

**PENYELIDIKAN KOMPOSIT MATRIK ALUMINIUM
DIPERKUAT BOILER FLY ASH DAN PASIR SILIKA
MENGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK UNTUK
KAMPAS REM SEPEDA MOTOR**

PROYEK AKHIR

Laporan Akhir Ini Dibuat Dan Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan Oleh :

AKHMAD HASYIM FIKRI [NIM 1042135]

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2024**

**PENYELIDIKAN KOMPOSIT MATRIK ALUMINIUM
DIPERKUAT BOILER FLY ASH DAN PASIR SILIKA
MENGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK UNTUK
KAMPAS REM SEPEDA MOTOR**

PROYEK AKHIR

Laporan Akhir Ini Dibuat Dan Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan Oleh :

AKHMAD HASYIM FIKRI [*NIM 1042135*]

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PENYELIDIKAN KOMPOSIT MATRIK ALUMINIUM DIPERKUAT BOILER FLY ASH DAN PASIR SILIKA MENGGUNAKAN METODE METALURGI SERBUK UNTUK KAMPAS REM SEPEDA MOTOR

Oleh:

Akhmad Hasyim Fikri/1042135

Laporan Akhir Ini Telah Disetujui Dan Disahkan Sebagai Salah Satu Syarat
Kelulusan Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

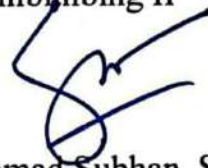
Menyetujui,

Pembimbing I



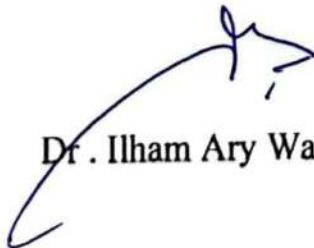
Dr . Sukanto M., Eng.

Pembimbing II



Muhammad Subhan, S.S.T., M.T.

Penguji I



Dr . Ilham Ary Wahyudie, M.T.

Penguji II



Yuli Dharta, S.S.T ., M.T.

Mengetahui,

Kepala Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ilham Ary Wahyudie, M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

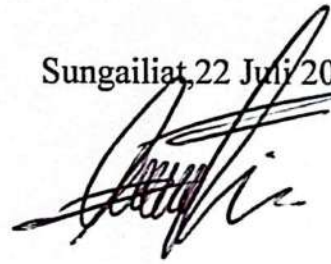
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Akhmad Hasyim Fikri NIM: 1042135

Dengan Judul : *Penyelidikan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Boiler Fly Ash Dan Pasir Silika Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Untuk Kampas Rem Sepeda Motor*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari melanggar pernyataan ini, Saya bersedia menerima sanksi yang berlaku dan untuk daftar riwayat hidup penulis dapat dilihat pada lampiran 1 hal.

Sungailiat, 22 Juli 2024



Nama Mahasiswa

1. Akhmad Hasyim Fikri

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh persentase penguat dan tekanan kompaksi panas mengenai kadar kekerasan dan densitas komposit matriks aluminium diperkuat Boiler Fly Ash dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor. Metode yang digunakan adalah metode Metalurgi Serbuk / Powder Metallurgy (P/M), dengan variasi persentase penguat 6%,10%,dan 14%. Pencampuran serbuk aluminium, Boiler Fly Ash, dan pasir silika menggunakan Ball Mill Machine dengan komposisi pencampuran Ball Powder weight Ratio (BPR) 10:1 dalam waktu 6 jam dipadukan dalam kecepatan 90 RPM. Proses pencetakan kompaksi panas alat digunakan yaitu mesin Hydraulic Jack penekan atas dan penekan bawah dengan suhu penekanan panas 300 °C waktu tahan 10 menit variasi penekanan 5200 Psi,5600 Psi,dan 6000 Psi. Kemudian perlakuan sintering dengan suhu 600 °C dalam Holding Time 10 menit. Uji material kampas rem yang dilakukan adalah uji kekerasan ASTM E110-14 dan uji densitas ASTM B962-17. Hasil yang didapatkan pada uji densitas tertinggi 2,055 g/cm³ dengan persentase 10% penekanan kompaksi 5600 Psi, sedangkan untuk uji kekerasan tertinggi 56 HB dengan persentase 10% penekanan kompaksi 5200 Psi. Pada saat diperlakukan proses sintering nilai uji densitas tertinggi 2,256 g/cm³ dengan persentase 6% penekanan kompaksi 5200 Psi, sedangkan untuk uji kekerasan tertinggi 47,3 HB dengan persentase 10% penekanan kompaksi 5600 Psi.

Kata Kunci : Kampas Rem Sepeda Motor, Komposit Aluminium, Metalurgi Serbuk, Boiler Fly Ash, pasir silika.

ABSTRACT

This study aims to investigate the effect of the percentage of reinforcement and hot compaction pressure on the hardness and density levels of aluminum matrix composites reinforced with Boiler Fly Ash and silica sand using powder metallurgy methods for motorcycle brake pads. The method used is the Powder Metallurgy (P/M) method, with variations in the percentage of reinforcement of 6%, 10%, and 14%. Mixing of aluminum powder, Boiler Fly Ash, and silica sand using a Ball Mill Machine with a mixing composition of Ball Powder weight Ratio (BPR) 10: 1 within 6 hours combined at a speed of 90 RPM. The hot compaction molding process uses a Hydraulic Jack machine with an upper press and a lower press with a hot pressing temperature of 300 °C holding time of 10 minutes, a pressure variation of 5200 Psi, 5600 Psi, and 6000 Psi. Then the sintering treatment with a temperature of 600 °C in a Holding Time of 10 minutes. The brake pad material tests carried out were the ASTM E110-14 hardness test and the ASTM B962-17 density test. The results obtained in the highest density test were 2.055 g/cm³ with a percentage of 10% compaction pressure of 5600 Psi, while for the highest hardness test 56 HB with a percentage of 10% compaction pressure of 5200 Psi. When the sintering process was carried out, the highest density test value was 2.256 g/cm³ with a percentage of 6% compaction pressure of 5200 Psi, while for the highest hardness test 47.3 HB with a percentage of 10% compaction pressure of 5600 Psi.

Keywords : Motorcycle Brake Pads, Aluminum Composite, Powder Metallurgy, Boiler Fly Ash, Silica Sand.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puja dan puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat Iman, nikmat Islam, dan segala nikmat yang penulis dapatkan sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul **"Penyelidikan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Boiler Fly Ash Dan Pasir Silika Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Untuk Kampas Rem Sepeda Motor"**. Syalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan kepada sosok tauladan, sosok yang penulis kagumi, sosok intelektual, sosok pembaharu, dan sosok dari segala sosok yaitu Nabi Muhammad SAW. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang distandarkan oleh jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung untuk mendapatkan gelar sarjana terapan dan juga merupakan syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Begitu panjang perjalanan penulis dari mulai ingin melanjutkan kuliah sampai kepada penyusunan laporan proyek akhir ini, sehingga jikalau penulis ceritakan dalam kata pengantar ini tentu tidaklah bisa menampungnya. Oleh karena itu, dengan penuh kesadaran dan kerendahan hati penulis sebagai manusia biasa, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua sosok manusia yang penulis cintai lebih-lebih penulis sayangi yaitu, Ayahanda Ibkar dan Ibunda Mukminah yang tanpa ada batas dalam menyayangi dan mendoakan untuk kebaikan hidup penulis sehingga penulis bisa berdiri gagah sampai pada titik sekarang. Semoga Allah SWT bisa membalas segala ke-Ikhlasan dan ke-Sabaran mereka dalam melahirkan dan mendidik penulis. Amiin.
2. Ke-Dua adik penulis Izim Billah dan Tera Nazilva yang selalu menjadi penyemangat di tengah kesibukan penulis mengejar gelar sarjana. Semoga kalian berdua mengikuti jejak yang sampai pada titik ini dan juga semoga kalian berdua menjadi golongan anak-anak yang terpelajar.

3. Ke-Lima kakak penulis, Nova Aulia Fauziyah, Lailatul Fitri, Nurhayatun, Umar, Ropiqoh yang senantiasa mendukung, memotivasi, memecahkan masalah penulis selama masa kuliah. Semoga kalian semua selalu dalam lindungan Allah SWT.
4. Kepada Adzanah Firyal Nabilah salah satu teman yang membantu dan mensupport dalam proses pembuatan makalah dan proyek akhir ini. Mudah-mudahan segala kesehatan dan kesuksesan selalu menyertai.
5. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Bapak Dr. Sukanto, M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan, ilmu, Pengalaman, menyediakan waktu, tenaga, dan bimbingan untuk penyediaan makalah penelitian ini.
9. Bapak M. Subhan, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dua yang telah banyak memberikan arahan, ilmu, Pengalaman dalam sistematika penulisan makalah penelitian ini.
10. Bapak Eko Yudo, S.S.T., M.T. selaku dosen wali pengganti orang tua penulis di lingkup Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, yang mana beliau selalu memberi nasehat serta mengawasi penulis selama mengikuti perkuliahan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
11. Untuk kawan-kawan yang melakukan penelitian dalam konteks yang sama, Barokah Ilham, Sudrian Alfian, M. Razeev Syahrizal yang sama-sama berjuang untuk lulus dan mendapat gelar sarjana. Kalian adalah teman-teman yang hebat semoga kalian menjadi orang-orang sukses untuk sekarang dan nanti.
12. Untuk himpunan tercinta, Himpunan Mahasiswa Islam yang menjadi kampus sekaligus rumah kedua penulis selama menjadi mahasiswa. Terlalu banyak ilmu dan pengalaman yang penulis dapatkan di himpunan ini. Semoga

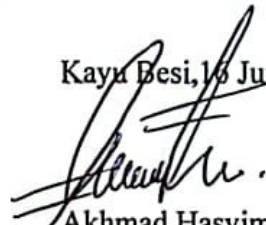
keyakinan, Usaha, akan membawa Himpunan Mahasiswa Islam sampai pada tujuannya.

13. Seluruh kawan-kawan kelas TMM B yang selalu berjuang bersama-sama untuk lulus tepat waktu. Dan semoga kenangan serta hal-hal baik yang kita pernah lakukan tak akan pernah hilang.

Dari itu penulis berharap makalah yang ada di depan pembaca bisa bermanfaat untuk khalayak banyak. Dan semoga langkah-langkah kaum intelektual, kaum akademisi, kaum cendekiawan bisa mengundang rihdo Allah SWT. Amiin.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Kayu Besi, 16 Juni 2024



Akhmad Hasyim Fikri

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
<i>ABSTRAK</i>	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I	2
PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Sebelumnya	8
2.2 Komposit	12
2.2.1 Definisi Komposit	12
2.2.2 Pengelompokan Komposit Matrik	12
2.3 Aluminium	14
2.4 Pasir Silika	16
2.5 <i>Boiler Fly-Ash</i>	18
2.6 Metalurgi Serbuk	19
2.6.1 Pembuatan Serbuk	19
2.6.2 <i>Mixing</i> (Pencampuran Serbuk)	22
2.6.3 Kompaksi	22
2.6.4 Sintering	24

2.7	Kampas Rem Sepeda Motor	25
2.8	Penyelidikan	26
2.8.1	Definisi Penyelidikan	26
2.9	Pengujian Material Kampas Rem	26
2.9.1	Uji Kekerasan	26
2.9.2	Uji Densitas	27
2.10	Metode <i>Full Factorial Desain</i>	28
BAB III		30
METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1	Kaidah Penelitian	30
3.2	Studi Literatur	31
3.3	Bahan Dan Alat Penelitian	31
3.3.1	Bahan Penelitian	31
3.3.2	Perkakas Penelitian	33
3.4	Proses Pelaksanaan Penelitian	40
3.3.4	Proses Metalurgi Serbuk	40
3.5	Proses <i>Verifikasi</i> atau <i>Validasi</i> Spesimen	42
3.6	Pengujian kekerasan	42
3.7	Pengujian Densitas	42
3.8	Pengolahan Data	43
3.9	Analisis Data	44
BAB IV		47
PEMBAHASAN		47
4.1	Hasil <i>Mixing</i> atau Pemasukan Mekanik (<i>Mechanical Alloying</i>)	47
		48
4.2	Spesimen hasil Kompaksi panas dan sebelum pengujian	49
4.3	Uji Densitas Sebelum Proses Sintering	50
4.3.1	Prosedur Uji Densitas Sebelum Sintering	50
4.3.2	Pengolahan Data dan Analisa Data Densitas Sebelum Sintering	51
4.3.3	Uji ANNOVA Nilai Densitas Sebelum Sintering	56
4.4	Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering	58
4.4.1	Prosedur Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering	58

4.4.2	Pengolahan Data dan Analisa Data Kekerasan Sebelum Sintering.	59
4.4.3	Uji ANNOVA Nilai Kekerasan Sebelum Sintering	61
4.5	Perlakuan Sintering.....	63
4.5.1	Prosedur Perlakuan Sintering	63
4.6	Uji Densitas Sehabis Proses Sintering	63
4.6.1	Prosedur Uji Densitas Sehabis Sintering	63
4.6.2	Pengolahan Data Dan Analisa Data Sehabis Sintering	64
4.6.3	Uji ANNOVA Nilai Densitas Sebelum Sintering	70
4.7	Uji Kekerasan Sehabis Proses Sintering.....	71
4.7.1	Prosedur Uji Kekerasan sehabis Sintering	71
4.7.2	Pengolahan Data Dan Analisa Data sehabis Perlakuan Sintering ...	73
4.7.3	Uji ANNOVA Nilai Kekerasan Sebelum Sintering	75
BAB V		78
PENUTUP		78
5.1	Kesimpulan.....	78
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisik Aluminum [25].	15
Tabel 2. 2 (Chemical Composition Of Silica Sand) [30]	17
Tabel 2. 3 Kandungan Kimia Boiler Fly Ash [32]	18
Tabel 2. 4 Kelompok Suhu Dan Waktu Sintering Untuk Jenis Logam [12]	24
Tabel 2. 5 Standar Kampas Rem Sepeda Motor [37].	25
Tabel 3. 1 Desain Tabel Pengolahan Data Uji Kekerasan.....	43
Tabel 3. 2 Desain Tabel Pengolahan Data Uji Densitas.	44
Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji.	44
Tabel 3. 4 Full Factorial Desain.	45
Tabel 3. 5 Uji ANNOVA.	45
Tabel 4. 1 Hasil Spesimen Di Timbang Kering (g).....	51
Tabel 4. 2 Hasil Spesimen Timbang Basah (g).....	52
Tabel 4. 3 Nilai Perhitungan Uji Densitas Sebelum Perlakuan Sintering (g/cm ³)	54
Tabel 4. 4 Data Analysis Of Variance Uji Densitas Sebelum Perlakuan Sintering	56
Tabel 4. 5 Hasil Spesimen Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering (HB)....	59
Tabel 4. 6 Data Analysis Of Variance Uji Kekerasan	61
Tabel 4. 7 Hasil Spesimen Di Timbang Kering (g).....	65
Tabel 4. 8 Hasil Spesimen Di Timbang Basah (g).....	65
Tabel 4. 9 Nilai Perhitungan Uji Densitas Selesai Perlakuan Sintering (g/cm ³)..	68
Tabel 4. 10 Data Analysis Of Variance Uji Densitas Selesai Perlakuan Sintering	70
Tabel 4. 11 Hasil Spesimen Uji Kekerasan Selesai Perlakuan Sintering (HB).....	73
Tabel 4. 12 Data Analysis Of Variance Uji Kekerasan	75
Tabel 4. 13 Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Fasa Al-Si [19][27].	16
Gambar 2. 2 Metode Pembuatan Serbuk Teknik atomisasi [33]	20
Gambar 2. 3 Metode Pembuatan Serbuk teknik Milling [12]	21
Gambar 2. 4 Dua Arah Dan Kompaksi Satu Arah [19].	23
Gambar 2. 5 Kompaksi Serbuk Logam [35].	23
Gambar 2. 6 Skema Perubahan Porositas Selama Sintering [35].	25
Gambar 2. 7 Pengujian Kekerasan [40].	27
Gambar 2. 8 Metode Pengujian Densitas [42].	27
Gambar 3. 1 Alur Kegiatan Penelitian	30
Gambar 3. 2 Material Serbuk Aluminium[19].	32
Gambar 3. 3 Pasir Silika Tailing Timah.	32
Gambar 3. 4 Boiler Fly Ash.	33
Gambar 3. 5 Ayakan Serbuk Boiler Fly Ash.	34
Gambar 3. 6 Timbang Digital.	34
Gambar 3. 7 Mixer.	35
Gambar 3. 8 Ball Mill Machine.	35
Gambar 3. 9 Cetakan Spesimen.	36
Gambar 3. 10 Mesin Hydraulic Jack.	36
Gambar 3. 11 Thermocouple [19].	37
Gambar 3. 12 Thermogun.	37
Gambar 3. 13 Hidrolik Press.	38
Gambar 3. 14 Oven.	38
Gambar 3. 15 Alat Uji Kekerasan Portabel [19].	39
Gambar 3. 16 Gelas Ukur [19].	39
Gambar 3. 17 Alat pengujian Densitas[19].	40
Gambar 4. 1 Grafik Particle Size Analyzer 94% Matrik dan 6% Penguat	48
Gambar 4. 2 Grafik Particle Size Analyzer 90% Matrik dan 10% Penguat	48
Gambar 4. 3 Grafik Particle Size Analyzer 86% Matrik dan 14% Penguat	48

Gambar 4. 4 Spesimen Penelitian.	49
Gambar 4. 5 Prosedur Menimbang Spesimen Kering.....	50
Gambar 4. 6 Prosedur Menimbang Spesimen Basah	50
Gambar 4. 7 Grafik Nilai Uji Densitas Sebelum Sintering.....	55
Gambar 4. 8 Prosedur Uji Kekerasan.....	58
Gambar 4. 9 Nilai Kekerasan Yang Terbaca	58
Gambar 4. 10 Hasil Penekanan Alat Uji Portable	59
Gambar 4. 11 Grafik Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering.....	60
Gambar 4. 12 Proses Sintering	63
Gambar 4. 13 Prosedur Menimbang Spesimen Kering.....	64
Gambar 4. 14 Prosedur Menimbang Spesimen Basah	64
Gambar 4. 15 Grafik Nilai Uji Densitas Selesai Sintering	68
Gambar 4. 16 Prosedur Uji Kekerasan.....	72
Gambar 4. 17 Nilai Kekerasan Yang Terbaca.....	72
Gambar 4. 18 Hasil Penekanan Alat Uji Portable	72
Gambar 4. 19 Grafik Uji Kekerasan Selesai Perlakuan Sintering.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup	85
Lampiran 2 Sertifikat Pengujian Serbuk Aluminium Hasil Daur Ulang	86
Lampiran 3 Nilai Uji Densitas Spesimen Sebelum Perlakuan Sintering	87
Lampiran 4 Nilai Uji Densitas Spesimen Selesai Perlakuan Sintering	100
Lampiran 5 Poster Sidang Proyek Akhir	114
Lampiran 6 From Bimbingan Proyek Akhir	115
Lampiran 7 From Monitoring Proyek Akhir	116
Lampiran 8 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer Level Persentase Matrik 94% matrik dan 6% penguat	117
Lampiran 9 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer Level Persentase Matrik 90% matrik dan 10% penguat	119
Lampiran 10 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer Level Persentase Matrik 86% matrik dan 14% penguat	121
Lampiran 11 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer serbuk aluminium	123
Lampiran 12 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer Pasir Silika	125
Lampiran 13 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer Boiler Fly Ash	127
Lampiran 14 Hasil Pengujian Paduan Pasir Silika	129
Lampiran 15 From Revisi Selesai Sidang	132
Lampiran 16 Bukti Bukan Plagiasi	135

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan teknologi dasawarsa ini sangatlah masif terutama dibidang otomotif. Semua ini ditandai dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor baik di Indonesia ataupun diseluruh dunia. Menurut Badan Pusat Statistik atau di singkat dengan (BPS) jumlah kendaraan di Indonesia sendiri pada tahun 2017 mencapai 118.922.708/unit [1]. Seiring meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, memaksa industri pembuatan suku cadang kendaraan kian meningkat pula. Salah satu suku cadang yang menjadi prioritas utama adalah “ *Break Pad* ” atau kampas rem. Kampas rem merupakan bagian penting dalam sistem kendaraan bermotor. Di mana *break pad* kendaraan bermotor berguna untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan. Saat kendaraan bergerak dengan kecepatan tinggi, kinerja *break pad* menjadi krusial dalam memastikan keselamatan pengemudi, karena itu kualitas *Break Pad* atau kampas rem sangat berpengaruh [2].

Jenis kampas rem atau *break pad* yang terbuat dari komposit *resin bonded* sangat umum digunakan kendaraan bermotor dasarwarsa ini. Komposit *resin-bonded* terbagi menjadi tiga kelas utama: *Non Asbes Arganic* (NAO), Logam Rendah (LM), dan Semi Logam (SM). Selain itu kampas rem yang berkembang di pasaran saat ini adalah type kampas rem OES (*Original Euipment Sparepart*) dan AM (*After Market*). Kampas rem type OES merupakan kampas rem yang dianjurkan oleh pabrikan kendaraan sesuai dengan standar model kendaraan. Sedangkan untuk type AM adalah kampas rem yang bebas di jual belikan dan tidak tahu ke orisinalitas produk. Kampas rem AM biasanya relatif lebih murah dibandingkan dengan type OES [3].

Perlu diketahui bahwa 60% dalam pembuatan kampas rem kendaraan bermotor umumnya banyak menggunakan material dasar dari komposisi material “*Asbestos*” sebagai serat dasar utama, dan memiliki campuran material lainnya seperti *resin*, *friction additive*, *filler*, serpihan logam, karet sintetis serta keramik

[4]. Pada penelitian di bidang medis telah menunjukkan bahwa kampas rem yang mengandung serat *asbestos* memiliki risiko bagi kesehatan manusia, termasuk meningkatkan risiko kanker paru-paru dan masalah pernapasan [5]. Beberapa negara sudah melarang penggunaan material *asbestos* kurang lebih ada 67 negara. Akan tetapi di Indonesia sendiri belum melarang penggunaan material *asbestos* [6]. Perlu diketahui sekitar 125 juta orang di dunia terpapar *asbestos*. Sekitar setengah dari kematian diakibatkan dari kanker paru-paru sejak tahun 1930-an [7]. Hal ini memaksa industri otomotif yang terkait dengan pembuatan kampas rem harus beralih menggunakan alternatif kampas rem *non-asbestos*. Pada kendaraan baru mulai September 1993. Kemudian, pada tahun 1996, EPA juga mengeluarkan kebijakan yang berlaku bagi produsen suku cadang aftermarket untuk memproduksi kampas rem *non-asbestos*. *Brake shoe non-asbestos* mulai diperkenalkan pada sekitar tahun 2000-an sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan [8]. Untuk itu antara lain yang dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan industri otomotif yang berkaitan dengan kampas rem dan yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit aluminium.

Komposit aluminium merupakan metode pengaplikasian logam aluminium sebagai pengikat atau matrik, Sedangkan untuk material-material yang lain digunakan sebagai penguat pada matrik tersebut. Material penguat yang banyak menjadi bahan penelitian diantaranya adalah oksida logam, karbida, karbon, dan serat alam [9]. Ada banyak alasan mengapa komposit aluminium menjadi material yang banyak dikembangkan saat ini, diantaranya adalah karena material aluminium sendiri merupakan material yang banyak terdapat di kerak bumi, dan menjadi unsur paling melimpah ketiga setelah oksigen dan silikon [10]. Di samping itu juga komposit aluminium memiliki sifat kerapatan rendah, non korosi, rendah dalam titik lebur, dan memiliki *elastisitas* yang sangat baik [11]. Untuk itu komposit matrik aluminium akan menjadi acuan peneliti dalam mengembangkan kampas rem *non asbestos*.

Berkenaan dengan komposit matrik aluminium, metode yang banyak digunakan dalam pengembangan kampas rem adalah metode metalurgi serbuk atau *Powder Metallurgy* (P/M). Menurut Wahyono Suprpto dalam bukunya yang berjudul “ *Teknologi Metalurgi Serbuk “ Powder Metallurgy* (P/M) merupakan proses pembuatan produk yang menggunakan serbuk sebagai bahan baku dengan cara penekanan dan pemanasan. Metode metalurgi serbuk mempunyai kelebihan diantaranya adalah dapat mengoptimalkan bahan baku dan juga singkat dalam waktu reduksinya. *Powder Metallurgy* (P/M) atau Metalurgi Serbuk memiliki proses dasar utama yaitu, *mixing* (pencampuran), *kompaksi* (pemberian gaya tekan), *sintering* (proses perlakuan panas). Dari itu serta sebagian manfaat pembuatan komposit dengan pendekatan metode metalurgi serbuk diantaranya yaitu produk langsung dapat digunakan, lebih hemat biaya, energi yang digunakan relatif rendah dan 95 % bahan baku menjadi produk jadi [12].

Dengan pembahasan yang peneliti sampaikan di atas mengenai komposit aluminium dalam mengembangkan kampas rem *non asbestos*, material penguat pada matrik aluminium yang menjadi alternatif yang ekonomis dan inovatif adalah *Boiler Fly Ash* (BFA). *Boiler Fly Ash* (BFA) merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran boiler produksi steam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pabrik pengolahan minyak kelapa sawit. Pembakaran boiler produksi steam biasanya terdiri dari kombinasi cangkang kelapa sawit, fiber tandan kosong buah kelapa sawit, dan carnel buah kelapa sawit [13]. *Boiler Fly Ash* memiliki kriteria sebagai bahan yang memiliki sifat *pozzolan*, memiliki sifat-sifat fisik yang baik, seperti memiliki porositas rendah dan partikelnya halus. Bentuk partikel *Boiler Fly Ash* adalah bulat dengan permukaan halus, dimana hal ini sangat baik untuk *workabilitas* [14]. Data menyebut bahwa di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung memiliki luas perkebunan kelapa sawit pada tahun 2018 mencapai 224, 5 ribu hektar, tahun 2019 mencapai 225, 2 ribu hektar, tahun 2020 mencapai 239, 8 ribu hektar sedangkan untuk tahun 2021 mencapai 238, 60 ribu hektar [15]. Untuk itu menyebabkan limbah dari pembakaran boiler produksi steam meningkat signifikan.

