

REV_FADHILHIDAYATULLAH RAZAAN_3331190047_TA

by Cek Turnitin

Submission date: 10-Jan-2024 10:31AM (UTC+0900)

Submission ID: 2261030535

File name: REV_FADHILHIDAYATULLAH_RAZAAN_3331190047_TA.pdf (23.41M)

Word count: 8975

Character count: 58549

***ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE (AMC) BERPENGUAT
KERAMIK OKSIDA SEBAGAI BAHAN MATERIAL
PENGANTI *DISC BRAKE* KENDARAAN RINGAN***



Skripsi

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Strata-1 (S1)
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Disusun oleh:

FADHIL HIDAYATULLAH RAZAAN

3331190047

**¹⁰
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “*Aluminium Matrix Composite (AMC) Berpenguat Keramik Oksida Sebagai Bahan Material pengganti Disc Brake Kendaraan Ringan*”. Penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk melengkapi persyaratan menyelesaikan Stata-1 (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Kemudian penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penyusunan laporan tugas akhir ini, antara lain yaitu:

1. Bapak Sofyan Rezhaly dan Ibu Yuyun Wahyuni selaku kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan mendukung apapun untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Keluarga Besar H. Saud Rasyad selaku keluarga besar penulis yang turut mendoakan dan mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Asep Ridwan, S.T., M.T., IPM selaku dekan Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Bapak Dhimas Satria, S.T., M. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Bapak Iman Saefuloh, S.T., M. Eng selaku Pembimbing I penulis yang membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T selaku coordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa serta Pembimbing II penulis yang membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Ibu dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
8. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Angkatan 2019.

ABSTRAK

*ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE (AMC) BERPENGUAT KERAMIK
OKSIDA SEBAGAI BAHAN MATERIAL PENGGANTI DISC BRAKE
KENDARAAN RINGAN*

FADHIL HIDAYATULLAH RAZAAN

¹⁰ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

¹ *Aluminium Matrix Composite (AMC)* merupakan salah satu jenis material komposit yang menggunakan aluminium sebagai matriksnya. *Disc Brake* biasanya terbuat dari besi cor ulet dan abu-abu yang memiliki bobot yang cukup berat dibandingkan dengan material aluminium. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa sifat mekanik Aluminium Matrix Composite (AMC) yang diperkuat dengan keramik oksida dengan variasi yang berbeda-beda dan menganalisa kelayakan Aluminium Matrix Composite (AMC) yang diperkuat dengan keramik oksida untuk menggantikan material disc brake kendaraan ringan. Kekuatan Tarik material Aluminium Matrix Composite (AMC) berpenguat keramik oksida SiC dan Al₂O₃ pada variasi 1, variasi 2 dan variasi 3 berturut turut 101,367 N/mm²; 117,530 N/mm²; dan 131,583 N/mm². Kekerasan Aluminium Matrix Composite (AMC) berpenguat keramik oksida SiC dan Al₂O₃ pada variasi 1, variasi 2 dan variasi 3 berturut turut 84,4 HRB; 86,25 HRB; 89,05 HRB. Nilai Impak material Aluminium Matrix Composite (AMC) berpenguat keramik oksida SiC dan Al₂O₃ pada variasi 1, variasi 2 dan variasi 3 berturut turut 1,823 J/mm², 1,838 J/mm² dan 1,842 J/mm². Dari hasil pengujian sifat mekanik material ini cukup layak untuk digunakan sebagai bahan pengganti material *disc brake* kendaraan ringan.

Kata Kunci: *Aluminium Matrix Composite*, Besi Cor, *Disc Brake*, Sifat Mekanik

13
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Komposit.....	7
2.2.1 Pengertian Komposit.....	7
2.2.2 Klasifikasi Material Komposit.....	7
2.2.3 <i>Aluminium Matrix Composite (AMC)</i>	10
2.3 Partikel Penguat Aluminium Matrix Composite.....	11
2.3.1 Al_2O_3 (Alumina)	11
2.3.2 SiC (Silikon Karbida).....	11
2.3.3 Mg (Magnesium)	11
2.4 Metode Stir Casting.....	11
2.5 Pengujian Material	13
2.5.1 Pengujian Merusak (<i>Destructive Test</i>).....	13
2.5.2 Pengujian Metalografi.....	16
2.6 <i>Disc Brake</i> Kendaraan Ringan.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	18

3.2.1	Alat yang digunakan	18
3.2.2	Bahan yang digunakan	25
3.3	Variable Penelitian	27
3.4	Prosedur Penelitian.....	27
3.3.1	Prosedur Pembuatan Spesimen.....	27
3.3.2	Prosedur Pengujian Tarik	31
3.3.3	Prosedur Pengujian Kekerasan	32
3.3.4	Prosedur Pengujian Impak.....	32
3.3.5	Prosedur Pengujian Metalografi	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pengecoran Material <i>Aluminium Matrix Composite</i>	35
4.2	Hasil Pengujian Tarik	37
4.3	Hasil Pengujian Kekerasan	39
4.4	Hasil Pengujian Impak.....	42
4.5	Hasil Pengujian Metalografi	44
4.6	Pembahasan.....	45
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi komposit berdasarkan matriknya.....	8
Gambar 2.2 Komposit Serat.....	9
Gambar 2.3 Komposit Lapisan	9
Gambar 2.4 Komposit partikel.....	10
Gambar 2.5 Metode Stir Casting.....	12
Gambar 2.6 Pengujian Tarik.....	13
Gambar 2.7 Pengujian Kekerasan Brinell	14
Gambar 2.7 Pengujian Impak	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Tungku Gas.....	19
Gambar 3.3 Krusible Peleburan	19
Gambar 3.4 Tabung Gas.....	20
Gambar 3.5 Bor Tangan	20
Gambar 3.6 Mata Bor Pengaduk.....	21
Gambar 3.7 Cetakan Spesimen	21
Gambar 3.8 Timbangan Digital	22
Gambar 3.9 <i>Burner</i>	22
Gambar 3.10 Gerinda Tangan.....	23
Gambar 3.11 Sendok Pengangkut	23
Gambar 3.12 Pencapit	24
Gambar 3.13 Alat pelindung Diri.....	24
Gambar 3.14 Alumunium 6061	25
Gambar 3.15 Bubuk Silikon Karbida.....	25
Gambar 3.16 Bubuk Alumina	26
Gambar 3.17 Bubuk Magnesium	26
Gambar 3.18 Penimbangan Alumunium	27
Gambar 3.19 Penyiapan Bahan Serbuk penguat.....	28
Gambar 3.20 Peleburan Alumunium.....	28
Gambar 3.21 Pengangkatan Terak	29
Gambar 3.22 Pengadukan Alumunium Cair.....	29

Gambar 3.23 Pemasukan Bahan Penguat.....	30
Gambar 3.24 Pengadukan Bahan Penguat yang sudah dimasukan.....	30
Gambar 3.25 Penuangan AMC yang telah Selesai diaduk.....	31
Gambar 3.26 Pendinginan AMC yang Telah Dituang.....	31
Gambar 4.1 AMC Variasi 1.....	35
Gambar 4.2 AMC Variasi 2.....	36
Gambar 4.3 AMC Variasi 3.....	36
Gambar 4.4 Spesimen Uji Tarik Sebelum Pengujian.....	37
Gambar 4.5 Spesimen Uji Tarik Sesudah Pengujian	37
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Tarik Rata-Rata	38
Gambar 4.8 Spesimen Uji Kekerasan Sebelum Pengujian.....	39
Gambar 4.9 Spesimen Uji Kekerasan Sesudah Pengujian	40
Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Rata-Rata.....	41
Gambar 4.12 Spesimen Uji Impak Sebelum pengujian	42
Gambar 4.13 Spesimen Uji Tarik Sesudah pengujian.....	42
Gambar 4.14 Grafik Hasil Pengujian Impak	43
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Metalografi Variasi 1	44
Gambar 4.16 Hasil Pengujian Metalografi Variasi 2	44
Gambar 4.17 Hasil Pengujian Metalografi Variasi 3	45

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1.1 Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis	1
Tabel 2.1 Hasil Pengujian Kekerasan Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 Hasil Pengujian Kekerasan Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3.1 Variasi kandungan <i>Aluminium Matrix Composite</i>	27
Tabel 4.1 Variasi Kandungan <i>Aluminium Matrix Composite</i>	35
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik <i>Aluminium Matrix Composite</i>	38
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Aluminium Matrix Composite</i>	40
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Impak <i>Aluminium Matrix Composite</i>	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023) bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami peningkatan yang signifikan. Hingga akhir tahun 2021 diketahui bahwa jumlah kendaraan mencapai 141.992.573 buah yang terdiri dari mobil penumpang (16.413.348 unit), mobil bis (237.566 unit), mobil barang (5.229.361 unit), dan sepeda motor (120.042.298 unit). Perkembangan jumlah kendaraan bermotor dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1.1 Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis
(sumber: Badan Pusat Statistik)

7 Jenis Kendaraan Bermotor	Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (unit)		
	2019	2020	2021
Mobil Penumpang	15.592.419	15.797.746	16.413.348
Mobil Bis	231.569	233.261	237.566
Mobil Barang	5.021.888	5.083.405	5.299.361
Sepeda Motor	112.771.136	115.023.039	120.142.298
Jumlah	133.617.012	136.137.451	141.992.573

Data menunjukkan bahwa jumlah kendaraan mengalami peningkatan setiap tahun. Hal ini menjadi peluang untuk industri otomotif, suku cadang dan perawatan tetap tumbuh di masa mendatang. Namun demikian, konsekuensi dari semakin tingginya jumlah kendaraan juga menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah kecelakaan lalu lintas. Data Korlantas Polri (2019) menunjukkan bahwa ada sekitar 32% penyebab kecelakaan adalah terganggunya sistem pengereman, yakni tingginya suhu pada sistem pengereman dan menyebabkan vapor lock. Kondisi ini yang menyebabkan turunnya daya cengkeram pengereman pada kampas rem. Performa rem menjadi tidak optimal akibat terbentuknya angin palsu, yang menyebabkan

rem blong. Rem berfungsi untuk mengendalikan laju kendaraan bermotor ketika berjalan. Dengan demikian kondisi rem yang selalu prima sangat dibutuhkan dalam rangka menjaga keselamatan manusia maupun kendaraan itu sendiri.

