AL_2O_3,RHA,BA) with the weight of each sample being 35-40 grams. And the reinforcement used in this research is hybrid alumina, rice husk ash (RHA) and bagasse ash (BA). The sample used in the research is in the form of a ring which has an inner diameter of 20 mm and an outer diameter of 50 mm. and 27 samples were printed from the results of full factorial calculations with 2 factors and 3 levels, with a percentage factor for reinforcement, namely 3 levels, (7%, 10%, 13%) and followed by a compaction pressure of 6000 Psi. The lowest hardness and density test values obtained were at a hot compaction pressure of 6000 Psi with a reinforcement percentage of 7%, 10%, 13%, namely 1,760 g/cm^3 and 46,33 HB. And the highest hardness and density test values were obtained at a hot compaction pressure of 6000 Psi with a reinforcement percentage of 7%, 10%, 13%, namely 2,279 g/cm^3 and 72,66 HB.

Keywords: *: powder metallurgy, asbestos, brakes pads, alumina hybrid, rice husk ash, baggase ash.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir yang berjudul "Studi Penguatan Komposit Matrik Alumunium Dengan Paduan Silika Dan Limbah Pertanian (Sio2/Ba/Rha) Untuk Kampas Rem Sepeda Motor Metode Metalurgi Serbuk" sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

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

1. Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua saya, dan orang terdekat yang selalu memberikan kasih sayang serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam meningkatkan semangat penulis, yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dapat membanggakan orang tua.
3. Bapak Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng. dan Rodika, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.

4. Bapak I Made Andik Setiawan M. Eng., Ph. D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak memberikan kemudahan dalam menyelesaikan pendidikan..
5. Bapak Pristiansyah, S. S. T., M. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, S. Tr., M. T selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
7. Teman-teman saya Hafiz Nopal Ridani, Alek, Afendy Syahgenta, Fahrian Hasbi, Yanto, Reza, Alfiqri, dan semuanya yang telah mengajarkan penulis arti kekeluargaan, tanggung jawab, dan kepedulian.

Terima kasih banyak atas segala kebersamaan dan waktu yang telah kalian berikan kepada penulis selama ini. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah mendidik dan memberikan ilmu yang bermanfaat selama kuliah.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I

KATA PENGANTAR II

DAFTAR GAMBAR IX

BAB I PENDAHULUAN 13

1.1 Latar Belakang 13

1.2 Perumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Proyek Akhir 2

BAB II DASAR TEORI 3

2.1 Penelitian Terdahulu 3

2.2 Komposit 5

2.2.1 Definisi Komposit 5

2.3 Klasifikasi Material Komposit 5

2.3.1 Mesin *Ball Mill* 5

2.3.2 Metalurgi Serbuk 5

2.4 Kompaksi 6

2.5 Sintering 7

2.6 Abu ampas tebu (*Baggase Ash*) 8

2.7 Abu Sekam Padi (*Rice Husk ash*) 9

2.8 Aluminium 9

2.9 Alumina 11

2.10 Pengujian Sampel 12

2.10.1 Uji Densitas 12

2.10.2 Uji Kekerasan 12

2.11 Kampas rem……...……13

2.12 Metode mesain full faktorial……..13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....16

3.1. Metode Pelaksanaan.....16

3.2 Studi Literatur 17

3.3 Bahan dan Alat Penelitian 17

3.3.1 Bahan Penelitian 17

3.3.2 Alat Penelitian 19

3.4 Prosedur……...23

3.4.1 Melakukan proses mixing……23

3.4.2 Proses pemaduan……..23

3.4.3 Proses kompaksi panas……24

3.4.4 Proses Sintering 24

3.4.5 Validasi spesimen 25

3.4.6 Pengujian Densitas 25

3.4.7 Pengujian Kekerasan……..….25

BAB IV PEMBAHASAN 26

4.1 Proses Kompaksi Panas.....26

4.1.1 Grafik hasil pencampuran menggunakan PSA……26

4.2 Proses Pencetakan Sampel 28

4.3 Spesimen Sebelum Dilakukan Pengujian.....28

4.4 Proses Uji Densitas dan Uji Kekerasan……..29

4.5 Uji Densitas Sebelum Sintering 30

4.5.1 Proses densitas pengujian sebelum sintering.....30

4.5.2 Pengolahan data dan anlisa data densitas sebelum sintering.....30

4.6 Uji Kekerasan Setelah Sintering.....33
4.6.1 Proses pengujian kekerasan setelah sintering.....33
4.6.2 Pengolahan data dan analisa data kekerasan setelah sintering 33
4.7 Uji Densitas Setelah Sintering..... **Error! Bookmark not defined.**
4.7.1 Proses pengujian densitas setelah sintering…….35
4.7.2 Pengolahan dat dan analisa data densitas setelah sintering…….35
4.8 Uji Kekerasan setelah Sintering ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.8.1 Proses pengujian kekerasan setelah sintering……..39
4.8.2 Pengolahan data dan analisa data setelah sintering……..…..39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 44
5.1 Kesimpulan.....44
5.2 Saran……..……44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses dari penekanan satu arah dengan dua arah. 8
Gambar 2. 2 Langkah proses pembentukan kepadatan serbuk. 9
Gambar 2. 3 Proses sintering pada serbuk……....9
Gambar 2. 4 Diagram Fasa Al-Si 10
Gambar 3. 1 Diagram Alir 16
Gambar 3. 2 Serbuk aluminium hasil daur ulang 17
Gambar 3. 3 Alumina hybrid 18
Gambar 3. 4 Abu sekam padi (RHA).....18
Gambar 3. 5 Abu ampas tebu (BA) 18
Gambar 3.6 Timbangan digital……19
Gambar 3.7 *Ball mill machine*……19
Gambar 3. 8 Mesin press hidrolik 20
Gambar 3. 9 Cetakan.....20
Gambar 3. 10 *Thermoucople*.....21
Gambar 3. 11 *Thermogun*……..21
Gambar 3. 12 Oven…….21
Gambar 3. 13 Gelas ukur 22
Gambar 3. 14 Alat uji portable 22
Gambar 4. 1 Grafik *Particle Analyzer Aluminium*….....26
Gambar 4. 2 Grafik *Particle Analyzer Alumina Hybird*…….....26
Gambar 4. 3 Grafik *Particle Analyzer Rice Husk Ash*. 27
Gambar 4. 4 Grafik *Particle Analyzer Baggase Ash*……...27
Gambar 4. 5 Hasil pencetakan menggunakan press hidrolik 28
Gambar 4. 6 Hasil proses kompaksi panas …….29
Gambar 4. 7 Proses pengujian densitas pada sampel……...29
Gambar 4. 8 Proses pengujian kekerasan pada sampel……29
Gambar 4. 9 Hasil uji densitas sebelum sintering……33
Gambar 4. 10 Hasil uji kekerasan sebelum sintering……..……..……34

Gambar 4. 11 Grafik uji densitas sesudah sintering…….38
Gambar 4. 12 Grafik uji kekerasan sesudah sintering……..…...40

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Senyawa Kimia 10
Tabel 2. 2 Kandungan unsur dan komposisi 10
Tabel 2. 3 Sifat-Sifat Aluminium 11
Tabel 2. 4 Sifat-Sifat Mekanik Alumina hybird.....11
Tabel 2. 5 Nilai Standart Kampas Rem.....14
Tabel 4. 1 Hasil uji densitas pada sampel kering 30
Tabel 4. 2 Hasil uji densitas pada sampel basah 30
Tabel 4. 3 Nilai hasil uji densitas sebelum sintering.....32
Tabel 4. 4 Hasil uji kekerasan sebelum sintering.....34
Tabel 4. 5 Hasil uji densitas pada sampel kering sesudah sintering……..….35
Tabel 4. 6 Hasil uji kekerasam pada sampel basah sesudah sintering…….....36
Tabel 4. 7 Nilai hasil uji densitas sesudah sintering…….37
Tabel 4. 8 Data analisis variasi uji densitas ……38
Tabel 4. 9 Nilai hasil uji kekerasan sesudah sintering…….40
Tabel 4. 10 Data analisis variasi uji kekerasan…….41
Tabel 4. 11 Data analisis perbandingan……...42

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP……...48
LAMPIRAN 2 HASIL UJI SERBUK ALUMINIUM……....49
LAMPIRAN 3 HASIL UJI SERBUK ALUMINA HYBIRD…….……..…...50
LAMPIRAN 4 HASIL UJI SERBUK RICE HUSK ASH …….51
LAMPIRAN 5 HASIL UJI SERBUK BAGGASE ASH ……..……..52
LAMPIRAN 6 POSTER PROYEK AKHIR……...53

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dalam teknologi saat ini terus berkembang pesat dari zaman ke zaman [1]. khususnya pada bidang otomotif dalam pembuatan komponen pada kendaraan, karena meningkatnya permintaan aluminium dan mahalnya biaya produksi aluminium primer, proses pembuatan AMC menggunakan paduan aluminium matriks yang diperkuat dengan alumina hiybird, *bagasse ash* dan *rice husk ash* sangat penting untuk dikembangkan, kebutuhan material pada komponen kendaraan khususnya pada motor yaitu pada sistem pengereman, dan sistem pengereman pada kendaraan mempunyai peranan yang sangat penting untuk keamanan dan keselamatan bagi pengendara, komponen rem yang saling bergesekan harus memiliki kerkerasan yang sesuai dengan setandar yang sudah di tentukan seperti tahan terhadap gesekan (tahan aus), tahan panas serta tidak mudah berubah wujud pada saat temperatur tinggi [2].

Kampas rem komponen utama sistem pengereman berfungsi untuk memperlambat kecepatan kendaraan dan menghentikannya dengan nyaman. Selain itu, komponen kampas rem harus terbuat dari bahan yang ramah lingkungan dan tidak membahayakan kesehatan manusia. Bahan komposis asbestos saat ini masih menggunakan sebagian besar untuk 60% pembuatan kampas, dan mereka juga biasanya dicampur dengan bahan lain seperti resin, filler, serpihan logam, karet sintetis, dan keramik [3]. Menurut data *Global Burden of Disease* (GBD) terbaru, lebih dari 1.600 orang di empat negara Asia Tenggara, Kamboja, Indonesia, Laos, dan Vietnam, menderita penyakit yang terkait dengan asbes.

Orang Indonesia meninggal dunia setiap tahun akibat penyakit yang berkaitan dengan asbes, yang sebenarnya dapat dicegah. Pada tahun 2019, sekitar 1.661 orang di Indonesia meninggal karena paparan asbestos. 82% dari kematian tersebut, atau 1.268 orang, berasal dari kanker paru-paru, dan 14%, atau 225 orang, berasal dari mesothielioma. Pulau Jawa menyumbang 53% dari kematian akibat paparan asbestos di Indonesia [4]. Akibatnya, untuk memenuhi kebutuhan material tersebut, dibutuhkan alternatif baru. Salah satu alternatif yang sedang dikembangkan yaitu komposit matriks aluminium. material komposit logam yang terdiri dari aluminium sebagai matrik dan dilengkapi dengan oksida logam, karbida, dan bahan lain untuk menguatkan matrik tersebut. Ini karena komposit matrik aluminium memiliki banyak manfaat, termasuk sifat densitas yang rendah, ketahanan terhadap korosi, titik lebur yang rendah, kemampuan untuk mengurangi biaya daur ulang, dan elastisitas yang baik. Dalam pembuatan komposit matriks aluminium,

dengan metode metalurgi serbuk. Proses utama metode ini terdiri dari tiga tahap: pencampuran atau pencampuran serbuk matrik dengan serbuk penguat, kompaksi atau penekanan, dan sintering. Saat ini, jumlah limbah *Baggase Ash* di Indonesia sekitar 2.364.321 ton per tahun. Akibatnya, pada tahun 2021, Indonesia mengekspor 120 metrik ton ampas tebu ke Yokohama, Jepang. Karena ampas tebu sangat banyak digunakan tetapi tidak banyak digunakan, ini dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan dan estetika lingkungan [5]. Ampas tebu terdiri dari unsur karbon (C) 47 % hidrogen (H) 6,5 %, oksigen (O) 44 %, abu (Ash) 2,5 %, dan bahan kering lainnya. Keuntungan yang signifikan, seperti peningkatan sifat kelembapan pada matriks serbuk, peningkatan ikatan mekanik antar muka serbuk, distribusi yang lebih merata, untuk reduksi porositas [6].

Dalam pembuatan AMC, metode kompaksi panas dapat digunakan untuk membuat kombinasi yang lebih efektif antara serbuk matriks aluminium dan serbuk penguat [7] [12]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini komposit matriks aluminium hybrid, abu ampas tebu, dan abu sekam padi (AI_2O_3)/BA/RHA) dibuat menggunakan metode metalurgi serbuk

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh variasi tekanan pada komposisi bahan dan suhu sintering terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matrik alumunium ?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi tekanan pada komposisi bahan dan suhu sintering terhadap uji densitas dan kekerasan komposit yang dihasilkan

BAB II
DASAR TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasarkan pada diskusi latar belakang yang sudah disampaikan di Bab I tentang penggunaan metode metalurgi serbuk. Penelitian ini akan melihat bagaimana tekanan kompaksi panas dan suhu sintering mempengaruhi kekerasan dan densitas komposit matrik aluminium yang diperkuat dan didaur ulang. Oleh karena itu, penelitian ini harus mengambil acuan dari berbagai sumber karena penelitian sebelumnya telah meneliti dengan bahan yang sama.

Menurut penelitian sebelumnya oleh Arrahim et al. [8], yang berjudul "Pengaruh Fraksi Penguat Fly Ash dan Temperatur Cetakan Terhadap Sifat Kekerasan dan Struktur Mikro Pada MMC", penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kekerasan pada struktur mikro pada material komposit MMC yang menggunakan serbuk aluminium (Al). Penguat fly ash diperkuat dengan presentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Selanjutnya, penguat ditambahkan ke fly ash pada tingkat 5%, 10%, 15%, Dalam penelitian ini, metalurgi serbuk digunakan untuk penekanan panas (HIP). Temperatur yang digunakan berbeda adalah 250℃, 300 ℃ dan 350 ℃.