Selain limbah *Boiler Fly Ash* yang dihasilkan dari pembakaran boiler produksi pabrik pengolahan minyak kelapa sawit. Pasir Silika yang dirumuskan dengan molekul SiO_2 (*Silikon Dioxide*) juga dapat menjadi alternatif pengembangan material penguat kampas rem *non asbestos* dengan metode metalurgi serbuk. Silika atau silikon dioksida adalah senyawa kimia yang terbentuk dari atom silikon dan oksigen. Silika murni memiliki dua bentuk yaitu kuarsa dan *kristobalit* [16]. Silika merupakan limbah yang dihasilkan dari proses penambangan bijih timah sekitar 80-90 %. Sedangkan sisa selain itu adalah lumpur yang tidak bisa digunakan dan terbuang [9]. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan pulau penghasil timah terbesar di Indonesia, dari luas Pulau Bangka 1.294.050 ha, sebesar 27,56 % daratan pulau ini merupakan areal Kuasa Penambangan (KP) timah. Menurut data kawasan eksploitasi penambangan timah mencakup luas zona kurang lebih 124. 838 Ha, sedangkan 64. 255 Ha adalah bagian dari kawasan bekas tambang timah yang melimpah kandungan pasir silika [17].

Sesuai dengan uraian dan paparan yang peneliti sampaikan atas, maka peneliti ingin melakukan penyelidikan terhadap komposit matrik aluminium diperkuat *Boiler Fly Ash* dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor.

1.2 Rumusan Masalah

Bersumber pada latar belakang yang peneliti uraikan diatas, maka dapat peneliti rumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh persentase penguat mengenai kadar kekerasan dan densitas komposit matriks aluminium diperkuat *Boiler Fly Ash* dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor ?
2. Bagaimana pengaruh tekanan kompaksi panas mengenai kadar kekerasan dan densitas komposit matriks aluminium diperkuat *Boiler Fly Ash* dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor ?

1.3 Tujuan penelitian

Misi dari penelitian ini dapat peneliti rumuskan sebagai berikut :

1. Untuk menyelidiki pengaruh persentase penguat mengenai kadar kekerasan dan densitas komposit matriks aluminium diperkuat *Boiler Fly Ash* dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor.
2. Untuk menyelidiki pengaruh tekanan kompaksi panas mengenai kadar kekerasan dan densitas komposit matriks aluminium diperkuat *Boiler Fly Ash* dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor.

1.4 Batasan Masalah

Supaya misi yang telah dikonsepkan peneliti dari penelitian ini tidak menyalahi dari fokus penelitian dan dapat mendapatkan data atau informasi lebih mudah, lebih-lebih akurat maka peneliti menetapkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penggunaan serbuk aluminium untuk penelitian ini adalah serbuk aluminium hasil daur ulang, dimana kadar aluminium murninya sebesar 83 % sampai 84 %.
2. Pasir silika yang digunakan adalah pasir silika tailing timah.
3. *Boiler Fly Ash* yang diambil pada perusahaan PT. THEP (Tata Hamparan Eka Persada) di kawasan Desa Puding Besar, Kec. Puding Besar, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka Belitung, tepatnya pada area sekitar cerobong asap boiler produksi steam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).
4. Waktu pemaduan mekanik atau *mixing* menggunakan mesin *ball mill* selama 6 jam.
5. Variasi tekanan kompaksi panas meliputi 5200, 5600, 6000 Psi bersama temperatur suhu 300 °C dan waktu tunggu kurang lebih 10 menit.
6. Persentase penguat pada penelitian ini adalah 6 %, 10 %, dan 14 %.
7. Suhu sintering yaitu 600 °C dengan waktu 600 detik/10 menit.
8. Penelitian ini menggunakan Pengujian sebagai berikut :

- ❖ Uji Kekerasan.
- ❖ Uji Densitas.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Berkenaan dengan latar belakang yang peneliti uraikan pada BAB I pendahuluan untuk memperkuat landasan penelitian yang akan dilakukan, diperlukan acuan dari berbagai sumber yang relevan pada penelitian sebelumnya dengan konsep, bahan dan metodologi yang sama. Pada penelitian ini peneliti berfokus kepada pengaruh variasi persentase penguat komposit dan variasi tekanan kompaksi panas terhadap uji kekerasan dan uji densitas komposit matrik aluminium diperkuat pasir silika dan *Boiler Fly Ash* menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Berto P. Simanjorang (2017) [14], dengan judul penelitian “ Pembuatan Dan Analisa Sifat Mekanik Komposit Dengan Penguat Abu (*Fly Ash*) Cangkang Sawit Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor ” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan, kelenturan dan juga keausan dengan penambahan elemen penguat (*Fly Ash*) cangkang sawit untuk bahan kampas rem sepeda motor dengan menggunakan metode *hand lay out*, dengan cara diaduk dan di tuang ke dalam cetakan supaya menjadi bentuk spesimen sesuai dengan pengujiannya. Penelitian ini memvariasikan antara abu terbang (*Fly Ash*) cangkang sawit dengan resin yaitu antara, 70%, 60%, 50%, 40% dan 30% abu terbang (*Fly Ash*) cangkang sawit dengan 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% resin dan ditambahkan katalis secukupnya. Penelitian ini menggunakan matrik *polyester resin* tak jenuh dan katalis MEKPO. Hasil dari pengujian kekerasan menggunakan Metode pengujian *vickers*, kekerasan spesimen dengan komposisi 40% resin, 60% abu terbang (*Fly Ash*) memiliki tingkat kekerasan yang tertinggi dengan nilai 138 HV, sedangkan hasil dari pengujian kelenturan menggunakan Metode *three point bending* spesimen dengan komposisi 50% resin, 50% abu terbang (*Fly ash*) tegangan yang terbaik yaitu 65,37 N/mm², kemudian untuk hasil dari pengujian *pin on disk* Laju keausan

terbaik specimen dengan komposisi 40% resin, 60% abu terbang (*Fly ash*) yaitu $0,89 \times 10^{-5}$ gram/mm. detik.

Berdasarkan penelitian Subarmono (2011) [18], dengan judul penelitiannya “ Pemanfaatan Abu Terbang Sebagai Penguat Aluminium Metal Matrix Composite Dibuat Dengan Cara Metalurgi Serbuk ” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai bending, kekerasan, keausan, dan porositas komposit matrik aluminium dengan abu terbang yang dihasilkan oleh batubara dibakar untuk pembangkit listrik tenaga uap sebagai penguat. Penelitian ini menggunakan persentase volume penguat diantaranya yaitu, 2,5 %, 5 %, 7,5 %, 10 % kemudian dipadukan dengan serbuk aluminium. Pada Penelitian yang diatas penggunaan metodenya adalah metalurgi serbuk dengan penekanan kompaksi secara aksial dengan nilai 100 MPa, kemudian perlakuan metode sintering tanpa tekanan pada lingkungan gas argon dengan variasi temperatur 500°C, 525°C, 550°C, 575°C, 600°C. Penelitian ini menggunakan pengujian kekuatan bending dengan metode *four point bending*, uji kekerasan menggunakan metode *vickers*, uji laju keausan menggunakan metode *pin on disk*, dan uji porositas menggunakan metode *Archimedes* serta struktur mikro diamati menggunakan SEM. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan bending dan kekerasan meningkat seiring dengan bertambahnya abu terbang pada *Aluminium Matrix Composite* (AMC) pada angka persentase 7,5%, sedangkan berbanding terbalik dengan laju keausan dan porositas dengan bertambahnya abu terbang lebih dari 7,5% nilai laju keausan dan porositas meningkat. Hasil kekuatan bending, porositas, laju keausan dan kekerasan terbaik yaitu pada ACM 7,5% berat abu terbang berturut-turut sebesar 5,4%, 68.5 MPa, 0,0571 mg/(MPa.m) dan 62,6 VHN.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Asep (2023) [19], dengan penelitian “ Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Timah Dengan Metode Metalurgi Serbuk “ pada penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui pengaruh penekanan kompaksi panas dan temperatur suhu sintering terhadap nilai densitas dan kekerasan komposit matrik aluminium hasil daur ulang diperkuat pasir silika tailing timah dengan metalurgi serbuk. Penelitian ini

menggunakan metode metalurgi serbuk dengan proses pengadukan mekanik memakai *ball mill machine* dan digunakan perbandingan serbuk dengan *Ball Powder Weight Ratio* (BPR) 10:1, untuk kecepatan putar mesin 90 *Revolusi Per Menit* (RPM) dengan lama 4 jam atau 240 menit, kemudian penelitian ini memvariasikan tekanan kompaksi panas yaitu, 4400, 4500, 4600 Psi dengan suhu 500°C kemudian dengan waktu tahan 15 menit. Penelitian ini juga menggunakan variasi suhu sintering 510°C, 560°C, dan 610°C dengan waktu tahan sintering selama 600 detik/10 menit, Pada uji densitas yang di pakai mengacu pada pendekatan *Archimedes Teori* dengan standar digunakan adalah ASTM B962-17, untuk uji kekerasan digunakan metode *brinell portable* dengan pendekatan pada ASTM E110-14. Untuk Hasil penelitian yang didapatkan, pengujian densitas dan pengujian kekerasan memengaruhi peningkatan nilai seiring meningkatnya tekanan atau penekanan kompaksi panas dengan kadar densitas paling tinggi mencapai 2,162 g/cm³ untuk spesimen yang menggunakan penekanan kompaksi panas sebesar 4.600 PSi dan kadar kekerasan tertinggi yaitu 53,1 HB. Sedangkan pada saat dilakukan proses sintering kadar densitas dan kadar kekerasan juga cenderung meningkat seiring meningkatnya suhu temperatur sintering dengan kadar densitas tertinggi 2,368 g/cm³ untuk spesimen dengan menggunakan penekanan kompaksi panas 4600 PSi dengan suhu temperatur sintering 610 °C serta kadar kekerasan tertinggi 71,8 HB.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Satria Yuda Manggala (2021) [20], dengan judul penelitian “ Pengembangan Kampas Rem Dari Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Serbuk Aluminium Dengan Pengikat Resin Polyester ” tujuan penelitian ini adalah pemanfaatan serat tandan kosong kelapa sawit dan serbuk aluminium dengan pengikat *resin polyester* sebagai alternatif material kampas rem, dan penelitian juga bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik kekerasan dan keausan dari komposit kampas rem. Penelitian ini menggunakan persentase campuran yaitu, 30% serat tandan kosong, 20% serbuk aluminium, dan 50% Pengikat *resin polyester*, 50% serat tandan kosong, 10% serbuk aluminium, dan 40% Pengikat *resin polyester*, 45% serat tandan kosong, 25 serbuk aluminium, dan 30% Pengikat *resin polyester*. Penelitian ini menggunakan pengujian keausan

dengan standar ASTM G 99-04 dengan menggunakan mesin *ogoshi universal wear testing machine (Type Oat-U)*, sedangkan untuk pengujian kekerasan penelitian ini menggunakan dengan standar ASTM E 10-01 dengan menggunakan menggunakan metode *brinell*. Berdasarkan hasil penelitian, Kekerasan yang paling tinggi dari ketiga sampel yaitu pada sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS : 20% Al : 50% *polyester* dengan nilai 31,5 kg/mm², jika dibandingkan dengan standar SAE dengan nilai 68 HR yang dikonversikan ke brinell menjadi 33 BHN. Sedangkan untuk pengujian keausan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap campuran yang paling rendah dari ketiga sampel yaitu pada sampel 1 dengan komposisi 30% TKKS : 20% Al : 50% *polyester* dengan nilai 0,5434x10⁻⁷ mm²/kg. Dari ketiga sampel hanya sampel 1 yang mendekati nilai standar SAE yaitu dengan nilai kekerasan 33 BHN dan keausannya 5 x 10⁻⁴ mm²/kg.

Berdasarkan penelitian Sukanto (2022) [21] dengan judul penelitian “Karakterisasi Komposit Matriks Aluminium Paduan Al-ZnSiFeCuMg yang Diperkuat Dengan Partikel Pasir Silika Tailing ” pada penelitian ini memiliki misi atau tujuan ingin mengetahui pengaruh perbedaan ukur butiran dan persentase berat bahan penguat matriks pada serbuk campuran aluminium hasil daur ulang Al-ZnSiFeCuMg. Penelitian ini menggunakan ukur butiran yaitu 31 µm dan 164 µm dengan variable penguat 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dengan massa jenis serbuk yang telah dicampur dengan jumlah 25 gram. Penelitian ini menggunakan metode “*Powder Metallurgy*” atau metalurgi serbuk. Proses penekanan kompaksi panas menggunakan temperatur suhu 300°C dengan penekanan 100 MPa dengan waktu 10 menit menggunakan *hydraulic jack* dua arah yang terdiri dari penekan atas dan penekan bawah, kemudian dilakukan perlakuan sintering dengan temperatur suhu 550°C, dengan waktu tunggu 15 menit. Hasil uji densitas, kekerasan dan keausan, serta analisis struktur mikro. Tingkat nilai kekerasan berlaku untuk spesimen AMCs-164 µm dengan paduan 20%, SiO₂ sejumlah 67%, dari nilai kekerasan pertama 46,67 HRB, kemudian mendapatkan nilai kekerasan 78 HRB dengan nilai keausan 0,00041 g/m. Sementara itu untuk

spesimen AMCs-31 μm hanya sejumlah 63% dari nilai kekerasan pertama 46,67 HRB, kemudian mendapatkan 76 HRB dengan nilai keausan 0,00113 g/m.

2.2 Komposit

2.2.1 Definisi Komposit

Komposit adalah suatu material yang tersusun atas campuran antara dua atau lebih material yang berbeda dengan masing-masing sifat kimia dan fisiknya [22]. Sifat asli material komposit terdiri atas beberapa material penyusunnya yaitu terdiri dari matriks (Pengikat) dan penguat (*Reinforcement*) atau pengisi (*Filler*) dimana biasanya kedua materialnya mempunyai sifat yang berbeda. Kemudian hasil dari kombinasi antara matriks dan penguat mendapatkan material yang sifat mekanik dan kimianya cenderung berbeda dengan material aslinya.

Adapun diantara kelebihan dari material komposit diantaranya adalah.

- a. Mempunyai kekuatan dan kekakuan yang relatif tinggi.
- b. Memiliki bobot yang lebih ringan.
- c. Memiliki ketahanan terhadap korosi.
- d. Komposisi biaya produksi material komposit sangat murah.

2.2.2 Pengelompokan Komposit Matrik

Berdasarkan pengikat atau matriksnya komposit material terbagi menjadi tiga, yaitu:

2.2.2.1 *Metal Matriks Composite (MMC atau MMC's)*

Metal matriks composite merupakan aplikasi dari logam sebagai matriks atau pengikat dari material komposit. Jenis matriks logam atau MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. MMC dasawarsa ini banyak dikembangkan adalah penggunaan logam Aluminium (Al) sebagai pengikatnya. Kelebihan *Metal Matriks Composite* (MMC) adalah transmisi gaya tegangan dan gaya regangan yang baik, cenderung kuat pada temperatur tinggi, tidak menyerap kelembaban, tidak akan mudah terbakar, dan kekuatan tekan dan geser yang baik.

2.2.2.2 Ceramic Matriks Composite (CMC atau CMC's)

Ceramic Matriks Composite atau disingkat dengan CMC merupakan pengaplikasian dari material keramik sebagai matriks atau pengikat dari material komposit. Material pengisi yang umum digunakan pada *Ceramic Matriks Composite* adalah oksida, carbida, nitrida. CMC pada umumnya Digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi. Keuntungan dari *Ceramic Matriks Composite* adalah tentunya kuat pada temperatur suhu tinggi dan kekuatan serta ketangguhan tinggi, tidak mudah korosi, dimensinya stabil, sangat tangguh, mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, dan unsur kimianya stabil pada temperatur tinggi.

2.2.2.3 Polymer Matriks Composite (PMC atau PMC's)

Polymer Matriks Composite atau yang disingkat dengan PMC adalah pemanfaatan polimer sebagai matriks dari pada material komposit, matriks jenis ini paling umum digunakan selain lebih ringan dan juga tahan terhadap korosi. Matriks polimer terbagi menjadi 2 yaitu, *termoset* dan *termoplastik*. *Termoset* adalah jenis matriks yang tidak dapat di daur ulang kembali, sedangkan untuk jenis matriks *termoplastik* adalah jenis matriks yang bisa di daur ulang kembali. Material komposit *Polymer Matriks Composite* mempunyai kelebihan antara lain biaya pembuatan lebih rendah, dapat di produksi massal, ketangguhan baik, tahan simpan, siklus pengolahan fabrikasi singkat, berkemampuan mengikuti bentuk, lebih ringan, *specific stiffness* dan *strength* tinggi, dan bersifat *anisotropik*.

Sedangkan untuk jenis penguat (*Reinforcement*)/pengisi (*Filler*) pada material komposit dapat dikelompokkan menjadi tiga diantaranya sebagai berikut.

2.2.2.4 Jenis Penguat Partikel

Penguat jenis ini adalah penguat komposit yang memiliki ukuran butir partikel $> 1 \mu\text{m}$. Penguat partikel dapat dicampurkan dengan matriks 20 - 40 % fraksi volume. Sedangkan untuk partikel yang umum digunakan dalam penelitian atau industri saat ini diantaranya adalah SiC, B₄C, TiC,

TiB, TiB₂, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃. Kelebihan material komposit dengan jenis penguat partikel yaitu, kekuatan lebih seragam dari semua arah, cenderung kuat dan keras.

2.2.2.5 Jenis Komposit Penguat Serat/Fiber

Penguat jenis ini merupakan penguat komposit berupa serat atau biasa disebut dengan fiber, dan pada umumnya dengan ukuran 0,001 inchi. Rata-rata fraksi volume 70% dari material komposit. Penguat serat dibedakan menjadi tiga, serat panjang beserta searah (*Continuous And Aligned Fiber*), serat pendek beserta searah (*Discontinuous And Aligned Fiber*), dan serat pendek beserta random/bebas (*Discontinuous And Randomly Oriented Fiber*). Sedangkan untuk jenis serat/fiber terbagi menjadi dua yaitu, penguat fiber natural (alami) dan penguat fiber buatan (sintetis).

2.2.2.6 Jenis Komposit Penguat Komposit Berlapis (*Structural Composite*)

Penguat jenis ini merupakan penguat komposit berupa lapisan yang sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Penguat jenis ini dikelompokkan menjadi dua jenis, komposit lembaran (*Laminar Composites*), dan *sandwich panels*. Komposit lembaran adalah komposit lembaran dua dimensi atau panel yang memiliki arah kekuatan yang sangat tinggi. Komposit penguat jenis ini banyak diaplikasikan kayu yang dibuat untuk *plywood*. Sedangkan *sandwich panels* adalah dua lembaran dengan lembaran luar yang kuat biasa disebut lembaran muka (*Faces*). Pengisi komposit jenis ini banyak digunakan untuk pembuatan atap, dinding dan sayap pesawat [23].

2.3 Aluminium

Aluminium atau logam yang disingkat dengan Al dalam tabel periodik kimia ini merupakan logam yang berasal dari bijih bauksit yang berada di dalam kerak bumi dan kemudian dipisahkan dari kotoran seperti *kaolin*, *nepheline*, *alumite* dan *cyanite*. Logam aluminium mempunyai struktur kristal FCC, di mana logam yang

tahan terhadap korosi pada media yang berubah-ubah dan mempunyai *daktilitas* yang tinggi [24].

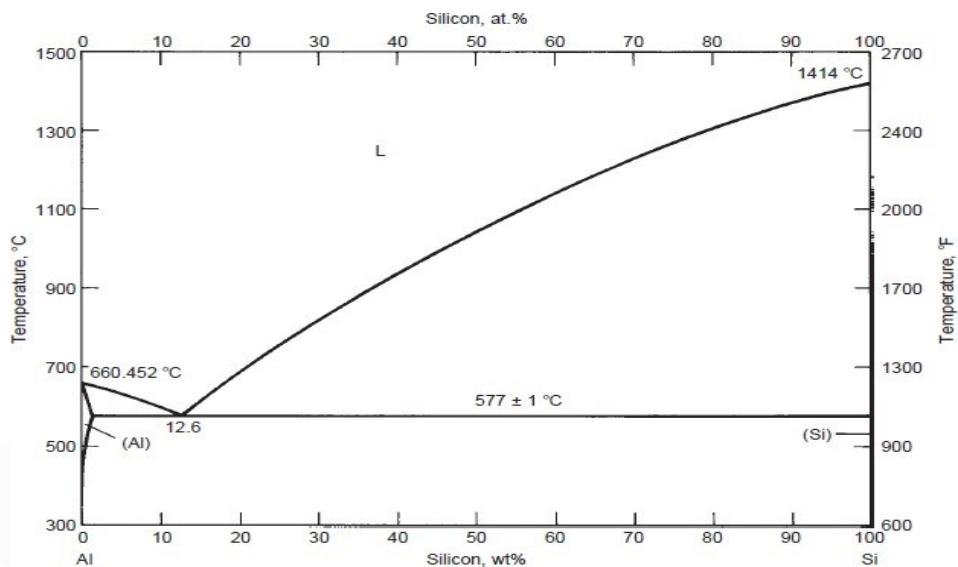
Untuk itu pada Tabel 2.1 di bawah ini merupakan sifat-sifat fisik dari logam aluminium.

Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisik Aluminium [25].

Nama, Simbol, dan Nomor	Aluminium, Al, 13
Sifat Fisik	
Wujud	Padat
Massa Jenis	2,70 gram/cm ³
Massa Jenis Pada Wujud Cair	22, 375 gram/cm ³
Titik Lebur	933,47 K, 660,32 °C, 1220,58°F
Titik Didih	2792 K, 2519 °C, 4566 °F
Kalor Jenis (20 °C)	24,2 J/ mol K
Resistansi Listrik (20 °C)	28.2 nΩm
Konduktivitas Termal (300 K)	2,37 W/m K
Pemuaian Termal (25 °C)	23.1 μm/m K
Modulus Young	70 Gpa
Modulus Geser	26 Gpa
Poisson Ratio	0,35
Kekerasan Skala Mohs	2,75
Kekerasan Skala Vickers	167 mpa
Kekerasan Skala Brinell	245 mpa

Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan serbuk aluminium hasil daur ulang dengan kadar aluminium murninya sebesar 83 % sampai 84 %. Serbuk aluminium hasil daur ulang adalah serbuk aluminium yang tidak menggunakan bahan biji bauksit, melainkan menggunakan aluminium bekas sebagai sumber serbuknya. Pada daur ulang aluminium hanya membutuhkan energi sebesar 5% dari energi yang digunakan pada pengolahan aluminium murni [26]. Pada

penggunaan serbuk aluminium hasil daur ulang di samping bisa menghemat energi, hal ini juga bisa meminimalisir sampah atau limbah aluminium yang tidak terpakai di dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 2. 1 Diagram Fasa Al-Si [19][27].

Diagram fasa di atas merupakan diagram fasa *aluminium silicon alloys* yang mempunyai titik eutektik kurang lebih 577 °C dengan paduan Si 11,7%, larutan padat terjadi pada sisi Al. Karena batas kelarutan padat sangat kecil maka penguatan penguatan sukar diharapkan [28]. Pada umumnya aluminium paduan jenis ini digunakan untuk bahan membuat piston atau torak kendaraan bermotor. Aluminium jenis ini lah yang menjadi serbuk aluminium pada penelitian ini dengan kadar kemurniannya sebesar 83 % sampai 84 %.

2.4 Pasir Silika

Pasir silika merupakan sumber mineral yang ada diatas dan dibawah permukaan bumi yang terdiri dari kristal-kristal silika atau dikenal dengan (SiO_2) dan yang mengandung senyawa ikutan yang terbawa selama pengendapan [29]. Sumber silika dihasilkan dari proses *alterasi* bebatuan yang memiliki unsur kuarsa serta *feldspar*, kemudian proses *alterasi* ini akan terbawa oleh air dan juga angin kemudian mengendap di tepi sungai. Kuarsa merupakan kristal silika yang menjadi

urutan kedua mineral yang paling banyak ditemui pada permukaan bumi, ini dapat ditemukan di hampir setiap jenis batuan; batuan beku, *metamorf*, dan *sedimen* [30].

Untuk itu Tabel 2.2 di bawah ini merupakan penunjukan sifat-sifat fisik dan kimia dari mineral pasir silika.

Tabel 2. 2 Sifat-Sifat Fisik Mineral Silika [30].

Sifat fisik	Deskripsi
Warna	Putih bening atau lain tergantung pada senyawa pengotornya, misal kuning mengandung Fe-Oksida, merah mengandung Cu-Oksida.
Kekerasan	7 (Skala Mohs)
Berat Jenis	2,65
Titik Lebur	1715 °C
Bentuk Kristal	Hexagonal
Panas spesifik	0.185
Konduktivitas Panas	12-100 °C

Tabel 2. 2 (*Chemical Composition Of Silica Sand*) [30] .

Kandungan	Persentase (%)
SiO ₂	55.30-99.87
Fe ₂ O ₃	0.01-9.14
Al ₂ O ₃	0.01-18.00
TiO ₂	0.01-0.49
CaO	0.01-3.24
MgO	0.01-0.26
K ₂ O	0.01-17.00

2.5 *Boiler Fly-Ash*

Boiler Fly Ash merupakan limbah yang dihasilkan dari industri pengolahan kelapa sawit dan pembakaran batubara[31] [32]. Dimana *Boiler Fly Ash* umumnya dapat kita temui pada area cerobong asap pembakaran boiler produksi steam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pabrik pengolahan minyak kelapa sawit dan pembakaran batubara. Pada pabrik pengolahan minyak kelapa sawit bahan bakar yang digunakan untuk produksi steam pembangkit listrik tenaga uap pada pengolahan kelapa sawit biasanya terdiri dari tandan kosong, cangkang kelapa sawit dan, ijuk kelapa sawit [32]. Hasil dari pembakaran ini menghasilkan *Boiler Fly Ash* yang terdiri dari dua jenis abu boiler yaitu, “ *Bottom Ash* ” (Abu Dasar) dan “ *Fly Ash* ” (Abu Terbang) [31]. *Boiler Fly Ash* industri pengolahan minyak kelapa sawit paling banyak mengandung silika atau (SiO_2) sebesar 92,288%. Untuk menghasilkan *bottom ash* dan *fly ash* temperature yang ada di dalam boiler mencapai 1000 °C sampai dengan 2000 °C. Menurut penelitian yang dilakukan sebelumnya bahwa *Boiler Fly Ash* kaya akan sumber silika dan aluminat yang *reaktif* [32].

Tabel 2. 3 Kandungan Kimia *Boiler Fly Ash* [32] .