Lawal et al. menyebutkan ada beberapa karakteristik disc brake, yaitu (Lawal et al., 2019):

1. Material aman digunakan dan ramah lingkungan.
2. Mampu menahan tekanan kontak yang tinggi.
3. Tahan terhadap kondisi lingkungan, seperti debu, tekanan dan kelembaban.
4. Memiliki gaya gesek dan kekuatan geser yang tinggi.
5. Tahan terhadap temperatur tinggi

Dalam system pengereman terdapat 2 komponen inti yang saling bergesekan yaitu Kampas Rem dan disc break, dimana kampas rem terbuat dari bahan asbes, bahan organic (resin), semi metalik, bahan keramik, sintered full metal, sedangkan untuk bahan disc brake adalah cast iron, stainless steel, carbon, dan aluminium. Konsep kerja dari sistem disc brake adalah piringan metal dijepit oleh kanvas rem (brake pad) yang didorong oleh sebuah torak yang ada didalam disc brake. Untuk menjepit disc brake piringan ini diperlukan tenaga yang cukup kuat. Guna untuk memenuhi kebutuhan tenaga ini.

Saat ini penggunaan material disc brake yang berbahan dasar ferro (Cast iron dan steel) masih mendominasi penggunaannya sedangkan penggunaan disc brake berbahan aluminium masih terbatas, padahal material jenis paduan aluminium adalah jenis material yang mempunyai sifat yang ringan sehingga dapat mereduksi berat secara optimal rasio kekuatan/berat dalam mengurangi berat kendaraan otomotif, karena perkembangan industri otomotif berupaya mengurangi bobot kendaraannya karena hal tersebut dapat berpengaruh terhadap meningkatnya ketahanan aus komponen serta meningkatkan efisiensi bahan bakar sebagaimana dibuktikan oleh penelitian ekstensif menjadi komposit berbasis aluminium (Rao et al., 2011; Agbeleye, et al., 2020).

Salah satu area yang dipertimbangkan untuk bobot potensial reduksi adalah sistem rem. Sebagian besar mobil saat ini dibuat dengan cakram rem yang terdiri dari kaliper dan rotor berventilasi. Kaliper dan rotor biasanya terbuat dari besi cor ulet dan abu-abu besi cor masing-masing. Aluminium cor dan logam berbasis aluminium komposit matriks (MMC) rotor rem memberikan sebanyak 45-61% pengurangan bobot pada sistem pengereman (Sarip and Day, 2015). Namun, batasan utama penggunaan paduan aluminium adalah sifatnya yang lunak, oleh karena itu: kebutuhan untuk penguatannya dengan bahan kekuatan-kekakuan tinggi seperti SiC, TiC, TiB₂, B₄C, Al₂O₃, dan Si₃N₄ (Jimoh dkk., 2012). Bahan-bahan tersebut merupakan agen penguat untuk aluminium matriks komposit untuk aplikasi keausan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, didapatkan rumusan masalah dalam penelitian kali ini. Rumusan masalah dalam penelitian kali ini adalah bagaimana kelayakan sifat mekanik *Aluminium Matrix Composite* (AMC) yang diperkuat dengan keramik oksida menggunakan metode *stir casting* yang akan digunakan sebagai pengganti material disc brake kendaraan ringan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian kali ini untuk menjawab rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, berikut tujuan penelitian ini.

1. Menganalisa sifat mekanik *Aluminium Matrix Composite* (AMC) yang diperkuat dengan keramik oksida dengan variasi yang berbeda-beda.
2. Menganalisa kelayakan *Aluminium Matrix Composite* (AMC) yang diperkuat dengan keramik oksida untuk menggantikan material disc brake kendaraan ringan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat memberikan pengetahuan baru untuk masyarakat bahwa *disc brake* dengan material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan *disc brake* yang sudah umum digunakan saat ini.
2. *Disc brake* dengan material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) lebih banyak digunakan pada kendaraan ringan guna menaikkan kualitas material *disc brake* kendaraan ringan.
3. *Disc brake* dengan material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) dapat lebih dipertimbangkan oleh produsen komponen kendaraan ringan untuk lebih banyak diproduksi agar masyarakat dapat dengan mudah mendapatkan *disc brake* yang lebih berkualitas.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pengujian sifat mekanik dan struktur mikro pada *Aluminium Matrix Composite* (AMC) yang diperkuat dengan partikel Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃) didapatkan 2 hasil pengujian kekerasan dan hasil pengujian tarik material. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada material komposit aluminium yang diperkuat dengan partikel SiC dan Al₂O₃, ditemukan bahwa nilai kekerasan material meningkat seiring dengan peningkatan jumlah fraksi volume penguat. Berikut adalah rincian hasil pengujian kekerasan untuk setiap variasi.

Tabel 2.1 Hasil Pengujian Kekerasan Penelitian Terdahulu

(sumber: Widodo, 2019)

No.	Variasi Persentase Material	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRB)
1	Aluminium Murni	1	61,5
		2	51
		3	68
		Nilai Kekerasan Rata-Rata	
2	Al + 1,5% SiC + 2% Al ₂ O ₃ + Mg	1	64
		2	69
		3	67
		Nilai Kekerasan Rata-Rata	
3	Al + 3% SiC + 4% Al ₂ O ₃ + Mg	1	62
		2	68
		3	65
		Nilai Kekerasan Rata-Rata	
4	Al + 4,5% SiC + 6% Al ₂ O ₃ + Mg	1	72
		2	67
		3	66
		Nilai Kekerasan Rata-Rata	

Variasi pertama (Al 1100 tanpa penguat), Rata-rata nilai kekerasan adalah 60,167 HRB. Variasi kedua, Dengan peningkatan jumlah fraksi volume penguat, nilai kekerasan meningkat menjadi 66,7 HRB. Ini menunjukkan peningkatan sebesar 10,85% dibandingkan dengan variasi pertama. Variasi ketiga, Nilai kekerasan pada variasi ini adalah 67,3 HRB, menunjukkan peningkatan sebesar 0,9% dari variasi sebelumnya. Variasi keempat: Pada variasi ini, nilai kekerasan mencapai 68,3 HRB, mengalami peningkatan sebesar 1,5% dari variasi sebelumnya. Dari data tersebut,

dapat disimpulkan bahwa penambahan jumlah fraksi volume penguat (partikel SiC dan Al₂O₃) pada material komposit aluminium meningkatkan nilai kekerasan material. Peningkatan kekerasan tersebut menunjukkan peningkatan kekuatan dan ketahanan material komposit, yang dapat menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan dan penggunaan material dalam berbagai aplikasi teknik. Berdasarkan hasil pengujian tarik pada material komposit aluminium dengan penambahan partikel SiC dan Al₂O₃, ditemukan bahwa nilai kekuatan tarik material komposit lebih rendah daripada nilai kekuatan tarik material matriksnya. Berikut adalah rincian hasil pengujian kekuatan tarik untuk setiap variasi.