Pengujian keras *Rockwell* dilakukan dan struktur mikro diamati dengan *scanning electron microscope* (SEM). Hasil uji kekerasan dan nilai kekerasan serbuk aluminium dan fly ash bervariasi 90:10%. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada seluruh suhu pemanasan (250°C, 300°C, dan 35°C) sebesar 65,07 HRB, dan nilai kekerasan terendah terjadi pada variasi 75:25% dengan nilai kekerasan 55,64 HRB. Penambahan fly ash 10-15% meningkatkan kekerasan.

Suhu penekanan berpengaruh pada penyebaran partikel fly ash. Pada suhu 300 dan 350 °C, partikel fly ash tersebar merata pada setiap partikel yang mendapat tekanan, sehingga partikel saling menyatu. Namun, pada suhu 250 °C, partikel fly ash yang tersebar tetap poros, dan kerapatannya tetap rendah.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Muhamad Asep et al [9]. tentang "Karakterisasi komposit matriks aluminium paduan Al-ZnSiFieCuiMg yang diperkuat dengan partikel pasir silika tailing, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana perbedaan ukuran butir dengan persentase kerapatan dari bahan pengisi matriks berdampak pada serbuk aluminium daur ulang. Dengan ukuran butir 31 μm dan 164 μm, dan variable pengisi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Serbuk dicampur dengan berat 40 gram. Metode metalurgi serbuk digunakan dalam penelitian ini. Proses tekanan kompaksi panas dilakukan pada suhu 400°C dengan tekanan 6000 Psi selama 18 menit dengan pompa hidrolik dengan arah yang terdiri dari ram atas dan ram bawah. Selanjutnya, proses sintering diengan dilakukan selama 7 menit pada suhu 540,560, dan

560°C. Hasil dari pengujian densitas, kekerasan, dan keausan, bersama dengan analisis struktur mikro. Spesimen AMC-164, yang mengandung campuran 40% Alumina, abu sekam padi, dan abu ampas tebu, menunjukkan peningkatan kekerasan sebesar 60% dari kekerasan awal 46,67 HRB menjadi 78, dengan tingkat keausan 0,00041 g/m. Spesimen AMC-31 menunjukkan peningkatan hanya sebesar 63% dari kekerasan awal 46,67 HRB menjadi 76, dengan tingkat keausan 0,00113 g/m. Oleh karena itu, komposisi aluminium matriks (AMC) yang menggunakan serbuk dengan ukuran butir filer 164 uim memiliki ikatan yang sangat kuat antara filler dan matriks, yang membuatnya lebih kuat daripada AMC dengan serbuk berukuran 31 m.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Azis [10]. Melakukan penelitian sebelumnya tentang bagaimana komprsibilitas metalurigi serbuk mempengaruhi karakteristik fisik pada komposit matrik alumina diperkuiat alumina. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alumina dari limbah kaleng yang tidak mengandung alkohol sebagai matrik dengan variasi volume 60% dan sebagai penguat dengan alumina dengan fraksi volume 40, dengan penambahan wetting ageint 10% dari jumlah fraksi volume. Selanjutnya, proses kompaksi dengan tekanan yang berbeda (40, 45, 50 kN) dan suhu sintering 450°C dengan durasi 2 jam. Penelitian ini mencapai kesimpulan bahwa tekanan kompaksi terkait dengan densitas dan kekerasan. Dengan tekanan 50 Kn, densitas tertinggi adalah 3,644 g/cm3 dan nilai tertinggi adalah sei kN. Dengan proses metalurgi serbuk, paduan matriks komposit Al-Mg-Si diperkuat dengan alumina (Al_2O_3). Sifat mekaniknya sangat baik pada suhu kamar [11]. Dalam penelitian tentang efek komposisi dan perlakuan sintering, komposit Al/(Al_2O_3 + BA + RHA) memiliki sifat fisik. Keausan menjelaskan bahwa penambahan komposisi persen berat Alumina, abu sekam padi, dan abu ampas tebu mempengaruhi sifat fisik dan mekanik komposit. Di mana densitas dan keausan material meningkat seiring dengan penambahan bahan baru Aluimina (Al_2O_3 [12].

2.2 Komposit

2.2.1 Definisi Komposit

Komposit adalah bahan yang dapat dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bahan pembentuknya dan memiliki sifat yang berbeda dari bahan pembentuknya, baik dari sudut pandang fisika maupun kimia. Proses kombinasi atau campuran ini juga

dapat menghasilkan material komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda sesuai dengan material pembentuknya [13]. Selain itu, proses kombinasi atau campuran berbagai bahan dapat menghasilkan sifat komposit yang lebih kuat dan unggul. Sifat komposit memiliki manfaat berikut:

Material komposit mempunyai kekakuan serta kekuatan yang tinggi.

1) Tahan terhadap korosi.
2) Mimiliki bobot yang ringan.
3) Biaya pembuatan material komposit yang lebih murah.

2.3 Klasifikasi Material Komposit

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

1. *Metal Matrix Composite* (MMC)

Metal Matrix Composite (MMC) adalah material komposit di buat dari bahan logam yang digunakan sebagai matrixs berupa unsur (elemen) atau paduan (*Alloying*) yang dikombinasikan dengan menggunakan bahan pengisi (*filler)* agar dapat menghasilkan sifat-sifat yang diharapkan, pada saat ini banayak yang mengembagngkan MMC dengan menggunakan Aluminium (Al) sebagai matriknya. Bahan aluminium dipilih sebagai matrix karena aluminium memiliki sifat unggul dibandingkan dengan logam lainnya, seperti densitas rendah, ketahanan korosi yang baik, tahan terhadap gesekan dan ketahanan aus baik, hantaran listrik baik dan memiliki kemampuan penguatan dengan presip.

2. *Polymer Matrix Composite* (PMC)

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

3. *Ceramic Matrix Composite* (CMC)

Ceramic Matrix Composite (CMC) merupakan material komposit dari bahan matrik keramik seperti alumina kalsium, dan alumina silikat yang dapat diperkuat menggunakan serat pendek serta serabut *(whiskers)* dari serat karbon atau silikon karbida. Material komposit jenis *Ceramic Matrix Composite* (CMC) memiliki kelebihan seperti kekerasan yang sangat tinggi, tahan terhadap temperatur tinggi, dan

kepadatan rendah. Hal ini dapat terjadi karena Ketika bahan keramik yang diperkuat dengan menggunakan bahan serat bisa meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari komposit tersebut, serat yang dapat digunakan sebagai penguatnya adalah silikon karbida serta karbon [14]. Dan komposit itui sendiri dapat dibagi menjadi tiga berdasarkan penguatnya yaitu :

1. Komposit Serat adalah material komposit yang menggunakan fiber yang didalamnya terdapat matriks, secara alami kekuatan yang dimiliki serat panjang lebih kuat jika dibandingkan dengan serat yang berbentuk secar curah (*bulk*).
2. Komposit Partikel adalah material komposit yang menggunakan penguat dari bahan partikel serbuk dan dapat menyebar secara merata pada matriknya.
3. Komposit Lapis adalah material komposit yang dapat dibuat dari dua atau lebih lamina. Komposit jenis ini menggunakan serat yang berbentuk lamina dan komposit jenis ini banyak digunakan pada bidang teknologi atau industri otomotif.

2.3.1 Mesin *Ball Mill*

Mesin ball mill dapat dicampur dan menghancurkan bahan material menjadi partikel yang lebih kecil atau halus. Mesin *ball mill* memukul bola baja, yang menghancurkan bahan material tersebut. Mesin ball mill biasanya digunakan untuk menggiling berbagai macam material seperti kuningan, silika, aluminium, dan lain-lain [15]. Mereka banyak digunakan dalam proses pencampuran material karena keunggulannya, yaitu mereka dapat melakukan dua proses sekaligus: pencampuran dan penumbukan.

2.3.2 Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk adalah bidang yang mempelajari metalurgi fisik dan teknologi manufaktur, yaitu pembuatan bahan atau komponen yang dibuat melalui proses manufaktur konvensional seperti casting, forging, dan cutting. Akibatnya, proses metalurgi serbuk saat ini lebih efisien dan ekonomis karena limbah dapat dikurangi. Oleh karena itu, 95% bahan baku diubah menjadi produk jadi [16]. Selama proses metalurgi serbuk, Metalurgi serbuk melibatkan persiapan bahan, pencampuran (*mixing*), penekanan (kompaksi), dan pemanasan (*sintering*). Dalam hal proses metalurgi serbuk [17]:

1. *Mixing* (pencampuran serbuk)

Pencampuran serbuk adalah proses mencampur material logam dengan material lain untuk meningkatkan sifat fisik atau mekaniknya dan menghasilkan campuran yang homogen. Proses pencampuran basah mencampur material logam terlebih dahulu dengan *filler* dan serbuk matrik. Proses pencampuran kering mencampur material logam dengan material lain.

Pencampuran basah dan kering: Pencampuran basah mencampur *filler* dan serbuk matrik terlebih dahulu menggunakan pelarut polar untuk mempermudah pencampuran material. Pencampuran kering memerlukan bahan pelarut karena material tidak mudah dioksidasi. Setiap tingkatan campuran memiliki tiga tingkatan terpisah, yaitu:

1. Mekanisme konvektif: pencampuran yang dikarenakan aliran cairan secara menyeluruh (*bulk flow*).
2. Eddy *diffusion*: pencampuran karena adanya gumpalan-gumpalan atau partikel-partikel fluida yang terbentuk dan terbuang dalam aliran.
3. *Diffusion*: pencampuran karena gerakan molekul. Ketiga mekanisme terjadi secara bersama-sama, tetapi yang paling menentukan adalah eddy diffusion [18].

Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi distribusi partikel antara lain:

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

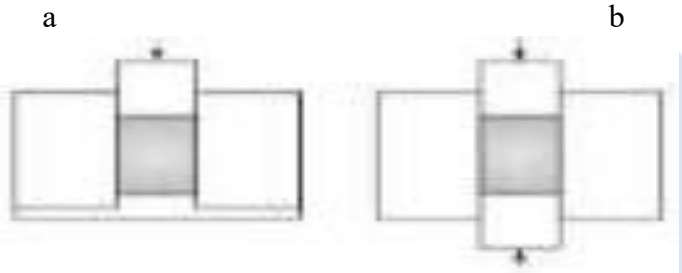
Kehomogenan proses pencampuran bisa mempengaruhi proses penekanan, atau kompaksi. Ini karena semakin homogen pencampuran, semakin padat hasil kompaksi, yang menghasilkan ikatan antar partikel yang lebih baik.

2.4. Kompaksi

Kompaksi adalah proses memadatkan serbuk dengan tekanan agar media serbuk menjadi padat dan membentuk ikatan antar partikel yang kuat, memungkinkan pembuatan produk yang diinginkan. Proses pemadatan yang melekat antar serbuk yang akan digunakan sebelum proses sintering meningkatkan ikatan antara partikel dan mengurangi rongga udara. Semakin tinggi tekanan kompaksi, lebih sedikit udara di

partikel. Proses kompaksi sendiri dapat dilakukan dengan satu arah atau dua arah penekanan. Penekanan satu arah biasanya digunakan pada sampel yang lebih sederhana, sementara penekanan dua arah biasanya digunakan pada sampel yang lebih kompleks. Akibatnya, hasilnya lebih seragam karena tekanan dapat bergerak dari 2 arah penekanan secara bersamaan.

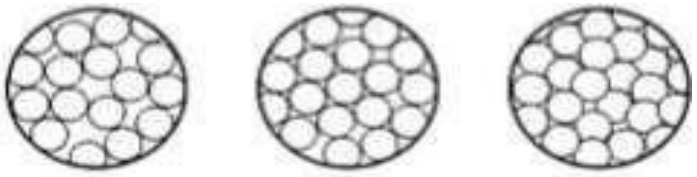
Untuk produk dengan kompleksitas yang lebih tinggi maka tekanan dapat ditambah agar memperoleh kepadatan yang seragam[19]. Jika tekanan yang diberikan semakin tinggi maka akan diperoleh bentuk yang lebih padat [20]. Penekanan satu arah dan dua arah ditunjukkan pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



(a) *Single Punch* (b) *Double Punch*

Gambar 2. 1 Proses dari penekanan satu arah dengan dua arah [21].

Metode kompaksi panas dilakukan dengan cara ketika proses penekanan diterapkan terhadap sampel juga dilakukan bersamaan dengan proses pemanasan serbuk. Sedangkan metode kompaksi dingin, proses penekanannya dilakukan pada suhu ruangan [22]. Respon yang terjadi pada antar partikel ketika di beri tekanan adalah partikel- partikel yang tersusun dan pori-pori besar pada serbuk tertutup sehingga serbuk yang di hasilkan bisa memadat. Dan apabila tekanan di tingkatkan maka kepadatan pada ssrbuk akan jauh lebih baik sehingga dapat menurunkan pori pori sehingga dapat membentuk urutan partikel-partikel yang baru [23]. Berikut merupakan gambar proses pemadatan pada serbuk logam.



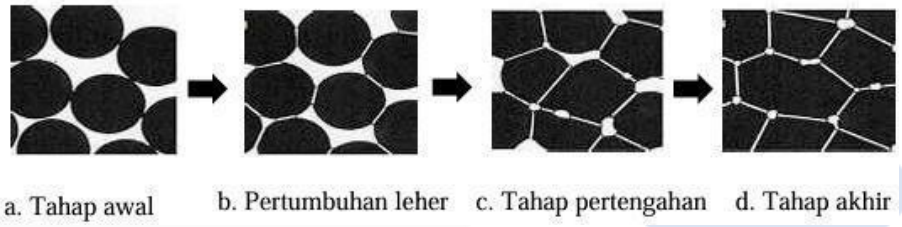
(a) *Preparation* (b) *Start Compaction* (c) *Completed Compaction*

Gambar 2. 2 Langkah proses pembentukan kepadatan serbuk [21].