No	Senyawa Kimia	Persentase (%) Berat
1	SiO_2	64,36
2	Al_2O_3	4,36
3	Fe_2O_3	3,51
4	CaO	7,92
5	MgO	4,58
6	K_2O	5,57
7	P_2O_5	3,64
8	TiO_2	0,87
9	SO_3	0,04
10	H_2O	0,59

2.6 Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk atau lebih dikenal dengan “ *Powder Metallurgy* ” adalah suatu bidang keilmuan yang membahas metalurgi fisik dan teknologi manufaktur untuk kebutuhan pembuatan material yang mana tidak bisa dihasilkan oleh teknologi manufaktur konvensional yang terdiri dari metode *Casting*, *Forging*, dan *Cutting*. Sesuai dengan namanya metalurgi serbuk merupakan metode pembuatan produk menggunakan serbuk sebagai bahan baku utamanya kemudian dilakukan dengan cara penekanan dan pemanasan [12]. Keunggulan dari metode metalurgi serbuk adalah produksi yang mendekati bentuk asli (*Near Net Shape*), Sintesis dua atau lebih jenis material berbeda dapat dilakukan, meminimalisir material yang terbuang, Sesuai untuk penerapan produksi massal, dapat diterapkan untuk pembuatan komponen yang berukuran kecil. Selain keunggulan dari metode metalurgi serbuk terdapat juga kekurangan diantaranya adalah biaya peralatan dan serbuk relatif mahal, bentuk yang kompleks akan lebih sulit diproduksi, serbuk mudah teroksidasi dan kontaminasi, keterbatasan dalam memproduksi part/komponen yang relatif besar [33].

Berikut ini adalah langkah-langkah dasar dalam metode metalurgi serbuk atau *Powder Metallurgy*.

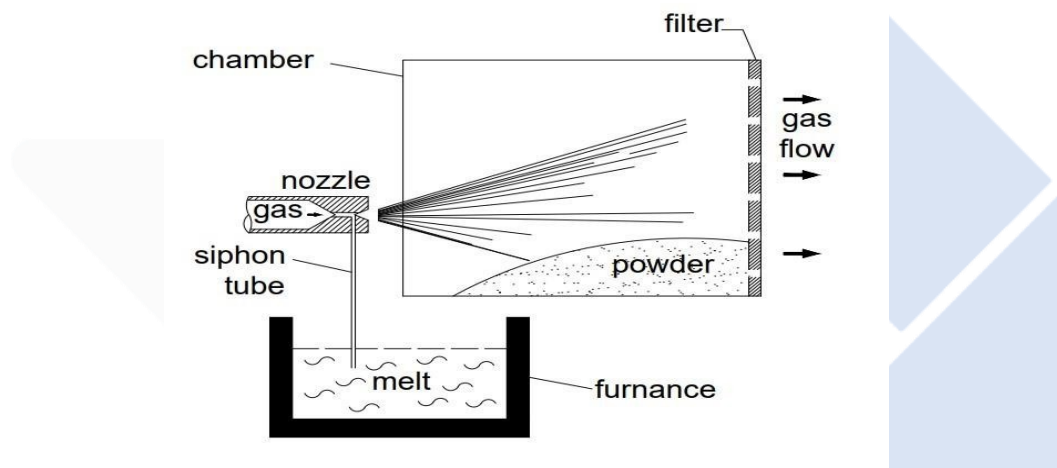
2.6.1 Pembuatan Serbuk

Sesuai dengan namanya metalurgi serbuk adalah metode pembuatan produk menggunakan serbuk sebagai bahan baku utamanya, untuk itu dalam tahap awal dari metode metalurgi serbuk adalah pembuatan serbuk. Kualitas serbuk yang sangat menentukan *performance* dalam menghasilkan suatu produk yang baik. Dalam proses pembuatan serbuk harus terhindar dari kontaminasi, ukuran partikel yang harus sesuai, dan juga kemurnian dari serbuk.

Untuk itu di bawah ini merupakan teknik yang umum digunakan dalam memproduksi serbuk logam.

2.6.1.1 Teknik atomisasi

Teknik atomisasi adalah teknik produksi serbuk yang umum digunakan kriteria logam seperti nickel, titanium, tin, Cr, Al, Fe-C. Teknik ini menghasilkan ukuran serbuk berkisar 20-300 μm dengan temperatur yang sangat tinggi yaitu 2000°C. Dalam teknik atomisasi dapat menghasilkan serbuk yang homogen serta partikel yang bentuknya adalah *spherical*. Peralatan yang biasa digunakan dalam teknik ini biasanya terdiri dari *furnace*, *nozzle*, *chamber*, dan *collector*.

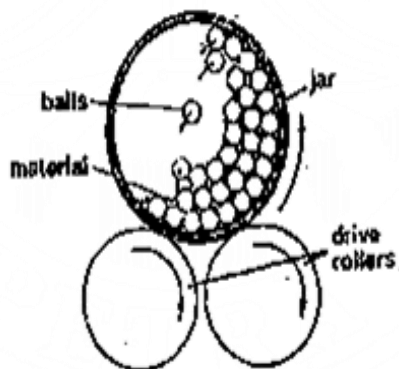


Gambar 2. 2 Metode Pembuatan Serbuk Teknik atomisasi [33] .

2.6.1.2 Teknik *Milling*

Teknik “*Milling*” atau metode pembuatan serbuk dengan cara digiling biasanya diaplikasikan pada penggilingan berbagai jenis logam yang keras. Prinsip dasar dari metode pembuatan serbuk jenis ini adalah dengan cara mekanis menggunakan bola-bola keras. Penggilingan dengan konsep tabung yang berotasi dengan bola-bola baja di dalamnya dan kemudian menghasilkan serbuk.

Di bawah ini merupakan ilustrasi dasar dari teknik *milling*.



Gambar 2. 3 Metode Pembuatan Serbuk teknik *Milling* [12] .

2.6.1.3 Metode *Elektrolitik* Dan Kimia

Metode “*Elektrolitik*” Dan Kimia merupakan metode yang mengaplikasikan elektroda plat baja sebagai anoda dan plat baja anti karat berfungsi sebagai katoda kemudian diletakkan pada wadah yang di dalamnya berisi cairan *elektrolit*. Metode ini pada umumnya dipergunakan pada pembuatan serbuk dari material seperti tembaga, *berilium*, besi, dan nikel. Metode ini banyak digunakan pada produksi serbuk logam yang relatif kemurniannya tinggi.

2.6.1.4 Teknik pemaduan mekanik (*Mechanical Alloying*)

Mechanical alloying adalah teknik yang digunakan dalam pembuatan serbuk logam dengan penggilingan energi tinggi, yang menyertakan pengulangan pada proses penggambungan, penghancuran, dan penggumpalan butiran serbuk pada *High Energy Ball Mill* (HEM). Metode atau teknik ini umumnya dipergunakan untuk menggumpalkan larutan padat, *nano partikel*, paduan amorf dan intermetalik.

2.6.1.5 Metode *Spray Drying Granulation*

Spray drying granulation adalah proses produksi serbuk logam dengan teknik *spray drying* dan *granulation*. Teknik ini merupakan dua proses yang tidak sama. Pertama adalah *granulasi*, yang mana proses *aglomerasi* partikel halus menjadi gugus yang lebih besar guna bisa meningkatkan kualitas serbuk. Sedangkan metode *spray drying* adalah proses produksi

serbuk menggunakan *slurry* atau larutan yang diatomisasi menjadi tetesan chamber melalui gas yang panas. Metode ini mempunyai keuntungan seperti pengaplikasian yang membutuhkan *aglomerasi* untuk proses sintering dan *pressing*.

2.6.1.6 Metode *Rotation Electrode Process*

Teknik pembuatan serbuk jenis ini merupakan pemanfaatan batang logam yang dilelehkan dengan cara di putar pada sumbu *longitudinal*. Kemudian lelehan logam dikeluarkan dengan cara *sentrifugal* dan kemudian membentuk tetesan yang mengeras menjadi partikel yang berbentuk bulat (*Spherical*). Pada umumnya teknik melelehkan elektroda menggunakan busur listrik atau plasma yang bisa disebut dengan REP [12].

2.6.2 *Mixing* (Pencampuran Serbuk)

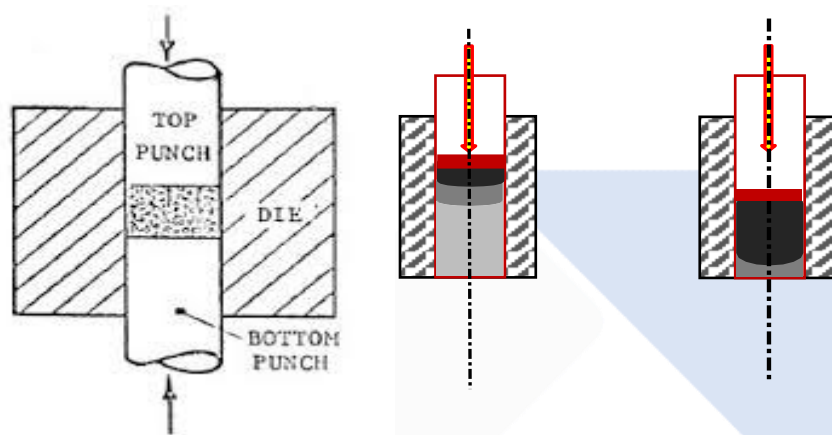
Mixing atau Penggabungan butiran serbuk adalah mekanisme yang melangsungkan penggabungan material serbuk logam yang lebih dari satu material serbuk, agar menghasilkan sifat fisik atau mekanik yang maksimal dan untuk mendapatkan paduan yang homogen [34]. Untuk proses penggabungan serbuk bisa dikelompokkan menjadi teknik penggabungan basah dan teknik penggabungan kering. *Kehomogenitasan* penggabungan serbuk memiliki beberapa faktor yang memengaruhinya seperti ragam serbuk, barometer partikel serbuk, kecepatan penggabungan, panjang waktu penggabungan, media penggabungan, serta temperatur suhu. Penggabungan serbuk yang “*Homogen*” akan memengaruhi tahapan kompaksi atau proses penekanan kompaksi panas. Semakin *homogen* tingkat pencampuran serbuk, maka ikatan antara partikel serbuk akan semakin baik dan merata [19].

2.6.3 Kompaksi

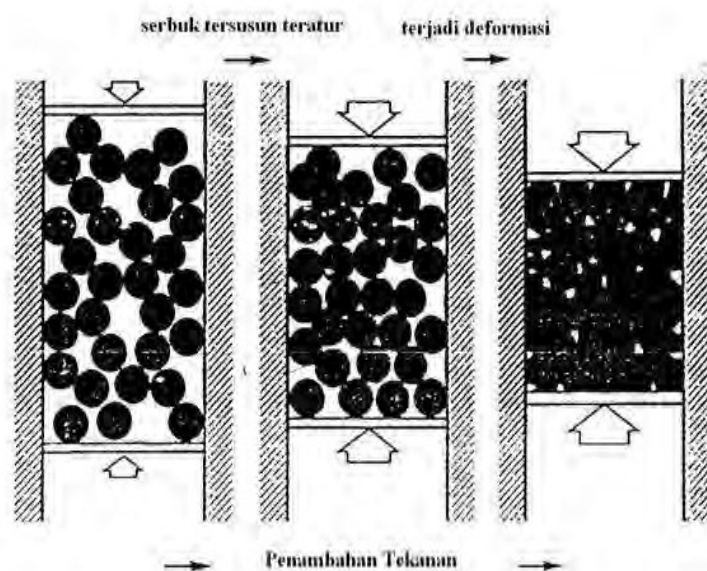
Teknik memampatkan serbuk supaya membentuk suatu produk yang dikehendaki agar sesuai dengan bentuk cetakan yang dipakai adalah definisi dari “*Kompaksi*”. Proses kompaksi merupakan langkah dasar dalam metalurgi serbuk, hal ini akan memengaruhi kualitas produk yang dihasilkan selain proses sintering guna meningkatkan ikatan antara partikel-partikel serbuk. Proses kompaksi

umumnya menggunakan penekanan satu arah dan dua arah. Penekanan satu arah biasanya bergerak dari atas ke bawah atau sebaliknya dari bawah ke atas. Sedangkan penekanan dua arah adalah penekan atas dan penekan bawah saling menekan secara bersamaan dalam arah yang berlawanan [34].

Berikut pada gambar 2.4 adalah gambar kompaksi satu arah dan dua arah



Gambar 2. 4 Dua Arah Dan Kompaksi Satu Arah [19].



Gambar 2. 5 Kompaksi Serbuk Logam [35].

2.6.4 Sintering

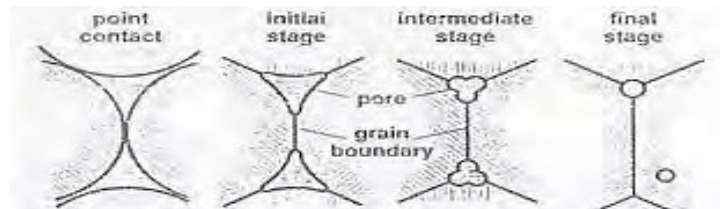
Sintering atau perlakuan panas pada produk yang dihasilkan pada teknik metalurgi serbuk merupakan teknik memanaskan produk di bawah titik lebur sehingga mengikat antara partikel-partikel serbuk [12]. Sintering adalah langkah akhir selain “*Finishing*” dalam metode metalurgi serbuk. Pada proses sintering, partikel benda padat akan saling berikatan karena adanya proses kimia dan panas. Bersatunya antara partikel-partikel serbuk membuat densitas dari produk meningkat. Selain itu, Setiap material serbuk memiliki lama proses sintering yang berbeda-beda tergantung jenis serbuk yang digunakan dalam pembuatan serbuk [34].

Tabel 2.4 dibawah ini merupakan kelompok suhu dan waktu sintering dari beberapa jenis serbuk logam.

Tabel 2. 4 Kelompok Suhu Dan Waktu Sintering Untuk Jenis Logam [12] .

Material	Suhu (°C)	Waktu (menit)
Tembaga, Kuningan, Perunggu	760-900	10-45
Besi Dan Grafit Besi	1000-1150	8-45
Nikel	1000-1150	30-45
Baja Stainless	1100-1290	30-60
Paduan Alnico (Untuk Magnet Permanen)	1200-1300	120-150
Ferit	1200-1500	10-600
Karbida Tungsten	1430-1500	20-30
Molibdenum	2050	120
Tungsten	2350	480
Tantalum	2400	480

Sintering pada metalurgi serbuk berfungsi untuk mengurangi porositas, meningkatkan konduktivitas listrik, meningkatkan tembus dan konduktivitas termal, akan tetapi sintering umumnya digunakan untuk meningkatkan kekuatan produk.



Gambar 2. 6 Skema Perubahan Porositas Selama Sintering [35].

2.7 Kampas Rem Sepeda Motor

Kampas rem adalah bagian utama dari sistem pengereman pada kendaraan bermotor. Fungsi rem antara lain mengurangi atau memperlambat laju pada suatu kendaraan. Kampas rem sangat memengaruhi keselamatan pengendara dan juga pengendara lain, maka dari itu kinerja kampas rem sangat penting. Berdasarkan cara kerjanya, prinsip rem dari sepeda motor dapat dikelompokkan menjadi dua di antaranya, rem tromol dan rem cakram. Kampas rem sepeda motor mempunyai standar agar bisa bekerja secara optimal pada saat digunakan [36].

Berikut pada tabel 2.5 adalah standar dari kampas rem sepeda motor.

Tabel 2. 5 Standar Kampas Rem Sepeda Motor [37].

Standart	Nilai
Kekerasan	68-105 BHN
Ketahan panas	360°C
Keausan	$5 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{kg}$
Koefisien gesek	0,14-0,27
Massa Jenis	1,5-2,4 gr/cm ³
Konduktivitas termal	0,12-0,8 W.m.°K
Tekanan spesifik	0,17-0,98 joule/g.°C
Kekuatan geser	1300-3500 N/cm ²
Kekuatan perpatahan	480-1500 N/cm ²

2.8 Penyelidikan

2.8.1 Definisi Penyelidikan

Secara terminologi penyelidikan yang berasal dari kata “*Selidik*” yang berarti “*Teliti*” atau “*Cermat*”. Sedangkan secara etimologi penyelidikan adalah kata dasar “*Sidik*” yang artinya *selidik* (Tentang Jari). Jadi penyelidikan adalah usaha yang dilakukan untuk memperoleh suatu informasi melalui pengumpulan data dengan teliti dan cermat. Penyelidikan pada umumnya digunakan dalam proses penelitian dan pengungkapan fakta-fakta yang benar [38] [39].

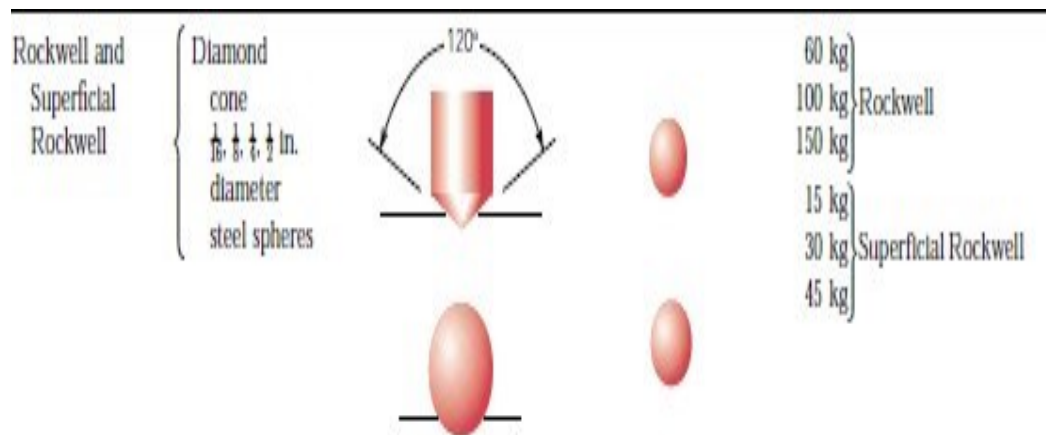
2.9 Pengujian Material Kampas Rem

Pada pengujian material kampas rem umumnya dapat dilakukan pengujian densitas, pengujian kekerasan, dan pengujian pengamatan struktur makro. Guna pengujian material kampas rem agar dapat mengetahui sifat-sifat fisis dan mekanis dari suatu material kampas rem. berikut adalah pengujian material kampas rem yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

2.9.1 Uji Kekerasan

Uji kekerasan adalah uji yang dilakukan pada material kampas rem agar mendapatkan sifat daya tahan objek material kepada “*Force*” penekanan dari pada material yang lebih *hard* atau keras [14]. Ada banyak macam metode pengujian kekerasan diantaranya adalah metode *rockwell*, *vicker*, dan *brinell*. Pada Metode *rockwell* pengujian dilakukan menggunakan dua beban yaitu beban minor dan beban mayor. Sedangkan untuk metode *vicker* merupakan metode yang digunakan untuk kekerasan terhadap material intan piramida dengan sudut puncak 136°. Untuk metode *brinell* adalah metode uji kekerasan yang mana ketahanan suatu material terhadap daya tahan alat uji berupa bola baja, metode ini biasanya digunakan untuk uji kekerasan material yang lunak. Pada uji kekerasan penelitian ini, alat uji kekerasan yang digunakan adalah alat uji kekerasan *portable*. Alat uji kekerasan *portable* memiliki *force* 2 kg indentor bola baja dengan diameter 2 mm. Uji kekerasan pada penelitian ini menggunakan pendekatan standar ASTM E110-

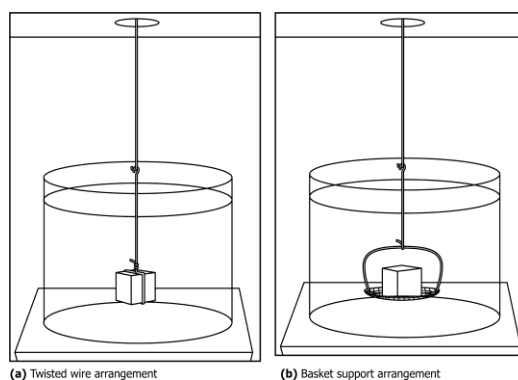
14. Berikut adalah ilustrasi dari pengujian kekerasan menggunakan macam-macam metode di atas.



Gambar 2. 7 Pengujian Kekerasan [40].

2.9.2 Uji Densitas

Uji Densitas adalah pengujian yang digunakan untuk mengetahui kondisi perbandingan kerapatan atau massa jenis dengan volume suatu material. Pengujian densitas sangat penting dalam analisis kampas rem sepeda motor. Biasanya pengujian densitas menggunakan teori dasar dari “*Hukum Archimedes*“. Pada saat suatu material atau benda dicelupkan dalam fluida atau cairan akan mendapatkan tiga kemungkinan mengapung, melayang, dan tenggelam [41]. Uji densitas dalam penelitian ini menggunakan pendekatan standar ASTM B962-17. Gambar dibawah ini merupakan contoh ilustrasi dari pengujian densitas atau (*Density*) [42]. Berikut adalah ilustrasi dari pengujian densitas atau (*Density*) menggunakan *Hukum Archimedes*.



Gambar 2. 8 Metode Pengujian Densitas [42].

Pada Uji Densitas, teori atau hukum yang digunakan adalah persamaan *Hukum Archimedes*. *Hukum Archimedes* berbunyi setiap benda yang celupkan ke dalam cairan atau fluida, benda tersebut akan mengalami paling tidak tiga kemungkinan diantaranya adalah mengapung dipermukaan cairan, melayang dalam cairan, dan tenggelam dalam cairan. Kadar densitas dapat di hitung sebagai berikut:

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

Keterangan:

ρ_m = Densitas actual (gram/cm³)

m_s = Massa sampel kering (gram)

m_g = Massa sampel yang digantung didalam air (gram)

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

2.10 Metode *Full Factorial Desain*

Full factorial desain merupakan sebuah metode perancangan penyelidikan efek dari dua atau lebih suatu faktor. Umumnya *full factorial design* paling efektif untuk melakukan eksperimen dalam mencari efek dari level dan faktor yang ada [43]. *Full factorial desain* mempunyai keutamaan yaitu data informasi yang diperoleh lebih menyeluruh, karena dapat menyelidiki dampak hubungan dan hasil penyelidikan dapat diimplementasikan lebih banyak karena mempunyai lebih dari satu atau dua faktor. Hal yang pertama dalam merancang eksperimen *full factorial design* adalah membuat hipotesis (Sangkaan Awal) atau penguraian ANNOVA. Ketentuan kepada hipotesis nol (H0) difundamentalkan pada kadar Ftabel yakni sewaktu statistik Fhitung lebih dari F0,05:2,27(3,55) atau p-value minim dari α , kehendaknya adalah H0 ditolak [19].

Berikut adalah ketentuan yang harus dipenuhi dalam menentukan H0 yang ditolak atau gagal menolak.

1. Bila Fhitung > Ftabel maka dari itu H0 ditolak.
2. Bila Fhitung < Ftabel maka dari itu H0 gagal ditolak.

3. Bila substansial atau probabilitas $> 0,05$, maka dari itu H_0 ditolak
4. Jika substansial atau probabilitas $< 0,05$, maka dari itu H_0 gagal ditolak.

Umumnya ANNOVA dapat kita hitung sebagai berikut:

1. Jumlah Kuadrat Total

$$SS_T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^b y^2_{ijk} - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots (2.2)$$

2. Jumlah Kuadrat Mean

$$Adj MS: DF \dots\dots\dots (2.3)$$

3. Jumlah Kuadrat Faktor

$$SS_{persentasi\ penguat} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y^2_j - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$SS_{kompaksi\ panas} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y^2_j - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$SS_{A \times B} = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^a \sum_{b=1}^b y^2_{ij} - \frac{y^2}{abn} - SS_{lp} - SS_{FV} \dots\dots\dots (2.6)$$

4. Jumlah Kuadrat Error

$$Jke = jkt - jkm - jkf \dots\dots\dots (2.7)$$

5. F-Hitung

$$Adj MS : Error Adj MS \dots\dots\dots (2.8)$$

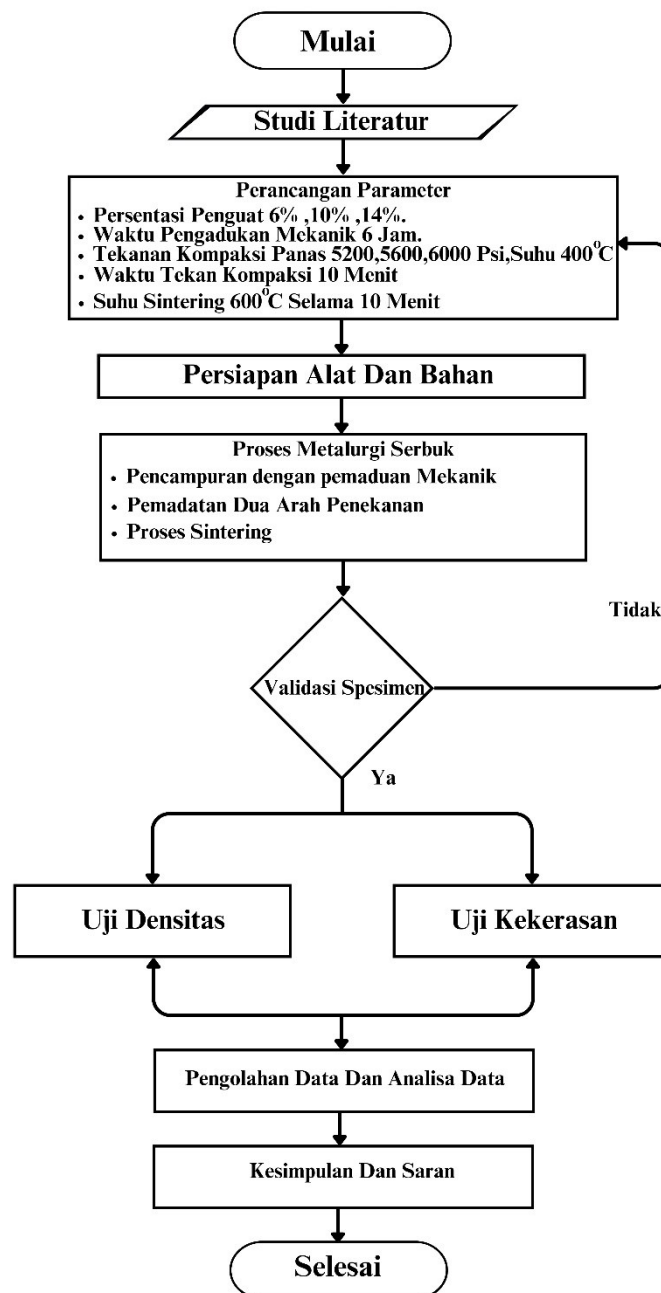
6. DF

$$Jumlah\ Level - 1 \dots\dots\dots (2.9)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kaidah Penelitian

Berikut ini adalah penjabaran dari proses pelaksanaan penelitian yang dilakukan oleh peneliti.