Tabel 2.2 Hasil Pengujian Kekerasan Penelitian Terdahulu

(sumber: Widodo, 2019)

No.	Variasi Material	Jumlah Spesimen	Tensile Strain (kgf/mm ²)
1	Alumunium Mumi	A	10,35
		B	9,12
		C	8,75
Rata - Rata Tensile Strain (kgf/mm ²)			9,41
2	Al + 1,5% SiC + 2% Al ₂ O ₃ + Mg	A	8,96
		B	6,48
		C	6,77
Rata - Rata Tensile Strain (kgf/mm ²)			7,4
3	Al + 3% SiC + 4% Al ₂ O ₃ + Mg	A	9,37
		B	5,96
		C	11,23
Rata - Rata Tensile Strain (kgf/mm ²)			8,85
4	Al + 4,5% SiC + 6% Al ₂ O ₃ + Mg	A	6,87
		B	5,36
		C	7,23
Rata - Rata Tensile Strain (kgf/mm ²)			6,38

Pada variasi pertama (Al 1100 tanpa penguat), nilai rata-rata kekuatan tarik mencapai 9,41 Kgf/mm². Sementara pada variasi kedua, dengan penambahan partikel SiC dan Al₂O₃, terjadi penurunan nilai kekuatan tarik menjadi 7,4 Kgf/mm². Terjadi penurunan sebesar 21,36% dibandingkan dengan variasi pertama. Variasi ketiga, Nilai kekuatan tarik pada variasi ini naik menjadi 8,85 Kgf/mm², mengalami peningkatan sebesar 19,6% dari variasi sebelumnya. Variasi keempat, Pada variasi ini, kekuatan tarik mencapai 6,38 Kgf/mm², mengalami penurunan sebesar 27% dari variasi sebelumnya. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan partikel SiC dan Al₂O₃ pada material komposit aluminium secara

umum menyebabkan penurunan nilai kekuatan tarik. Meskipun variasi ketiga mengalami peningkatan kekuatan tarik, tetapi secara keseluruhan, kekuatan tarik material komposit lebih rendah daripada material matriksnya (Al 1100 tanpa penguat). Penurunan kekuatan tarik dapat disebabkan oleh adanya ketidaksempurnaan antara matriks dan penguat, distribusi tidak merata dari penguat, atau interaksi yang kompleks antara matriks dan penguat. Penting untuk mempertimbangkan kekuatan tarik material komposit saat memilih dan mengaplikasikan material dalam berbagai aplikasi teknik. Meskipun kekuatan tarik komposit lebih rendah, tetapi dapat memiliki sifat-sifat lain yang menguntungkan seperti kekakuan yang lebih tinggi, tahan korosi, atau keuletan yang lebih baik, yang dapat menjadi faktor penentu dalam penggunaannya (Widodo, 2019).

2.2 Komposit

2.2.1 Pengertian Komposit

Penggunaan material komposit terus mengalami perkembangan yang pesat. Saat ini, nilai pasar material ini di seluruh dunia sulit untuk diprediksi secara tepat, namun diperkirakan melebihi US\$100 miliar. Komposit saat ini merupakan salah satu jenis material teknik yang sangat penting dan memiliki cakupan yang luas, menjadi peringkat kedua setelah baja dalam industri dan berbagai aplikasi yang signifikan. Ada beberapa alasan mengapa hal ini terjadi, salah satunya adalah karena komposit seringkali menawarkan kombinasi yang menarik antara kekakuan, kekuatan, ketangguhan, bobot ringan, dan ketahanan terhadap korosi.

Komposit adalah struktur yang terdiri dari beberapa bahan tunggal yang digabungkan untuk membentuk struktur baru yang memiliki karakteristik yang lebih unggul daripada bahan-bahan pembentuknya. Bahan pembentuknya berupa serat (fiber) yang menjadikan komposit tersebut disebut dengan komposit serat. (Hartono, 2016)

2.2.2 Klasifikasi Material Komposit

Menurut Sunardi dkk (2015), Ada dua klasifikasi utama untuk komposit, yaitu berdasarkan jenis matriks dan berdasarkan jenis bahan penguatnya.

1. Klasifikasi Berdasarkan Matriksnya



Gambar 2.1 Klasifikasi komposit berdasarkan matriksnya

(sumber: Galvada, 2019)

Matriks dalam komposit memiliki peran penting sebagai pengikat dan pelindung, serta bertanggung jawab dalam mentransfer tegangan, melindungi bahan dari lingkungan, dan menjaga permukaan bahan agar tidak tererosi. Kompatibilitas yang baik antara matriks dan material sangat penting. Klasifikasi komposit berdasarkan jenis matriks yang digunakan terbagi menjadi tiga kategori.

A. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites*)

Komposit matrik polimer adalah jenis komposit yang menggunakan bahan polimer sebagai komponen utama atau komponen yang mendominasi dalam komposisi.

B. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites*)

Komposit matrik logam adalah jenis komposit yang menggunakan bahan logam sebagai komponen utama atau komponen yang mendominasi dalam komposisi.

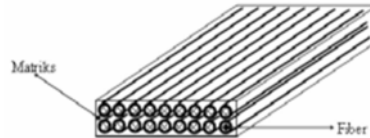
C. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites*)

Komposit matrik keramik adalah jenis komposit yang menggunakan bahan keramik sebagai komponen utama atau komponen yang mendominasi dalam komposisi.

2. Klasifikasi Berdasarkan Penguatnya

Penguat dalam teknologi komposit merujuk pada bahan utama yang memiliki sifat yang lebih superior daripada material pengisi dan berfungsi sebagai struktur atau kerangka di mana matriks melekat. Berdasarkan metode penguatannya, komposit dapat dibedakan menjadi tiga jenis (Jones, 1999).

A. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

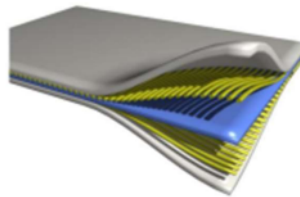


Gambar 2.2 Komposit Serat

(Sumber: Surdia, 1995)

Komposit serat tunggal terdiri dari satu lapisan atau lamina menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Serat yang digunakan dapat berupa serat kaca (*glass fibers*), serat karbon (*carbon fibers*), serat aramid (*poly aramide*), dan lain sebagainya. Serat ini dapat diatur secara acak atau dengan orientasi tertentu, bahkan dapat membentuk anyaman yang lebih kompleks.

B. Komposit Lapisan (*Laminated Composite*)



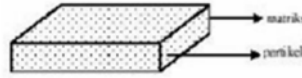
Gambar 2.3 Komposit Lapisan

(Sumber: jumarsi, 2005)

Jenis komposit yang dimaksud adalah komposit berlapis atau multilayer. Komposit berlapis terdiri dari dua lapisan atau lebih yang digabungkan menjadi satu struktur. Setiap lapisan memiliki karakteristik dan sifat sendiri yang berbeda. Dalam komposit berlapis,

kombinasi lapisan yang berbeda dapat menghasilkan sifat yang unik dan saling melengkapi, sehingga menciptakan performa yang lebih baik secara keseluruhan.

C. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)



Gambar 2.4 Komposit partikel

(Sumber: Surdia, 1995)

Jenis komposit yang dimaksud adalah komposit berpenguat partikel. Komposit ini menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya yang didistribusikan secara merata dalam matriksnya. Partikel tersebut dapat berupa serbuk logam, serbuk keramik, atau serbuk lainnya.

2.2.3 Aluminium Matrix Composite (AMC)

Aluminium Matrix Composite (AMC) merupakan salah satu jenis material komposit yang menggunakan aluminium sebagai matriksnya. Keunggulan aluminium sebagai bahan matriks meliputi kekakuan tinggi, ketahanan leleh yang baik, dan proses pembuatan yang relatif ekonomis. Pengembangan komposit aluminium telah berlangsung selama bertahun-tahun, menghasilkan berbagai variasi. Bahan penguat dalam komposit ini mencakup serat kontinu, monofilamen dan multifilamen, serat pendek, whiskers, dan partikulat. (Widodo, 2019).

Bahan komposit bermatrik logam adalah salah satu solusi yang dapat dikembangkan untuk menghasilkan material yang kuat, ringan, dan tahan terhadap korosi. Jenis komposit yang banyak dikembangkan dalam kategori ini adalah komposit bermatrik logam atau MMC (*Metal Matrix Composite*), dengan contohnya adalah komposit bermatrik aluminium atau AMC (*Aluminium Matrix Composite*). Saat ini, AMC telah digunakan dalam industri otomotif untuk aplikasi seperti piston, cakram rem, gigi, dan

sebagainya. AMC memiliki beberapa kelebihan, antara lain ringan, memiliki kekerasan yang tinggi, modulus spesifik yang tinggi, dan sifat ketahanan aus yang baik (Wahid, 2017)

2.3 Partikel Penguat Alumunium Matrix Composite

2.3.1 Al₂O₃ (Alumina)

Alumina juga dikenal sebagai oksida aluminium. Alumina adalah senyawa kimia yang terdiri dari aluminium dan oksigen dengan rumus kimia Al₂O₃. Alumina memiliki beberapa sifat penting yang mencakup kekerasan tinggi, kekuatan tinggi, dan titik lebur tinggi.

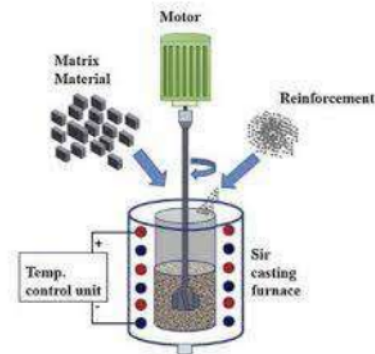
2.3.2 SiC (Silikon Karbida)

SiC (*Silicon Carbide*) adalah senyawa kristalin dengan keunggulan pada sifat mekaniknya yaitu memiliki kekerasan paling tinggi dan juga memiliki titik leleh yang tinggi sekitar 2837 °C.

2.3.3 Mg (Magnesium)

Magnesium (Mg) sering digunakan dalam paduan dengan unsur-unsur lain untuk menghasilkan material yang tangguh dan kuat. Dalam industri pengecoran material komposit (MMC), magnesium digunakan untuk meningkatkan wettability atau kemampuan basah pada partikel penguat, sehingga matriks logam dapat mengikat partikel penguat dengan baik dan memastikan persebarannya merata.