2.5 Sintering

Sintering adalah siklus termal yang terdiri dari pemanasan bagian yang dipadatkan selama pada waktu tertentu pada suhu yang lebih rendah daripada titik leleh dasar [24]. Akibat pembentukan ikatan antar partikel yang satu dengan yang lainnya, proses sintering dapat menyebabkan peningkatan kepadatan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa suhu panas yang digunakan selama proses *sintering* akan membuat partikel bersatu, meningkatkan efektivitas reaksi tegangan permukaan. Suatu batas butir juga dapat dibentuk selama proses sintering, yang merupakan tahap rekristalisasi. Sintering biasanya terjadi pada suhu antara 70 % dan 90 % dari suhu cair pada serbuk utama.

Adapun terjadinya proses pada saat sintering ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2. 3 Proses sintering pada serbuk

2.6 Abu ampas tebu (*Bagasse Ash*)

Abu ampas tebu merupakan abu yang dihasilkan dari proses pembakaran ampas tebu. Ampas tebu sendiri merupakan hasil limbah buanganyang berlimpah dari proses pembuatan gula kurang lebih 30% dari kapasitas giling [25]. Kandungan yang dimiliki ampas tebu berupa hemiselulosa 23-35 %, lignin sebesar 18-24 % dan selulosa sebesar 40-50% [26]. Berikut merupakan senyawa kimia yang ada pada abu ampas tebu di tunjukkan pada Table 2.1 Berikut ini :

Tabel 2. 1 Senyawa kimia *Baggase Ash*

Senyawa Kimia	**Jumlah (%)**
SiO_2	50,36
K_2O	19,34
CaO	8,81
TiO_2	0,26
P_2O_5	0,51
MnO	0,68

2.7 Abu sekam padi (*Rice Husk Ash*)

Abu sekam padi adalah abu yang terbuat dari sekam padi yang dibakar dan memiliki kandungan silika yang tinggi. Kandungan kimia abu sekam padi terdiri dari 50% selulosa, 25–30 % lignin, dan 15–20 % silika [27]. seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. 2 sebagai berikut :

Tabel 2. 2 komposisi kimia *rice husk ash*

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

2.8 Aluminium

Ada sekitar 7.6% aluminium di Bumi, menjadikannya unsur ketiga terbanyak yang diperoleh di dunia setelah oksigen dan silikon. Selain itu, aluminium adalah logam ringan yang digunakan sebagai bahan baku material teknik karena memiliki beberapa sifat yang sangat penting. Tabel 2.1 menunjukkan sifat fisik dan mekanik aluminium, serta Tabel 2.3 menunjukkan sifat ketahanan korosi dan hantaran listrik yang sangat baik, dua sifat penting aluminium.

- Sifat sifat fisik aluminium

Tabel 2. 3 Sifat-Sifat Aluminium

Sifat – sifat fisik	Kemurnian Al (%)

	99,996 >99.0	99,996 >99.0
Massa jenis (20℃)	2,6989 2,71	2,6989 2,71
Titik cair	660,2 653-657	660,2 653-657
Panas jenis (cal/g. ℃) (100℃)	0,2226 0,2297	0,2226 0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94 59 (dianil)	64,94 59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperature (/℃)	0,00429 0,0115	0,00429 0,0115
Koefisien pemuaian (20-100℃)	23,86 × 10 - 6 23,5 × 10 - 6	23,86 × 10 - 6 23,5 × 10 - 6
Jenis kristal, konstanta kisi	Fcc, a = 4,013 kX	Fcc, a = 4,013 kX Fcc, a

- Sifat sifat mekanik

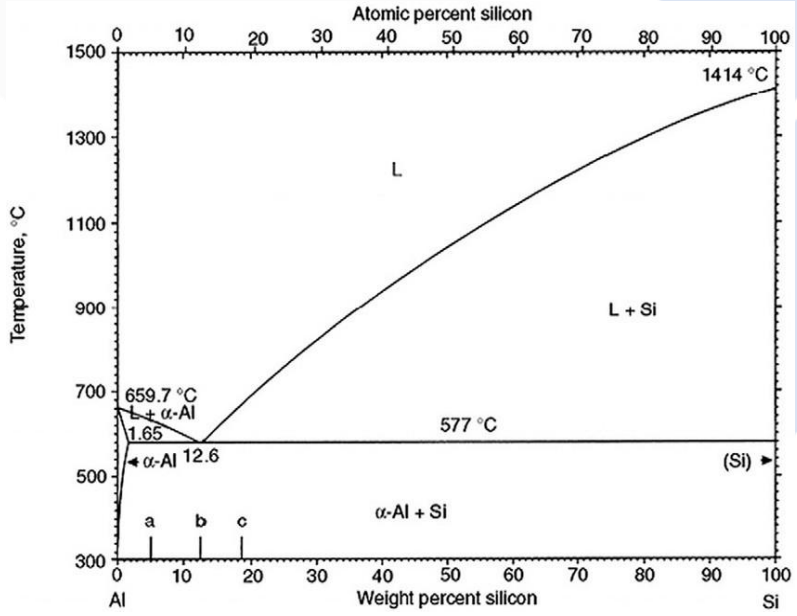
Tabel 2. 4 Sifat-Sifat Mekanik Alumina hybird

Sifat-sifat mekanik	**Kemurnian Al (%)**			
	99,996 >99,0		**99,996 >99,0**	
	Dianil	**75% dirol dingin**	**Dianil**	**H18**
Kekuatan Tarik (kg/ m2)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan Mulur (0,2%)	1,3	11,0	3,5	14,8

Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Aluminium daur ulang digunakan dalam penelitian ini. Ini dilakukan untuk mengurangi penggunaan bahan yang berasal dari sumber daya alam yang sulit diperoleh, seperti bauksit, gas alam, minyak bumi, dan batu bara. Aluminium bekas digunakan dalam proses daur ulang, mengurangi penggunaan biji bauksit. Pengolahan aluminium limbah untuk daur ulang hanya membutuhkan energi sekitar 5% dari proses aluminium asli, sehingga dapat menghemat energi hingga ±95% dan menjadi jauh lebih murah secara ekonomi.

Penggunaan aluminium primer bauksit membutuhkan banyak energi, yang sangat berbeda. Ada banyak cara untuk mengurangi limbah aluminium saat ini. Daur ulang aluminium mengurangi limbah logam dan aluminium dengan penggunaan bahan dari sumber daya alam secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama [25].



Gambar 2. 4 Diagram Fasa Al-Si [26].

2.9 Alumina

Alumina, juga dikenal sebagai oksida aluminium (Al_2O_3), atau aluminium oksida, diperoleh dari biji bauksit melalui rafinasi dan pemurnian, dua proses ekstraksi. Keunggulan alumina termasuk kekerasan tinggi namun getas, tahan terhadap keausan, kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), konduktivitas termal yang baik, kemampuan ukuran dan bentuk yang baik, dan ketahanan terhadap asam dan alkali pada suhu tinggi.

Struktur alumina tersebut antara lain:

a. *Corundum* (α-Al_2O_3)
b. *Gamma Alumina* (γ- Al_2O_3)
c. *Gamma Prime Alumina* (γ'- Al_2O_3)
d. *Delta Alumina* (δ- Al_2O_3)
e. *Theta Alumina* (θ- Al_2O_3)
f. *Kappa Alumina* (κ- Al_2O_3)
g. *Eta Alumina* (η- Al_2O_3)
h. *Chi Alumina* (χ- Al_2O_3)

2.10 Pengujian Sampel

2.10.1. Uji Densitas

Densitas, sifat penting suatu zat, yaitu kerapatan atau massa jenis, adalah perbandingan rapat massa suatu zat, juga dikenal sebagai massa per satuan volume. Standar pengujian ASTM B962-17 digunakan untuk menguji densitas. Hukum *Archimedes* mengatakan bahwa benda dapat mengapung, melayang, atau tenggelam ketika sebagian atau seluruhnya dimasukkan ke dalam fluida atau air. Ini adalah dasar pengujian densitas. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai densitas:

Keterangan:

- ρm = densitas aktual (gram/cm³)
- ms = massa sampel kering (gram)
- mg = massa sampel yang digantung dalam air (gram)
- ρH_2O = massa jenis air = 1 gram/cm³

2.10.2. Uji Kekerasan

Ketahanan suatu material terhadap gaya penekanan yang lebih kuat dikenal sebagai kekerasan. Pengujian kekerasan komposit menentukan ketahanan suatu material terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Ini dapat dilakukan dengan beberapa metode pengujian termasuk *Rockwell, Vickers,* dan *Brinell,* yang banyak digunakan karena mudah digunakan dan tidak membutuhkan keahlian khusus. Terdapat beberapa metode pengujian kekerasan seperti *Rockwell, Vickers*, dan *Brinell*:

1. Metode *Rockwel*: Digunakan secara luas karena prosesnya yang sederhana dan tidak memerlukan keahlian khusus.

2. Metode *Vickers*: Digunakan untuk menentukan kekerasan material dengan mengukur daya tahan material terhadap intan piramida dengan sudut puncak 136°.
3. Metode *Brinell:* Digunakan untuk menentukan kekerasan material berdasarkan daya tahan terhadap bola baja yang ditekan pada permukaan material yang diuji.

Dalam penelitian ini, kekerasan diuji dengan alat uji kekerasan yang dapat dibawa yang memiliki beban penekanan 2 kg dan indentor berbentuk bola berdiameter 2 mm. Pengujian kekerasan dilakukan dengan standar pengujian ASTM E110-14.

2.11. Kampas Rem

Kampas rem adalah komponen yang berfungsi untuk menghentikan kendaraan dan mengurangi kecepatan. Karena kendaraan biasanya bergerak dengan kecepatan tinggi, komponen kampas rem harus dibuat dari bahan yang kuat dan efisien untuk mencapai pengereman yang ideal. Selain itu, kampas rem adalah komponen yang sangat penting untuk keselamatan. Kekerasan kampas rem motor komposit biasanya antara 68 dan 105 BHN (*Brinell Hardness Number*), sehingga tidak dapat digunakan pada kendaraan.

Tabel 2. 5 Nilai Standart Kampas Rem

No	Standart	Nilai
1	Kekerasan	68-105 BHN
2	Ketahanan Panas	360oC
3	Keausan	5 x 10-4 -5 x 10-3mm2/kg
4	Koefisien gesek	0,14-0,27
5	Massa Jenis	1,5-2,4 gr/cm3
6	Konduktivitas thermal	0,12-0,8 W.m.oK
7	Tekanan spesifik	0,17-0,98 joule/g.oC
8	Kekuatan geser	1300-3500 N/cm2
9	Kekuatan perpatahan	480-1500 N/cm2

2.12. Metode Desain Full Faktorial

Untuk menentukan efek faktor dan interaksi yang didapat, desain full faktorial adalah perancangan eksperimental yang digunakan untuk menentukan model hubungan antara variabel respon dengan satu atau lebih variabel bebas. Selain itu, metode ini dapat digunakan untuk mencari efek dari beberapa faktor tergantung pada kondisi hasil penelitian. Beberapa keuntungan dari desain faktor penuh termasuk interaksi dan hasil eksperimen yang dapat diterapkan pada kondisi yang lebih luas karena kombinasi faktor-

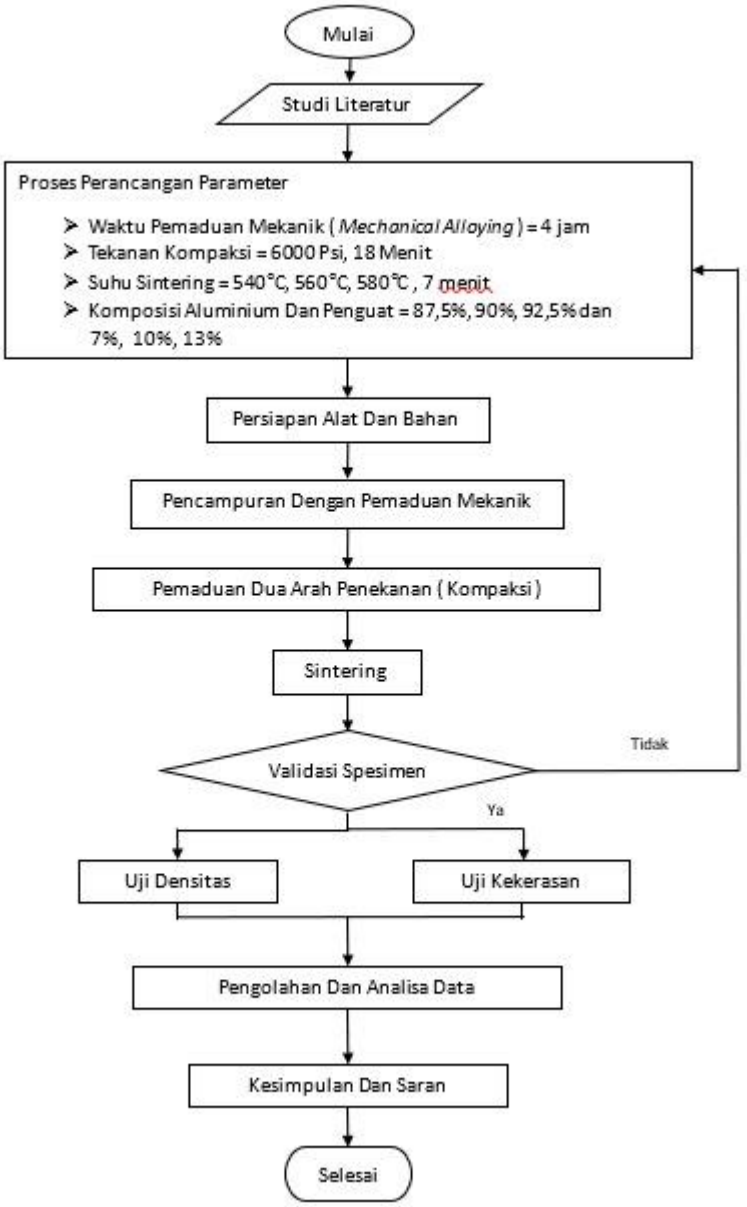
faktor memungkinkan untuk mendapatkan informasi yang lebih komprehensif. Dalam rancangan eksperimen faktorial, Anda harus membuat hipotesis atau analisis ANOVA. Pada nilai F tabel, Hipotesis nol (H0) ditemukan bahwa statistik F hitung lebih besar dari F0,05:2,27 (3,55) atau p-value kurang dari α. Keputusan yang harus dibuat adalah sebagai berikut:

1. Jika Fhitung > Ftabel maka H0 ditolak.
2. Jika Fhitung < Ftabel maka H0 gagal ditolak.
3. Jika signifikansi atau probabilitas > 0,05, maka H0 gagal ditolak.
4. Jika signifikansi atau probabilitas < 0,05, maka H0 ditolak.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Pelaksanaan

Berikut ini diagram alir yang menggambarkan proses penelitian ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Studi Literatur

Dalam proses penelitian, penelitian ini sangat penting karena menawarkan pedoman untuk mengidentifikasi dan mempelajari teori dasar yang digunakan sebagai acuan serta mencari data pendukung. Panduan dan referensi untuk penelitian ini berasal dari berbagai sumber, termasuk buku, jurnal, artikel, dan sumber-sumber lainnya, seperti internet dan majalah.