Gambar 3. 1 Alur Kegiatan Penelitian

3.2 Studi Literatur

Umumnya “Studi Literatur” merupakan langkah awal dalam proses penelitian. Hal ini mencakup kepada aspek pengumpulan data dan informasi dari berbagai sumber-sumber yang kredibel diantaranya seperti buku ilmiah, artikel-artikel ilmiah, makalah ilmiah, majalah dan lain sebagainya. Studi literatur berguna sebagai landasan dasar teori dalam penelitian guna mendapatkan penelitian yang kreatif dan inovatif.

3.3 Bahan Dan Alat Penelitian

Untuk penelitian, peneliti melakukan pembuatan spesimen, uji kekerasan, dan uji densitas di area bengkel mekanik, tepatnya pada LAFALO (Laboratorium Fabrikasi dan Logam) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Sedangkan untuk uji kekerasan penelitian ini dikerjakan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Di bawah ini merupakan bahan dan alat yang dipergunakan dalam penelitian ini.

3.3.1 Bahan Penelitian

Beberapa bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

3.3.1.1 Material Serbuk Al (Aluminium)

Pada penelitian ini material serbuk aluminium yang dipergunakan adalah material serbuk aluminium produk daur ulang aluminium bekas, dengan komposisi kandungan 83,40% Al, 2,674% Cu (FeO_2), serta 10,09% Si, dengan ukuran *Particle Size Analyzer* D50:282,53 μm . Serbuk aluminium adalah matrik atau pengikat pada komposit penelitian. Berikut adalah gambar dari serbuk aluminium hasil daur ulang.



Gambar 3. 2 Material Serbuk Aluminium.

3.3.1.2 Pasir Silika Tailing Timah

Pasir silika tailing timah yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah pasir silika yang di ambil dari kotoran hasil pencucian bijih timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pasir silika tailing timah ini mengandung sintesis material 83% SiO_2 , 12% Fe_2O_3 , dan 5% TiO_2 bersumber pada hasil uji *X-Ray Diffraction* (XRD) Universitas Negeri Malang. Kemudian untuk ukuran *Particle Size Analyzer* adalah D50:167.66 μm .

Dibawah merupakan gambar pasir silika timah.



Gambar 3. 3 Pasir Silika Tailing Timah.

3.3.1.3 Boiler Fly Ash

Boiler Fly Ash yang digunakan adalah *Boiler Fly Ash* yang didapatkan pada area sekitar cerobong asap boiler produksi steam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. THEP (Tata Hamparan Eka Persada). Dimana

Boiler Fly Ash adalah kombinasi dari hasil pembakaran cangkang kelapa sawit, fiber tandan kosong buah kelapa sawit, dan kernel buah kelapa sawit. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Y. Zarina bahwa *Boiler Fly Ash* mengandung SiO_2 sebesar 63,4%, Fe_2O_3 dengan kandungan sebesar 6,3%. Kemudian untuk *Particle Size Analyzer* yang dilakukan di laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang ukuran yang didapatkan adalah $D_{50}:155.63 \mu\text{m}$.

Dibawah ini merupakan gambar dari fisik *Boiler Fly Ash*.



Gambar 3. 4 Boiler Fly Ash.

3.3.2 Perkakas Penelitian

Untuk penelitian yang akan dikerjakan, peneliti menggunakan berbagai peralatan sebagai berikut:

3.3.3.1 Ayakan

Ayakan adalah alat yang digunakan untuk mengayak serbuk *Boiler Fly Ash* sebagai penguat dari komposit pada penelitian ini. Ayakan membantu peneliti untuk mengelompokkan serbuk *Boiler Fly Ash* menjadi satu kehalusan yang sama. Berikut adalah gambar dari pada ayakan serbuk *Boiler Fly Ash*.



Gambar 3. 5 Ayakan Serbuk Boiler Fly Ash.

3.3.3.2 Timbang Digital

Timbang digital adalah alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai alat bantu untuk mengetahui massa atau berat dari komponen matrik komposit dan juga penguat komposit sebelum masuk kepada metode *mixing*. Yang mana matrik tersebut adalah berupa serbuk aluminium dan penguatnya terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash*. Di bawah ini merupakan timbang digital yang digunakan:



Gambar 3. 6 Timbang Digital.

3.3.3.3 Mixer

Mixer adalah alat yang digunakan untuk mencampur serbuk penguat yang terdiri dari serbuk *Boiler Fly Ash* dan pasir silika tailing timah. Penggunaan alat *mixer* sebelum pencampuran menggunakan *Ball Mill Machine* selama 6 Jam. Dibawah ini merupakan gambar *mixer*.



Gambar 3. 7 Mixer.

3.3.3.4 Mesin *Ball Mill* atau *Ball Mill Machine*

Mesin “*Ball Mill*” adalah alat yang digunakan untuk mencampur matrik dan penguat kemudian mesin ini juga membantu memisahkan antara partikel-partikel menjadi lebih halus. Tipe *Ball Mill Machine* yang digunakan adalah tipe horizontal. Di dalam tabung *Ball Mill Machine* terdapat bola-bola baja yang membantu penumbukkan aluminium (Matrik), *Boiler Fly Ash*, dan pasir silika tailing timah sehingga menghasilkan ukuran yang sama dan pencampuran yang homogen. *Ball Mill Machine* ditunjukkan pada gambar di bawah.



Gambar 3. 8 *Ball Mill Machine*.

3.3.3.5 Cetakan Spesimen

Cetakan spesimen berfungsi untuk membentuk spesimen berupa komposit hasil dari proses kompaksi panas yang berbentuk cincin dengan ukuran diameter 50 mm dan diameter dalam dengan ukuran 20 mm. Berikut adalah gambar dari cetakan spesimen.



Gambar 3. 9 Cetakan *Spesimen*.

3.3.3.6 Mesin *Hydraulic Jack*

Mesin *hydraulic jack* adalah alat yang dipergunakan untuk membantu memampatkan komposit yang terdiri dari matriksnya serbuk aluminium dan penguat terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* yang sudah selesai pada proses *mixing* atau pepaduan mekanik. Mesin *hydraulic jack* yang dipergunakan peneliti dalam penelitian adalah mesin *hydraulic jack* dengan penekan atas dan penekan bawah yang mana sudah dilengkapi dengan *pressure gauge*. Berikut adalah gambar mesin *hydraulic jack* yang dipergunakan.



Gambar 3. 10 Mesin *Hydraulic Jack*.

3.3.3.7 *Thermocouple*

Thermocouple adalah alat yang digunakan untuk memanaskan serbuk aluminium, pasir silika, dan *Boiler Fly Ash* yang menggunakan suhu yang telah ditentukan. Alat ini digunakan bersamaan dalam proses penekanan mesin *hydraulic jack*. Di bawah ini adalah gambar alat *Thermocouple*.



Gambar 3. 11 *Thermocouple* [19].

3.3.3.8 Alat pengukur suhu (*Thermogun*)

Pengukur temperatur suhu atau “*Thermogun*” digunakan untuk melihat dan mengukur temperatur suhu pada cetakan spesimen pada proses kompaksi panas. Berikut adalah gambar dari alat pengukur temperatur suhu.



Gambar 3. 12 *Thermogun*.

3.3.3.9 Alat Hidrolik Press

Hidrolik press adalah alat yang digunakan untuk membantu peneliti dalam membuka spesimen didalam cetakan. Dimana prinsip kerjanya adalah *hidrolik press* diarahkan untuk menekan poros tengah daripada cetakan spesimen. Disaat poros tengah di tekan menggunakan alat *hidrolik press* maka spesimen akan mudah keluar dari cetakan. Dibawah ini gambar dari *hidrolik press* yang digunakan.



Gambar 3. 13 Hidrolik Press.

3.3.3.10 Oven

Oven adalah alat yang digunakan untuk melakukan proses sintering pada spesimen yang telah dilalui pada proses kompaksi panas. Sintering merupakan proses untuk membentuk ikatan-ikatan antara satu partikel serbuk dengan partikel serbuk lainnya. Berikut ini adalah alat oven yang digunakan.



Gambar 3. 14 Oven.

3.3.3.11 Alat Uji Kekerasan *Portable*

Alat *portabel* adalah alat yang digunakan untuk membantu peneliti mengetahui kekerasan yang akurat dari pada spesimen material kampas rem sepeda motor dalam penelitian ini. Berikut ini adalah gambar alat *portabel*.



Gambar 3. 15 Alat Uji Kekerasan *Portabel* [19].

3.3.3.12 Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi sebagai wadah cairan pada saat pengujian densitas. Sebelum pengujian densitas dilakukan gelas ukur harus terisi penuh dengan cairan atau fluida yang digunakan. Gambar gelas ukur yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. 16 Gelas Ukur [19].

3.3.3.13 Alat pengujian Densitas

Alat pengujian densitas berfungsi untuk membantu mengukur spesimen didalam cairan supaya peneliti bisa mengetahui berat jenis spesimen pada waktu dalam cairan. Berikut adalah gambar alat yang digunakan.



Gambar 3. 17 Alat pengujian Densitas[19].

3.4 Proses Pelaksanaan Penelitian

3.3.4 Proses Metalurgi Serbuk

3.3.4.1 Melakukan proses mixing atau pemaduan mekanik

Proses *mixing* atau pemaduan mekanik ini meliputi proses pencampuran komponen matrik (Serbuk Aluminium) dan penguat (Pasir Silika Dan *Boiler Fly Ash*). Pada metode metalurgi serbuk biasanya disebut dengan “*Mechanical Alloying*” dengan menggunakan *Ball Mill Machine*. Proses *mechanical alloying* pada penelitian ini menggunakan parameter lama waktu pemaduan mekanik selama 6 jam dengan kecepatan 90 RPM dan meliputi parameter di dalam tabung *Ball Mill Machine* di isi dengan bola-bola baja atau *Ball Powder weight Ratio* (BPR) dengan perbandingan 10:1. Pada proses *mechanical alloying* penelitian ini menggunakan dua tahapan yang pertama pemaduan mekanik pada penguat komposit yaitu, pasir silika dan *Boiler Fly Ash* menggunakan *mixer* agar mendapatkan pencampuran yang *homogen* antara penguat. Kemudian tahap selanjutnya adalah pengadukan secara mekanik atau *mechanical alloying* menggunakan *Ball Mill Machine* dengan campuran matrik (Serbuk Aluminium) dan penguat agar mendapatkan proses penggerusan antara partikel-partikel serbuk.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan persentase matrik dan penguat yaitu tiga level diantaranya 94% matrik dan 6% penguat, 90% matrik dan 10% penguat, 86% matrik dan 14% penguat, dengan masing-masing berat serbuk dibutuhkan 25-45 g untuk setiap satu spesimen. Pada penelitian ini

untuk menghasilkan tebal spesimen antara 9-10 mm diperlukan berat satu kali pemaduan mekanik matrik serbuk aluminium dan penguat pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan berat 360 g di timbang menggunakan timbangan digital dengan akurasi 0,01 g.

Selesai proses timbangan dan pencampuran penguat selesai, peneliti memasukkan serbuk aluminium dan penguat ke tabung *Ball Mill Machine* dengan memadukan bola-bola baja yang masing-masing bola baja memiliki dua ukuran yaitu 25 mm dan 30 mm. Sementara bola-bola baja tersebut memiliki berat dalam satu sekali pemaduan mekanik 3.6 kg dengan banyak matrik dan penguat sejumlah 3.600 g dengan masing-masing tingkat kekerasan bola-bola baja 61 HRC dan 58,2 HRC.

3.3.4.2 Pemberian gaya kompaksi panas

Pada proses pemberian gaya kompaksi panas, penelitian ini menggunakan mesin *hydraulic jack* yang memiliki penekan atas dan penekan bawah, masing-masing mempunyai satu *hydraulic jack* atas satu *hydraulic jack* bawah. Pada mesin *hydraulic jack* ini sudah dilengkapi dengan *pressure gauge* untuk mempermudah peneliti membaca tekanan atas dan bawah. Kemudian untuk membantu pemanasan pada serbuk saat proses kompaksi panas alat digunakan adalah *thermocouple*. Sedangkan cetakan yang dipergunakan dalam proses pencetakan menggunakan cetakan yang berdimensi cincin dengan diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm. Pada tahap proses kompaksi panas hal pertama yang harus dilakukan adalah meletakkan cetakan pada mesin *hydraulic jack* dan kemudian masukkan serbuk kemudian meratakan serbuk sesuai dengan dimensi cetakan dengan merata. Setelah itu cetakan diberi gaya penekanan atas dan penekanan bawah pada mesin *hydraulic jack* dengan variasi tekanan 5200 PSi, 5600 PSi, dan 6000 Psi dengan waktu tahan 600 detik/10 menit dengan panas yang diberikan alat *thermocouple* dengan suhu 300°C. Setelah selesai melakukan proses kompaksi panas dengan waktu tahan 600 detik/10 menit diamkan cetakan mendingin dan kemudian keluarkan spesimen dalam cetakan.

3.3.4.3 Sintering Proses

Perlakuan sintering pada penelitian ini adalah proses perlakuan panas pada setiap spesimen agar antara partikel matrik dan penguat komposit akan saling berikatan karena adanya proses kimia dan panas. Proses sintering pada penelitian ini menggunakan oven dengan temperatur suhu 600 °C dengan waktu tahan atau *holding time* 600 detik/10 menit. Kemudian pada saat sudah selesai proses sintering, spesimen harus keluar dari dalam oven dan kemudian didinginkan pada suhu oven.

3.5 Proses Verifikasi atau Validasi Spesimen

Untuk proses “ *Verifikasi* ” atau “ *Validasi* ” spesimen, peneliti melakukan pemeriksaan dari setiap spesimen-spesimen yang ada untuk mengetahui apakah spesimen yang telah selesai pada proses metalurgi serbuk mengalami cacat yang tidak dapat diuji. Apabila ada spesimen yang cacat maka, peneliti melakukan pencetakan ulang pada spesimen dari tahapan awal metalurgi serbuk. Sedangkan apabila spesimen yang ada telah mengalami kelayakan maka, spesimen akan memasuki tahap pengujian kekerasan dan densitas.

3.6 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sifat ketahanan pada spesimen terhadap gaya tekan dari pada material yang lebih keras. Pada penelitian ini alat uji kekerasan yang digunakan adalah alat uji kekerasan *portable* yang mempunyai beban gaya tekan sebesar 2 kg dengan indentor yang ditekan bersentuhan dengan spesimen berbentuk bola dengan diameter 2 mm. Pada uji kekerasan dalam penelitian ini memakai pendekatan ASTM E110-14.

3.7 Pengujian Densitas

Pengujian Densitas atau (*Density*) dilakukan dengan mengetahui massa jenis spesimen pada timbangan supaya memperoleh massa jenis spesimen. Pada proses pengujian pertama-tama yang dilakukan adalah menimbang spesimen kering yang belum dimasukkan kedalam cairan dan menimbang spesimen yang telah dimasukkan kedalam cairan. Kemudian nilai densitas yang

didapatkan pada spesimen kering dibandingkan dengan spesimen yang dimasukkan dalam air atau kondisi basah. Pada penelitian ini peneliti menggunakan pendekatan standar ASTM B962-17.

3.8 Pengolahan Data

Pada pengolahan data dalam penelitian ini dari hasil proses pengujian kekerasan dan pengujian gesek selanjutnya akan disusun ke dalam data dan grafik. Pengolahan data ini bertujuan ingin mengetahui hasil dari pengujian kekerasan dan densitas penyelidikan komposit matrik aluminium diperkuat pasir silika dan *Boiler Fly Ash* menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor. Di bawah ini merupakan desain tabel yang digunakan.

Tabel 3. 1 Desain Tabel Pengolahan Data Uji Kekerasan.

No	Persentase	Kompaksi Panas	Kadar			Rata-Rata
	Penguat		Kekerasan			
	(%)	(Psi)	(HB)			
			1	2	3	
1	6	5200				
2	6	5600				
3	6	6000				
4	10	5200				
5	10	5600				
6	10	6000				
7	14	5200				
8	14	5600				
9	14	6000				

Tabel 3. 2 Desain Tabel Pengolahan Data Uji Densitas.

No	Persentase Penguat	Kompaksi Panas	Nilai Densitas			Rata-Rata
	(%)	(Psi)	(mm)			
			1	2	3	
1	6	5200				
2	6	5600				
3	6	6000				
4	10	5200				
5	10	5600				
6	10	6000				
7	14	5200				
8	14	5600				
9	14	6000				

3.9 Analisis Data

Pada analisis data penelitian yang dilakukan peneliti menggunakan desain eksperimen *full factorial*. Dengan masing-masing persentase penguat dan penekanan kompaksi panas sebagai faktor dan tiga tingkatan level. Kemudian tiga tingkatan level setiap parameter masing-masing dipangkatkan dengan dua faktor sehingga menghasilkan 9 spesimen atau sampel, dan kemudian dilakukan pengulangan tiga kali sehingga banyaknya data yang diperoleh adalah 27 data.

Tabel 3. 3 Level dan Parameter Uji.

Faktor	Level		
Persentase Penguat (%)	6	10	14
Kompaksi Panas (Psi)	5200	5600	6000

Tabel 3. 4 *Full Factorial Desain*.

Eksperimen	Persentase (%)	Kompaksi (Psi)
1	6	5200
2	6	5600
3	6	6000
4	10	5200
5	10	5600
6	10	6000
7	14	5200
8	14	5600
9	14	6000

Tabel 3. 5 Uji *ANNOVA*.

Faktor	DF	ADJ SS	ADJ MS	F-HITUNG	P-TABEL
Persentase Penguat					
Kompaksi Panas					
Persentase Penguat* Kompaksi Panas					
Error					
Total					

Membuat kerangka eksperimen *full factorial desain* dan kemudian peneliti membuat hipotesis. Hipotesis penelitian ini adalah faktor yang berpengaruh mengenai kadar kekerasan dan kadar densitas pada material kampas rem,

yang mana faktor termaktub dapat berkaitan dengan faktor yang lain atau tidak berkaitan. Hipotesis umum disebut sebagai hipotesis nol (H_0).

Untuk hipotesis nol dari eksperimen pada penyelidikan ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Persentase Penguat

H_{01} : Variasi persentase penguat komposit material kampas rem tidak ada pengaruh mengenai nilai kekerasan.

H_{02} : Variasi persentase penguat komposit material kampas rem tidak ada pengaruh mengenai nilai densitas.

2. Hipotesis Kompaksi Panas

H_{03} : Variasi kompaksi panas tidak ada pengaruh mengenai nilai kekerasan.

H_{04} : Variasi kompaksi panas tidak ada pengaruh mengenai nilai densitas.

3. Hipotesis interaksi variasi persentase penguat dan tekanan kompaksi panas.

H_{05} : Variasi interaksi persentase penguat dan tekanan kompaksi panas memiliki pengaruh mengenai nilai kekerasan.

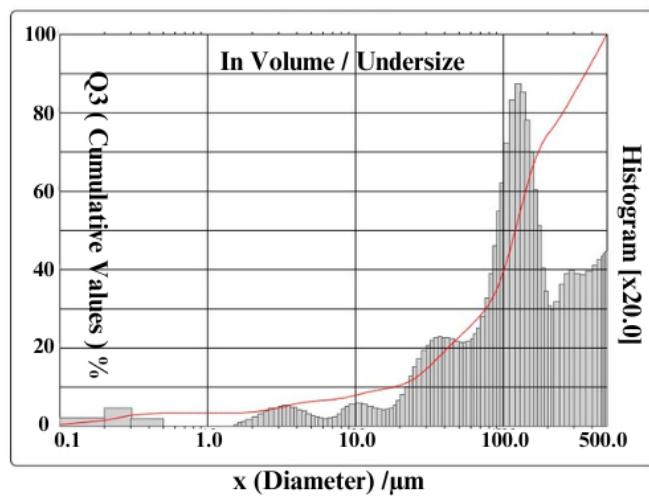
H_{06} : Variasi interaksi persentase penguat dan tekanan kompaksi panas memiliki pengaruh mengenai nilai densitas.

BAB IV PEMBAHASAN

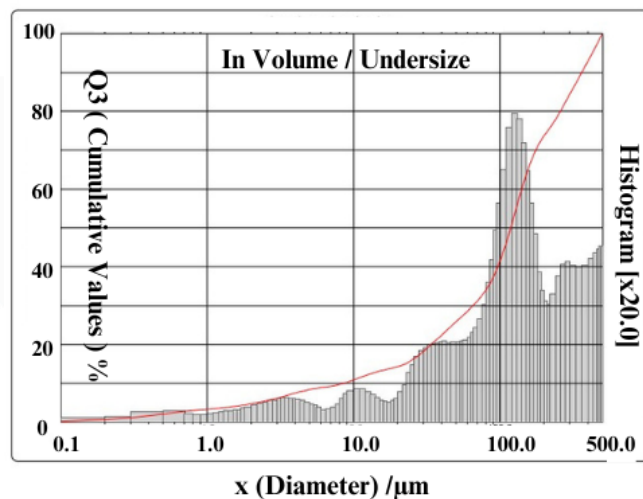
4.1 Hasil *Mixing* atau Pemaduan Mekanik (*Mechanical Alloying*)

Pada proses pemaduan mekanik rancangan masing-masing terdiri dari tiga level persentase matrik dan penguat yaitu, 94% matrik dan 6% penguat, 90% matrik dan 10% penguat, 86% matrik dan 14% penguat, dengan masing-masing berat serbuk dibutuhkan 25-45 g untuk setiap satu spesimen. Pada proses *mixing* menggunakan parameter lama waktu pemaduan mekanik selama 6 jam dengan kecepatan 90 RPM dan meliputi parameter di dalam tabung *Ball Mill Machine* diisi dengan bola-bola baja atau *Ball Powder weight Ratio* (BPR) dengan perbandingan 10:1. Pada penelitian ini untuk menghasilkan tebal spesimen antara 9-10 mm diperlukan berat satu kali pemaduan mekanik matrik serbuk aluminium dan penguat pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan berat 360 g di timbang menggunakan timbangan digital dengan akurasi 0,01 g. Kemudian untuk hasil uji *Particle Size Analyzer* yang dilakukan pada Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang, level persentase matrik dan penguat yaitu 94% matrik dan 6% penguat mendapatkan ukuran rata-rata D50:120.41 μm , level persentase 90% matrik dan 10% penguat mendapatkan ukuran rata-rata D50:118.37 μm , dan level persentase 86% matrik dan 14% penguat mendapatkan ukuran rata-rata D50:111.67 μm . Berdasarkan proses pemaduan selama 6 jam dari persentase matrik dan penguat terdapat perbedaan ukuran diameter serbuk yang sangat signifikan.

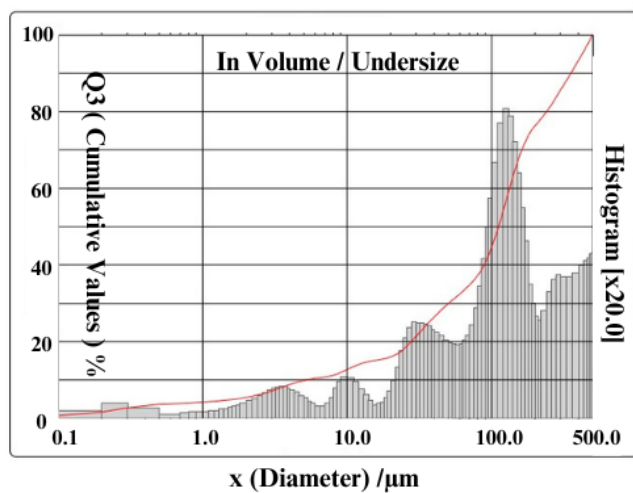
Berikut di bawah merupakan gambar grafik *Particle Size Analyzer* serbuk dari tiga level persentase matrik dan penguat.



Gambar 4. 1 Grafik *Particle Size Analyzer* 94% Matrik dan 6% Penguat



Gambar 4. 2 Grafik *Particle Size Analyzer* 90% Matrik dan 10% Penguat



Gambar 4. 3 Grafik *Particle Size Analyzer* 86% Matrik dan 14% Penguat

4.2 Spesimen hasil Kompaksi panas dan sebelum pengujian

Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki kadar kekerasan dan kadar densitas dari komposit matriks aluminium diperkuat *Boiler Fly Ash* dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor. Pada saat uji kekerasan peneliti menggunakan alat uji kekerasan *portable* sedangkan untuk uji densitas (*Density*) peneliti menggunakan timbangan digital yang memiliki ketelitian 0,01 g. Pengujian dilakukan untuk menyelidiki perbedaan kadar kekerasan dan kadar densitas dari komposit matriks aluminium diperkuat *Boiler Fly Ash* dan pasir silika menggunakan metode metalurgi serbuk untuk kampas rem sepeda motor yang dipengaruhi oleh variabel persentase penguat atau pengisi masing-masing terdiri dari 6%, 10%, 14% dan variabel penekanan kompaksi panas masing-masing terdiri dari 5200 Psi, 5600 Psi, dan 6000 Psi dengan waktu tahan atau waktu tunggu 600 detik, sedangkan untuk temperatur suhu sintering 600 °C dalam waktu tunggu 600 detik/10 menit. Dimensi spesimen untuk penelitian ini adalah berdimensi cincin dengan berdiameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm, dengan ketebalan bervariasi sesuai dengan berat serbuk pada saat pencetakan yang terdiri dari masing-masing 25, 35, dan 45 g. Di bawah ini merupakan gambar spesimen yang akan diuji dengan banyak spesimen 27 buah.



Gambar 4. 4 Spesimen Penelitian.

4.3 Uji Densitas Sebelum Proses Sintering

4.3.1 Prosedur Uji Densitas Sebelum Sintering

Pada saat spesimen telah selesai pada proses pencetakan dengan penekanan kompaksi panas beserta diberi tanda pada setiap spesimen uji, langkah selanjutnya adalah menyiapkan alat yang dipakai untuk membantu proses uji densitas diantaranya gelas ukur, timbang digital, cairan *Aquadest*, dan tiang besi. Kemudian setiap spesimen di timbang dengan kondisi basah dengan meletakkan spesimen ke dalam cairan yang ada di gelas ukur. Dibawah ini merupakan gambar dari proses uji densitas kering dan basah.



Gambar 4. 5 Prosedur Menimbang Spesimen Kering



Gambar 4. 6 Prosedur Menimbang Spesimen Basah

4.3.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Densitas Sebelum Sintering

Pada uji densitas prosedur dan alat yang dipakai untuk membantu proses uji densitas diantaranya gelas ukur, timbang digital, cairan *Aquadest*, dan tiang besi. Kemudian untuk menghitung secara konvensional persamaan atau rumus yang digunakan adalah rumus 2.1 data dari hasil spesimen uji densitas kering dan spesimen uji densitas basah. Standar ASTM uji densitas yang digunakan adalah pendekatan ASTM B962-17.