2.4 Metode Stir Casting



Gambar 2.5 Metode Stir Casting

(Sumber: digilib.uns.ac.id)

¹² Proses stir casting adalah salah satu metode pembuatan material komposit di mana bahan material dicampurkan saat dalam keadaan cair, dan pengadukannya dilakukan secara mekanik. Dalam pembuatan material komposit, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan (Shinde S. S. dkk, 2015). Berikut adalah faktor-faktor tersebut:

1. Metode ini digunakan untuk mencapai penyebaran yang seragam dari bahan penguat. Dalam proses stir casting, penting untuk mencapai penyebaran yang seragam dari bahan penguat dalam matriksnya. Hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dan kinerja material komposit. Agar bahan penguat dapat terdispersi dengan baik, perlu diperhatikan kecepatan pengadukan, waktu pengadukan, dan juga distribusi partikel atau serat penguat yang digunakan.
2. Metode ini digunakan untuk mencapai *wettability* antara dua material. *Wettability* mengacu pada kemampuan matriks dan bahan penguat untuk saling menempel dan berinteraksi secara baik. Penting untuk mencapai *wettability* yang baik antara dua material tersebut agar adhesi antara matriks dan penguat dapat terjadi dengan baik. Faktor-faktor seperti sifat permukaan dan kompatibilitas kimia antara matriks dan penguat dapat mempengaruhi *wettability*.
3. Metode ini digunakan untuk mencegah adanya porositas pada material. Porositas adalah ruang kosong atau celah yang terbentuk dalam material

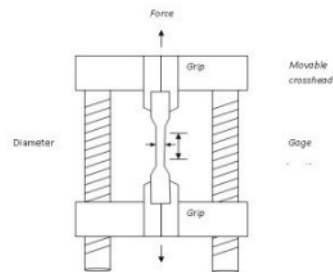
komposit, yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dan ketahanannya. Dalam proses stir casting, perlu diperhatikan untuk mencegah terbentuknya porositas dalam material komposit. Faktor-faktor seperti perawatan suhu, pengaturan kecepatan pengadukan, dan pengelolaan gas yang terlarut dalam matriks dapat mempengaruhi tingkat porositas yang terbentuk.

2.5 Pengujian Material

2.5.1 Pengujian Merusak (*Destructive Test*)

Pengujian merusak merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat mekanik dari sebuah material. Tujuan dari pengujian merusak adalah untuk memahami bagaimana material akan berperilaku di bawah beban mekanik dan untuk mengidentifikasi titik-titik kegagalan atau deformasi plastis yang terjadi pada material tersebut. Berikut beberapa pengujian merusak menurut Hidayat (2019).

1. Pengujian Tarik



Gambar 2.6 Pengujian Tarik

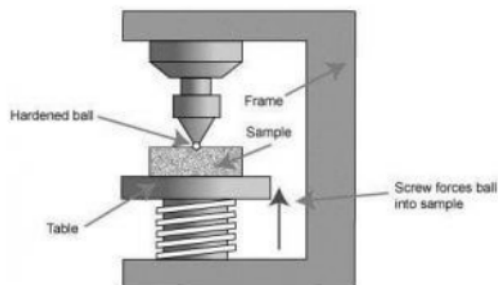
(Sumber: alatuji.com)

Pengujian tarik adalah salah satu jenis pengujian mekanis yang paling umum dilakukan dan memberikan informasi yang representatif mengenai perilaku mekanis material. Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban tarik pada sampel material dalam kondisi uji yang terdefinisi. Prinsip pengujian tarik ialah benda uji dengan ukuran dan bentuk tertentu yang ditarik dengan beban secara kontinyu. Selama pengujian, panjang sampel diukur

secara terus-menerus untuk mendapatkan data perubahan panjang sampel seiring dengan peningkatan beban yang diterapkan.

Pengujian tarik memberikan berbagai data penting yang digunakan dalam analisis dan pemahaman sifat-sifat mekanis material, antara lain. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*), pengujian tarik dapat memberikan informasi tentang seberapa kuat material tersebut dalam menahan beban tarik sebelum mengalami kegagalan. Kekuatan tarik ini merupakan parameter penting dalam mengevaluasi kekuatan dan daya tahan material. Batas Elastisitas (*Elastic Limit*), pengujian tarik juga membantu dalam menentukan batas elastisitas, yaitu batas beban di mana material akan mulai mengalami deformasi permanen. Ini penting untuk mengetahui limit beban yang dapat diterapkan pada material sebelum terjadi deformasi permanen. Regang (*Strain*), selama pengujian tarik, regang atau perubahan dimensi sampel material diukur. Data ini memberikan informasi tentang sejauh mana material akan meregang atau menyusut saat dikenai beban tertentu. Modulus Elastisitas (*Young's Modulus*), pengujian tarik memungkinkan perhitungan modulus elastisitas, yaitu perbandingan antara tegangan terhadap regang dalam fase elastis material. Modulus elastisitas mencerminkan kekakuan material dan merupakan parameter penting dalam desain struktur. Kekakuan (*Stiffness*) dan Ketangguhan (*Toughness*), pengujian tarik memberikan informasi tentang kekakuan material, yaitu resistensi terhadap deformasi elastis, serta ketangguhan material, yaitu kemampuan material untuk menyerap energi sebelum kegagalan.

2. Pengujian Kekerasan



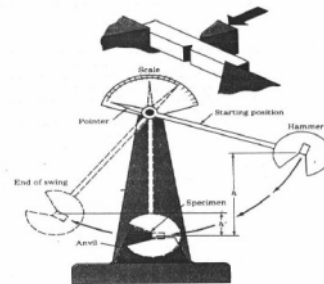
Gambar 2.7 Pengujian Kekerasan Brinell

(Sumber: testingindonesia.co.id)

Pengujian kekerasan adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam mengevaluasi sifat mekanik suatu material. Metode ini memiliki keunggulan karena dapat dilakukan pada benda uji yang relatif kecil tanpa memerlukan persyaratan yang rumit. Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik penting dari sebuah material.

Pengukuran kekerasan material biasanya dilakukan dengan menggunakan skala kekerasan, seperti skala Brinell, skala Vickers, atau skala Rockwell. Metode-metode ini memiliki prosedur pengujian yang khas dan indenter yang berbeda, namun tujuannya sama, yaitu menentukan resistensi material terhadap deformasi plastis.

3. Pengujian Impak



Gambar 2.7 Pengujian Impak

(Sumber: metalurgi-ilmu-logam.blogspot.com)

Pengujian impak adalah metode yang digunakan untuk mengukur ketangguhan atau ketahanan suatu material terhadap beban impak atau tumbukan yang kuat dan tiba-tiba. Pada pengujian ini, sebuah pendulum beban dengan energi potensial yang ditentukan akan dilepaskan dari ketinggian tertentu dan menghantam benda uji, sehingga menghasilkan deformasi pada benda uji.

Pengujian impak penting dalam mengevaluasi sifat mekanik material, terutama ketangguhan atau ketahanan material terhadap kejadian tumbukan atau beban impak. Selama tumbukan atau beban impak, energi kinetik pendulum beban akan ditransfer ke benda uji. Benda uji akan mengalami

deformasi dan patah jika energi yang diterimanya melebihi batas kekuatan material.

2.5.2 Pengujian Metalografi

Metalografi ialah cabang ilmu yang mendalami dan menyajikan struktur mikro dan topografi logam, fasa-fasa, ukuran butir, distribusinya, serta sifat-sifat logam dan paduannya. Metode ini menggunakan peralatan mikroskop untuk menguji dan mengamati struktur butir dalam suatu logam. Dengan melibatkan mikroskop optik, metalografi memungkinkan pengamatan mendetail terhadap struktur butiran logam, memberikan gambaran yang jelas tentang komposisi dan karakteristiknya (Juwandi, 2021).