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan di laboratorium Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (Polman Babel). Untuk mendapatkan data, uji densitas dan kekerasan juga dilakukan di sana. Bahan dan peralatan berikut digunakan dalam penelitian ini.

3.3.1 Bahan Penelitian

Pada proses penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut:

1) Serbuk aluminium
2) Serbuk alumina (Al_2O_3)

Dalam penelitian ini, serbuk aluminium yang telah didaur ulang digunakan. Serbuk aluminium ini memiliki komposisi senyawa 74% Al, 23% Cu (Fe_2O_3), dan 3% Si dari hasil uji XRD di Universitas Negeri Malang. Namun, ukuran distribusi serbuk aluminium yang didaur ulang, D50: 204 μm, digunakan sebagai matriks, menurut hasil uji *Analyzer* Ukuran Partikel. Gambar serbuk yang di gunakan pada penelitian ini

1. Serbuk Aluminium

Gambar 3. 2 Serbuk aluminium hasil daur ulang

2. Alumina

Gambar 3. 3 Alumina *hybrid*

3. RHA (*Rice Husk Ash*)

Gambar 3. 4 Abu sekam padi (RHA)

4. BA (*Bagasse Ash*)

Gambar 3. 5 Abu ampas tebu (BA)

3.3.2 Alat Penelitian

Pada proses penelitian ini menggunakan beberapa peralatan sebagai berikut:

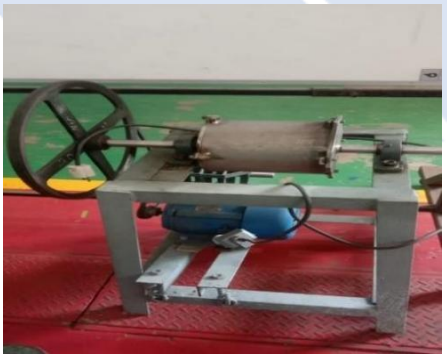
1. Timbangan digital

timbangan digital digunakan untuk mengukur berat serbuk aluminium dan pasir silika tailing timah yang digunakan dalam penelitian ini. Gambar timbangan digital yang digunakan, yang diperlihatkan pada gambar 3.6 di bawah ini:

Gambar 3. 6 Timbangan digital

2. *Ball mill machine*

Ball mill machine digunakan untuk mencampurkan serbuk aluminium , abu tebu (*baggase ash*), abu sekam padi (*rice husk ash*) dan alumina mesin ini juga dapat menghancurkan serbuk menjadi partikel-partikel yang lebih halus lagi karena didalam tabung mesin tersebut terdapat bola kecil-kecil. Gambar mesin *ball mill* yang digunakan pada saat penelitian ini, ditunjukkan pada gambar di bawah ini 3.7 dibawah ini.



Gambar 3. 7 *Ball mill machine*

3. Mesin press hidrolik

Mesin press hidrolik digunakan untuk memadatkan dengan menekan serbuk aluminium, hybird alumina, abu tebu, dan abu sekam padi yang sudah diaduk dan dibentuk sesuai dengan cetakan. Pada penelitian ini, mesin press hidrolik

dibuat dengan ram atas dan bawah yang memiliki alat ukur untuk mengukur tekanan. Gambar mesin press hidrolik yang digunakan dalam penelitian ini, yang ditunjukkan pada gambar 3.8 di bawah ini.

Gambar 3. 8 Mesin press hidrolik

4. Cetakan

Sampel komposit yang dibuat melalui proses kompaksi panas dicetak dengan bentuk sesuai cetakan. Dalam penelitian ini, benda yang dicetak berbentuk cicin dengan diameter 50 mm dan 20 mm. Gambar cetakan yang digunakan ditunjukkan oleh gambar 3.9 di bawah ini :

Gambar 3. 9 Cetakan

5. *Thermocouple*

Thermocouple yang diguinakan dengan uintuik memanaskan campuran serbuik aluminium, alumina, abu ampas tebu, dan abu sekam padi dengan suihu yang telah ditetapkan. Proses pemanasan ini dilakukan secara bersamaan dengan proses penekanan dan kompaksi panas. Gambar 3.10 di bawah ini menunjukkan ringkasan gambar Thermocoupe yang digunakan dalam proses penelitian ini.

Gambar 3. 10 *Thermoucople*

6. Alat pengukur suhu (*Thermogun*)

Ini adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu alat pemanas selama proses kompaksi. Gambar alat *thermogun* yang digunakan ditunjukkan di bawah ini, pada gambar 3.11

Gambar 3. 11 Alat *Thermogun*

7. Oven/*furnance*

Oven berfungsi sebagai pemanas untuk spesimen yang telah dimasukkan dan cetak sebelum tahap sintering dimulai. Gambar oven yang digunakan adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12 di bawah ini.

Gambar 3. 12 Oven

8. Gelas ukur

Gelas ukur dapat digunakan sebagai wadah atau menampung air yang telah dipenuhi sebelum sampel dimasukkan ke dalamnya. Gambar berikut menunjukkan gelas ukur yang digunakan. seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.13 di bawah ini.

Gambar 3. 13 Gelas ukur

9. Uji kekerasan portable

Alat uiji kekerasan yang dapat dibawa ini digunakan untuk menguji kekerasan sampel material komposit yang diselidiki. Alat uiji kekerasan portabel yang digunkan pada penelitian ini digambarkan di bawah ini pada gambar 3.14.

Gambar 3. 14 Alat uji portable

10. Alat Uiji Diensitas

Alat uiji densitas yang digunakan dalam penelitian ini, yang ditunjukkan pada Gambar 3.15 di bawah ini, digunakan untuk menimbang berat sampel saat berada di dalam air.

Gambar 3. 15 Alat uji densitas

3.4 Prosedur

Penelitian Berikut ini adalah prosedur penelitian yang dijabarkan sebagai berikut:

3.4.1. Melakukan Proses *Mixing*

Dalam proses pencampuran serbuk aluminium yang telah didaur ulang dengan abu ampas tebu (BA), abu sekam padi (RHA), dan aluminium, metode pemaduan mekanik atau pemaduan mekanik digunakan. Proses pemaduan mekanik dilakukan menggunakan mesin ball mill horizontal dengan parameter berikut:

1) *Ball Powder Weight Ratio* (BPR): 10:1
2) Kecepatan putaran mesin: 90 rpm
3) Waktu penggilingan: 4 jam

3.4.2. Proses Pemaduan

Komposisi campuran serbuk aluminium hasil daur ulang, abu ampas tebu (*bagasse ash*), abu sekam padi *(rice husk ash*), dan aluminium digunakan dalam penelitian ini, dengan perbandingan fraksi volume berat sebagai berikut:

- 80% serbuk aluminium hasil dari daur ulang
- 20% alumina hybrid, abu sekam padi dan abu ampas tebu

Abu sekam padi dan abu ampas tebu dicampur saat menggunakan metode pencampuran mekanis ini. Jadi serbuk yang dihasilkan dari proses pencampuran mekanik ini dapat tercampur dengan lebih baik atau memiliki tingkat homogenitas yang lebih tinggi daripada serbuk yang dihasilkan dari proses pencampuran mekanik.

dengan berat campuran serbuk 40 gram per sampel. Satuan sampel memiliki tebal 8–10 mm. Timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram digunakan untuk menimbang serbuk aluminium hasil daur ulang, aluminium *hybrid*, abu sekam padi, dan abu ampas tebu secara bersamaan, dengan berat total 350 gram. Setelah penimbangan selesai, serbuk dimasukkan ke dalam tabung yang ada di mesin penggilingan bola horizontal. Mesin tersebut menggunakan bola-bola kecil dengan kekerasan rata-rata HRC 61 dan 58,2, masing-masing dengan berat 111,18 gram dan 65,96 gram.

3.4.3. Proses Kompaksi Panas

Tujuan dari proses kompaksi panas adalah untuk mendapatkan serbuk yang digunakan lebih padat. Mesin press hidrolik, yang memiliki dua silinder hidrolik (atas dan bawah), dan dilengkapi dengan alat pembaca tekanan, digunakan untuk melakukan proses kompaksi panas. Alat yang digunakan untuk memanaskan serbuk selama proses kompaksi panas adalah termokopel dan cetakan berbentuk cincin dengan diameter 50 mm dan diameter 20 mm. Proses kompaksi panas dilakukan dengan meletakkan cetakan pada alat kompaksi, mencampur serbuk secara merata, dan kemudian menekan cetakan dengan besi bulat berbentuk cincin di atasnya. Setiap alat peminjakan hidrolik memiliki alat untuk mengukur tekanan yang diberikan pada cetakan, yang ditekan dari atas dan bawah. Selama 18 menit, tekanan kompaksi panas sebesar 6000 Psi diberikan pada area pemanas dapur yang melingkupi cetakan pada suhu kompaksi 400°C. Setelah selesai, tunggu hingga cetakan menjadi dingin dan ambil sampelnya.

3.4.4. Proses Sintering

Proses sintering dilakukan untuk meningkatkan ikatan antar partikel pada serbuk yang dilakukan proses sintering. Pada saat proses sintering, siapkan sampel yang telah dicetak lalu masukkan ke dalam furnace atau oven. Dalam proses pemanasan, sampel dikenakan variasi suhu sintering yaitu 540°C, 560°C, dan 580°C Proses sintering dilakukan untuk meningkatkan ikatan antar partikel pada serbuk yang dilakukan proses sintering. Pada saat proses sintering, siapkan sampel yang telah dicetak, lalu masukkan ke dalam *furnace* atau oven. Dalam proses pemanasan, sampel dikenakan variasi suhu sintering yaitu 540°C, 560°C, dan 580°C dengan waktu tahan (*Holding Time*) selama 7 menit. Setelah proses sintering selesai,

keluarkan sampel dari furnace dan dinginkan pada suhu ruangan. dengan waktu tahan (Holding Time) selama 7 menit. Setelah proses sintering selesai, keluarkan sampel dari furnace dan dinginkan pada suhu ruangan.

3.4.5. Validasi Spesimen

Dalam proses ini, spesimen divalidasi secara visual untuk menghindari cacat seperti keretakan, pecah, atau tidak sempurna. Jika sampel dalam keadaan layak uji, lanjutkan ke tahap berikutnya. Namun, jika ada cacat atau hasilnya tidak sesuai dengan yang diharapkan, lakukan proses pencetakan ulang dari awal lagi.

3.4.6. Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur massa sampel menggunakan timbangan digital untuk mengetahui beratnya. Sampel yang ditimbang dimasukkan ke dalam air basah. Massa sampel kering kemudian dibandingkan dengan massa sampel dalam air atau basah. Nama proses ini adalah densitas (ρ). Uji densitas menggunakan ASTM B962-17.

3.4.7. Pengujian Kekerasan

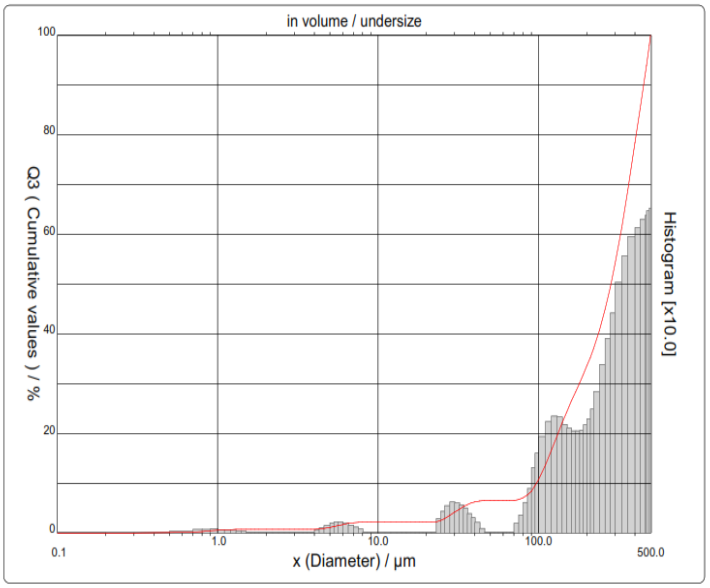
Uji kekerasan dilakukan pada spesimen yang dicetak dalam penelitian ini untuk menentukan nilai kekerasannya. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat uji kekerasan portabel yang memiliki berat beban pengujian 2 kg dan indenter berbentuk bola dengan diameter 2 mm. Alat uji ini digunakan karena relatif mudah digunakan dan nilai hasil pengujian kekerasan dapat dibaca secara langsung di layar alat uji portabel. Uji kekerasan sesuai dengan ASTM E110-14.