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

No	Persentase	Kompaksi	Pengujian Kering (g)		
	Penguat	Panas			
	(%)	(Psi)	Spesimen		
			1	2	3
1	6	5200	35,62	24,24	46,51
2	6	5600	34,82	23,64	42,56
3	6	6000	35,02	34,03	44,02
4	10	5200	45,51	34,60	33,99
5	10	5600	34,77	24,36	23,52
6	10	6000	34,34	25,09	44,57
7	14	5200	33,59	42,36	44,86
8	14	5600	45,27	35,04	30,95
9	14	6000	45,02	24,98	24,20

Tabel 4. 2 Hasil Spesimen Timbang Basah (g)

No	Persentase	Kompaksi	Pengujian Basah (g)		
	Penguat	Panas			
	(%)	(Psi)	Spesimen		
			1	2	3
1	6	5200	09,62	12,55	20,73
2	6	5600	06,92	08,90	20,45
3	6	6000	17,69	08,00	13,71
4	10	5200	23,60	18,10	16,95
5	10	5600	17,41	11,88	10,94
6	10	6000	18,89	11,81	21,43
7	14	5200	17,59	21,64	22,06
8	14	5600	20,49	13,98	12,91
9	14	6000	21,83	12,33	11,13

Apabila sudah mendapatkan hasil menimbang spesimen baik basah dan kering, tahap berikutnya adalah menghitung nilai densitas dengan menggunakan pendekatan rumus uji densitas. Di bawah ini adalah hasil dari perhitungan nilai uji densitas sebelum perlakuan sintering.

➤ Nilai Uji Densitas Spesimen Sebelum Perlakuan Sintering

1. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 35,62 g

mg: 09,62 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{35,62}{(35,62 - 09,62)} 1$$

$$\rho_m = \frac{35,62}{(26)} 1$$

$$\rho_m = 1,37 \text{ g/cm}^3$$

2. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m

m_s : 24,24 g

m_g : 12,55 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{24,24}{(24,24 - 12,55)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,24}{(11,59)} 1$$

$$\rho_m = 2,091 \text{ g/cm}^3$$

3. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m

m_s : 46,51 g

m_g : 20,73 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{46,51}{(46,51 - 20,73)} 1$$

$$\rho_m = \frac{46,51}{(25,78)} 1$$

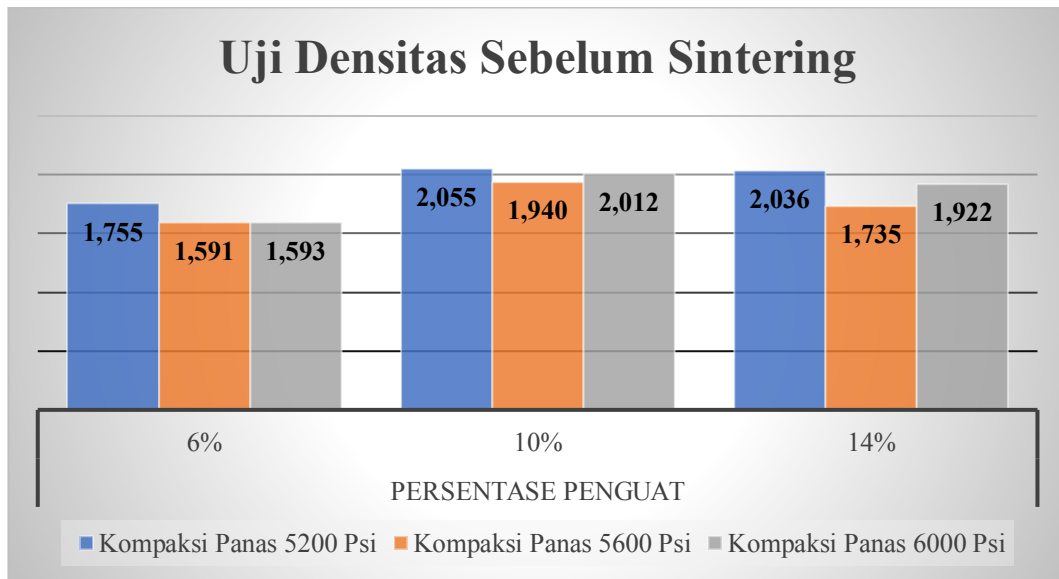
$$\rho_m = 1,804 \text{ g/cm}^3$$

Berikut adalah semua nilai uji densitas (*Density*) sebelum perlakuan sintering yang peneliti hitung dengan pendekatan rumus uji densitas dengan nilai rata-rata dari 29 spesimen. Untuk perhitungan lengkap ada pada lampiran 3.

Tabel 4. 3 Nilai Perhitungan Uji Densitas Sebelum Perlakuan Sintering (g/cm³)

No	Persentase Penguat	Kompaksi Panas	Nilai Densitas (g/cm ³)			Rata-Rata (g/cm ³)
	(%)	(Psi)	Spesimen			
			1	2	3	
1	6	5200	1,37	2,091	1,804	1,755
2	6	5600	1,248	1,603	1,924	1,591
3	6	6000	2,020	1,307	1,452	1,593
4	10	5200	2,077	2,096	1,994	2,055
5	10	5600	2,002	1,951	1,869	1,940
6	10	6000	2,222	1,889	1,926	2,012
7	14	5200	2,099	2,044	1,967	2,036
8	14	5600	1,826	1,663	1,716	1,735
9	14	6000	1,941	1,974	1,851	1,922

Berdasarkan tabel perhitungan nilai densitas sebelum perlakuan sintering, maka apabila di buat grafik akan berlaku seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 7 Grafik Nilai Uji Densitas Sebelum Sintering

Pada grafik nilai uji densitas sebelum perlakuan sintering, spesimen dengan nilai densitas yang tinggi ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 10% penekanan kompaksi panas dua arah 5200 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 2,055 g/cm³. Sedangkan untuk nilai densitas yang paling rendah ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 6% penekanan kompaksi panas dua arah 5600 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 1,591 g/cm³. Dari gambar grafik nilai uji densitas sebelum perlakuan sintering, memberikan kesimpulan bahwa variasi persentase penguat dapat memengaruhi nilai densitas dari setiap spesimen kampas rem sepeda motor dengan matrik aluminium dan berpenguat pasir silika dan *Boiler Fly Ash*. Grafik di atas menegaskan juga bahwa persentase penguat yang terdiri pasir silika dan *Boiler Fly Ash* harus ada pada kisaran 10% dan 14%, jika lebih sedikit dari pada itu nilai densitas akan kecil dan berkurang. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Subarmono [18]. Nilai porositas akan meningkat seiring bertambahnya *Fly Ash* dengan persentase 7,5%, sedangkan kurang dari pada itu nilai porositas akan rendah. Karena jika nilai densitas meningkat maka nilai porositas akan rendah, begitu juga sebaliknya jika nilai densitas rendah maka nilai densitas meningkat. Grafik di atas juga menerangkan bahwa semakin tinggi nilai

penekanan kompaksi panas maka semakin meningkat pula nilai densitas. Hal ini sejalan dengan penelitian dari M. Asep [19], dengan kadar densitas paling tinggi mencapai 2,162 g/cm³ untuk spesimen yang menggunakan penekanan kompaksi panas sebesar 4.600 Psi pada saat sebelum sintering. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai penekanan kompaksi panas, maka ikatan antara partikel serbuk semakin rapat.

4.3.3 Uji ANNOVA Nilai Densitas Sebelum Sintering

Setelah nilai uji densitas sebelum perlakuan sintering didapatkan, maka peneliti menganalisis pengaruh faktor persentase penguat dan nilai penekanan kompaksi panas yang diberikan agar mendapatkan kesimpulan. Pada analisis data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) peneliti menggunakan *Software Excel* dan memverifikasi data menggunakan *Software ManiTab*. Berikut adalah tabel ANNOVA (*Analysis Of Variance*) nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

Tabel 4. 4 Data *Analysis Of Variance* Uji Densitas Sebelum Perlakuan Sintering **Analysis Of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Hitung	F-Tabel
Persentase Penguat	2	0,60350	0,30175	6,11	0,009
Kompaksi Panas	2	0,16880	0,08440	1,71	0,209
Persentase Penguat* Kompaksi Panas	4	0,04348	0,01087	0,22	0,924
Error	18	0,88845	0,04936		
Total	26	1,70423			

Menurut data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) uji densitas sebelum perlakuan sintering di atas, maka peneliti dapat membuat hipotesis diantaranya adalah :

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata Kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata Kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

Dalam hipotesis di atas berlaku kaidah untuk uji densitas sebelum perlakuan sintering sebagai berikut : H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 gagal ditolak. Kesimpulan yang peneliti ambil merujuk kepada tabel *Analysis of Variance* uji densitas sebelum perlakuan sintering di atas adalah :

- A. Merujuk pada faktor persentase penguat (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 di tolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor persentase penguat berpengaruh nyata terhadap nilai densitas sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- B. Merujuk pada faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 di tolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor kompaksi panas berpengaruh nyata terhadap nilai densitas sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- C. Merujuk pada interaksi faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga H_0 gagal tolak dan H_1 ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa interaksi faktor persentase penguat dan faktor kompaksi panas berpengaruh tidak nyata terhadap nilai densitas sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.

4.4 Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering

4.4.1 Prosedur Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering

Pada saat spesimen telah selesai pada proses pencetakan dengan penekanan kompaksi panas beserta diberi tanda pada setiap spesimen uji, langkah selanjutnya adalah menyiapkan alat yang dipakai untuk membantu proses uji kekerasan diantaranya alat uji kekerasan *portabel*. Kemudian setiap spesimen di uji menggunakan alat *portabel* menggunakan pendekatan standar ASTM E110-14.

Dibawah ini merupakan gambar prosedur uji kekerasan sebelum perlakuan sintering.



Gambar 4. 8 Prosedur Uji Kekerasan



Gambar 4. 9 Nilai Kekerasan Yang Terbaca



Gambar 4. 10 Hasil Penekanan Alat Uji Portable

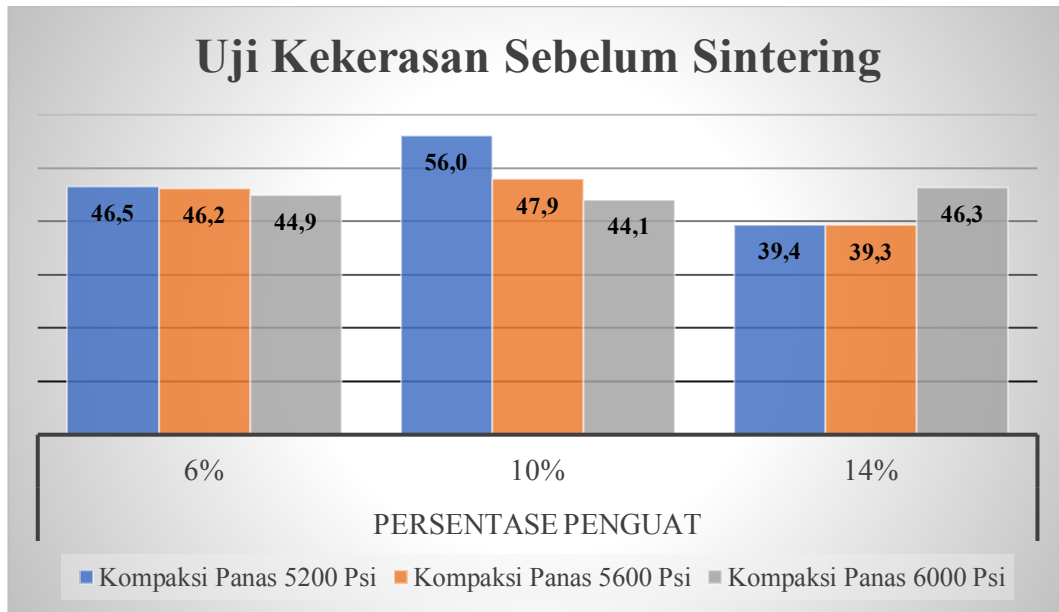
4.4.2 Pengolahan Data dan Analisa Data Kekerasan Sebelum Sintering

Pada uji kekerasan prosedur dan alat yang dipakai untuk membantu proses uji kekerasan adalah alat uji kekerasan *portable*. Alat *portable* pada saat digunakan dimana nilai kekerasan akan langsung keluar pada alat *portable*. Di bawah ini adalah semua hasil uji kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *portable*.

Tabel 4. 5 Hasil Spesimen Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering (HB)

No	Persentase Penguat	Kompaksi Panas	Nilai Kekerasan (HB)			Rata-Rata (HB)
	(%)	(Psi)	Spesimen			
			1	2	3	
1	6	5200	48	46,6	45	46,5
2	6	5600	46	42,6	50	46,2
3	6	6000	46,6	50	38,3	44,9
4	10	5200	44,3	62,6	61,3	56,0
5	10	5600	38,3	52,3	53,3	47,9
6	10	6000	52,6	39,6	40,3	44,1
7	14	5200	38,6	38,3	41,3	39.4
8	14	5600	37,3	37,6	43	39,3
9	14	6000	43,3	50,3	45,3	46.3

Apabila melihat tabel 4.8 yang di atas, grafik yang berlaku untuk nilai kekerasan adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 11 Grafik Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Sintering

Pada grafik uji kekerasan spesimen sebelum perlakuan sintering, spesimen dengan nilai kekerasan yang tinggi ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 10% penekanan kompaksi panas dua arah 5200 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai kekerasan 56 HB. Sedangkan untuk nilai kekerasan yang paling rendah ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 14% penekanan kompaksi panas dua arah 5600 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai kekerasan 39,3 HB. Dari gambar grafik nilai uji kekerasan sebelum perlakuan sintering, memberikan kesimpulan bahwa variasi persentase penguat dan kompaksi panas dua arah dapat memengaruhi nilai kekerasan dari setiap spesimen kampas rem sepeda motor dengan matrik aluminium dan berpenguat pasir silika dan *Boiler Fly Ash*. Grafik di atas menegaskan juga bahwa semakin sedikit persentase penguat yang terdiri pasir silika dan *Boiler Fly Ash* maka nilai kekerasan semakin tinggi, namun jika persentase penguat lebih banyak, maka nilai kekerasan akan rendah. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Subarmono [18]. Nilai kekerasan akan meningkat seiring bertambahnya *Fly Ash* dengan persentase 7,5%

dengan nilai kekerasan 62,6 VHN, sedangkan kurang dari pada itu nilai kekerasan akan rendah. Hal ini dikarenakan parameter bahan penguat berbeda dan penekanan kompaksi yang tinggi.

4.4.3 Uji ANNOVA Nilai Kekerasan Sebelum Sintering

Setelah nilai uji kekerasan sebelum perlakuan sintering didapatkan, maka peneliti menganalisis pengaruh faktor persentase penguat dan nilai penekanan kompaksi panas yang diberikan agar mendapatkan kesimpulan. Pada analisis data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) peneliti menggunakan *Software Excel* dan memverifikasi data menggunakan *Software ManiTab*. Berikut adalah tabel ANNOVA (*Analysis Of Variance*) nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering.

Tabel 4. 6 Data *Analysis Of Variance* Uji Kekerasan
Analysis Of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Hitung	F-Tabel
Persentase Penguat	2	269,93	134,96	3,97	0,037
Kompaksi Panas	2	39,94	19,97	0,59	0,566
Persentase Penguat* Kompaksi Panas	4	282,43	70,61	2,07	0,127
Error	18	612,55	34,03		
Total	26	1204,85			

Menurut data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) uji kekerasan sebelum perlakuan sintering di atas, maka peneliti dapat membuat hipotesis diantaranya adalah :

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering.

Dalam hipotesis di atas berlaku kaidah untuk uji kekerasan sebelum perlakuan sintering sebagai berikut : H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 gagal ditolak. Kesimpulan yang peneliti ambil merujuk kepada tabel *Analysis of Variance* uji kekerasan sebelum perlakuan sintering di atas adalah :

- A. Merujuk pada faktor persentase penguat (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 di tolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor persentase penguat berpengaruh nyata terhadap nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- B. Merujuk pada faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor kompaksi panas berpengaruh nyata terhadap nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- C. Merujuk pada interaksi faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa interaksi faktor persentase penguat dan faktor kompaksi panas berpengaruh nyata terhadap nilai kekerasan sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.

4.5 Perlakuan Sintering

4.5.1 Prosedur Perlakuan Sintering

Pada saat spesimen telah selesai pada proses pengujian densitas dan pengujian kekerasan sebelum perlakuan sintering, langkah selanjutnya adalah memasukkan semua spesimen uji ke dalam oven untuk melakukan perlakuan sintering pada semua spesimen. Pada proses sintering peneliti melakukan perlakuan sintering dengan temperatur 600 °C dan waktu tunggu kurang lebih 10 menit. Kemudian setelah mencapai waktu tunggu 10 menit, semua spesimen didinginkan dengan suhu oven sampai semua spesimen benar-benar dingin. Berikut adalah gambar semua spesimen yang diberlakukan proses sintering.



Gambar 4. 12 Proses Sintering

4.6 Uji Densitas Sehabis Proses Sintering

4.6.1 Prosedur Uji Densitas Sehabis Sintering

Pada saat spesimen telah selesai pada proses perlakuan sintering dengan temperatur 600 °C dan waktu tunggu kurang lebih 10 menit, serta setiap spesimen diberi tanda dan kemudian langkah selanjutnya adalah menyiapkan alat yang dipakai untuk membantu proses uji densitas diantaranya gelas ukur, timbang digital, cairan *Aquadest*, dan tiang besi. Kemudian setiap spesimen di timbang dengan kondisi basah dengan meletakkan spesimen ke dalam cairan

yang ada di gelas ukur. Dibawah ini merupakan gambar dari proses uji densitas kering dan basah.



Gambar 4. 13 Prosedur Menimbang Spesimen Kering



Gambar 4. 14 Prosedur Menimbang Spesimen Basah

4.6.2 Pengolahan Data Dan Analisa Data Sehabis Sintering

Pada Uji Densitas prosedur dan alat yang dipakai untuk membantu proses uji densitas diantaranya gelas ukur, timbang digital, cairan *aquadest*, dan tiang besi. Kemudian untuk menghitung secara konvensional persamaan atau rumus yang digunakan adalah rumus 2.1 data dari hasil spesimen uji densitas kering dan spesimen uji densitas basah. Standar ASTM uji densitas yang digunakan adalah pendekatan ASTM B962-17.

Tabel 4. 7 Hasil Spesimen Di Timbang Kering (g)

No	Persentase	Kompaksi	Pengujian Kering (g)		
	Penguat	Panas			
	(%)	(Psi)	Spesimen		
			1	2	3
1	6	5200	34,13	23,25	45,45
2	6	5600	33,93	21,92	41,84
3	6	6000	34,00	33,61	44,47
4	10	5200	44,23	34,56	33,00
5	10	5600	33,45	24,06	20,67
6	10	6000	33,17	24,53	42,50
7	14	5200	34,15	42,38	44,45
8	14	5600	44,69	34,27	27,67
9	14	6000	44,45	23,58	24,22

Tabel 4. 8 Hasil Spesimen Di Timbang Basah (g)

No	Persentase	Kompaksi	Pengujian Basah (g)		
	Penguat	Panas			
	(%)	(Psi)	Spesimen		
			1	2	3
1	6	5200	19,11	11,59	27,31
2	6	5600	20,45	09,91	19,63
3	6	6000	15,70	16,39	23,13
4	10	5200	22,22	15,77	16,85
5	10	5600	17,61	11,51	09,06
6	10	6000	15,24	11,22	20,08
7	14	5200	16,58	19,34	22,06
8	14	5600	22,22	16,05	11,17
9	14	6000	19,43	11,90	12,28

Apabila sudah mendapatkan hasil menimbang spesimen baik basah dan kering, tahap berikutnya adalah menghitung nilai densitas dengan menggunakan pendekatan rumus uji densitas. Dibawah ini adalah hasil dari perhitungan nilai uji densitas selesai perlakuan sintering.

➤ Nilai Uji Densitas Spesimen Selesai Perlakuan Sintering

1. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 34,13 g

m_g : 19,11 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,13}{(34,13 - 19,11)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,13}{(15,02)} 1$$

$$\rho_m = 2,270 \text{ g/cm}^3$$

2. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 23,25 g

m_g : 11,59 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{23,25}{(23,25 - 11,59)} 1$$

$$\rho_m = \frac{23,25}{(11,66)} 1$$

$$\rho_m = 1,993 \text{ g/cm}^3$$

3. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 45,45 g

mg: 27,31 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{45,45}{(45,45 - 27,31)} 1$$

$$\rho_m = \frac{45,45}{(18,14)} 1$$

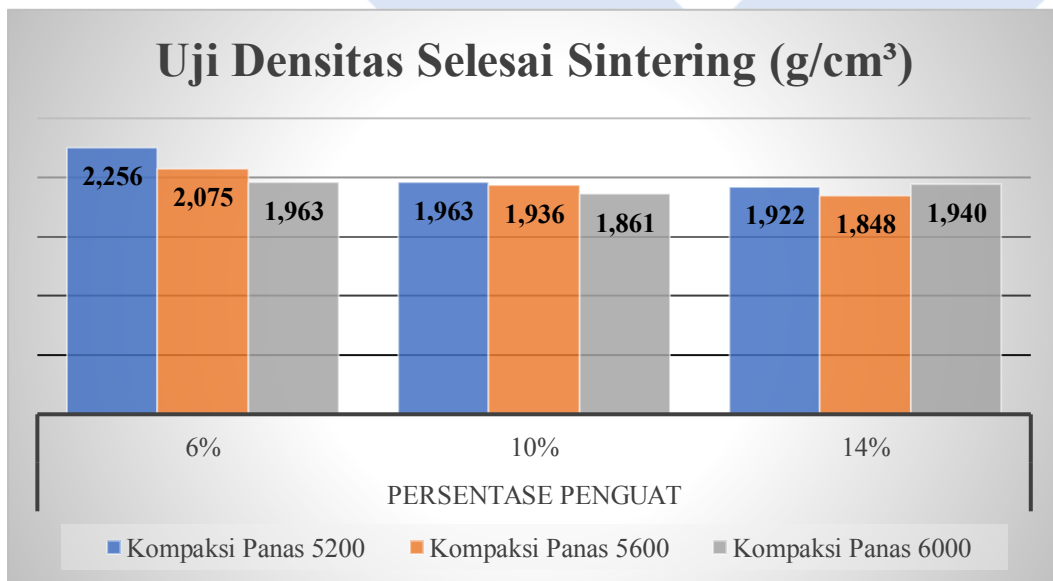
$$\rho_m = 2,505 \text{ g/cm}^3$$

Berikut adalah semua nilai uji densitas (*Density*) selesai perlakuan sintering yang peneliti hitung dengan pendekatan rumus uji densitas dengan nilai rata-rata dari 29 spesimen. Untuk perhitungan lengkap ada pada lampiran 4.

Tabel 4. 9 Nilai Perhitungan Uji Densitas Selesai Perlakuan Sintering (g/cm³)

No	Persentase Penguat	Kompaksi Panas	Nilai Densitas (g/cm ³)			Rata-Rata (g/cm ³)
	(%)	(Psi)	Spesimen			
			1	2	3	
1	6	5200	2,272	1,993	2,505	2,256
2	6	5600	2,517	1,825	1,883	2,075
3	6	6000	1,857	1,951	2,083	1,963
4	10	5200	2,009	1,839	2,043	1,963
5	10	5600	2,111	1,917	1,780	1,936
6	10	6000	1,849	1,842	1,892	1,861
7	14	5200	1,943	1,839	1,985	1,922
8	14	5600	1,988	1,881	1,676	1,848
9	14	6000	1,776	2,018	2,028	1,940

Berdasarkan tabel perhitungan nilai densitas selesai perlakuan sintering, maka apabila di buat grafik akan berlaku seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 15 Grafik Nilai Uji Densitas Selesai Sintering

Pada grafik nilai uji densitas selesai perlakuan sintering, spesimen dengan nilai densitas yang tinggi ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 6% penekanan kompaksi panas dua arah 5200 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 2,256 g/cm³. Sedangkan untuk nilai densitas yang paling rendah ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 14% penekanan kompaksi panas dua arah 5600 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 1,848 g/cm³. Dari gambar grafik nilai uji densitas selesai perlakuan sintering, memberikan kesimpulan bahwa perlakuan sintering pada semua spesimen sangat memengaruhi nilai densitas dari setiap spesimen uji, yang mana pada mulanya nilai densitas sebelum perlakuan sintering tertinggi ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 10% penekanan kompaksi panas dua arah 5200 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 2,055 g/cm³. Kemudian setelah selesai perlakuan sintering nilai densitas tertinggi berpindah pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 6% penekanan kompaksi panas dua arah 5200 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 2,256 g/cm³. Begitu juga dengan nilai densitas terendah pada mulanya sebelum perlakuan sintering nilai densitas terendah ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 6% penekanan kompaksi panas dua arah 5600 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 1,591 g/cm³. Kemudian setelah selesai perlakuan sintering nilai densitas terendah berpindah pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 14% penekanan kompaksi panas dua arah 5600 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai densitas 1,848 g/cm³. Maka hal ini sejalan dengan penelitian Muhammad Asep[19] bahwa perlakuan sintering sangat memengaruhi serta meningkatkan nilai densitas setiap spesimen uji. Hal ini dikarenakan pada saat perlakuan sintering ikatan-ikatan partikel antara pengikat dan penguat menyatu sehingga meminimalisir pori-pori dari setiap spesimen uji.

4.6.3 Uji ANNOVA Nilai Densitas Sebelum Sintering

Setelah nilai uji densitas selesai perlakuan sintering didapatkan, maka peneliti menganalisis pengaruh faktor persentase penguat dan nilai penekanan kompaksi panas yang diberikan agar mendapatkan kesimpulan. Pada analisis data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) peneliti menggunakan *Software Excel* dan memverifikasi data menggunakan *Software Manibat*. Berikut adalah tabel ANNOVA (*Analysis Of Variance*) nilai densitas sebelum perlakuan sintering.

Tabel 4. 10 Data Analysis Of Variance Uji Densitas Selesai Perlakuan Sintering
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Hitung	F-Tabel
Persentase Penguat	2	0,20979	0,10489	2,97	0,077
Kompaksi Panas	2	0,07716	0,03858	1,09	0,356
Persentase Penguat*	4	0,08535	0,02134	0,60	0,664
Kompaksi Panas					
Error	18	0,63490	0,03527		
Total	26	1,00721			

Menurut data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) uji densitas selesai perlakuan sintering di atas, maka peneliti dapat membuat hipotesis diantaranya adalah :

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai densitas selesai perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai densitas selesai perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas selesai perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas selesai perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas selesai perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai densitas selesai perlakuan sintering.