2.6 *Disc Brake* Kendaraan Ringan

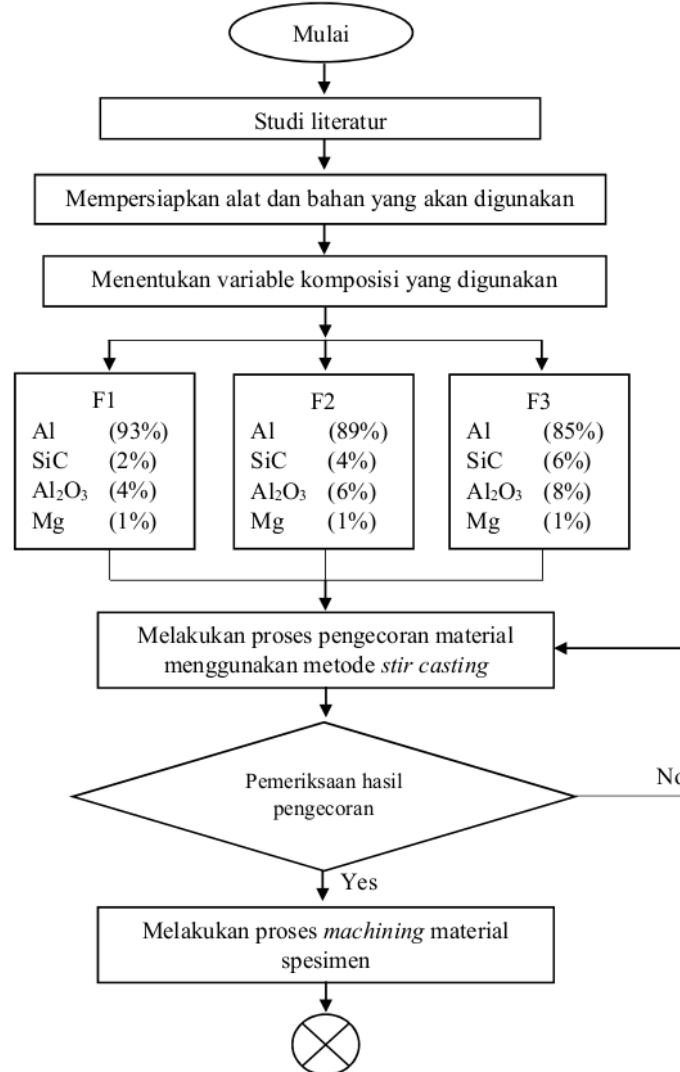
Disc Brake (rem cakram) merupakan komponen penting dalam sistem pengereman kendaraan bermotor. Fungsinya adalah untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan dengan mengubah energi kinetik menjadi energi panas melalui gesekan antara piringan (rotor) dan kampas rem (Samwijaya, 2019).

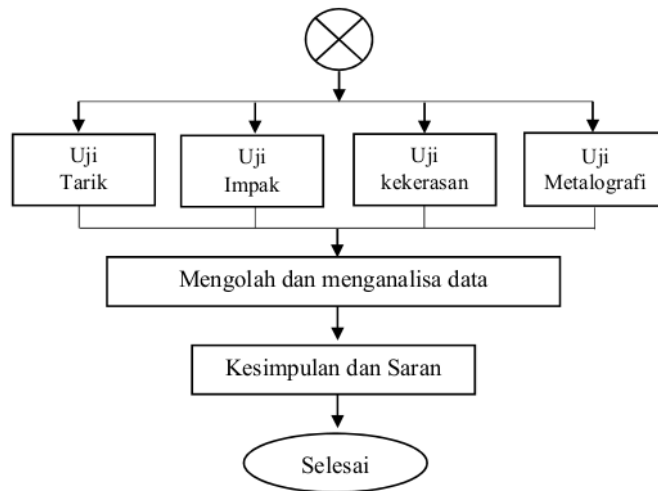
Material disc brake umumnya diproduksi menggunakan logam ferrous, seperti besi cor kelabu dan stainless steel. Pilihan ini disebabkan oleh sifat mekanik yang baik, konduktivitas panas yang optimal, dan ketahanan aus yang tinggi (Rahmalina, 2017). Berdasarkan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Vadiraj A dkk (2013), besi cor kelabu yang digunakan dalam aplikasi disc brake menunjukkan tingkat kekerasan sekitar 170-180 BHN (Brinell Hardness Number) atau setara dengan 87-89 HRB (Rockwell Hardness B). Besi cor kelabu memiliki kisaran kekerasan sekitar 156-302 HB dan kisaran kekuatan tarik antara 152-431 MPa (Faruqi, 2014).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Adapun Diagram Alir dari penelitian yang akan dilakukan kali ini.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Pribadi)

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun Alat dan Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini sebagai berikut.

3.2.1 Alat yang digunakan

Alat penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini sebagai berikut.

1. Tungku Peleburan

Tungku Peleburan digunakan untuk melakukan peleburan logam, dimana pada penelitian ini digunakan untuk melebur Logam Aluminium. Tungku peleburan yang digunakan berjenis Tungku Gas.



Gambar 3.2 Tungku Gas
(sumber: Pribadi)

2. Krusible Peleburan

Krusible Peleburan digunakan sebagai wadah/tempat dimana aluminium diletakan di dalam tungku peleburan. Krusible ini dapat dengan mudah dikeluarkan masukan ke dalam tungku agar mempermudah proses peleburan logam.



Gambar 3.3 Krusible Peleburan
(sumber: Pribadi)

3. Tabung Gas

Tabung gas digunakan sebagai bahan bakar utama pada tungku peleburan yang digunakan.



Gambar 3.4 Tabung Gas

(sumber: Pribadi)

4. Bor Tangan

Bor tangan pada penelitian kali ini digunakan sebagai motor penggerak utama pengadukan atau metode yang digunakan yaitu metode stir casting.



Gambar 3.5 Bor Tangan

(sumber: Pribadi)

5. Mata Bor Pengaduk

Mata Bor Pengaduk digunakan bersamaan dengan bor tangan untuk melakukan proses stircasting aluminium dimana bertujuan untuk menyatukan aluminium dengan bahan penguatnya.



Gambar 3.6 Mata Bor Pengaduk

(sumber: Pribadi)

6. Cetakan Spesimen

Cetakan Spesimen digunakan sebagai wadah/tempat logam yang telah cair dan menyatu dengan bahan penguat untuk dicetak dengan bentuk yang sudah ditentukan.



Gambar 3.7 Cetakan Spesimen

(sumber: Pribadi)

7. Timbangan Digital

Timbangan Digital digunakan untuk menimbang seluruh bahan yang akan digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

(sumber: Pribadi)

8. *Burner*

Burner digunakan mengalirkan gas dan mengubah bahan bakar gas menjadi api yang dapat digunakan memberikan panas ke dalam tungku gas.



Gambar 3.9 *Burner*

(sumber: Pribadi)

9. Gerinda Tangan

Gerinda Tangan digunakan untuk memotong dan menyiapkan aluminium sebelum dan sesudah peleburan.



Gambar 3.10 Gerinda Tangan
(sumber: Pribadi)

10. Sendok Pengangkut

Sendok pengangkut ini digunakan untuk mengangkat terak yang muncul pada saat proses peleburan.



Gambar 3.11 Sendok Pengangkut
(sumber: Pribadi)

11. Pencapit

Pencapit digunakan untuk mengangkat bahan yang panas atau yang sulit untuk diangkat dengan tangan kosong.



Gambar 3.12 Pencapit

(sumber: Pribadi)

12. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri digunakan untuk menghindari peneliti dari kecelakaan kerja yang tidak diinginkan. Alat Pelindung Diri yang digunakan pada penelitian ini adalah Sarung Tangan dan Helm Face Shield.



Gambar 3.13 Alat pelindung Diri

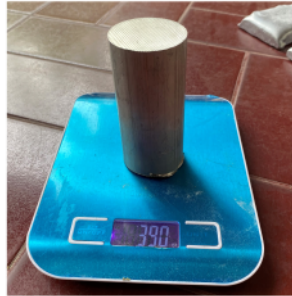
(sumber: Pribadi)

3.2.2 Bahan yang digunakan

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini sebagai berikut.

1. Alumunium Murni

Alumunium murni yang digunakan sebagai bahan dasar penelitian ini berjenis Alumunium 6061.



Gambar 3.14 Alumunium 6061

(sumber: Pribadi)

2. Bubuk Silikon karbida (SiC)

Bubuk Silikon Karbida (SiC) digunakan sebagai bahan penguat dari Aluminium Matrix Composites (AMC). Silikon Karbida yang digunakan pada penelitian ini adalah Silikon Karbida dengan mesh 36-8000#.

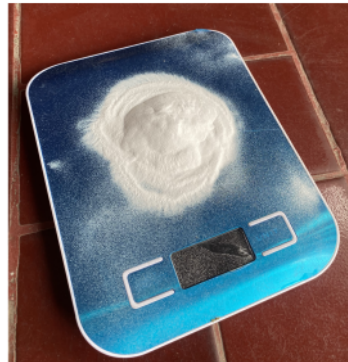


Gambar 3.15 Bubuk Silikon Karbida

(sumber: Pribadi)

3. Bubuk Alumina (Al_2O_3)

Bubuk Alumina (Al_2O_3) digunakan sebagai bahan penguat dari Aluminium Matrix Composites (AMC). Serbuk Alumina yang digunakan pada penelitian ini adalah Serbuk Alumina 220 mesh dengan kemurnian 99,9%.



Gambar 3.16 Bubuk Alumina
(sumber: Pribadi)

4. Bubuk Magnesium (Mg)

Tungku gas adalah bsajdgsajd ahdhaslkdhjl sjdjsaldj sldjlsajd sakjdk jaskdjksaj.



Gambar 3.17 Bubuk Magnesium
(sumber: Pribadi)

3.3 Variable Penelitian

Adapun variable penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu variable variasi komposisi bahan penguat yang digunakan. Variasi tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3.1 Variasi kandungan *Aluminium Matrix Composite*

	Kandungan	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
1	Alumunium (%)	93	89	85
2	SiC (%)	2	4	6
3	Al ₂ O ₃ (%)	4	6	8
4	Mg (%)	1	1	1

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian kali ini sebagai berikut.