BAB IV
PEMBAHASAN

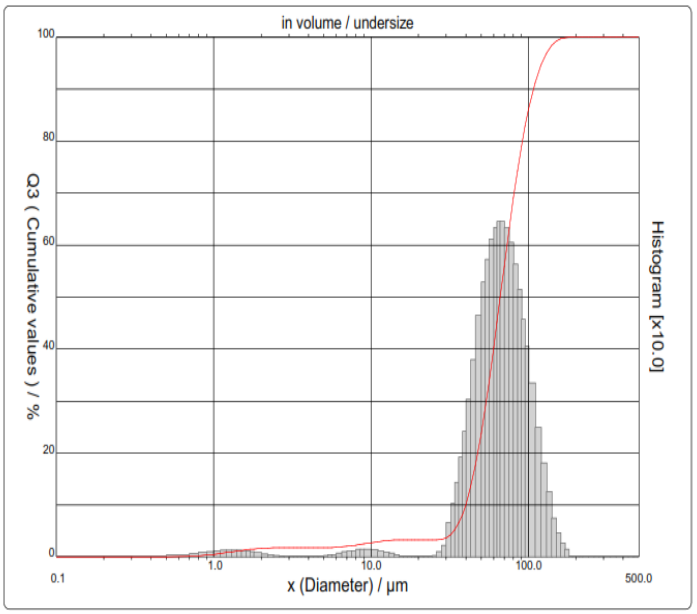
4.1 Proses Kompaksi Panas

4.1.1 Grafik Hasil Pencampuran Menggunakan *Particle Size Analzer*

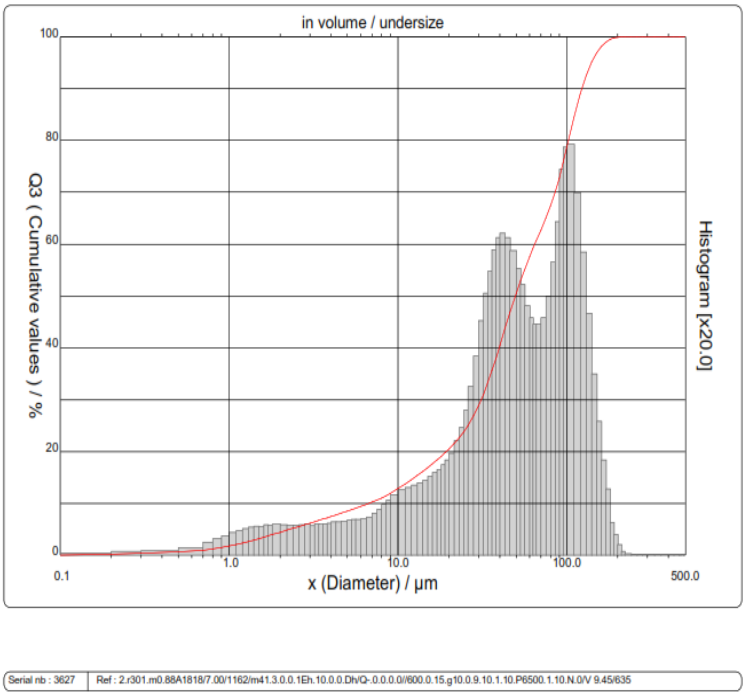
Grafik hasil pencampuran menggunakan particle size analyzer di tunjukkan pada gambar di bawah ini:



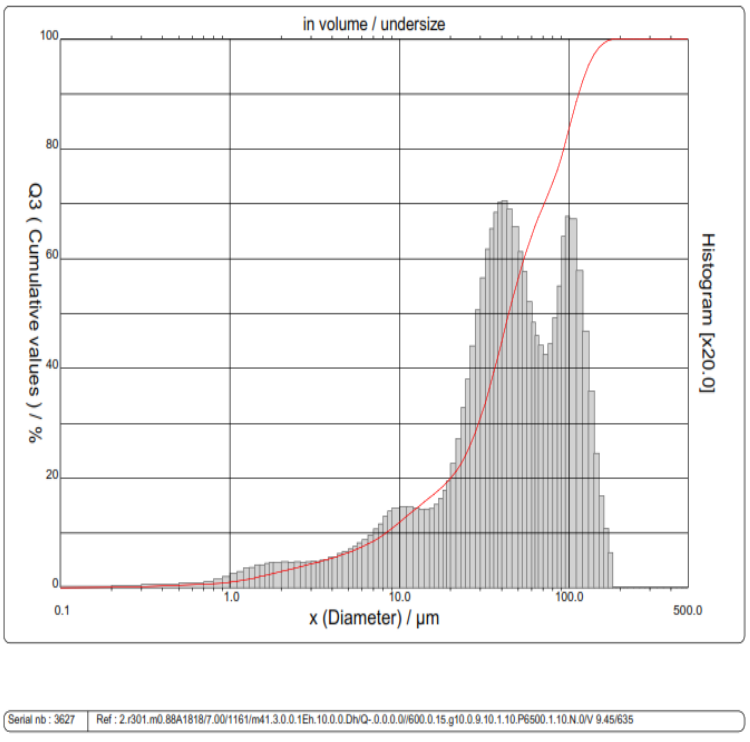
Gambar 4. 1 Grafik *Particle Size Analyzer Aluminium*



Gambar 4. 2 Grafik *Prticle size analyzer Alumina Hybird*



Gambar 4. 3 Grafik *Prticle Size analyzer Rice Husk ash*



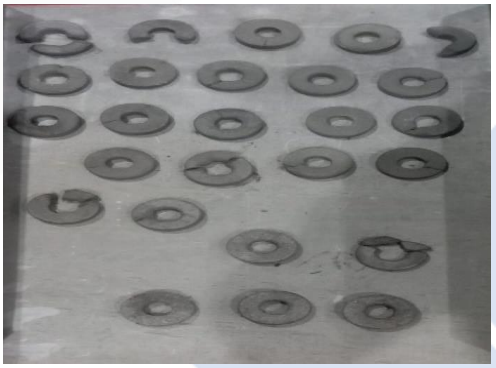
Gambar 4. 4 Grafik *Prticle Size analyzer Baggase Ash*

4.2 Proses pencetakan sampel

Adapun Langkah-langkah dalam melakukan proses pncetakan sampel yaitu:

1. Untuk mendapatkan hasil seperti gambar di bawah, perlu melalui proses oengerjaan sebagai berikut :
2. Pertama memanaskan cetakan terlebih dahulu yang sudah di letakkan di dalam mesin kompaksi panas.
3. Masukkan terlebih dahulu bahan yang sudah di lakukan pencampuran (*mechanical alloying*) kedalam cetakan.
4. Tunggu sampai suhu pada cetakan mencapai 350^{o}C.
5. Setelah suhu pada cetakan mencapai 350^{o}C, selanjutnya lakukan pengepresan pada cetakan dari dua arah yaitu atas dan bawah sebesas 6000 Psi dengan waktu tahan 18 menit.
6. Selanjutnya lepaskan benda kerja dari cetakan dengan hati-hati.

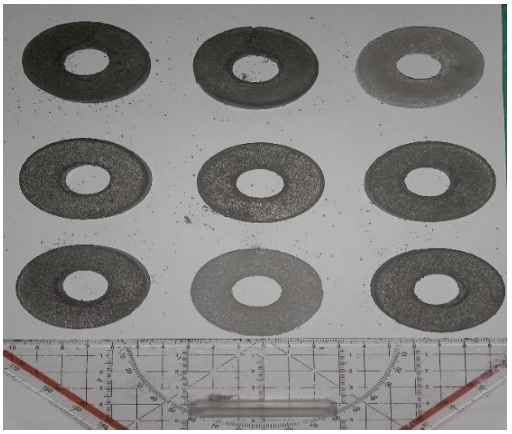
Berikut adalah hasil dari pencetakan menggunakan press hidrolik yang di tunjukkan pada Gambar 4.5 di bawah ini:



Gambar 4. 5 Hasil dari Pencetakan Menggunakan Press Hidrolik

4.3 Spesimen Sebelum Dilakukan Pengujian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana nilai uji densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium yang diperkuat dengan alumina hybrid, abu sekam padi (*rice husk ash*), dan abu ampas tebu (*bagasse ash*) dengan variasi sintering 540°C, 560°C, dan 580°C. Spesimen yang sudah dicetak memiliki diameter 50 mm luar dan 20 mm dalam, dengan ketebalan rata-rata 8 mm hingga 10 mm. Gambar sampel yang telah melewati proses kompaksi panas, yang ditunjukkan pada gambar 4.6, dapat dilihat di bawah ini.



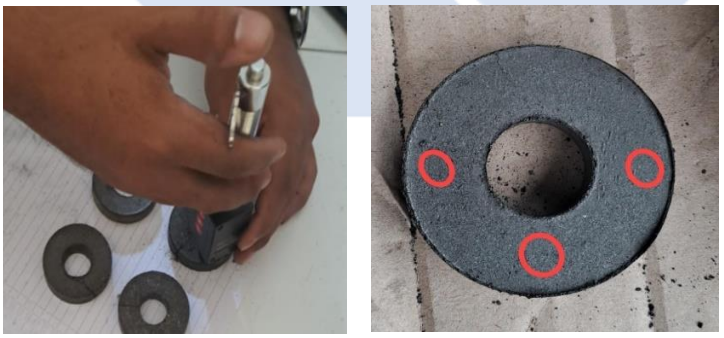
Gambar 4. 6 Hasil Proses Kompaksi Panas

4.4 Proses Uji Densitas dan Uji Kekerasan

- **Proses Uji Densitas**

Gambar 4. 7 Proses pengujian densitas pada sampel

- **Proses Uji Kekerasan**



Gambar 4. 8 Proses pengujian kekerasan pada sampel

4.5 Uji Densitas Sebelum Sintering

Sebelum melakukan pengujian densitas, persiapan harus dilakukan. Peralatan yang diperlukan adalah aquades air, gelas ukur, tiang besi, dan timbangan digital.

4.5.1 Proses kekerasan pengujian sebelum sintering

Timbang sampel setelah dimasukkan ke dalam air aquades, kemudian timbang dalam keadaan basah. Standar ASTM B962-17, yang mengacu pada hukum Archimedes, digunakan untuk menguji densitas. Massa jenis dan nilai massa jenis digunakan untuk menentukan massa jenis. Massa jenis diukur dalam satuan gram per sentimeter kubik (g/cm^3) dan gram (g).

4.5.2 Pengolahan data dan analisa data densitas setelah sintering

Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan alat timbangan digital dan tiang yang digunakan untuk menggantung keranjang untuk menimbang sampel pada kondisi basah atau didalam air. Pengujian densitas mengacu pada hukum *Archimedes* dengan standar uji menggunakan ASTM B962-17. Berikut pengolahan data dan Analisa data pengujian densitas setelah sintering di tunjukkan pada tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4. 1 Hasil uji densitas pada sampel kering

No	**Presentase bahan penguat %**	**Pengujian Kering (g) Spesimen**		**Rata-rata ($g/cm^{3)}$**
		1	**2**	**3**
1	7	39,94	37.28	37.13
2	7	40,49	37.86	36.91
3	7	40,17	37.55	37.89
4	10	40,13	36.97	37.88
5	10	40,81	37.45	38.10
6	10	40,75	37.37	37.15
7	13	40,43	37.65	37.23
8	13	38,97	37.81	37.45
9	13	39,94	37.28	37.13

Tabel 4. 2 Hasil uji densitas pada sampel basah

No	Presentase bahan penguat %	Pengujian Basah (g) Spesimen 1	2	Rata-rata(g/cm³) 3
1	7	19,44	19.23	18.87
2	7	20,95	16.20	16.63
3	7	15,85	16.57	17.33
4	10	19,42	18.74	15.70
5	10	17,71	16.25	17.47
6	10	17,97	18.69	13.89
7	13	18,82	17.71	17.14
8	13	17.89	17.31	16.51
9	13	15,84	17,42	16,99