Dalam hipotesis di atas berlaku kaidah untuk uji densitas selesai perlakuan sintering sebagai berikut : H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 gagal ditolak. Kesimpulan yang peneliti ambil merujuk kepada tabel *Analysis of Variance* uji densitas selesai perlakuan sintering di atas adalah :

- A. Merujuk pada faktor persentase penguat (faktor A), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 di tolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor persentase penguat berpengaruh nyata terhadap nilai densitas sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- B. Merujuk pada faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 di tolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor kompaksi panas berpengaruh nyata terhadap nilai densitas sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- C. Merujuk pada interaksi faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga H_0 gagal tolak dan H_1 ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa interaksi faktor persentase penguat dan faktor kompaksi panas berpengaruh tidak nyata terhadap nilai densitas sebelum perlakuan sintering komposit material kampas rem.

4.7 Uji Kekerasan Sehabis Proses Sintering

4.7.1 Prosedur Uji Kekerasan sehabis Sintering

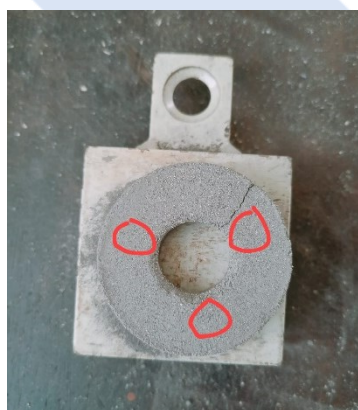
Pada saat spesimen telah selesai pada proses perlakuan sintering dengan temperatur 600 °C dan waktu tunggu kurang lebih 10 menit, serta setiap spesimen diberi tanda dan kemudian langkah selanjutnya adalah menyiapkan alat yang dipakai untuk membantu proses uji kekerasan diantaranya alat uji kekerasan *Portabel*. Kemudian setiap spesimen di uji menggunakan alat *Portabel* menggunakan pendekatan standar ASTM E110-14. Dibawah ini merupakan gambar prosedur uji kekerasan sehabis perlakuan sintering.



Gambar 4. 16 Prosedur Uji Kekerasan



Gambar 4. 17 Nilai Kekerasan Yang Terbaca



Gambar 4. 18 Hasil Penekanan Alat Uji Portable

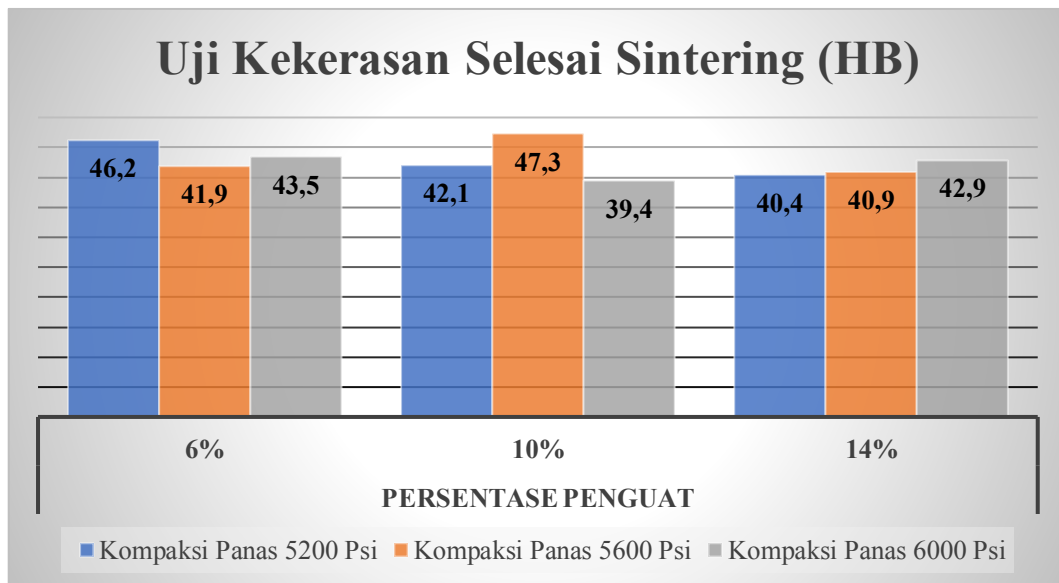
4.7.2 Pengolahan Data Dan Analisa Data sehabis Perlakuan Sintering

Pada uji kekerasan prosedur dan alat yang dipakai untuk membantu proses uji kekerasan adalah alat uji kekerasan *Portable*. Alat *Portable* pada saat digunakan dimana nilai kekerasan akan langsung keluar pada alat *Portable*. Di bawah ini adalah semua hasil uji kekerasan sehabis perlakuan sintering menggunakan alat uji kekerasan *Portable*.

Tabel 4. 11 Hasil Spesimen Uji Kekerasan Selesai Perlakuan Sintering (HB)

No	Persentase Penguat	Kompaksi Panas	Nilai Kekerasan (HB)			Rata-Rata (HB)
	(%)	(Psi)	Spesimen			
			1	2	3	
1	6	5200	47,3	46,3	45	46,2
2	6	5600	46,6	39,6	39,6	41,9
3	6	6000	54	41,6	35	43,5
4	10	5200	40,6	41,6	44	42,1
5	10	5600	36,3	52,3	53,3	47,3
6	10	6000	39,6	42,3	36,3	39,4
7	14	5200	40	44	37,3	40,4
8	14	5600	43,6	38	41	40,9
9	14	6000	36,6	48,6	43,6	42,9

Apabila melihat tabel 4.8 yang di atas, grafik yang berlaku untuk nilai kekerasan adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 19 Grafik Uji Kekerasan Selesai Perlakuan Sintering

Pada grafik uji kekerasan spesimen selesai perlakuan sintering, spesimen dengan nilai kekerasan yang tinggi ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 10% penekanan kompaksi panas dua arah 5600 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai kekerasan 47,3 HB. Sedangkan untuk nilai kekerasan yang paling rendah ada pada persentase penguat yang terdiri dari pasir silika dan *Boiler Fly Ash* dengan persentase 10% penekanan kompaksi panas dua arah 6000 Psi dengan suhu 300°C mendapatkan nilai kekerasan 39,4 HB. Dari gambar grafik nilai uji kekerasan selesai perlakuan sintering, memberikan kesimpulan bahwa perlakuan sintering dengan suhu 600 °C dengan waktu tunggu 10 menit menurunkan nilai kekerasan dari pada uji kekerasan sebelum perlakuan sintering. Hal ini dikarenakan suhu sintering dengan 600 °C terlalu tinggi untuk serbuk aluminium dengan kadar kemurnian 83% sampai 84%. Menurut penelitian M. Sony Alviandra [28] titik leleh dari *aluminium silicon alloys* (Al-Si) kurang lebih 577 °C. Maka dapat disimpulkan bahwa suhu sintering dalam penelitian ini lebih dari pada titik leleh serbuk aluminium (Al-Si) sehingga memengaruhi penurunan kekerasan pada setiap spesimen uji. Berdasarkan penelitian Wahyono Suprpto [12] temperatur yang ideal dari proses perlakuan sintering ada pada 70 % sampai 80% dari titik leleh serbuk utama.

4.7.3 Uji ANNOVA Nilai Kekerasan Sebelum Sintering

Setelah nilai uji kekerasan selesai perlakuan sintering didapatkan, maka peneliti menganalisis pengaruh faktor persentase penguat dan nilai penekanan kompaksi panas yang diberikan agar mendapatkan kesimpulan. Pada analisis data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) peneliti menggunakan *Software Excel* dan memverifikasi data menggunakan *Software ManiTab*. Berikut adalah tabel ANNOVA (*Analysis Of Variance*) nilai kekerasan selesai perlakuan sintering.

Tabel 4. 12 Data *Analysis Of Variance* Uji Kekerasan
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Hitung	F-Tabel
Persentase Penguat	2	28,07	14,04	0,47	0,633
Kompaksi Panas	2	35,97	17,98	0,60	0,559
Persentase Penguat*	4	99,52	24,88	0,83	0,523
Kompaksi Panas					
Error	18	538,70	29,93		
Total	26	702,27			

Menurut data ANNOVA (*Analysis Of Variance*) uji kekerasan selesai perlakuan sintering di atas, maka peneliti dapat membuat hipotesis diantaranya adalah :

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan selesai perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan selesai perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan selesai perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan selesai perlakuan sintering.

H_0 : Berpengaruh tidak nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan selesai perlakuan sintering.

H_1 : Berpengaruh nyata variasi persentase penguat dan kompaksi panas komposit material kampas rem mengenai nilai kekerasan selesai perlakuan sintering.

Dalam hipotesis di atas berlaku kaidah untuk uji kekerasan selesai perlakuan sintering sebagai berikut : H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 gagal ditolak. Kesimpulan yang peneliti ambil merujuk kepada tabel *Analysis of Variance* uji kekerasan sebelum perlakuan sintering di atas adalah :

- A. Merujuk pada faktor persentase penguat (faktor A), nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga H_0 gagal di tolak dan H_1 ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor persentase penguat berpengaruh tidak nyata terhadap nilai kekerasan selesai perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- B. Merujuk pada faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa faktor kompaksi panas berpengaruh nyata terhadap nilai kekerasan selesai perlakuan sintering komposit material kampas rem.
- C. Merujuk pada interaksi faktor persentase penguat (faktor A) dan faktor kompaksi panas (faktor B), nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 gagal ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa interaksi faktor persentase penguat dan faktor kompaksi panas berpengaruh nyata terhadap nilai kekerasan selesai perlakuan sintering komposit material kampas rem.

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 tabel perbandingan nilai antara penelitian sebelumnya dan penelitian ini.

Tabel 4. 13 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nilai Uji	Kampas SNI		
	Penelitian ini	M.Asep	Syarat SNI
Nilai Densitas	2,256 g/cm ³	2,368 g/cm ³	1,5-2,4 g/cm ³
Nilai kekerasan	47,3 HB	71,8 HB	68-105 BHN

Dari tabel diatas, dapat kita ketahui nilai densitas pada penelitian ini mempunyai nilai densitas tertinggi sebesar 2,256 g/cm³ dan nilai densitas pada penelitian M. Asep[19] menghasilkan nilai densitas tertinggi sebesar 2,368 g/cm³, maka nilai densitas penelitian tersebut memenuhi syarat untuk standar SNI dalam membuat material kampas rem, karena syarat nilai densitas oleh SNI sebesar 1,5-2,4 g/cm³. Sedangkan pada penelitian ini, nilai densitas yang didapatkan juga memenuhi syarat pada standar kampas rem SNI namun nilai densitas tersebut masih rendah di bandingkan dengan penelitian yang dilakukan M. Asep [19]. Hal tersebut disebabkan karena suhu kompaksi panas dari penelitian tersebut lebih besar yaitu 500°C dengan waktu tahan 10 menit. Dan penelitian tersebut juga menggunakan suhu sintering lebih besar yaitu 610°C dengan waktu tahan 10 menit. Sedangkan pada penelitian ini, suhu kompaksi panas yang digunakan sebesar 400 °C dengan waktu tahan 10 menit. Dan penelitian ini menggunakan suhu sintering lebih rendah yaitu 600°C dengan waktu tahan 10 menit.

Untuk nilai kekerasan yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 47,3 HB sedangkan pada penelitian M. Asep [19] nilai kekerasan yang didapat sebesar 71,8 HB. Maka nilai kekerasan pada penelitian M. Asep sudah memenuhi syarat kekerasan kampas rem SNI. Sedangkan untuk penelitian ini belum memenuhi syarat kekerasan kampas rem SNI. Hal ini dikarenakan peresentasi penguat pada penelitian ini sebesar 10 % dan suhu kompaksi masih rendah yaitu 400 °C dengan penekanan kompaksi panas 5600 Psi, kemudian perlakuan sintering dengan suhu 600 °C. Maka dari itu persentase penguat dan penekanan kompaksi panas memengaruhi nilai kekerasan kampas rem sepeda motor.

BAB V PENUTUP

Menuruti bahasan hasil penelitian diatas, maka peneliti dapat mengambil kesimpulan sebagai dibawah:

5.1 Kesimpulan

1. Semakin rendah peresentase penguat yang terdiri dari *Boiler Fly Ash* dan pasir silika maka, nilai densitas dan nilai kekerasan akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin rendah peresentase penguat, maka otomatis matrik serbuk aluminium lebih banyak. Sehingga pada saat perlakuan sintering pada sampel mengalami pengurangan rongga-rongga atau porositas sehingga mengakibatkan nilai densitas dan nilai kekerasan meningkat.
2. Semakin rendah tekanan kompaksi panas maka, nilai densitas dan nilai kekerasan akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin rendah tekanan kompaksi panas, kerapatan dan ikatan partikel serbuk berkurang. Akan tetapi pada saat perlakuan sintering setiap sampel mengalami pengurangan rongga-rongga atau porositas dan ikatan partikel serbuk mengalami peningkatan sehingga mengakibatkan nilai densitas dan nilai kekerasan meningkat.

5.2 Saran

Untuk proses pengembangan selanjutnya yang sesuai dengan metodologi, bahan, dan konsep yang sama, peneliti sedikit dapat menyarankan untuk membantu proses penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Untuk melakukan penelitian dengan menggunakan metode *Powder Metallurgy* atau metalurgi serbuk dapat mengembangkan material matrik (pengikat) dan material penguat (pengisi) yang berbeda.
2. Melakukan penelitian dengan metode metalurgi serbuk mewajibkan meningkatkan ketelitian dalam perhitungan dan analisa data.
3. Meningkatkan metode pengolahan data dan analisa data yang lain agar mendapatkan hasil yang maksimal.

4. Menambahkan variabel penelitian seperti suhu penekanan kompaksi panas, penekan, dan waktu tahan pada saat pencetakan spesimen.
5. Pada saat prosedur pencetakan spesimen harus megutamakan keselamatan dan memakai perlengkapan *safety*.
6. Apabila penelitian berikutnya menggunakan serbuk aluminium hasil daur ulang, maka hal yang harus wajib peneliti berikutnya perhatikan adalah suhu sintering harus berada di bawah titik leleh serbuk aluminium hasil daur ulang.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, “Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2022,” 2022.
- [2] S. Ahmad, Taufik, Darmanto, Imam, “Analisis Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Kecepatan,” *J. Ilm. Momentum*, vol. 14, no. 1, hal. 78–83, 2018.
- [3] R. Kennedy, E. Surojo, dan W. Wisnu Raharjo, “Studi Karakteristik Kampas Rem Kendaraan Penumpang Type Oes (Original Equipment Sparepart) Dan Am (After Market) Pada Dry Dan Wet Sliding,” *Mek. Maj. Ilm. Mek.*, vol. 18, no. 1, hal. 28–34, 2019.
- [4] Suhardiman dan M. Syaputra, “Analisa Keausan Kampas Rem Non Asbes Terbuat Dari Komposit Polimer Serbuk Padi dan Tempurung Kelapa,” *J. Invotek Polbeng*, vol. 07, no. 2, hal. 210–214, 2017.
- [5] T. Beliantara, “Pengaruh Barium Sulfat (BaSO_4) terhadap Ketahanan Aus Komposit Abu Terbang Batubara (Fly Ash) / Phenolic,” 2021.
- [6] I. B. Asbestos Network, “67 Negara Melarang Asbestos, Mengapa Indonesia Masih Menggunakannya?” [Daring]. Tersedia pada: <https://inaban.org/67-negara-melarang-asbes-mengapa-indonesia-masih-menggunakannya/>
- [7] I. Buana dan D. A. Harahap, “Asbestos, Radon Dan Polusi Udara Sebagai Faktor Resiko Kanker Paru Pada Perempuan Bukan Perokok,” vol. 8, no. 1, hal. 1, 2022.
- [8] P. Blau, “Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives,” 2001.
- [9] R. Irwansyah, R. Rodika, A. Wanto, M. Wahyudi, dan S. Wiryono, “Pengaruh Pemadatan Dua-arah Penekanan Terhadap Densitas dan Kekerasan AMC diperkuat Serbuk Silikon Dioksida,” *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, hal. 265–272, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1902.

- [10] M. Rismiani, “Ketahanan Korosi Sistem Lapisan Al dan Nicrsi dengan Metode Thermal Spray,” *Repository.Uinjt.Ac.Id*, 2020.
- [11] A. M. Simanjuntak dan S. Abda, “Karakterisasi Komposit Matriks Logam Al-SiC pada Produk Kanvas Rem Kereta Api,” *J. E-Dinamis*, vol. 6, no. 2, hal. 61–69, 2013.
- [12] W. Suprpto, *Teknologi Metalurgi Serbuk*. Solo: Pena Mas Publishing, 2015.
- [13] N. A. Hadianto, “Analisis Efisiensi Kebutuhan Steam Pada Penentuan Jenis Bahan Bakar Boiler Menggunakan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus : PT . Bumi Pratama Khatulistiwa POM (Palm Oil Mill),” 2024.
- [14] B. P. Simanjorang *dkk.*, “Pembuatan Dan Analisa Sifat Mekanik Komposit Dengan Penguat Abu (Fly Ash) Cangkang Sawit Untuk Bahan Kampas Rem Sepeda Motor,” no. 1, hal. 42–50, 2017.
- [15] A. S. Adam Arfandi, Ahmad Arjuna, Maulana Malik Ibrahim, “Peningkatan Kinerja Mesin Pencacah Brondolan Sawit,” *SNITT*, hal. 3–6, 2022.
- [16] N. Susanti *dkk.*, “Pengaruh Perlakuan Termal Terhadap Karakteristik Aspal Komposit Berbasis Silika Sekam Padi,” *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 8, no. 1, hal. 120–126, 2020.
- [17] R. A. G. Sukarman, “Lahan Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka dan Belitung , Indonesia dan Kesesuaiannya untuk Komoditas Pertanian,” vol. 1852, hal. 101–114, 2017.
- [18] Subarmono, “Utilization Of Fly Aah Waste As Reinforcement Of Aluminium Matrix Composite Produced Using Powder Metallurgy,” 2011.
- [19] M. Asep, “Pembuatan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Pasir Silika Tailing Timah,” 2023.
- [20] S. Y. Manggala, “Pengembangan Kampas Rem Dari Komposit Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Serbuk Alumunium Dengan Pengikat Resin

Polyester,” hal. 1–71, 2021.

- [21] Sukanto, “The Effect Of Milling Time On The Alumina Phase Transformation In The AMCs Powder Metallurgy Reinforced By Silica-Sand-Tailings,” no. 1, hal. 103–117, 2022, doi: 10.21303/2461-4262.2022.001906.
- [22] M. Azissyukhron dan S. Hidayat, “Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite,” vol. 1, no. 1, hal. 1–5, 2018.
- [23] T. P. Harmi, *Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer*, Septi Budi. 2018.
- [24] Suarsana, *Ilmu Material Teknik*. Denpasar, 2017.
- [25] R. B. S. Majanasastra, “Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063,” vol. 4, no. 2, hal. 15–30.
- [26] Parwening Sabdo Hermawan, “Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem Dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang,” hal. 10–15, 2009.
- [27] M.N. Habibiy, “Analisa Pengaruh Penambahan Titanium (Ti) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Produksi Sepatu Kampas Rem Daur Ulang Berbahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Dengan Metode Pengecoran Squeeze,” vol. 10, no. 2, 2014.
- [28] M. Sony Alviandra, Jumiadi, “Pengaruh Penambahan Unsur Paduan Magnesium Pada Al-Si Menggunakan Dapur Krusibel Terhadap Sifat Kekerasan Dan Struktur Mikro,” 2017.
- [29] H. Riyanto, “Pengaruh Penambahan Silika Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Silika - Karet Alam,” 2018.

- [30] Budi Saputra, “Pengaruh Pengulangan Penyemprotan Dan Ukuran Pasir Silika Pada Proses Sandblasting Terhadap Kekerasan Permukaan Baja SS400,” 2020.
- [31] M. A. Sultan, I. Imran, dan M. Faujan, “Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Batubara (Fly Ash) Ex PLTU Rum Pada Campuran Beton,” *Teras J.*, vol. 9, no. 2, hal. 83, 2019.
- [32] S. Ahyuriza, “Analisis Pengaruh Variasi Konsentrasi Fly Ash Kelapa Sawit Terhadap Filtration Loss Dan Free Water Pada Semen Pemboran Kelas G,” hal. 10–48, 2019.
- [33] Suprianto, *Metalurgi Serbuk Teknologi dan Sintesis Paduan Logam*. Kota Medan: USU Press 2023, 2023.
- [34] Mulia Ardiansyah, “Pengaruh Ukuran Serbuk Aluminium Terhadap Hardness Pada Proses Metalurgi Serbuk,” 2021.
- [35] P. Jhony, “Analisa Pengaruh Temperatur Dan Waktu Tahan Sintering Terhadap Ikatan Antar Muka Pada Komposit Matrik Logam Cu-10%wtSn Dengan Metode Metalurgi Serbuk,” 2014.
- [36] S. A. Lubis, “Analisis Keausan Kampas Rem Sepeda Motor Berbahan Komposit Serbuk Aluminium,” 2022.
- [37] M. G. Al Ghifari, “Rekayasa Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Alumina Dan Baggase Ash Dengan Metode Metalurgi Serbuk,” 2024.
- [38] Dapartemen Pendidikan nasional, “Kamus Besar Bahasa Indonesia,” hal. 8–23, 2008.
- [39] J. D. Kusuma, “Penegakan Hukum Tindak Pidana Mengakses Komputer Dan Atau Sistem Elektronik Milik Orang Lain Yang Dilakukan Oleh Warga Negara Asing (Studi Di Pengadilan Negeri Mataram),” vol. 1, no. 2, 2018.
- [40] H. Setiawan, “Pengujian Kekerasan Dan Komposisi Kimia Produk Cor Propeler Alumunium,” *Pros. SNST Semarang*, vol. 4, no. 6, hal. 31–36, 2014.

- [41] P. K. Pertiwi, “Uji Densitas dan Porositas pada Batuan dengan Menggunakan Neraca O Houss dan Neraca Pegas,” hal. 1–5, 2015.
- [42] A. International, “Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes’ Principle,” hal. 5–7, 2017, doi: 10.1520/B0962-17.2.
- [43] Lydea Trinovinty Dewi, “Penentuan Kombinasi Komposisi Paving Dengan Menggunakan Metode Full Faktorial Design,” 2011.



Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Data Pribadi

Nama Lengkap : AKHMAD HASYIM FIKRI
Tempat & Tanggal Lahir : KAYU BESI, 18 MEI 2001
Alamat Rumah : Jl. Raya Desa Kayu Besi, Gg. Sriwijaya,
Kec. Puding Besar, Kab. Bangka, Prov. Kepulauan
Bangka Belitung
Telp : 0838-9196-3407
Email : fikrirobot18@gmail.com
Jenis Kelamin : LAKI-LAKI
Agama : ISLAM

2. Riwayat Pendidikan

SDN 04 Kayu Besi (2007-2012)

SMPN 01 Puding Besar (2013-2016)

SMK Muhammadiyah Sungailiat (2016-2019)

Kayu Besi, 27 Juli 2024

Akhmad Hasyim Fikri

Lampiran 2 Sertifikat Pengujian Serbuk Aluminium Hasil Daur Ulang

SERTIFIKAT PENGUJIAN SERBUK ALUMINIUM HASIL DAUR ULANG



POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER
LABORATORIUM LOGAM CEPER
Batur, Tegalrejo, Cepher, Klaten 57465 - Jawa Tengah, Telp./Fax. (0272) 552968
Website : www.polmanceper.ac.id; E-mail : lab_polmanceper@yahoo.co.id



KAN
Kantor Nasional
Laboratorium Pengujian
LP - 546 - IDN

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 137.1/UJI/SPBR/IV/2023

Pelanggan : Prof. Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.
Universitas Brawijaya

Ket. Sampel : Langsung Produk
A. PM

Hasil :

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia

Metode Pengujian : ASTM E 415 - 08

Grade : AI100

Tanggal Diterima : 03 April 2023

Tanggal Pengujian : 05 April 2022

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



Klaten, 05 April 2023

Manajer Teknik



Lutfiyahni, ST., MT.