3.3.1 Prosedur Pembuatan Spesimen

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian
2. Menyiapkan dan menimbang aluminium 6061 yang telah dipotong-potong sebelumnya, aluminium 6061 dipotong menjadi ukuran tertentu dan kemudian ditimbang untuk memastikan jumlah yang tepat sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 3.18 Penimbangan Alumunium
(sumber: Pribadi)

3. Menimbang dan menyiapkan bahan campuran sesuai dengan persentase yang sudah ditentukan, sebelum dicampurkan kedalam alumunium.



Gambar 3.19 Penyiapan Bahan Serbuk penguat

(sumber: Pribadi)

4. Meletakkan aluminium yang akan dilebur ke dalam tungku peleburan, kemudian peleburan dimulai hingga mencapai keadaan titik cairnya, aluminium dimasukkan ke dalam tungku peleburan dan dipanaskan hingga mencapai suhu cair yang diperlukan.



Gambar 3.20 Peleburan Alumunium

(sumber: Pribadi)

5. Menghilangkan terak dan zat kotor lainnya dari permukaan aluminium cair dengan cara membuangnya, sehingga terak dan

kotoran yang mengapung di atas logam cair dapat diminimalkan, mengurangi kemungkinan pencampuran impuritas dalam aluminium cair.



Gambar 3.21 Pengangkatan Terak
(sumber: Pribadi)

6. Menghidupkan alat pengaduk, alat pengaduk dihidupkan untuk menciptakan pusaran yang membantu dalam penyebaran partikel penguat ke dalam matriks aluminium.



Gambar 3.22 Pengadukan Aluminium Cair
(sumber: Pribadi)

7. Memasukkan partikel penguat dekat dengan permukaan logam cair, partikel penguat SiC dan Al₂O₃ untuk dicampurkan selama proses pengadukan.



Gambar 3.23 Pemasukan Bahan Penguat

(sumber: Pribadi)

8. Mengaduk logam cair, logam cair (SiC-Al₂O₃) diaduk selama 5 menit untuk memastikan distribusi partikel penguat yang merata di dalam matriks logam.



Gambar 3.24 Pengadukan Bahan Penguat yang sudah dimasukkan

(sumber: Pribadi)

- 1 Menuang komposit Aluminium-SiC-Al₂O₃ ke dalam cetakan, campuran aluminium dengan partikel penguat SiC dan Al₂O₃ dituangkan ke dalam cetakan yang telah dibuat.



Gambar 3.25 Penuangan AMC yang telah Selesai diaduk
(sumber: Pribadi)

10. Mendinginkan material komposit sehingga material komposit (Al-SiC-Al₂O₃-Mg) dapat dilepaskan dari cetakan.



Gambar 3.26 Pendinginan AMC yang Telah Dituang
(sumber: Pribadi)

3.3.2 Prosedur Pengujian Tarik

- 2 Menyiapkan spesimen dengan ukuran standar yang telah disiapkan.
- 2 Menilai panjang awal (gauge length) P₀, mengukurnya, dan menghitung luas penampang awal irisan spesimen.
- 3 Memasang spesimen pada pegangan (grip) atas dan bawah mesin uji tarik.

4. Mengoperasikan mesin uji tarik dengan mengatur panjang awal dan luas spesimen.
5. Merekam gerakan lambat dengan menggunakan video untuk memonitor data yang ditampilkan pada layar mesin uji tarik.
6. Membebaskan spesimen hingga terjadi putus (break).
7. Menganalisis data pertambahan panjang terhadap pembebanan dengan menggunakan rekaman video.
8. Melepaskan spesimen dari mesin uji tarik dan mengamati bentuk patahan yang terjadi.
9. Menghitung nilai kekuatan tarik berdasarkan data yang diperoleh.
10. Melakukan percobaan serupa dengan spesimen yang memiliki karakteristik berbeda.

3.3.3 Prosedur Pengujian Kekerasan

1. Menyiapkan benda uji, me-ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan amplas sebelum diuji tingkat kekerasannya.
2. Menyiapkan peralatan pengujian.
3. Memilih jenis indentor dan gaya pembebanan yang akan digunakan.
4. Menerapkan beban tekan dengan menggunakan indentor bola baja berdiameter 2,5 mm terhadap tiga titik di permukaan benda uji yang berbeda.
5. Melakukan penekanan selama 30 detik.
6. Mencatat hasil indentasi pada monitor.
7. Melakukan perhitungan rata-rata nilai hasil pengujian kekerasan Brinell.

3.3.4 Prosedur Pengujian Impak

1. Memrsiapkan benda uji sesuai dengan ukuran standar.
2. Mengukur kedalaman takik dan luas penampang benda uji.
3. Mengatur posisi skala bandul pada 300 Joule.
4. Menempatkan benda uji di mesin uji impak Charpy.

5. Melepaskan bandul dan catat energi yang diserap untuk mematahkan benda uji.
6. Melakukan percobaan pada berbagai kondisi suhu yang ditentukan oleh asisten.
7. menghitung nilai Harga Impak (HI) yang diperoleh dari setiap benda uji.

3.3.5 Prosedur Pengujian Metalografi

a. Grinding

1. Menyiapkan kertas ampelas ukuran 800#, 1000#, 1500#, 2500#, 3000# dan 5000#.
2. Meletakkan kertas ampelas pada piringan mesin grinding.
3. Memutar kran air sesuai kebutuhan.
4. Menekan tombol on pada mesin, dan mengatur kecepatan putar sesuai kebutuhan.
5. Melakukan proses grinding secara bertahap mulai dari grid terkasar sampai terhalus, hingga permukaan sampel rata dan bersih.
6. Mencuci sampel hasil grinding dengan etanol dan air kran, kemudian mengeringkan sampel dengan hair dryer.

b. Polishing

1. Menekan tombol on pada mesin polishing.
2. Menuangkan cairan pasta alumina secukupnya pada wool polishing, jika terlalu pekat gunakan air untuk mengencerkan.
3. Melakukan proses polishing hingga permukaan sampel mengkilap dan tidak terdapat goresan.
4. Mencuci sampel hasil polishing dengan etanol dan air kran, kemudian mengeringkan sampel dengan hair dryer hingga kering.

c. Etching

1. Menuangkan larutan nital 3% pada wadah kaca.
2. Melakukan proses etching hingga 3-5 detik.

3. Mencuci sampel hasil etching dengan etanol dan air kran, kemudian mengeringkan sampel menggunakan hair dryer hingga kering.
4. Mengamati sampel di bawah mikroskop optik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengecoran Material *Aluminium Matrix Composite*

Pada penelitian ini dilakukan pengecoran untuk menghasilkan material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) dengan metode *Stir casting*. AMC pada penelitian ini diperkuat dengan keramik oksida, dimana keramik oksida yang digunakan adalah Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al_2O_3) serta Magnesium digunakan sebagai *wettability*. Adapun variasi kandungan sebagai berikut.

Tabel 4.1 Variasi Kandungan *Aluminium Matrix Composite*

	Kandungan	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3
1	Aluminium (%)	93	89	85
2	SiC (%)	2	4	6
3	Al_2O_3 (%)	4	6	8
4	Mg (%)	1	1	1

Berikut ini adalah hasil dari pengecoran material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) dengan variasi kandungan yang telah ditentukan.



Gambar 4.1 AMC Variasi 1

(sumber: Pribadi)



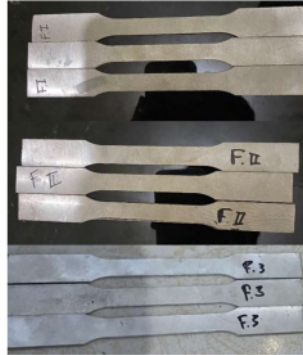
Gambar 4.2 AMC Variasi 2
(sumber: Pribadi)



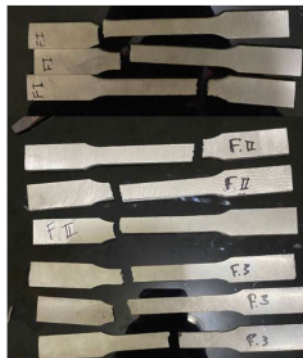
Gambar 4.3 AMC Variasi 3
(sumber: Pribadi)

4.2 Hasil Pengujian Tarik

Telah dilakukan Pengujian Tarik (*Tensile Test*) pada setiap variasi yang digunakan, dimana setiap variasi dilakukan 3 kali pengujian. Spesimen yang diuji sebagai berikut.