Diketahui : m_s = 39,94 Ditanya : *Pm……?*

m_g = 19,44

ph_20 = 1 g/cm³

Jawab : $Pm = \frac{39,94}{19,44}1$

$$Pm = \frac{39,94}{20,5}1$$

$$Pm = 1,948$$

- Sampel 1 dengan presentase penguat 7% dengan tekanan kompaksi 6000 Psi

Diketahui : m_s = 37,28 Ditanya : *Pm……?*

m_g = 19,23

ph_20 = 1 g/cm³

Jawab :

$$Pm = \frac{37,28}{19,23}1$$

$$Pm = \frac{37,28}{18,05}1$$

$$Pm = 2{,}065$$

- Sampel 2 dengan presentase penguat 7% dengan tekanan kompaksi 6000 Psi

Diketahui : m_s = 37,13 Ditanya : *Pm……?*

m_g = 18,87

ph20 = 1 g/cm^3

Jawab :

$$Pm = \frac{37{,}13}{18{,}87}1$$

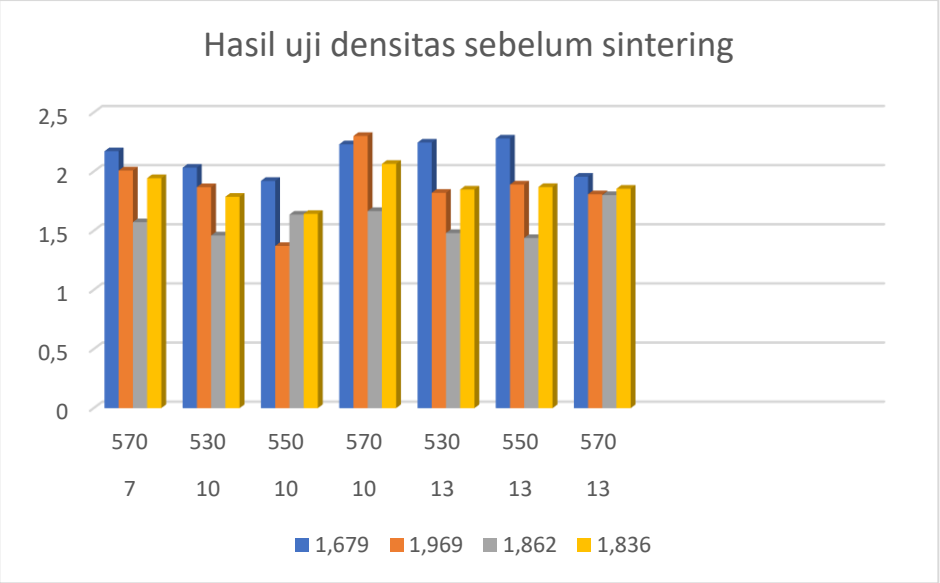
$$Pm = \frac{37{,}13}{18{,}26}1$$

$$Pm = 2{,}015$$

- Sampel 3 dengan presentase penguat 7% dengan tekanan kompaksi 6000 Psi

Tabel 4. 3 Nilai hasil uji densitas sebelum sintering

No	Presentase penguat %	Nilai Densitas (g/cm^3) Sampel			Rata-rata (g/cm^3)
		1	2	3	
1	7	1,948	2,065	2,033	2,015
2	7	2,072	1,747	1,820	1,859
3	7	1,651	1,789	1,842	1,760
4	10	1,937	2,027	1.707	1,890
5	10	1,766	1,783	1,846	1,798
6	10	1,788	2,000	1,597	1,795
7	13	1,870	1,881	1,853	1,868
8	13	1,848	1,844	1,788	1,826
9	13	1,657	1,877	1,843	1,792



Gambar 4. 9 hasil uji densitas sebelum sintering

4.6 Uji Kekerasan Sebelum Sintering

Uji kekerasan dilakukan menggunakan metode Brinell dengan standar ASTM E110-14 setelah sampel dicetak. Ini dilakukan dengan menekan sampel uji pada tiga titik yang berbeda.

4.6.1 Proses kekerasan pengujian sebelum sintering

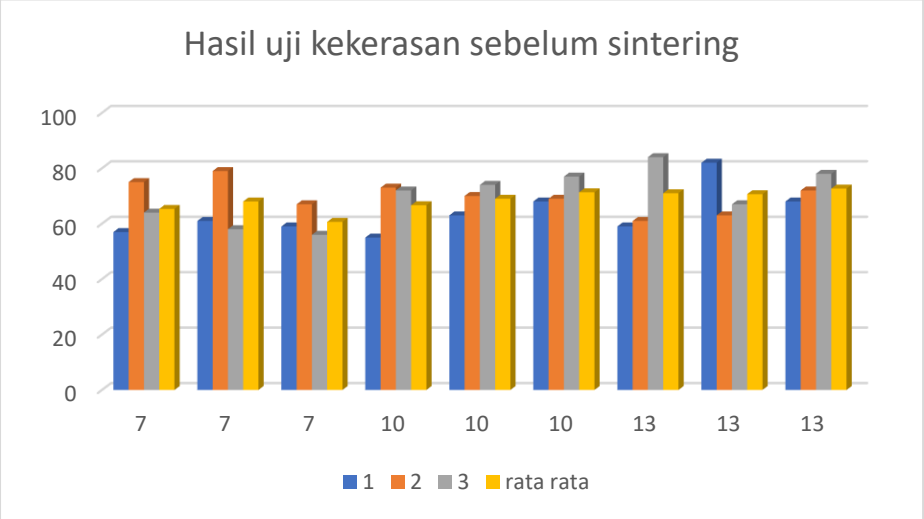
Setelah spesimen uji dicetak dan diberi tanda, persiapkan peralatan yang digunakan untuk menguji kekerasan, seperti alat uji kekerasan portabel. Setelah siap, uji kekerasan pada spesimen dengan tiga titik. Kekerasan diuji dengan metode Brinnel dan mengacu pada standar ASTM E110-14.

4.6.2 Pengolahan data dan anlisa data kekerasan sebelum sintering

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat kekerasan portable. Dimana nilai kekerasan didapatkan secara otomatis ketika alat uji ditekan dan nilai kekerasan langsung dapat terbaca dilayar alat uji portable. Nilai kekerasan ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. 4 Hasil uji kekerasan sebelum sintering

NO	Komposisi Bahan (%)	Nilai Kekerasan (HB) Spesimen			Rata-Rata (g/cm3)
		1	2	3	
1	7	42	62	53	52,33
2	7	50	64	40	51,33
3	7	43	48	48	46,33
4	10	42	55	67	54,66
5	10	54	51	53	52,66
6	10	45	57	61	54,33
7	13	45	51	72	56
8	13	72	51	50	57,66
9	13	56	60	63	59,66



Gambar 4. 10 hasil uji kekerasan sebelum sintering

4.7 Uji Densitas Setelah Sintering

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian densitas kembali untuk membandingkan nilai densitas sebelum dan sesudah proses sintering. Uji densitas ini menggunakan standar ASTM B962-17.

4.7.1 Proses pengujian densitas setelah sintering

Setelah spesimen uji dicetak dan diberi tanda selanjutnya menyiapkan peralatan yang digunakan untuk proses pengujian densitas seperti timbangan digital, gelas ukur, aquades dan tiang besi. Setelah menyiapkan peralatan tersebut timbang spesimen tersebut dalam kondisi kering selanjutnya timbang spesimen dalam kondisi basah dengan memasukkan sampel kedalam air.

4.7.2 Pengolahan data dan analisa data densitas setelah sintering

Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan alat timbangan digital dan tiang yang digunakan untuk menggantung keranjang untuk menimbang sampel pada kondisi basah atau didalam air. Pengujian densitas mengacu pada hukum *Archimedes* dengan standar uji menggunakan ASTM B962-17. Berikut pengolahan data dan Analisa data pengujian densitas setelah sintering di tunjukkan pada tabel 4.5 di bawah ini:

Tabel 4. 5 Hasil uji densitas pada sampel kering sesudah sintering

		Pengujian Kering (g)		
		Spesimen		
No	**Kompaksi Panas (PSi)**	**1**	**2**	**3**
1	6000	28,11	25,13	25,42
2	6000	25,17	20,44	27,55
3	6000	19,77	19,31	29,89
4	6000	18,87	19,90	30,12
5	6000	20,56	31,24	24,77
6	6000	20,23	18,23	21,18
7	6000	21,80	20,43	29,56
8	6000	19,81	22,91	28,74
9	6000	20,21	19,59	19,60

Tabel 4. 6 Hasil Uji densitas pada sampel basah sesudah sintering

No	Kompaksi Panas (PSi)	Pengujian Basah (g) Spesimen		
		1	2	3
1	6000	11,41	10,41	13,75
2	6000	10,18	10,06	12,71
3	6000	10,67	9,70	10,32
4	6000	9,59	9,25	9,50
5	6000	9,80	8,46	9,63
6	6000	11,16	10,31	8,47
7	6000	12,09	9,21	9,59
8	6000	11,12	8,51	8,76
9	6000	9,88	8,76	8,72

Diketahui : m_s = 28,11 Ditanya : *Pm……?*

m_g = 11,41

ph_20 = 1 g/cm^3

Jawab :

$$Pm = \frac{28,11}{11,41}1$$

$$Pm = \frac{28,11}{16,7}1$$

$$Pm = 1,683$$

- Sampel 1 dengan penguat 7% dengan tekanan kompaksi 6000 Psi

Diketahui : m_s = 25,13 Ditanya : *Pm……?*

m_g = 10,41

ph_20 = 1 g/cm^3

Jawab :

$$Pm = \frac{25,13}{10,41}1$$

$$Pm = \frac{25,13}{14,69}1$$

$$Pm = 1{,}707$$

- Sampel 2 denga penguat 7% dengan tekanan kompaksi 6000 psi

Diketahui : m_s = 25,42 Ditanya : $Pm \ldots\ldots?$

m_g = 13,75

ph_20 = 1 g/cm^3

Jawab :

$$Pm = \frac{25{,}42}{13{,}75}1$$

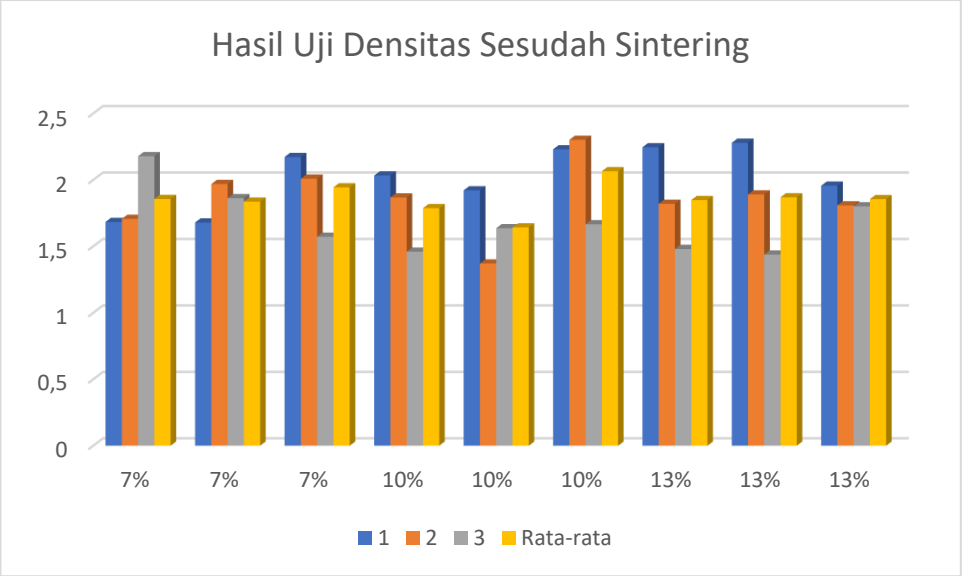
$$Pm = \frac{25{,}42}{11{,}67}1$$

$$Pm = 2{,}178$$

- Sampel 3 dengan penguat 7% dengan tekanan kompaksi 6000 Psi

Tabel 4. 7 Nilai hasil uji densitas sesudah sintering

No	Presentase penguat %	Suhu Sintering (◦C)	Nilai Densitas (g/cm^3) Sampel			Rata-rata (g/cm^3)
			1	2	3	
1	7	540	1,683	1,707	2,178	1,856
2	7	560	1,679	1,969	1,862	1,836
3	7	580	2,172	2,009	1,572	1,944
4	10	540	2,033	1,868	1,460	1,787
5	10	560	1,921	1,371	1,636	1,642
6	10	580	2,230	2,301	1,666	2,065
7	13	540	2,245	1,820	1,480	1,848
8	13	560	2,279	1,890	1,438	1,869
9	13	580	1,956	1,808	1,801	1,855



Gambar 4. 11 Grafik uji densitas sesudah sintering

Tabel 4.8 Data analisis variasi uji densitas

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	F-Tabel
presentase penguat	2	0,00687	0,003433	0,04	3,55
Suhu sintering	2	0,12699	0,063493	0,70	3,55
presentase penguat*Suhu sintering	4	0,16184	0,040459	0,45	
Error	18	1,62223	0,090124		
Total	26	1,91791			

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

H0 = Persentasi penguat tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

H1 = Persentasi penguat memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

H0 = Tekanan pemadatan panas tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

H1 = Tekanan pemadatan panas memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

H0 = Persentasi penguat dan tekanan pemadatan panas tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

H1 = Persentasi penguat dan tekanan pemadatan panas memiliki pengaruh pada nilai densitas secara signifikan.

Hipotesis tersebut akan dievaluasi menggunakan kriteria uji sebagai berikut:

H0 akan ditolak apabila Fhitung > F-tabel dan apabila Fhitung < F-tabel maka *H0* tidak dapat ditolak. Keputusan yang diambil berdasarkan hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) terhadap data eksperimen untuk nilai densitas adalah sebagai berikut:

1. Ditinjau dari faktor persentasi penguat (faktor A), nilai Fhitung < F-tabel, sehingga *H0* gagal ditolak dan *H1* ditolak. Bisa disimpulkan bahwa persentasi penguat tidak memiliki pengaruh pada nilai densitas.
2. Ditinjau dari faktor kompaksi (faktor B), nilai Fhitung > F-tabel, sehingga *H0* ditolak dan *H1* diterima. Bisa disimpulkan bahwa kompaksi memiliki pengaruh pada nilai densitas.
3. Ditinjau dari interaksi faktor persentasi penguat (faktor A) dan faktor kompaksi (faktor B), nilai Fhitung > F-tabel, sehingga *H0* ditolak dan *H1* diterima. Bisa disimpulkan bahwa interaksi antara faktor persentasi penguat (faktor A) dan faktor kompaksi (faktor B) memiliki pengaruh pada nilai densitas.

4.8 Uji Kekerasan Setelah Sintering

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian densitas kembali untuk membandingkan nilai densitas sebelum dan sesudah proses sintering. Uji densitas ini menggunakan standar ASTM B962-17.