Laporan ini tidak boleh digunakan sebagai
dasar pengujian lain tanpa terlebih dahulu sampel yang diuji

Lampiran 3 Nilai Uji Densitas Spesimen Sebelum Perlakuan Sintering

➤ Nilai Uji Densitas Spesimen Sebelum Perlakuan Sintering

• Perhitungan Uji Densitas Spesimen Dari Persentase Penguat 6%

1. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 35,62 g

m_g : 09,62 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{35,62}{(35,62 - 09,62)} 1$$

$$\rho_m = \frac{35,62}{(26)} 1$$

$$\rho_m = 1,37 \text{ g/cm}^3$$

2. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 24,24 g

m_g : 12,55 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{24,24}{(24,24 - 12,55)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,24}{(11,59)} 1$$

$$\rho_m = 2,091 \text{ g/cm}^3$$

3. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 46,51 g

mg: 20,73 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{46,51}{(46,51 - 20,73)} 1$$

$$\rho_m = \frac{46,51}{(25,78)} 1$$

$$\rho_m = 1,804 \text{ g/cm}^3$$

4. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 34,82 g

mg: 06,92 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,82}{(34,82 - 06,92)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,82}{(27,9)} 1$$

$$\rho_m = 1,248 \text{ g/cm}^3$$

5. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 23,64 g

m_g : 08,90 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{23,64}{(23,64 - 08,90)} 1$$

$$\rho_m = \frac{23,64}{(14,74)} 1$$

$$\rho_m = 1,603 \text{ g/cm}^3$$

6. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 42,56 g

m_g : 20,45 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{42,56}{(42,56 - 20,45)} 1$$

$$\rho_m = \frac{42,56}{(22,11)} 1$$

$$\rho_m = 1,924 \text{ g/cm}^3$$

7. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 6000 Psi

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

***ms* : 35,02 g**

***mg* : 17,69 g**

***ρ_{H_2O}* : 1 g/cm³**

Jawab :

$$\rho_m = \frac{35,02}{(35,02-17,69)} 1$$

$$\rho_m = \frac{35,02}{(17,33)} 1$$

$$\rho_m = 2,020 \text{ g/cm}^3$$

8. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

***ms* : 34,03 g**

***mg* : 08,00 g**

***ρ_{H_2O}* : 1 g/cm³**

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,03}{(34,03-08,00)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,03}{(26,03)} 1$$

$$\rho_m = 1,307 \text{ g/cm}^3$$

9. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m

m_s : 44,02 g

m_g : 13,71 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,02}{(44,02-13,71)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,02}{(30,31)} 1$$

$$\rho_m = 1,452 \text{ g/cm}^3$$

- **Perhitungan Uji Densitas Spesimen Dari Persentase Penguat 10%**

10. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m

m_s : 45,51 g

m_g : 23,60 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{45,51}{(45,51-23,60)} 1$$

$$\rho_m = \frac{45,51}{(21,91)} 1$$

$$\rho_m = 2,077 \text{ g/cm}^3$$

11. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m

ms : 34,60 g

mg: 18,10 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,60}{(34,60-18,10)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,60}{(16,5)} 1$$

$$\rho_m = 2,096 \text{ g/cm}^3$$

12. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 33,99 g

mg: 16,95 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,99}{(33,99-16,95)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,99}{(17,04)} 1$$

$$\rho_m = 1,994 \text{ g/cm}^3$$

13. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 34,77 g

mg: 17,41 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,77}{(34,77-17,41)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,77}{(17,36)} 1$$

$$\rho_m = 2,002 \text{ g/cm}^3$$

14. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 24,36 g

mg: 11,88 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{24,36}{(24,36-11,88)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,36}{(12,48)} 1$$

$$\rho_m = 1,951 \text{ g/cm}^3$$

15. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 23,52 g

mg: 10,94 g

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{23,52}{(23,52-10,94)} 1$$

$$\rho_m = \frac{23,52}{(12,58)} 1$$

$$\rho_m = 1,869 \text{ g/cm}^3$$

16. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$m_s : 34,34 \text{ g}$

$m_g : 18,89 \text{ g}$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,34}{(34,34-18,89)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,34}{(15,45)} 1$$

$$\rho_m = 2,222 \text{ g/cm}^3$$

17. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$m_s : 25,09 \text{ g}$

$m_g : 11,81 \text{ g}$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{25,09}{(25,09-11,81)} 1$$

$$\rho_m = \frac{25,09}{(13,28)} 1$$

$$\rho_m = 1,889 \text{ g/cm}^3$$

18. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$m_s : 44,57 \text{ g}$

$m_g : 21,43 \text{ g}$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,57}{(44,57-21,43)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,57}{(23,14)} 1$$

$$\rho_m = 1,926 \text{ g/cm}^3$$

- **Perhitungan Uji Densitas Spesimen Dari Persentase Penguat 14%**

19. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$m_s : 33,59 \text{ g}$

$m_g : 17,59 \text{ g}$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,59}{(33,59-17,59)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,59}{(16)} 1$$

$$\rho_m = 2,099 \text{ g/cm}^3$$

20. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 42,36 g

mg: 21,64 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{42,36}{(42,36-21,64)} 1$$

$$\rho_m = \frac{42,36}{(20,72)} 1$$

$$\rho_m = 2,044 \text{ g/cm}^3$$

21. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 44,86 g

mg: 22,06 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,86}{(44,86-22,06)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,86}{(22,8)} 1$$

$$\rho_m = 1,967 \text{ g/cm}^3$$

22. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 45,27 g

m_g : 20,49 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{45,27}{(45,27-20,49)} 1$$

$$\rho_m = \frac{45,27}{(24,78)} 1$$

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

23. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 35,04 g

m_g : 13,98 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{35,04}{(35,04-13,98)} 1$$

$$\rho_m = \frac{35,04}{(21,06)} 1$$

$$\rho_m = 1,663 \text{ g/cm}^3$$

24. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 30,95 g

m_g : 12,91 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{30,95}{(30,95-12,92)} 1$$

$$\rho_m = \frac{30,95}{(18,03)} 1$$

$$\rho_m = 1,716 \text{ g/cm}^3$$

25. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 45,02 g

m_g : 21,83 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{45,02}{(45,02-21,83)} 1$$

$$\rho_m = \frac{45,02}{(23,19)} 1$$

$$\rho_m = 1,941 \text{ g/cm}^3$$

26. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$$m_s : 24,98 \text{ g}$$

$$m_g : 12,33 \text{ g}$$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{24,98}{(24,98 - 12,33)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,98}{(12,65)} 1$$

$$\rho_m = 1,974 \text{ g/cm}^3$$

27. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$$m_s : 24,20 \text{ g}$$

$$m_g : 11,13 \text{ g}$$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{24,20}{(24,20 - 11,13)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,20}{(13,07)} 1$$

$$\rho_m = 1,851 \text{ g/cm}^3$$

Lampiran 4 Nilai Uji Densitas Spesimen Selesai Perlakuan Sintering

➤ Nilai Uji Densitas Spesimen Selesai Perlakuan Sintering

• Perhitungan Uji Densitas Spesimen Dari Persentase Penguat 6%

1. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 34,13 g

mg: 19,11 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,13}{(34,13-19,11)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,13}{(15,02)} 1$$

$$\rho_m = 2,272 \text{ g/cm}^3$$

2. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 23,25 g

mg: 11,59 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{23,25}{(23,25 - 11,59)} 1$$

$$\rho_m = \frac{23,25}{(11,66)} 1$$

$$\rho_m = 1,993 \text{ g/cm}^3$$

3. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 45,45 g

mg: 27,31 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{45,45}{(45,45 - 27,31)} 1$$

$$\rho_m = \frac{45,45}{(18,14)} 1$$

$$\rho_m = 2,505 \text{ g/cm}^3$$

4. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 33,93 g

mg: 20,45 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,93}{(33,93 - 20,45)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,93}{(13,48)} 1$$

$$\rho_m = 2,517 \text{ g/cm}^3$$

5. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 21,92 g

mg: 09,91 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{21,92}{(21,92-09,91)} 1$$

$$\rho_m = \frac{21,92}{(12,01)} 1$$

$$\rho_m = 1,825 \text{ g/cm}^3$$

6. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 41,84 g

mg: 19,63 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{41,84}{(41,84-19,63)} 1$$

$$\rho_m = \frac{41,84}{(22,21)} 1$$

$$\rho_m = 1,883 \text{ g/cm}^3$$

7. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 6000 Psi

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 34,00 g

m_g : 15,70 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,00}{(34,00 - 15,70)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,00}{(18,3)} 1$$

$$\rho_m = 1,857 \text{ g/cm}^3$$

8. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 33,61 g

m_g : 16,39 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,61}{(33,61 - 16,39)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,61}{(17,22)} 1$$

$$\rho_m = 1,951 \text{ g/cm}^3$$

9. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 6% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 44,47 g

m_g : 23,13 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,47}{(44,47-23,13)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,47}{(21,34)} 1$$

$$\rho_m = 2,083 \text{ g/cm}^3$$

- **Perhitungan Uji Densitas Spesimen Dari Persentase Penguat 10%**

10. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 44,23 g

m_g : 22,22 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,23}{(44,23-22,22)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,23}{(22,01)} 1$$

$$\rho_m = 2,009 \text{ g/cm}^3$$

11. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 34,56 g

m_g : 15,77 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,56}{(34,56-15,77)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,56}{(18,79)} 1$$

$$\rho_m = 1,839 \text{ g/cm}^3$$

12. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 33,00 g

m_g : 16,85 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,00}{(33,00-16,85)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,00}{(16,15)} 1$$

$$\rho_m = 2,043 \text{ g/cm}^3$$

13. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 33,45 g

mg: 17,61 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,45}{(33,45-17,61)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,45}{(15,84)} 1$$

$$\rho_m = 2,111 \text{ g/cm}^3$$

14. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 24,06 g

mg: 11,51 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{24,06}{(24,06-11,51)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,06}{(12,55)} 1$$

$$\rho_m = 1,917 \text{ g/cm}^3$$

15. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 20,67 g

mg: 09,06 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{20,67}{(20,67-09,06)} 1$$

$$\rho_m = \frac{20,67}{(11,61)} 1$$

$$\rho_m = 1,780 \text{ g/cm}^3$$

16. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 33,17 g

mg: 15,24 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{33,17}{(33,17-15,24)} 1$$

$$\rho_m = \frac{33,17}{(17,93)} 1$$

$$\rho_m = 1,849 \text{ g/cm}^3$$

17. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 24,53 g

m_g : 11,22 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{24,53}{(24,53-11,22)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,53}{(13,31)} 1$$

$$\rho_m = 1,842 \text{ g/cm}^3$$

18. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 10% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 42,50 g

m_g : 20,04 g

ρ_{H_2O} : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{42,50}{(42,50-20,04)} 1$$

$$\rho_m = \frac{42,50}{(22,46)} 1$$

$$\rho_m = 1,892 \text{ g/cm}^3$$

- **Perhitungan Uji Densitas Spesimen Dari Persentase Penguat 14%**

19. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

m_s : 34,15 g

mg: 16,58 g

pH_2O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,15}{(34,15-16,58)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,15}{(17,57)} 1$$

$$\rho_m = 1,943 \text{ g/cm}^3$$

20. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 42,38 g

mg: 19,34 g

pH_2O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{42,38}{(42,38-19,34)} 1$$

$$\rho_m = \frac{42,38}{(23,04)} 1$$

$$\rho_m = 1,839 \text{ g/cm}^3$$

21. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5200 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 44,45 g

mg: 22,06 g

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,45}{(44,45-22,06)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,45}{(22,39)} 1$$

$$\rho_m = 1,985 \text{ g/cm}^3$$

22. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$$m_s : 44,69 \text{ g}$$

$$m_g : 22,22 \text{ g}$$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,69}{(44,69-22,22)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,69}{(22,47)} 1$$

$$\rho_m = 1,988 \text{ g/cm}^3$$

23. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

$$m_s : 34,27 \text{ g}$$

$$m_g : 16,05 \text{ g}$$

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

Jawab :

$$\rho_m = \frac{34,27}{(34,27-16,05)} 1$$

$$\rho_m = \frac{34,27}{(18,21)} 1$$

$$\rho_m = 1,881 \text{ g/cm}^3$$

24. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 5600 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 27,67 g

mg: 11,17 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{27,67}{(27,67-11,17)} 1$$

$$\rho_m = \frac{27,67}{(16,5)} 1$$

$$\rho_m = 1,676 \text{ g/cm}^3$$

25. Perhitungan uji densitas spesimen 1 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 44,45 g

mg: 19,43 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{44,45}{(44,45-19,43)} 1$$

$$\rho_m = \frac{44,45}{(25,02)} 1$$

$$\rho_m = 1,776 \text{ g/cm}^3$$

26. Perhitungan uji densitas spesimen 2 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 23,58 g

mg: 11,90 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

$$\rho_m = \frac{23,58}{(23,58-11,90)} 1$$

$$\rho_m = \frac{23,58}{(11,68)} 1$$

$$\rho_m = 2,018 \text{ g/cm}^3$$

27. Perhitungan uji densitas spesimen 3 dari persentase penguat 14% tekanan kompaksi panas 6000 Psi.

Diketahui :

Ditanya : ρ_m ?

ms : 24,22 g

mg: 12,28 g

pH₂O : 1 g/cm³

Jawab :

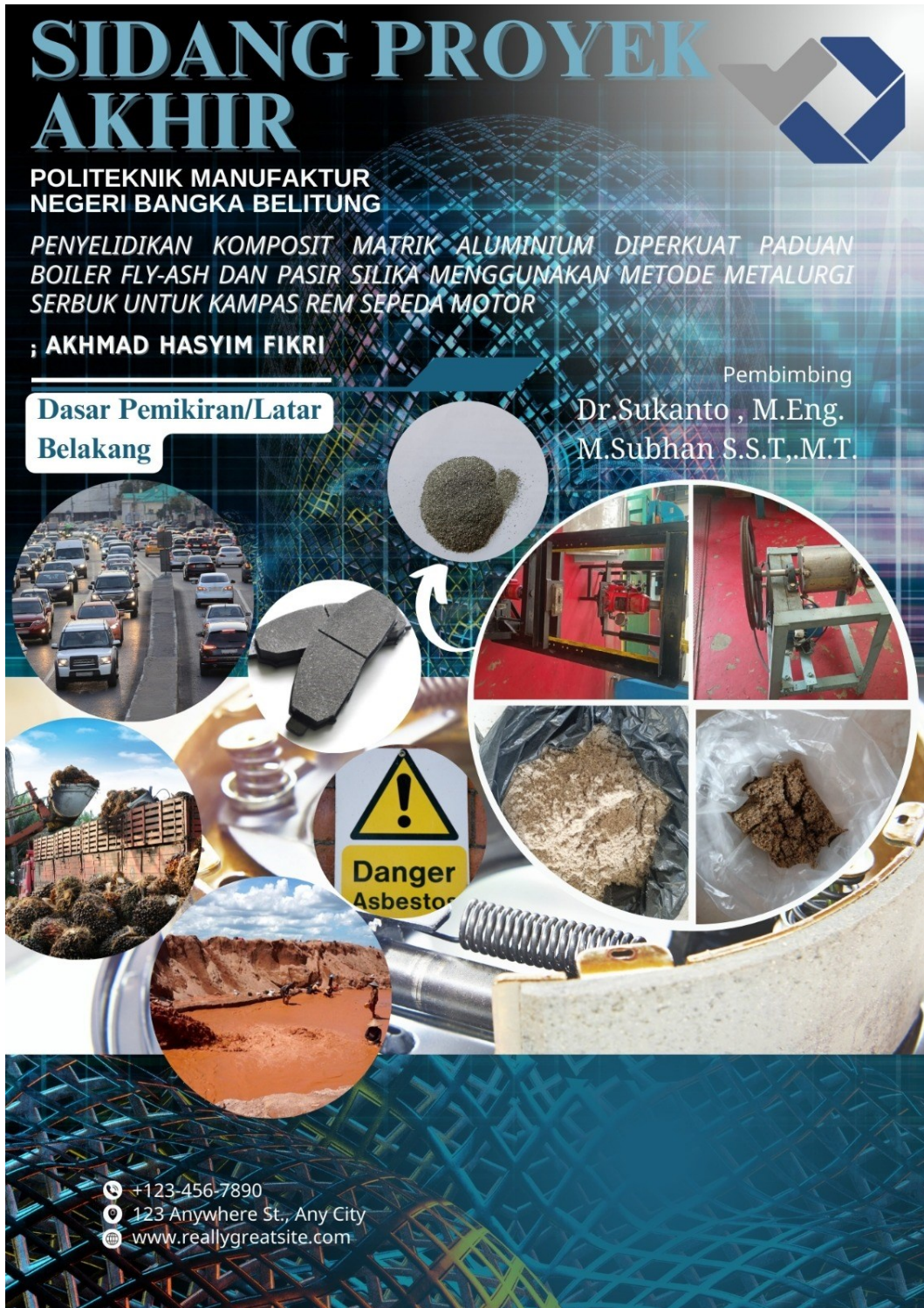
$$\rho_m = \frac{24,22}{(24,22-12,28)} 1$$

$$\rho_m = \frac{24,22}{(11,94)} \text{ l}$$

$$\rho_m = 2,028 \text{ g/cm}^3$$



POSTER SIDANG PROYEK AKHIR



SIDANG PROYEK AKHIR

**POLITEKNIK MANUFAKTUR
NEGERI BANGKA BELITUNG**

*PENYELIDIKAN KOMPOSIT Matrik ALUMINIUM DIPERKUAT PADUAN
BOILER FLY-ASH DAN PASIR SILIKA MENGGUNAKAN METODE METALURGI
SERBUK UNTUK KAMPAS REM SEPEDA MOTOR*

; AKHMAD HASYIM FIKRI

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

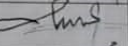
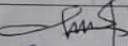
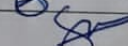
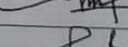
Dasar Pemikiran/Latar Belakang

+123-456-7890
123 Anywhere St., Any City
www.reallygreatsite.com

Lampiran 6 From Bimbingan Proyek Akhir

FROM BIMBINGAN PROYEK AKHIR

FORM-PPR-3-4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2023/2024		
JUDUL	<i>Penyelidikan Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Paduan Boiler Fly Ash Dan Pasir Silika Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Untuk Kampas Rem Sepeda Motor</i>		
Nama Mahasiswa	AKHMAD HASYIM FIKRI NIM: 1042135		
Nama Pembimbing	1. Dr. Sukanto, M. Eng. 2. Muhammad Subhan, S.S.T., M.T.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	21/03/2024	Mempelajari Full Factorial	
2	21/03/2024	Mencari Alat dan Bahan	
3	13/05/2024	Pengumpulan BAB I sampai BAB III	
4	14/05/2024	Perhitungan Proses Mixing Serbuk Matriks & Penguat	
5	28/06/2024	Konsultasi Penyebab Spesimen Retak & Pecah	
6	23/07/2024	Konsultasi pengolahan Data & Analisis Data	
7	23/07/2024	Konsultasi Pengujian Spesimen	
8	29/07/2024	Penyerahan BAB I sampai V	
9	29/07/2024	Konsultasi Pengujian Serbuk	
10			

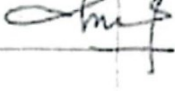
Catatan:

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

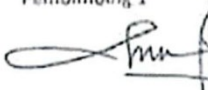
Lampiran 7 From Monitoring Proyek Akhir

FROM MONITORING PROYEK AKHIR

FORM PPR 1-6 Form Monitoring Proyek Akhir

 FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2027/2028			
JUDUL	Penelitian Komposit Matrik Aluminium Diperkuat Aruman Pasir Silika Dan Botol Plastik Menghasilkan Melaka Mekanis Serabut Untuk Kampas Rem Sepeda Motor.		
Nama Mahasiswa	1. Ashmat Wazir NIM: 1042135 2. NIM: 3. NIM: 4. NIM: 5. NIM:		
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
II	28/06/2027	Mengumpulkan Bab I - Bab III	
II	28/06/2027	Konsultasi Penyebab Stresmen Relak dan Proak.	
	28/06	Par 1-3 dan Benda kerja 30%	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIAP~~ BELUM (coret yang tidak terpenuhi)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (Dr. Sutanto, M.Ts)	Pembimbing 2  (M. Suklan, S.ST, M.T)	Pembimbing 3

Silahkan diantar ke dalam buku jika jumlah pembimbing lebih dari yang tersedia

Lampiran 8 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Level Persentase Matrik 94% matrik dan 6% penguat

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Level Persentase Matrik 94% matrik dan 6% penguat

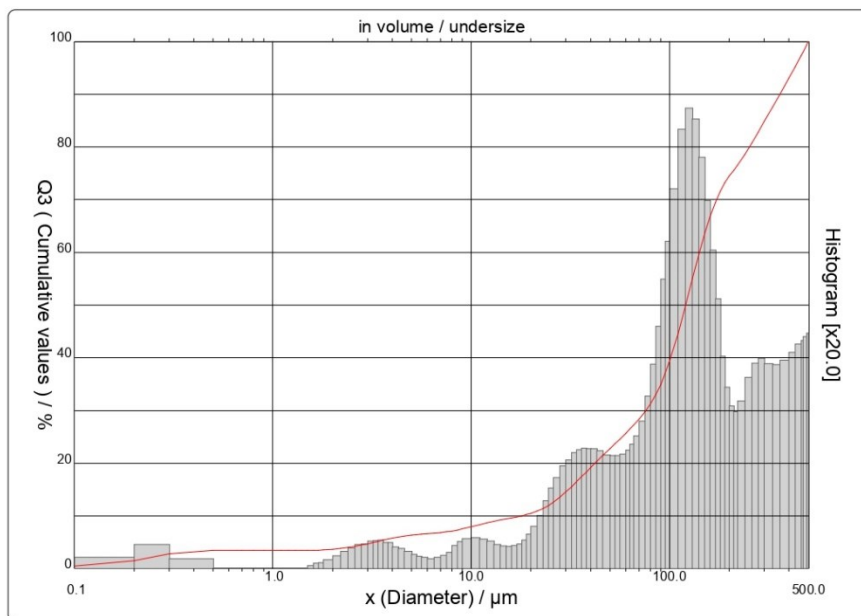


PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

Sample ref.	: Sample_X_	Pressure/Distributor	: 500 mb / [50][50]
Sample Name	: 94	Obscuration	: 2 %
Sample type	: Serbuk	Diameter at 10%	: 17.73 μm
Comments	:	Diameter at 50%	: 120.41 μm
-----		Diameter at 90%	: 359.87 μm
Operator	: BBG	Mean diameter	: 151.94 μm
Company	: FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer	
Location	: MALANG	Density/Factor	-----
Date : 09/04/2024	Time : 10:19:58AM	Specific surface	-----
Index meas.	: 1275	Meas./Rins.	: 15s/15s/0
Database name	: CilasDB1	SOP name	: Fraunhofer



Serial nb : 3627 | Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1275/m41.3.0.0.1Eh.10.0.0.DhVQ.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	: 94	Obscuration	: 2 %
Sample type	: Serbuk	Diameter at 10%	: 17.73 µm
Comments	:	Diameter at 50%	: 120.41 µm
-----		Diameter at 90%	: 359.87 µm
Operator	: BBG	Mean diameter	: 151.94 µm
Company	: FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer	
Location	: MALANG	Density/Factor	-----
Date : 09/04/2024	Time : 10:19:58AM	Specific surface	-----
Index meas.	: 1275	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	0.50	1.50	2.82	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47									
q3	0.02	0.10	0.22	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60									
Q3	3.47	3.47	3.47	3.49	3.53	3.57	3.69	3.85	4.05	4.27									
q3	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.05	0.08	0.11	0.16	0.19									
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00									
Q3	4.51	4.74	4.98	5.21	5.43	5.62	5.80	6.01	6.19	6.38									
q3	0.22	0.23	0.25	0.26	0.26	0.24	0.24	0.20	0.18	0.16									
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00									
Q3	6.49	6.58	6.68	6.78	6.89	7.01	7.15	7.34	7.55	7.98									
q3	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.21	0.25	0.28									
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00									
Q3	8.38	8.73	9.03	9.27	9.48	9.67	9.86	10.05	10.26	10.50									
q3	0.29	0.27	0.26	0.22	0.21	0.20	0.21	0.23	0.26	0.32									
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00									
Q3	10.92	11.41	12.00	12.66	13.59	14.57	15.54	16.51	17.45	18.35									
q3	0.40	0.50	0.64	0.76	0.86	0.97	1.02	1.09	1.12	1.13									
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00									
Q3	19.20	20.40	21.50	22.81	23.72	24.58	25.67	26.47	27.27	28.35									
q3	1.13	1.13	1.11	1.07	1.06	1.06	1.08	1.12	1.17	1.25									
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0									
Q3	29.76	31.30	33.02	34.94	37.11	39.44	44.47	49.78	54.90	59.53									
q3	1.39	1.63	1.93	2.29	2.74	3.10	3.60	4.16	4.36	4.26									
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0									
Q3	63.47	66.77	69.45	71.59	73.18	74.47	75.57	76.58	78.60	80.72									
q3	3.89	3.49	3.01	2.55	2.00	1.71	1.54	1.48	1.58	1.81									
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0									
Q3	82.83	84.84	87.55	90.01	93.05	95.22	97.32	98.00	99.34	100.00									
q3	1.94	1.99	1.94	1.93	1.97	2.05	2.12	2.16	2.19	2.23									

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

Lampiran 9 Hasil Pengujian Particle Size Analyzer Level Persentase Matrik 90% matrik dan 10% penguat

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Level Persentase Matrik 90% matrik dan 10% penguat

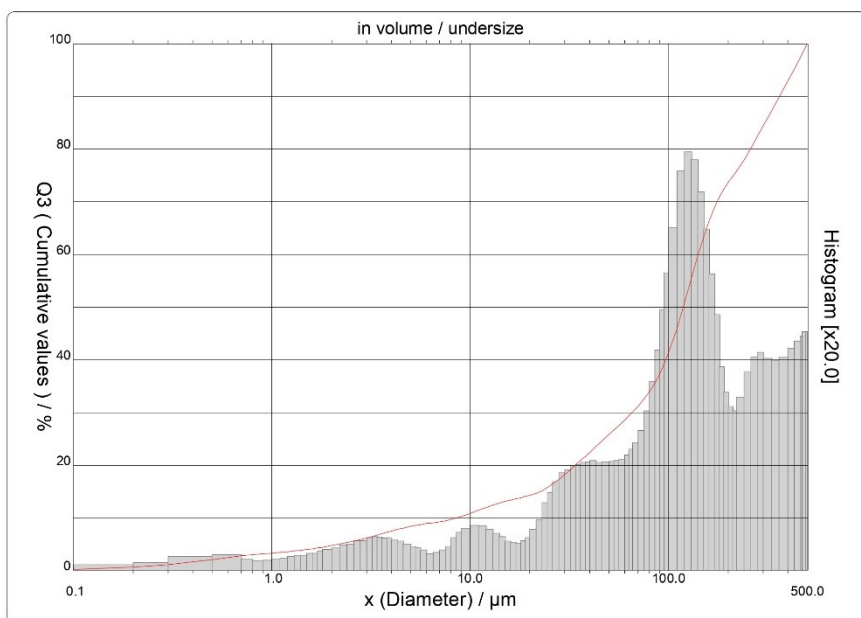


PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

Sample ref.	: Sample_X_	Pressure/Distributor	: 500 mb / [50][50]
Sample Name	: 90	Obscuration	: 3 %
Sample type	: Serbuk	Diameter at 10%	: 8.53 μm
Comments	:	Diameter at 50%	: 118.37 μm
-----		Diameter at 90%	: 363.05 μm
Operator	: BBG	Mean diameter	: 149.98 μm
Company	: FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer	
Location	: MALANG	Density/Factor	-----
Date : 09/04/2024	Time : 10:16:03AM	Specific surface	-----
Index meas.	: 1273	Meas./Rins.	: 15s/15s/0
Database name	: CilasDB1	SOP name	: Fraunhofer



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1273km41.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q-0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45/635