Gambar 4.4 Spesimen Uji Tarik Sebelum Pengujian
(sumber: Pribadi)



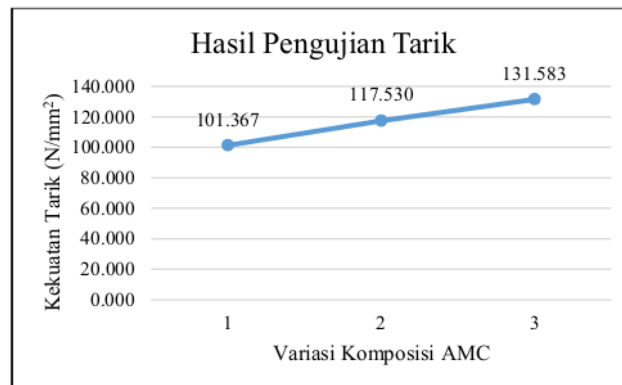
Gambar 4.5 Spesimen Uji Tarik Sesudah Pengujian
(sumber: Pribadi)

Adapun hasil pengujian Tarik pada 9 spesimen yang terdiri dari 3 variasi sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tarik *Aluminium Matrix Composite*

HASIL PENGUJIAN TARIK		
No.	Variasi	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1.	93% Al + 2% SiC + 4% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	101.367
2.	89% Al + 4% SiC + 6% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	117.530
3.	93% Al + 6% SiC + 8% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	131.583

Dari data hasil pengujian Tarik tersebut dapat dijadikan grafik hasil pengujian Tarik sebagai berikut ini.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Tarik Rata-Rata
(sumber: Pribadi)

Pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa penambahan jumlah volume bahan penguat Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃) pada material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik dari material tersebut. Pada variasi 1 dengan kandungan 93% Aluminium Murni, 2%

SiC, 4% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekuatan tarik rata rata sebesar 101,367 N/mm². Pada variasi 2 dengan kandungan 89% Alumunium Murni, 4% SiC, 6% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekuatan tarik rata rata sebesar 117,530 N/mm². Pada variasi 3 dengan kandungan 85% Alumunium Murni, 6% SiC, 8% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekuatan tarik rata rata sebesar 131,583 N/mm². Kekuatan Tarik meningkat karena Penggunaan penguat SiC pada aluminium dan paduannya dapat menghasilkan peningkatan pada kekuatan tarik, kekerasan, densitas, dan ketahanan aus. Di sisi lain, penguat Al₂O₃ menawarkan ketahanan terhadap penekanan yang baik dan tingkat ketahanan aus yang tinggi. Penting untuk dicatat bahwa penyebaran partikel penguat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat-sifat dari komposit aluminium matriks yang dihasilkan (B. Vijaya Ramnath, dkk. 2013).

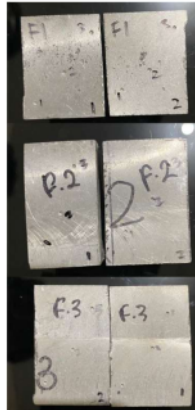
4.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Telah dilakukan Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*) pada setiap variasi yang digunakan, dimana setiap variasi dilakukan 6 kali pengujian dengan 2 spesimen pada 3 titik. Pengujian dilakukan dengan metode *Rockwell* dengan penekanan dilakukan dengan bola berdiameter 2,5 mm dan ditekan selama 30 detik. Spesimen yang diuji sebagai berikut.



Gambar 4.7 Spesimen Uji Kekerasan Sebelum Pengujian

(sumber: Pribadi)



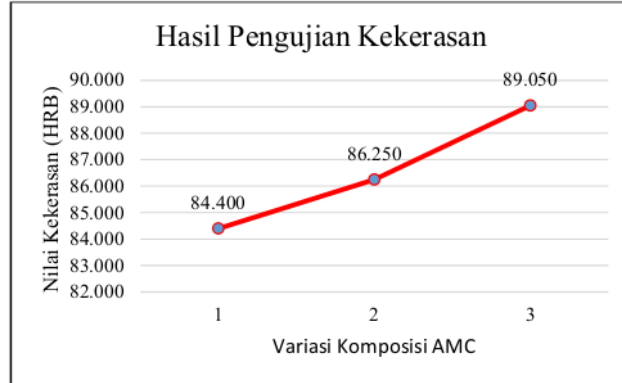
Gambar 4.8 Spesimen Uji Kekerasan Sesudah Pengujian
(sumber: Pribadi)

Adapun hasil pengujian kekerasan pada 6 spesimen yang terdiri dari 3 variasi sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan *Aluminium Matrix Composite*

HASIL PENGUJIAN KEKERASAN		
No.	Variasi	Nilai Kekerasan (HRB)
1.	93% Al + 2% SiC + 4% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	84,4
2.	89% Al + 4% SiC + 6% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	86,25
3.	93% Al + 6% SiC + 8% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	89,05

Dari data hasil pengujian kekerasan tersebut dapat dijadikan grafik hasil pengujian kekerasan sebagai berikut ini.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan Rata-Rata
(sumber: Pribadi)

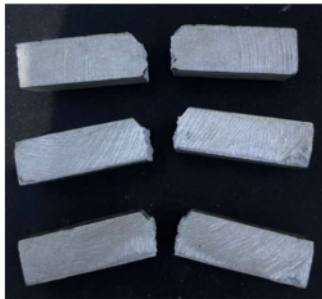
Pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa penambahan jumlah volume bahan penguat Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al_2O_3) pada material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) dapat meningkatkan nilai kekerasan dari material tersebut. Pada variasi 1 dengan kandungan 93% Aluminium Murni, 2% SiC, 4% Al_2O_3 dan 1% Mg memiliki nilai kekerasan rata rata sebesar 84,4 HRB. Pada variasi 2 dengan kandungan 89% Aluminium Murni, 4% SiC, 6% Al_2O_3 dan 1% Mg memiliki nilai kekerasan rata rata sebesar 86,25 HRB. Pada variasi 3 dengan kandungan 85% Aluminium Murni, 6% SiC, 8% Al_2O_3 dan 1% Mg memiliki nilai kekerasan rata rata sebesar 89,05 HRB. Nilai kekerasan pada material komposit aluminium meningkat karena penggunaan partikel penguat yang berguna untuk mengubah sifat mekanisnya, silikon karbida (SiC) dan alumina (Al_2O_3) digunakan sebagai partikel penguat. Kedua material ini termasuk dalam kategori keramik dan memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, yang secara signifikan berkontribusi pada peningkatan kekerasan total dari material komposit aluminium tersebut (Wacono, 2014)

4.4 Hasil Pengujian Impak

Telah dilakukan Pengujian Impak (*Impact Test*) pada setiap variasi yang digunakan, dimana setiap variasi dilakukan 3 kali pengujian. Spesimen yang diuji sebagai berikut.



Gambar 4.12 Spesimen Uji Impak Sebelum pengujian
(sumber: Pribadi)



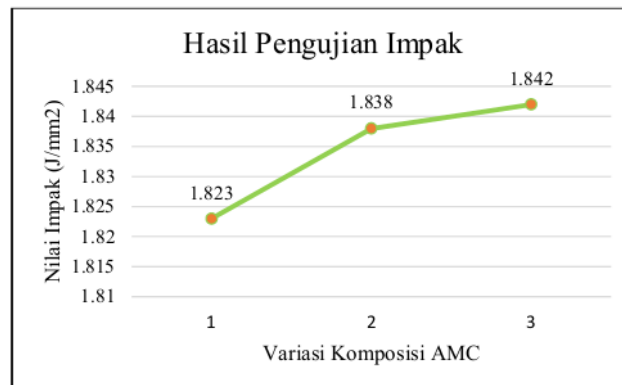
Gambar 4.13 Spesimen Uji Tarik Sesudah pengujian
(sumber: Pribadi)

Adapun hasil pengujian impak pada 9 spesimen yang terdiri dari 3 variasi sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Impak *Aluminium Matrix Composite*

HASIL PENGUJIAN IMPAK		
No.	Variasi	Nilai Impak (J/mm ²)
1.	93% Al + 2% SiC + 4% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	1,823
2.	89% Al + 4% SiC + 6% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	1,838
3.	93% Al + 6% SiC + 8% Al ₂ O ₃ + 1% Mg	1,842

Dari data hasil pengujian kekerasan tersebut dapat dijadikan grafik hasil pengujian kekerasan sebagai berikut ini.



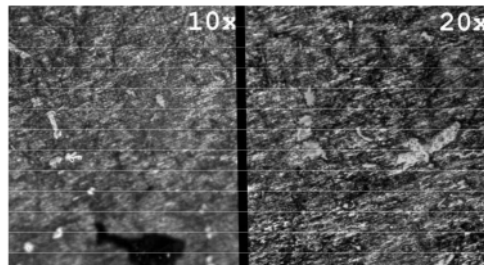
Gambar 4.14 Grafik Hasil Pengujian Impak
(sumber: Pribadi)

Pada Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa penambahan jumlah volume bahan penguat Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃) pada material Aluminium Matrix Composite (AMC) dapat mempengaruhi nilai impak dari material tersebut. Pada variasi 1 dengan kandungan 93% Aluminium Murni, 2% SiC, 4% Al₂O₃ dan

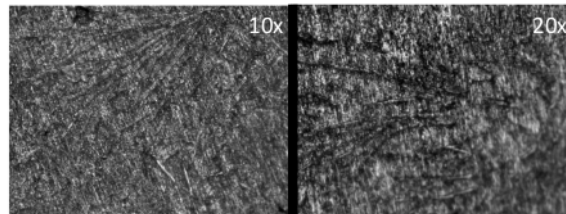
1% Mg memiliki nilai impak rata rata sebesar 1,823 J/mm². Pada variasi 2 dengan kandungan 89% Alumunium Murni, 4% SiC, 6% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai impak rata rata sebesar 1,838 J/mm². Pada variasi 3 dengan kandungan 85% Alumunium Murni, 6% SiC, 8% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai impak rata rata sebesar 1,842 J/mm².