4.7.1 Proses Pengujian Kekerasan Setelah Sintering

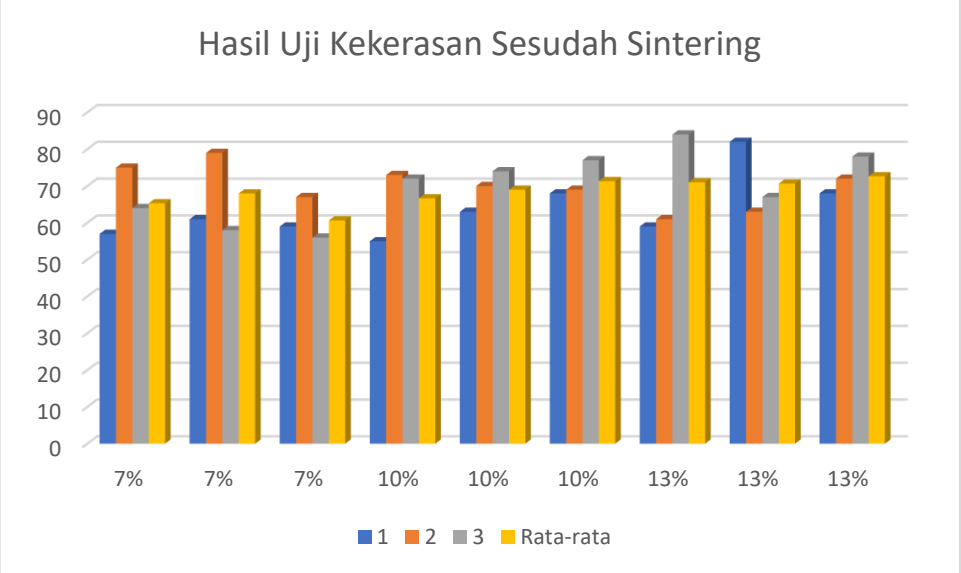
Setelah spesimen sudah di cetak dan di beri tanda, selanjutnya yaitu menyiapkan alat yang di butuhkan yaitu alat uji kekerasan portable dengan bidang datar, setelah menyiapkan peralatan untuk pengujian kekeraan dengan 3 titik pengukuran pada spesimen yang sama. Pengujian kekerasan pada pengujian kekerasan pada penelitian ini mengacu pada ASTM 110-14.

4.7.2 Pengolahan data dan Analisa data setelah sintering

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan *portable.* Dengan cara alat uji di tekan pada bagian spesimen secara otomatis nilai kekerasan yang di dapatkan langsung keluar pada layar alat uji *portable*. Pengujian kekerasan mengacu pada standar uji menggunakan ASTM 110-14. Berikut pengolahan data dan Analisa data pengujian kekerasan setelah sintering di tunjukkan pada Tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 4.9 Nilai hasil uji kekerasan sesudah sintering

NO	Presentase penguat (%)	Nilai Kekerasan (HB) Spesimen			Rata-Rata (g/cm3)
		1	2	3	
1.	7	57	75	64	65,33
2.	7	61	79	58	68
3.	7	59	67	56	60,66
4.	10	55	73	72	66,66
5.	10	63	70	74	69
6.	10	68	69	77	71,33
7.	13	59	61	84	71
8.	13	82	63	67	70,66
9.	13	68	72	78	72,66



Gambar 4. 12 Grafik uji kekerasan sesudah sintering

Tabel 4.10 Data analisis uji kekerasan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	F-Tabel
presentase penguat	2	205,85	102,926	1,29	0,300
Suhu sintering	2	18,30	9,148	0,11	0,893
presentase penguat*Suhu sintering	4	97,93	24,481	0,31	0,870
Error	18	1440,00	80,000		
Total	26	1762,07			

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

H0 = Persentasi penguat tidak memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

H1 = Persentasi penguat memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

H0 = Tekanan pemadatan panas tidak memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

H1 = Tekanan pemadatan panas memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

H0 = Persentasi penguat dan tekanan pemadatan panas tidak memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

H1 = Persentasi penguat dan tekanan pemadatan panas memiliki pengaruh pada nilai kekerasan secara signifikan.

Hipotesis tersebut akan dievaluasi menggunakan kriteria uji sebagai berikut:

H0 akan ditolak apabila Fhitung > F-tabel dan apabila Fhitung < F-tabel maka *H0* tidak dapat ditolak. Keputusan yang diambil berdasarkan hasil *Analysis of Variance* (ANOVA) terhadap data eksperimen untuk nilai kekerasan adalah sebagai berikut:

1. Ditinjau dari faktor persentasi penguat (faktor A), nilai Fhitung < F-tabel, sehingga *H0* gagal ditolak dan *H1* ditolak. Bisa disimpulkan bahwa persentasi penguat tidak memiliki pengaruh pada nilai kekerasan.

2. Ditinjau dari faktor kompaksi (faktor B), nilai Fhitung > F-tabel, sehingga *H0* ditolak dan *H1* diterima. Bisa disimpulkan bahwa kompaksi memiliki pengaruh pada nilai kekerasan.

3. Ditinjau dari interaksi faktor persentasi penguat (faktor A) dan faktor kompaksi (faktor B), nilai Fhitung < F-tabel, sehingga *H0* gagal ditolak dan *H1* ditolak. Bisa disimpulkan bahwa interaksi antara faktor persentasi penguat (faktor A) dan faktor kompaksi (faktor B) tidak memiliki pengaruh pada nilai kekerasan.

Setelah hasil data pengujian diperoleh, data tersebut kemudian dibandingkan dengan data dari penelitian sebelumnya. Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Berikut disajikan pada Tabel 4.11 perbandingan nilai antara penelitian sebelumnya dan penelitian ini.

Tabel 4. 21 Data Analisis Perbandingan

Nilai Uji	Kampas Rem SNI		
	Penelitian ini Adhe Fajarul R	Terdahulu Yulia anggreni	Standar SNI
Densitas	2,065 g/cm^3	1,59 g/cm^3	1,5-2,4 g/cm^3
Kekerasan	72,66 HB	42,76 HRB	68-105 BHN

Dari tabel yang di tunjukkan di atas , dapat di ketahu nilai yang di dapatkan pada penelitian ini mendapatkan nilai densitas tertingginya sebesar 2,279 g/cm^3 dan nilai densitas tertinggi yang di dapatkan pada penelitian Yulia anggreni sebesar 1,59 g/cm^3 [7]. Dan syarat nilai densitas dari SNI dalam membuat material kampas rem yaitu 1,5-2,4 g/cm^3 , sedangakan pada penelitian ini nilai densitas yang di dapatkan juga memenuhi syarat pada setandar kampas rem SNI tetapi nilai densitas tersebut masih rendah dari penelitian yang di dapatkan oleh Yulia anggreni [7]. Hal tersebut di karenakan tekanan kompaksi yang di gunakan terdiri menjadi 3 yaitu 5600, 6000, 6400 Psi dengan waktu tahan selama 15 menit dengan suhu sinteringnya yang terdiri dari 3 variasi yaitu 550, 580, 610^{o}C dengan waktu tahan selama 10 menit . Sedangkan pada penelitian ini tekanan kompaksinya terdiri dari 1 variasi saja yaitu 6000 Psi dengan waktu tahan selama 18 menit dengan suhu sinteringnya terbagi menjadi 3 variasi yaitu 540, 560, 580^{o}C dengan waktu tahan selama 7 menit. Untuk nilai densitas mengalami peningkatan dari nilai densitas sebelum sintering sebesar 2,015 g/cm3 naik ke 2,065 g/cm3 sesudah sintering. Hal ini di karenakan suhu sintering yang tinggi sebesar 580^{o}C untuk serbuk aluminium

daur ulang dengan kemurnian 83% hingga 84%. Menurut buku wahyono Suprapto [28]. Dapat kita simpulkan bahwa suhu sintering pada penelitian ini kurang dari titik leleh serbuk aluminium , sehingga mempengaruhi peningkatan nilai densitas pada sampel.

Untuk nilai kekerasan yang di dapatkan pada penelitian ini sebesar 72,66 HB. Sedangkan pada penelitian Yulia Anggreni nilai kekerasan yang di dapatkan sebesar 42,76 HRB (85-90 HB). Maka nilai kekerasan yang di dapatkan pada penelitian Yulia anggreni Sudah memenuhi syarat kekerasan kampas rem SNI Sebesar 68-105 BHN. Maka penelitian ini sudah memenuhi syarat kekerasan kampas rem SNI. Hal ini di karenakan tekanan pada penelitian ini mencapai 6000 Psi dengan suhu sintering tertinggi sebesar 580^{o}C dengan waktu tahan 7 menit. Hal ini di karenakan tekanan kompaksi mempengaruhi nilai densitas dan nilai kekerasan, Sehingga makin tinggi tekanan kompaksi yang di berikan, Nilai densitas dan kekerasan akan semakin meningkat.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

Perbedaan tekanan kompaksi panas pada komposit matrik aluminium yang diperkaya dengan alumina, abu sekam padi, dan abu ampas tebu hasil dari proses pemadatan serbuk dapat mempengaruhi nilai densitas dan kekerasan yang diperoleh. Karena perbedaan tekanan kompaksi dapat menghasilkan ikatan antar partikel yang semakin kuat dan pori-pori yang dihasilkan dari proses kompaksi semakin kecil (*interlocking*) maka kerapatannya meningkat sehingga nilai densitas dan kekerasan yang dihasilkan menjadi meningkat.

Perbedaan suhu sintering dapat meningkatkan nilai densitas dan kekerasan pada sampel yang diperkuat dengan *alumina hybrid*, abu sekam padi (*rice husk ash*), dan abu ampas tebu (*bagasse ash*) dapat mempengaruhi nilai densitas dan kekerasan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan suhu sintering yang dapat mendorong penyatuan antar butir-butir pada serbuk yang lebih efektif. Sehingga struktur material menjadi lebih padat dan kuat pada sampel.

5.2 Saran

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

1. Untuk peneliti yang mengambil judul metalurgi serbuk di harapkan untuk meningkatkan waktu penggilingan (*mechanicall alloying*), dan suhu pada kompaksi panas.
2. Variasikan parameter pada penelitian.
3. Pada proses pencetakan sampel diharuskan menggunakan peralatan *Safety* sesuai yang di anjurkan.
4. Pada proses Sintering pada sampel harus dilakukan lebih dari 1 orang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Muhammad Ngafifi (2014). Kemajuan Teknologi Dan Pola Hidup Manusia Dalam Perspektif Sosial Budaya, Htttp:/jurnal.uny.ac.id/index.php/jppfa/inde.

[2]. Muhamad, Asep (2023). Pembuatan komposit Matrik Alumunium Diperkuat Pasir Silika Tailing Timah Dengan Metode Metalurgi Serbuk, 1–7.

[3]. Dylan, A., Sugiarto, S., Wanto, A., Budi, A., & Sukanto, S. (2023). THE Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Silicon Carbida Dan Rice Husk Ash Dengan Metode Metalurgi Serbuk. *LONTAR* Jurnal Teknik Mesin Undana, *10*(02), 61-68.

[4]. *The 2019 GBD study is informed by over 7,000 researchers in over 156 countries and provideds over 3,5 billion health outcome estimates based on data from 281,586 sources. Available from global Burden Diseases study 2019 (GBD 20190 Data resources I GDx (healthdata.org).*

[5]. Tegar Ade Guna (2023). Pengaruh Fraksi Volume Dan Suhu Sintering Terhadap Densitas Dan Kekerasan Komposit Matrik Alumunium Berpenguat Almina *Baggase Ash.* http://repository.polman-babel.ac.id/

[6]. Nur Abdillah Siddiq (2020). Ampas Tebu (Baggase), Poensi dan Pemanfaatannya. https://warstek.com/ampasteb/.

[7]. Yulia Anggreni[1] , Sugiyarto1 , Achmad Rusdy1 , Ilham Ary Wahyudie1 , Rodika 1 , Yudi Oktriadi1 , Sukanto1* (2023). Pembutan Komposit AMC Hybird Baggase Ash Dengan Alumina Metode Metalurgi Serbuk. https://ejournal.unkhair.ac.id/

[8]. Arrahim, M. G., Suprapto, W., & Gapsari, F. (2021). "Pengaruh fraksi penguat fly ash dan temperatur cetakan terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro pada MMC". *JurnalRekayasaMesin*, *12*(3),725732.https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/973

[9]. Muhammad, Asep (2023). Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Timah Dengan Metode Metalurgi Serbuk (*Doctoral dissertation*, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung). http://repository.polmanbabel.ac.id/id/eprint/728/1.

[10]. Azis, Fahmi and Sunardi, Sunardi and Pramono, Agus (2012).”Analisa Pengaruh Komperesibilitas Metalurgi Serbuk Terhadap Karakteristik Fisik Pada Komposit Matriks Logam Alumunium Berpenguat Alumina”. Ini: Prosiding Seminar Nasional Energi, Manufaktur, dan Perancangan Teknik Mesin. Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, pp. 100-103. ISBN 978-602-17155-0-5, https://eprints.untirta.ac.id/9113/.

[11]. I. W. L. Suprapto, K. Suarsana, and N. Santhiarsa, Efek Komposisi Dan Perlakuan Sintering Pada Komposit Al/(SiCw+Al2O3) Terhadap Sifat Fisik Dan Keausan,” J.METTEK,vol.3,no.1,pp.36–43, 2017, doi: 10.24912/jmstkik.v1i1.423

[12]. I. W. L. Suprapto, K. Suarsana, and N. Santhiarsa (2017). Efek Komposisi Dan Perlakuan Sintering Pada Komposit Al/(SiCw+Al_2O_3) Terhadap Sifat Fisik Dan Keasuan,” J. METTEK,vol.3,no.1, pp. 36–43, 2017, doi: 10.24912/jmstkik.v1i1.423

[13]. Istanta, D. (2020). Analisis Pengaruh Texture Serat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Aramid Epoksi Prepreg. *Jurnal: Industri Elektro dan Penerbangan*, *3*(1)

[14]. Al Ghifari, M. G. (2024). Rekayasa Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Alumina Dan *Baggase As*h Dengan Metode Metalurgi Serbuk (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).