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref.	: Sample_X_	Pressure/Distributor	: 500 mb / [50][50]
Sample Name	: 90	Obscuration	: 3 %
Sample type	: Serbuk	Diameter at 10%	: 8.53 µm
Comments	:	Diameter at 50%	: 118.37 µm
-----		Diameter at 90%	: 363.05 µm
Operator	: BBG	Mean diameter	: 149.98 µm
Company	: FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer	
Location	: MALANG	Density/Factor	-----
Date : 09/04/2024	Time : 10:16:03AM	Specific surface	-----
Index meas.	: 1273	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	0.26	0.74	1.14	2.11	2.82	3.02	3.17	3.31	3.45	3.59									
q3	0.01	0.05	0.07	0.13	0.14	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11									
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60									
Q3	3.74	3.89	4.03	4.18	4.32	4.47	4.77	5.06	5.36	5.65									
q3	0.13	0.14	0.14	0.16	0.16	0.18	0.19	0.21	0.23	0.25									
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00									
Q3	5.95	6.23	6.52	6.80	7.06	7.30	7.53	7.83	8.10	8.40									
q3	0.28	0.28	0.31	0.31	0.31	0.30	0.31	0.28	0.27	0.25									
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00									
Q3	8.59	8.76	8.95	9.13	9.31	9.50	9.71	9.98	10.28	10.89									
q3	0.22	0.21	0.19	0.15	0.17	0.19	0.22	0.30	0.36	0.39									
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00									
Q3	11.48	12.01	12.46	12.84	13.16	13.42	13.65	13.86	14.08	14.31									
q3	0.42	0.41	0.38	0.35	0.32	0.27	0.26	0.25	0.28	0.31									
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00									
Q3	14.72	15.19	15.78	16.42	17.33	18.26	19.16	20.04	20.88	21.69									
q3	0.39	0.47	0.64	0.73	0.84	0.92	0.95	0.99	1.00	1.02									
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00									
Q3	22.46	23.56	24.57	25.82	26.70	27.54	28.60	29.38	30.16	31.20									
q3	1.02	1.04	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05	1.09	1.14	1.20									
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0									
Q3	32.54	33.97	35.56	37.31	39.27	41.39	45.93	50.76	55.42	59.65									
q3	1.32	1.51	1.79	2.09	2.47	2.82	3.24	3.78	3.97	3.89									
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0									
Q3	63.28	66.34	68.84	70.87	72.40	73.67	74.78	75.81	77.90	80.11									
q3	3.58	3.23	2.81	2.42	1.93	1.69	1.55	1.51	1.64	1.88									
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0									
Q3	82.31	84.40	87.21	89.75	92.87	95.10	97.25	97.95	99.33	100.00									
q3	2.02	2.06	2.01	1.99	2.02	2.10	2.17	2.22	2.26	2.26									

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

Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1273/m41.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q-.0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45/635

Lampiran 10 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Level Persentase Matrik 86% matrik dan 14% penguat

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Level Persentase Matrik 86% matrik dan 14% penguat

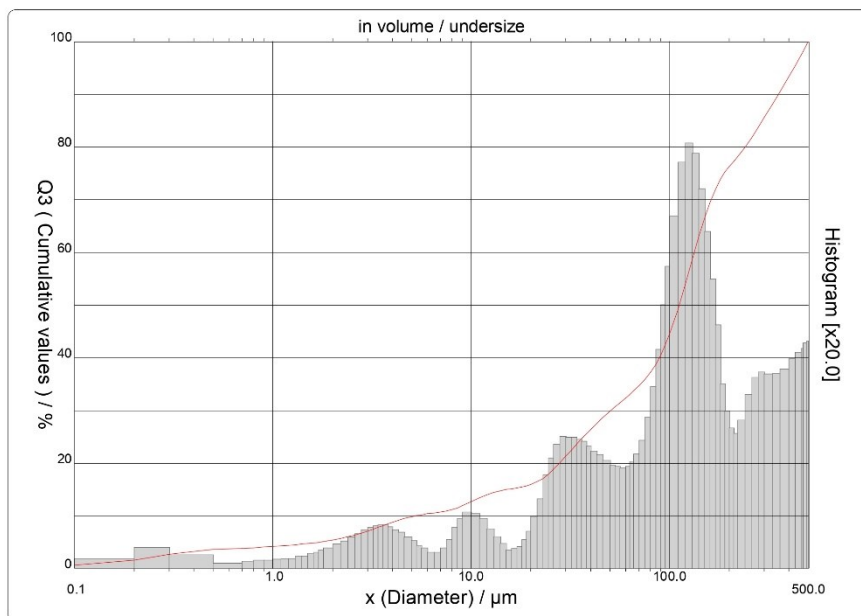


PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

Sample ref.	: Sample_X_	Pressure/Distributor	: 500 mb / [50][50]
Sample Name	: 86	Obscuration	: 2 %
Sample type	: Serbuk	Diameter at 10%	: 5.19 μm
Comments	:	Diameter at 50%	: 111.67 μm
-----		Diameter at 90%	: 353.74 μm
Operator	: BBG	Mean diameter	: 140.91 μm
Company	: FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer	
Location	: MALANG	Density/Factor	-----
Date : 09/04/2024	Time : 10:12:41AM	Specific surface	-----
Index meas.	: 1271	Meas./Rins.	: 15s/15s/0
Database name	: CilasDB1	SOP name	: Fraunhofer



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1271m41.3.0.0.1Eh.10.0.0.Dh/Q-0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45/635



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 µm - 500.00 µm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_	Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Sample Name : 86	Obscuration : 2 %
Sample type : Serbuk	Diameter at 10% : 5.19 µm
Comments :	Diameter at 50% : 111.67 µm
-----	Diameter at 90% : 353.74 µm
-----	Mean diameter : 140.91 µm
Operator : BBG	Fraunhofer
Company : FMIPA-KIMIA UB	Density/Factor : -----
Location : MALANG	Specific surface : -----
Date : 09/04/2024 Time : 10:12:41AM	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Index meas. : 1271	SOP name : Fraunhofer
Database name : CilasDB1	

Standards classes										in volume / undersize									
x	0.10	0.20	0.30	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20									
Q3	0.74	1.60	2.74	3.66	3.87	3.99	4.11	4.22	4.33	4.44									
q3	0.04	0.09	0.19	0.12	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09									
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60									
Q3	4.54	4.66	4.77	4.90	5.03	5.17	5.46	5.77	6.09	6.43									
q3	0.09	0.11	0.11	0.14	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25	0.29									
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00									
Q3	6.78	7.14	7.50	7.85	8.19	8.51	8.80	9.18	9.51	9.86									
q3	0.33	0.36	0.38	0.40	0.41	0.41	0.39	0.36	0.34	0.29									
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00									
Q3	10.08	10.25	10.44	10.61	10.77	10.96	11.21	11.55	11.94	12.75									
q3	0.26	0.21	0.19	0.15	0.15	0.19	0.27	0.39	0.47	0.53									
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00									
Q3	13.46	14.05	14.48	14.80	15.03	15.19	15.35	15.52	15.73	15.99									
q3	0.51	0.47	0.37	0.30	0.23	0.17	0.18	0.20	0.27	0.35									
x	21.50	23.00	24.50	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00									
Q3	16.50	17.14	17.95	18.85	20.11	21.36	22.52	23.61	24.62	25.56									
q3	0.49	0.65	0.88	1.04	1.17	1.25	1.24	1.24	1.22	1.20									
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00									
Q3	26.42	27.58	28.63	29.86	30.68	31.45	32.40	33.08	33.76	34.68									
q3	1.16	1.11	1.07	1.02	0.97	0.96	0.95	0.96	1.01	1.08									
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0									
Q3	35.89	37.23	38.74	40.46	42.42	44.55	49.16	54.02	58.70	62.93									
q3	1.21	1.43	1.72	2.07	2.50	2.86	3.33	3.85	4.03	3.93									
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0									
Q3	66.53	69.52	71.93	73.84	75.21	76.32	77.26	78.12	79.89	81.80									
q3	3.60	3.19	2.74	2.30	1.75	1.49	1.33	1.27	1.40	1.64									
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0									
Q3	83.74	85.60	88.14	90.47	93.35	95.43	97.43	98.08	99.37	100.00									
q3	1.80	1.86	1.84	1.84	1.88	1.98	2.04	2.08	2.13	2.15									

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

Lampiran 11 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* serbuk aluminium

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Serbuk Aluminium



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

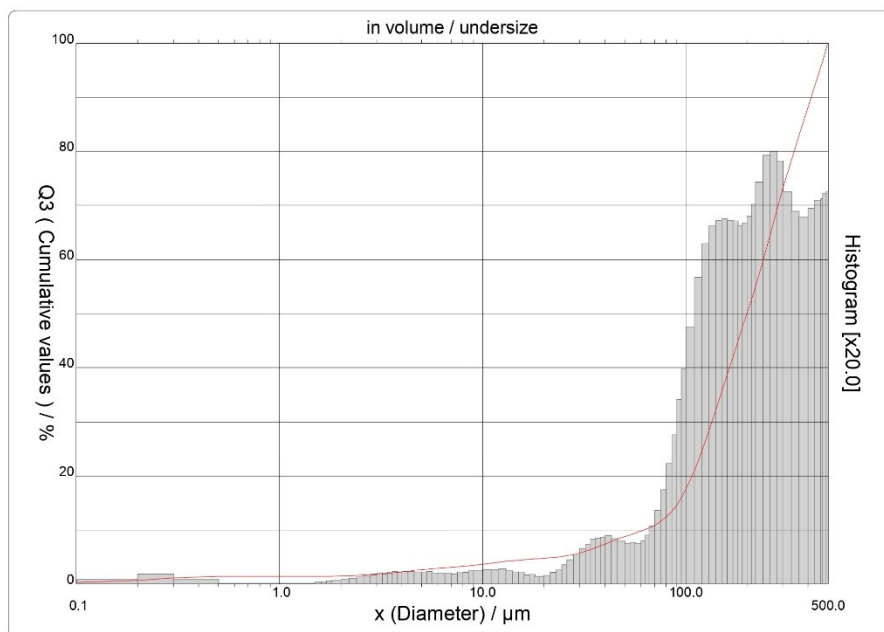
Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_
Sample Name : Al-Paduan2
Sample type : SERBUK
Comments :

Operator : BBG
Company :
Location :
Date : 13/02/2018 Time : 07:23:47
Index meas. : 1349
Database name : CilasDB1

Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Obscuration : 2 %
Diameter at 10% : 61.84 μm
Diameter at 50% : 199.88 μm
Diameter at 90% : 414.61 μm
Fraunhofer
Density/Factor : 3.35 g/cm^3 / 1.00
Specific surface : 1878.15 cm^2/g

Meas./Rins. : 15s/15s/0
SOP name : BBG



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1349/m99.3.0.0.1Eh.10.0.0.DhVQ-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	: Al-Paduan2	Obscuration	: 2 %
Sample type	: SERBUK	Diameter at 10%	: 61.84 µm
Comments	:	Diameter at 50%	: 199.88 µm
-----		Diameter at 90%	: 414.61 µm
Operator	: BBG	Fraunhofer	
Company	:	Density/Factor	: 3.35 g/cm³ / 1.00
Location	:	Specific surface	: 1878.15 cm²/g
Date : 13/02/2018	Time : 07:23:47	Meas./Rins.	: 15s/15s/0
Index meas.	: 1349	SOP name	: BBG
Database name	: CilasDB1		

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

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

Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1349/m99.3.0.0.1Eh.10.0.0.DhVQ-.0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45/635

Lampiran 12 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Pasir Silika

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Pasir Silika



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

CILAS 1090 DRY

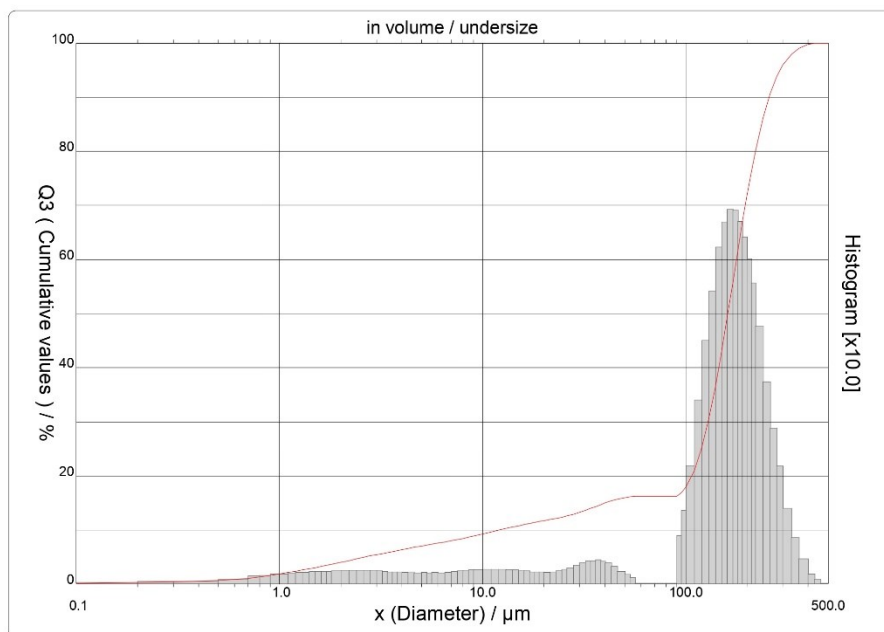
Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

Sample ref. : Sample_X_
Sample Name : Si-125(2)
Sample type : SERBUK
Comments :

Operator : BBG
Company :
Location :
Date : 13/02/2018 Time : 07:40:36
Index meas. : 1353
Database name : CilasDB1

Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
Obscuration : 4 %
Diameter at 10% : 12.06 μm
Diameter at 50% : 160.80 μm
Diameter at 90% : 257.20 μm
Fraunhofer
Density/Factor : 2.86 g/cm^3 / 1.00
Specific surface : 1966.18 cm^2/g

Meas./Rins. : 15s/15s/0
SOP name : BBG



Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1353/m99.3.0.0.1Eh.10.0.0.DhVQ-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 : Si-125(2)	Obscuration : 4 %
Sample type : SERBUK	Diameter at 10% : 12.06 µm
Comments :	Diameter at 50% : 160.80 µm
-----	Diameter at 90% : 257.20 µm
Operator : BBG	Fraunhofer
Company :	Density/Factor : 2.86 g/cm³ / 1.00
Location :	Specific surface : 1966.18 cm²/g
Date : 13/02/2018 Time : 07:40:36	Meas./Rins. : 15s/15s/0
Index meas. : 1353	SOP name : BBG
Database name : CilasDB1	

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

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

Serial nb : 3627 Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1353/m99.3.0.0.1Eh.10.0.0.DhVQ-.0.0.0.0/600.0.15.g10.0.9.10.1.10.P6500.1.10.N.0/V.9.45/635

Lampiran 13 Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Boiler Fly Ash

Hasil Pengujian *Particle Size Analyzer* Boiler Fly Ash



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

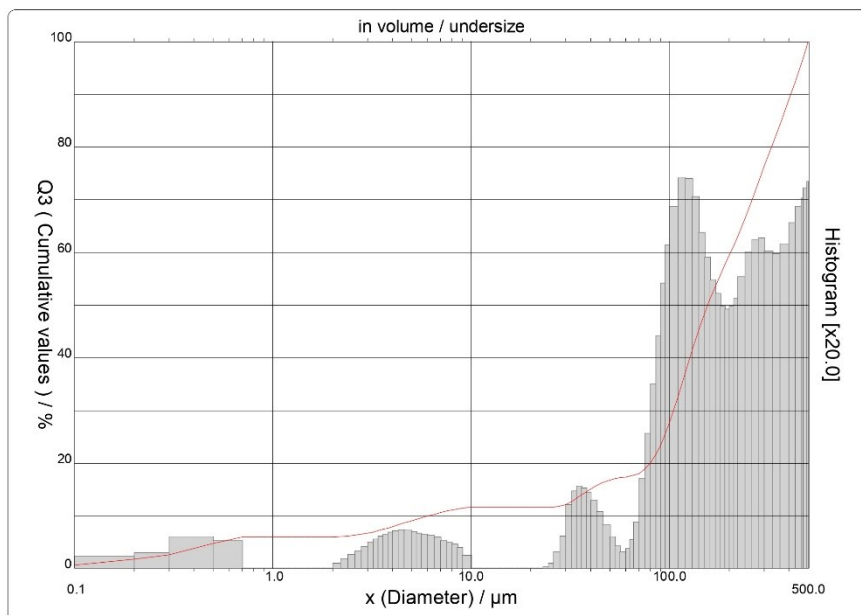
CILAS 1090 DRY

Range : 0.10 μm - 500.00 μm / 100 Classes

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

 Operator : BBG
 Company : FMIPA-KIMIA UB
 Location : MALANG
 Date : 09/04/2024 Time : 10:08:41AM
 Index meas. : 1269
 Database name : CilasDB1

Pressure/Distributor : 500 mb / [50][50]
 Obscuration : 0 %
 Diameter at 10% : 6.03 μm
 Diameter at 50% : 155.63 μm
 Diameter at 90% : 409.33 μm
 Mean diameter : 191.56 μm
 Fraunhofer
 Density/Factor : -----
 Specific surface : -----
 Meas./Rins. : 15s/15s/0
 SOP name : Fraunhofer



Serial nb : 3627 | Ref : 2.r301.m0.88A1818/7.00/1269/m41.3.0.0.1Eh.10.0.0.0/600.0.15.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 : D	Obscuration : 0 %
Sample type : Serbuk	Diameter at 10% : 6.03 µm
Comments :	Diameter at 50% : 155.63 µm
-----	Diameter at 90% : 409.33 µm
Operator : BBG	Mean diameter : 191.56 µm
Company : FMIPA-KIMIA UB	Fraunhofer
Location : MALANG	Density/Factor : -----
Date : 09/04/2024 Time : 10:08:41AM	Specific surface : -----
Index meas. : 1269	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	0.66	1.78	2.62	4.80	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05									
q3	0.03	0.11	0.14	0.30	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
x	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60									
Q3	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.11	6.22	6.37									
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.13									
x	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	4.60	5.00									
Q3	6.54	6.74	6.97	7.21	7.46	7.71	7.96	8.33	8.68	9.11									
q3	0.16	0.20	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.35	0.36	0.36									
x	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	10.00									
Q3	9.40	9.66	9.98	10.34	10.65	10.91	11.14	11.34	11.50	11.68									
q3	0.34	0.33	0.32	0.31	0.29	0.26	0.25	0.23	0.19	0.12									
x	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00									
Q3	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68	11.68									
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	11.68	11.68	11.69	11.73	11.89	12.19	12.75	13.39	14.03	14.62									
q3	0.00	0.00	0.01	0.05	0.15	0.30	0.60	0.73	0.77	0.76									
x	40.00	43.00	46.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00	66.00	70.00									
Q3	15.15	15.82	16.34	16.83	17.08	17.25	17.40	17.53	17.71	18.08									
q3	0.71	0.64	0.53	0.41	0.30	0.21	0.15	0.18	0.27	0.44									
x	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0									
Q3	18.93	20.12	21.65	23.47	25.58	27.85	32.57	37.22	41.49	45.26									
q3	0.85	1.28	1.75	2.20	2.70	3.06	3.43	3.70	3.69	3.52									
x	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	210.0	220.0	240.0	260.0									
Q3	48.43	51.18	53.57	55.72	57.66	59.48	61.23	62.95	66.42	69.89									
q3	3.18	2.95	2.73	2.60	2.48	2.45	2.48	2.56	2.76	3.00									
x	280.0	300.0	330.0	360.0	400.0	430.0	460.0	470.0	490.0	500.0									
Q3	73.22	76.34	80.48	84.23	88.91	92.33	95.67	96.76	98.93	100.00									
q3	3.11	3.13	3.01	2.98	3.07	3.27	3.43	3.51	3.60	3.66									

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

Lampiran 14 Hasil Pengujian Paduan Pasir Silika

Hasil Pengujian Paduan Pasir Silika

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

LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Report on C46 – [Silika 125]

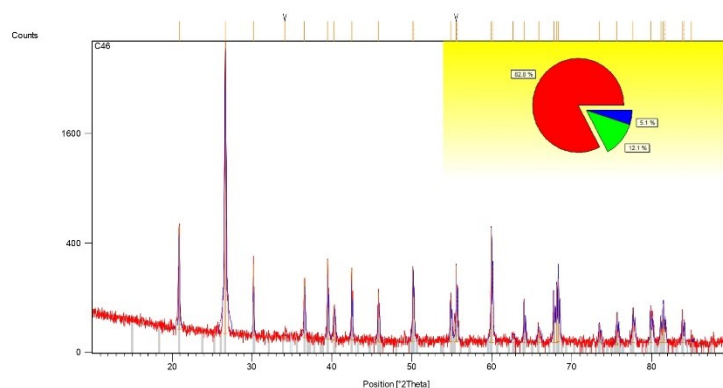


Distribution:

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

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

Graphics: (C46)



Peak List: (C46)

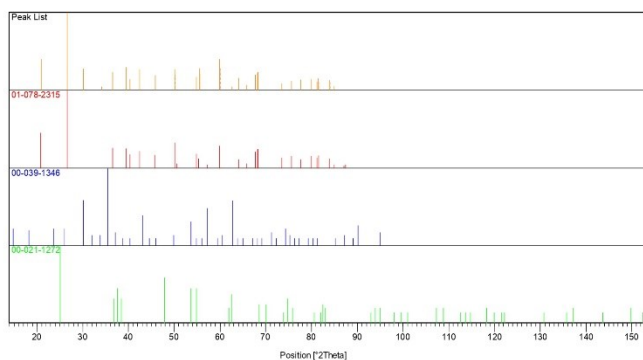
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip width [°2Th.]	Matched by
20.8771	518.11	0.0787	4.25507	16.10	0.0945	01-078-2315
26.6481	3217.42	0.1378	3.34524	100.00	0.1653	01-078-2315
30.1577	250.70	0.0590	2.96345	7.79	0.0708	00-039-1346
36.5549	176.65	0.0984	2.45820	5.49	0.1181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

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

Identified Patterns List: (C46)

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

Plot of Identified Phases: (C46)



Lampiran 15 From Revisi Selesai Sidang

From Revisi Selesai Sidang

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK
 2023.....1.....2024.....

JUDUL : Penelitian Komposisi Matrik Aluminium Dikawatir Penguatan Beton Fly dan Gltza Menggunakan Metode Metalurgi Pasir Serbuk

Nama Mahasiswa :

1. Ahmad Hasyim Hikri	NIM: 1042135
2. _____	NIM: _____
3. _____	NIM: _____
4. _____	NIM: _____
5. _____	NIM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
Bahan Asam / demurigan konsisten	
Can Jut ban	

Sungailiat, 01 Agt 2024

Penguji

(.....Dharta.....)

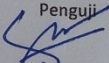
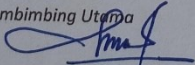
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

Mengetahui, Pembimbing Utama (.....Sukanto.....)	Sungailiat, 10-12-2024 Penguji (.....Dharta.....)
--	---

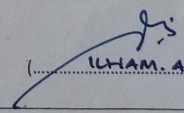
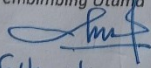
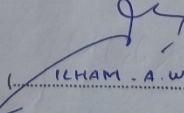
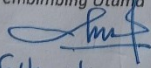
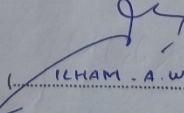
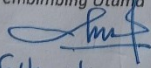
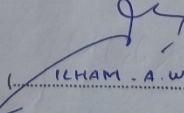
TAHUN AKADEMIK
2023 / 2024

Nama
Mahasiswa :

- Penelitian Komposit Material Aluminium Diperkuat
Bahan Pasir Silika dan Boiler fly-Ash Menggunakan
Metode Metaling. Cermin Luthi Kompas. Aca. Jember. 2018
1. Ahmad Hasyim Fikri NIM: _____
2. _____ NIM: _____
3. _____ NIM: _____
4. _____ NIM: _____
5. _____ NIM: _____

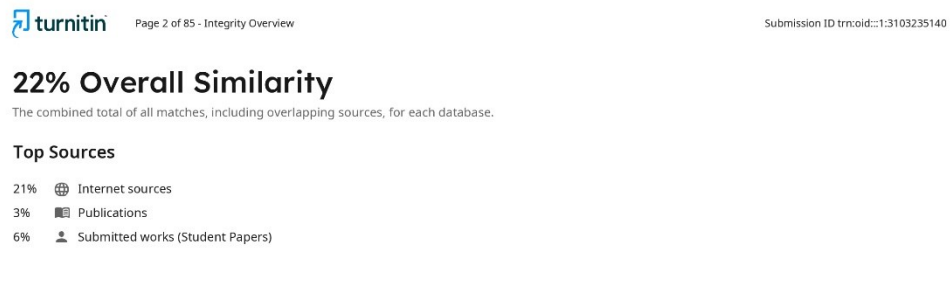
Bagian yang direvisi	Halaman
Penjelasan diagram fase	
Cara Memeriksa Referensi.	
Sungailiat, 01 Agustus 2024	Penguji  (..... M. Subhan.....))
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa	
Mengetahui, Pembimbing Utama  (..... Sukanto.....))	Sungailiat, 9-9-24 Penguji  (..... M. Subhan.....))

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

 FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK 2023 / 2024																							
JUDUL :	Penyelidikan Komposisi Matrik Aluminium Diperkuat) Boiler Ply Ash Dan Pasir Silika Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Untuk Kampas Rem Sepeda Motor																						
Nama Mahasiswa :	1. <u>Achmad Haryim Fitri</u> NIM: <u>1042135</u> 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bagian yang direvisi</th> <th>Halaman</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- Perbaiki typo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- "u" Referensi</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- "u" Konsistensi penulisan / jenis huruf dll.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- "u" penulisan simbol / lambang senyawa.</td> <td></td> </tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> </tbody> </table>		Bagian yang direvisi	Halaman	- Perbaiki typo		- "u" Referensi		- "u" Konsistensi penulisan / jenis huruf dll.		- "u" penulisan simbol / lambang senyawa.													
Bagian yang direvisi	Halaman																						
- Perbaiki typo																							
- "u" Referensi																							
- "u" Konsistensi penulisan / jenis huruf dll.																							
- "u" penulisan simbol / lambang senyawa.																							
Sunggailiat, <u>1-8-2024</u> Penguji  (.....<u>ILHAM. A. W</u>.....)																							
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa <table border="1"> <tbody> <tr> <td> Mengetahui, Pembimbing Utama  (.....<u>Filkaanti</u>.....) </td> <td> Sunggailiat, <u>10-12-2024</u> Penguji  (.....<u>ILHAM. A. W</u>.....) </td> </tr> </tbody> </table>		Mengetahui, Pembimbing Utama  (.....<u>Filkaanti</u>.....)	Sunggailiat, <u>10-12-2024</u> Penguji  (.....<u>ILHAM. A. W</u>.....)																				
Mengetahui, Pembimbing Utama  (.....<u>Filkaanti</u>.....)	Sunggailiat, <u>10-12-2024</u> Penguji  (.....<u>ILHAM. A. W</u>.....)																						

Lampiran 16 Bukti Bukan Plagiasi

BUKTI BUKAN PLAGIASI



Top Sources

21% Internet sources
 3% Publications
 6% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repository.polman-babel.ac.id	11%
2	Internet	123dok.com	1%
3	Student papers	Universitas Brawijaya	1%
4	Internet	press.umsida.ac.id	1%
5	Internet	garuda.ristekdikti.go.id	1%
6	Internet	repository.ub.ac.id	1%
7	Internet	idoc.pub	1%
8	Internet	docplayer.info	0%
9	Internet	repository.unej.ac.id	0%
10	Internet	repository.its.ac.id	0%
11	Student papers	Universitas Bengkulu	0%