[15]. M Yogi, Revaldo (2023). Perancangan Mesin Bola Penghancur (*Ball Mill*) Batubara. http://digilib.unila.ac.id/.pdf

[16]. Nayiroh, N. (2013). Metalurgi Serbuk. *Paper peneli-tian material. Bandung.* Lipi. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net

[17]. Febrianto, T. (2021). Studi Eksperimen Pengaruh Tekanan Dan Suhu Sintering Terhadap Densitas Paduan Al-Mg Dengan Metode Metalurgi Serbuk (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya). http://repository.untag-sby.ac.id/10008/

[18]. Hadi, Q. (2018). Pengaruh Pengadukan dengan Variasi Simple Padle Blade Terhadap Kehomogenan dan Sifat Mekanik Komposit Al-Fly-Ash dengan Metode Stir Casting Tanpa Pembasahan. *Indralaya: Universitas Sriwijaya*.

https://core.ac.uk/download/pdf/267822263.pdf.

[19]. Muhammad Asep, Sugiyarto, Somawardi, Achmad Rusdy, Sukanto (2023) . Pengaruh Variasi Tekanan kompaksi Panas Terhadap ensitas dan Keerasan AMC Diperkuat SiO2. https://www.journal.bb.ac.id/machine/article/view/3606

[20]. upriyanto, A., Krisna, S. A., & Hermawan, M. V. (2022). Eksperimen Variasi Ukuran Butir dan Tekanan Kompaksi Campuran Al-si terhadap Densitas dan Porositas Metode Metalurgi Serbuk. *Teknika*, *7*(3), 108-115. https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte/article/view/179/103.

[21]. M.. Groover, "Fundamentals of modern Manufacturing Material, Processes, and System 4 th edition. *John willey & Sons*, inc. Elly, N.,"2010.

[22]. I. A. Wahyudie, (2021). "Hot Compaction Process Optimization For Improvement Tribology Behavior Of Zirconium Silicate Strengthened BMCs," J. Southwest Jiaotong Univ., vol. 56, no. 4, 2021, doi: 10.35741/issn.0258-2724.56.4.27.

[23]. M. Fawaid and S. Hamdi, (2015). "Pengaruh Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap karakteristik Komposit Bahan Alternatif Kampas Rem Berpenguat Serat Bambu," Semin. Nas. Ind. Serv., 2015.

[24]. Sintered Metallic Components. " Proses manufaktur dasar" produsen komponen sinter AMEA Sejak 1951.https://ames--sintering-com.translate.goog/basic-manufacturing.

[25]. Widodo, A., (2017). "Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash) pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Struktur Balok". J. Rekayasa Tek. Sipil 3, 105–111.

[26]. Wulandari, W. & Dewi, R., (2018). "Selulosa dari Ampas Tebu sebagai Adsorben pada Minyak Bekas Penggorengan Kovalen", https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/kovalen/article/view/10920

[27]. Ismail, M. S. and Waliuddin, A. M. (1996). "Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. Construction and Building Materials". https://doi.org/10.1016/0950-0618(96)00010-4, 10 (1): 521– 526

[28]. R. Suprapto, W&Soenoko, "Teknologi Metalurgi Serbuk," Pena Mas Publ.,vol. 192, p. 10, 2015.

LAMPIRAN 1

1. **Data Pribadi**

Nama Lengkap	: Adhe Fajarul Rahman
Tempat Dan Tanggal Lahir	: Lampung Tengah, 16 Desember 2002
Alamat Rumah	: Air Baung, RT 004, RW 003, Gunung Pelawan, Belinyu
Telp	: 081272358372
Email	: fajarfjr.th99@gmail.com
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Agama	: Islam

2. **Riwayat Pendidikan**

   SD 01 KALE,O
   SMP YPN BELINYU
   SMK YPN BELINYU

Sungailiat, 24 juli 2024

Adhe Fajarul Rahman

LAMPIRAN 2

HASIL UJI *PARTICLE SIZE ANALYZER* ALUMINIUM

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

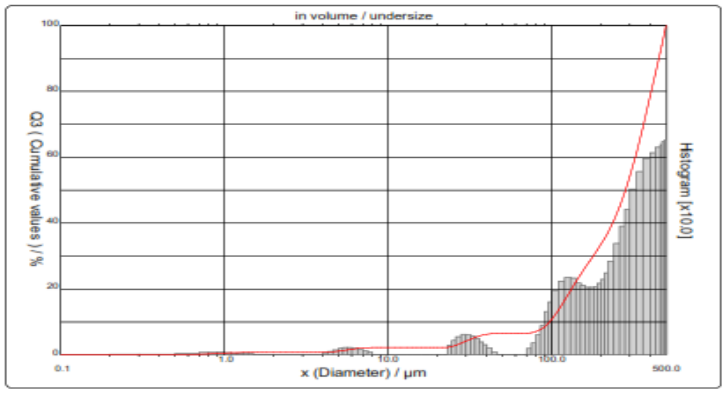
CILAS 1090 DRY

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



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

Standards classes — in volume / undersize

x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.00	0.00	0.05	0.11	0.25	0.37	0.48	0.59	0.67	0.73
q3	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.06	0.06	0.07	0.05	0.04
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
Q3	0.78	0.81	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
q3	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00
Q3	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.89	0.98	1.15
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09	0.13
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00
Q3	1.32	1.50	1.72	1.96	2.12	2.23	2.30	2.30	2.30	2.30
q3	0.19	0.21	0.21	0.20	0.14	0.10	0.07	0.00	0.00	0.00
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Q3	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00
Q3	2.30	2.30	2.57	2.96	3.57	4.22	4.81	5.33	5.76	6.07
q3	0.00	0.00	0.28	0.43	0.54	0.61	0.60	0.56	0.49	0.37
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00
Q3	6.30	6.52	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
q3	0.29	0.20	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Q3	6.79	7.14	7.70	8.47	9.55	10.80	13.62	16.59	19.46	22.10
q3	0.18	0.35	0.60	0.88	1.30	1.59	1.93	2.22	2.33	2.32
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0
Q3	24.40	26.47	28.37	30.16	31.86	33.56	35.27	37.04	40.82	44.96
q3	2.17	2.09	2.04	2.04	2.05	2.16	2.28	2.48	2.83	3.37
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0
Q3	49.39	54.06	61.41	68.83	78.44	85.24	91.75	93.85	97.98	100.00
q3	3.89	4.41	5.02	5.55	5.94	6.12	6.29	6.36	6.45	6.51

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

Serial nb : 3627 | Ref : 2,r301,n0,88A1818*7,00*1165/m41,3,0,0,1Eh,10,0,0,DlnQ-,0,0,0,0i600,0,15,g10,0,9,10,1,10,P6500,1,10,N,0V,9,45/635

LAMPIRAN 3

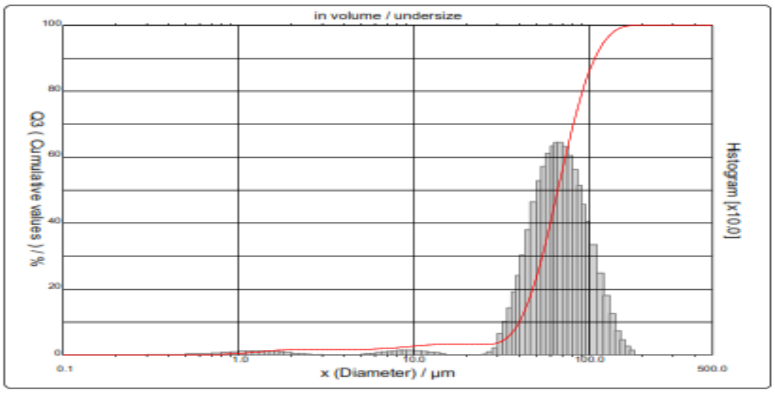
HASIL UJI SERBUK ALUMINA HYBIRD

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



Serial nb : 3627 | Ref : 2,r301,n0,88A1818*7,00*1163/m41,3,0,0,1Eh,10,0,0,DlnQ-,0,0,0,0i600,0,15,g10,0,9,10,1,10,P6500,1,10,N,0V,9,45/635

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

Standards classes — in volume / undersize

x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
Q3	0.00	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

Serial nb : 3627 | Ref : 2;r301;m0;88A1819/7;00/1163/m41;3;0;0;1Eh;10;0;0;DryQ-;0;0;0;0#600;0;15;g10;0;9;10;1;10;P6500;1;10;N;0/V 9;45/635

LAMPIRAN 4

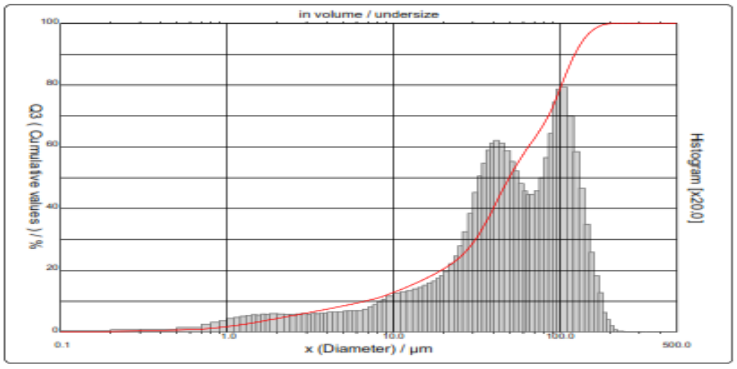
HAIL UJI SERBUK RICE HUSK ASH

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

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



Serial nb : 3627 | Ref : 2;r301;m0;88A1819/7;00/1162/m41;3;0;0;1Eh;10;0;0;DryQ-;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_	Pressure/Distributor	: 500 mb / [50][50]
Sample Name	: RHA	Obscuration	: 3 %
Sample type	: Serbuk	Diameter at 10%	: 6.67 µm
Comments	:	Diameter at 50%	: 49.46 µm
----------		Diameter at 90%	: 122.75 µm
----------		Mean diameter	: 60.19 µm
Operator	: BBG	Fraunhofer	
Company	: FMIPA-KIMIA UB	Density/Factor	----------
Location	: MALANG	Specific surface	----------
Date : 10/02/2023	Time : 01:12:44PM		
Index meas.	: 1162	Meas./Rins.	: 15s/15s/0
Database name	: CilasDB1	SOP name	: Fraunhofer

Standards classes in volume / undersize

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

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

Serial nb : 3627 | Ref : [illegible]

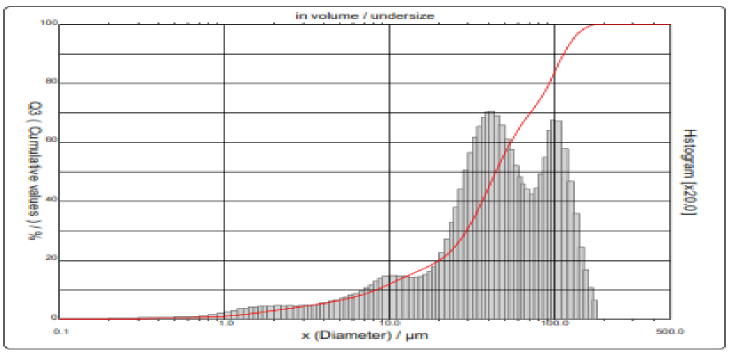
LAMPIRAN 5

HAIL UJI SERBUK BAGGASE ASH

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION
CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

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



Serial nb : 3627 | Ref : [illegible]

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		
Index meas.	: 1161	Meas./Rins.	: 15s/15s/0
Database name	: CilasDB1	SOP name	: Fraunhofer

Standards classes in volume / undersize

x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
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

Serial nb : 3627 | Ref : [illegible]

LAMPIRAN 6

POSTER PROYEK AKHIR

PROYEK AKHIR TAHUN 2023/2024
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANGKA BELITUNG

KAJIAN KOMPOSIT MATRIK ALUMINIUM PADA PEMBUATAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR DIPERKUAT ALUMINA HYBIRD (AI2O3)/BA/RHA) DENGAN METODE METALURGI SERBUK

Nama mahasiswa
Adhe Fajarul Rahaman (1042102)
Dosen Pembimbing
Dr. Sukanto M.Eng
Rodika, S.S.T., M.T.

LATAR BELAKANG

kampas rem adalah bagian yang sangat penting pada komponen dari pengereman ,yang berfungsi untuk memperlambat laju dan memberhentikan kendaraan. Pada saat ini masih banyak pabrikasi yang memproduksi kampas rem dengan bahan yang mengandung asbestos sebagai bahan utamanya. Pada penelitian mengenai kampas rem yang menggunakan bahan asbestos berbahaya bagi kesehatan yang bisa menyebabkan penyakit seperti gangguan pernafasan dan kangker paru - paru bagi yang menghirupnya.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi tekanan komposisi bahan dan suhu sintering terhadap uji densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium daur ulang di perkuat alumina hybird, abu ampas tebu dan abu sekam padi denga metode metalurgi serbuk.

METODOLOGI

metode yang di gunakan pada saat penggilingan yaitu metode mechanical alloying untuk mendapatkan hasil serbuk yang lebih halus. Proses penggilingan serbuk menggunakan mesin ball Mill yang mempunyai kecepatan putaran 90 rpm ,dengan bola bola besi yang ada di dalamnya dengan diameter 20 mm dengan waktu penggilingan selama 4 jam

BAHAN

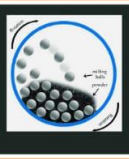
Aluminium

Alumina hybird

Baggase ash

Rice husk as

MECHANICAL ALLOYING



HASIL PEMADUAN MEKANIK

fajarfjr.th99@gmail.com