4.5 Hasil Pengujian Metalografi

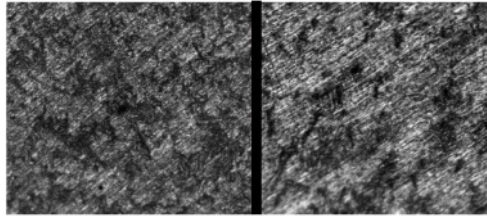
Dilakukan pengujian Struktur mikro (Metalografi) pada 3 spesimen yang memiliki variasi komposisi yang berbeda-beda, dimana ketiga specimen tersebut sudah dilakukan proses *grinding*, *polishing* dan *etching* terlebih dahulu. Adapun hasil dari pengujian ini sebagai berikut.



Gambar 4.15 Hasil Pengujian Metalografi Variasi 1
(sumber: Pribadi)



Gambar 4.16 Hasil Pengujian Metalografi Variasi 2
(sumber: Pribadi)



Gambar 4.17 Hasil Pengujian Metalografi Variasi 3
(sumber: Pribadi)

4.6 Pembahasan

Pada hasil pengujian yang telah dilakukan pada material *Aluminium Matrix Composite* penelitian ini. Dapat dilihat pada uji Tarik didapatkan hasil kekuatan Tarik yang meningkat seiring dengan penambahan persentase bahan penguat SiC dan Al₂O₃, pada variasi 1 dengan kandungan 93% Alumunium Murni, 2% SiC, 4% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekuatan tarik rata rata sebesar 101,367 N/mm²; pada variasi 2 dengan kandungan 89% Alumunium Murni, 4% SiC, 6% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekuatan tarik rata rata sebesar 117,530 N/mm²; pada variasi 3 dengan kandungan 85% Alumunium Murni, 6% SiC, 8% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekuatan tarik rata rata sebesar 131,583 N/mm². Hasil pengujian kekerasan juga mendapatkan hasil yang meningkat seiring dengan ditambahkan persentase bahan penguat SiC dan Al₂O₃, dimana pada variasi 1 dengan kandungan 93% Alumunium Murni, 2% SiC, 4% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekerasan rata rata sebesar 84,4 HRB, Pada variasi 2 dengan kandungan 89% Alumunium Murni, 4% SiC, 6% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekerasan rata rata sebesar 86,25 HRB, Pada variasi 3 dengan kandungan 85% Alumunium Murni, 6% SiC, 8% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai kekerasan rata rata sebesar 89,05 HRB. Untuk pengujian dampak juga didapatkan hasil nilai dampak yang meningkat seiring ditambahkannya bahan penguat SiC dan Al₂O₃, meskipun kenaikan harga dampak pada pengujian tersebut tidak significant naik, dimana hasil pengujian dampak pada variasi 1 dengan kandungan 93% Alumunium Murni, 2% SiC, 4% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai dampak rata rata sebesar 1,823 J/mm²; Pada variasi 2 dengan kandungan 89% Alumunium Murni, 4% SiC, 6% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai

impak rata rata sebesar 1,838 J/mm²; Pada variasi 3 dengan kandungan 85% Aluminium Murni, 6% SiC, 8% Al₂O₃ dan 1% Mg memiliki nilai impact rata rata sebesar 1,842 J/mm². Kenaikan hasil pengujian seiring dengan penambahan persentase bahan penguat SiC dan Al₂O₃ disebabkan karena bahan penguat yang digunakan memiliki sifat mekanik yang tinggi sehingga dapat meningkatkan Aluminium yang ditambahkan dengan bahan penguat tersebut. Ini sesuai dengan penelitian Wacono (2014), Nilai kekerasan pada material komposit aluminium meningkat karena penggunaan partikel penguat yang berguna untuk mengubah sifat mekanisnya, silikon karbida (SiC) dan alumina (Al₂O₃) digunakan sebagai partikel penguat. Kedua material ini termasuk dalam kategori keramik dan memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, yang secara signifikan berkontribusi pada peningkatan kekerasan total dari material komposit aluminium tersebut. Menurut B. Vijaya Ramnath, dkk. (2013), Kekuatan Tarik meningkat karena Penggunaan penguat SiC pada aluminium dan paduannya dapat menghasilkan peningkatan pada kekuatan tarik, kekerasan, densitas, dan ketahanan aus. Di sisi lain, penguat Al₂O₃ menawarkan ketahanan terhadap penekanan yang baik dan tingkat ketahanan aus yang tinggi. Penting untuk dicatat bahwa penyebaran partikel penguat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat-sifat dari komposit aluminium matriks yang dihasilkan.

Material disc brake umumnya diproduksi menggunakan logam ferrous, seperti besi cor kelabu dan stainless steel. Pilihan ini disebabkan oleh sifat mekanik yang baik, konduktivitas panas yang optimal, dan ketahanan aus yang tinggi (Rahmalina, 2017). Besi cor kelabu pada penelitian sebelumnya, yang dilakukan oleh Vadiraj A dkk (2013), besi cor kelabu yang digunakan dalam aplikasi disc brake menunjukkan tingkat kekerasan sekitar 170-180 HB atau setara dengan 87-89 HRB. Pada penelitian Faruqi (2014), diketahui bahwa Besi cor kelabu memiliki nilai kekerasan sekitar 156-302 HB atau setara dengan 83-115 HRB dan nilai kekuatan tarik antara 152-431 MPa (Faruqi, 2014). Penelitian yang dilakukan ini salah satunya bertujuan untuk mengetahui kelayakan sifat mekanik material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) yang telah dibuat sebagai material pengganti *disc brake* kendaraan ringan. Jika membandingkan nilai kekuatan Tarik *Aluminium Matrix Composite* dengan campuran bahan penguat SiC dan Al₂O₃, dimana

kekuatan Tarik paling tinggi terdapat pada Variasi 3 (85% Al + 6% SiC + 8%Al₂O₃ + 1% Mg) yaitu sebesar 131,583 N/mm², kekuatan tarik tersebut masih belum cukup untuk mencapai minimal kekuatan Tarik besi cor, yaitu selisih 20,417 N/mm². Jika dilihat dari grafik yang terus meningkat seiring ditambahkannya bahan penguat, AMC ini dapat memiliki kekuatan Tarik yang cukup untuk mencapai kekuatan minimal material besi cor. Jika membandingkan nilai kekerasan *Aluminium Matrix Composite* dengan campuran bahan penguat SiC dan Al₂O₃, nilai kekerasan dari ketiga variasi AMC penelitian ini sudah mencapai batas minimal nilai kekerasan material besi cor, dimana minimal kekerasan yang dimiliki oleh besi cor senilai 83 HRB, sedangkan hasil pengujian kekerasan pada material AMC ini berturut-turut variasi 1, variasi 2, variasi 3 adalah 84,4 HRB; 86,25 HRB; 89,05 HRB. Nilai kekerasan ini sangat penting untuk material yang akan digunakan pada *Disc Brake* kendaraan ringan, *disc brake* kendaraan ringan memerlukan material yang tahan akan keausan, dimana dapat diketahui pada penelitian Iman Saefuloh (2018), bahwa tingkat kekerasan semakin tinggi maka Faktor Keausan semakin rendah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya penelitian material AMC (*Aluminium Matrix Composite*) yang diperkuat dengan keramik oksida dengan tujuan untuk menggantikan material *disc brake*, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sifat mekanik material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) berpenguat keramik oksida SiC dan Al₂O₃ yang didapatkan melalui beberapa pengujian antara lain pengujian Tarik, pengujian kekerasan, pengujian impak dan pengujian metalografi. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan pada material ini dengan tiga variasi antara lain variasi 1 (93% Al, 2% SiC, 4% Al₂O₃ dan 1% Mg), variasi 2 (89% Al, 4% SiC, 6% Al₂O₃ dan 1% Mg), variasi 3 (85% Al, 6% SiC, 8% Al₂O₃ dan 1% Mg).
 - a. Kekuatan Tarik material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) berpenguat keramik oksida SiC dan Al₂O₃ pada variasi 1, variasi 2 dan variasi 3 berturut turut 101,367 N/mm²; 117,530 N/mm²; dan 131,583 N/mm².
 - b. Kekerasan *Aluminium Matrix Composite* (AMC) berpenguat keramik oksida SiC dan Al₂O₃ pada variasi 1, variasi 2 dan variasi 3 berturut turut 84,4 HRB; 86,25 HRB; 89,05 HRB.
 - c. Nilai Impak material *Aluminium Matrix Composite* (AMC) berpenguat keramik oksida SiC dan Al₂O₃ pada variasi 1, variasi 2 dan variasi 3 berturut turut 1,823 J/mm², 1,838 J/mm² dan 1,842 J/mm².
2. Membandingkan Sifat mekanik *Aluminium Matrix Composite* dengan campuran bahan penguat SiC dan Al₂O₃ dengan besi cor sebagai material yang umum digunakan sebagai *Disc Brake* kendaraan ringan, dimana kekuatan Tarik paling tinggi terdapat pada Variasi 3 (85% Al + 6% SiC + 8%Al₂O₃ + 1% Mg) yaitu sebesar 131,583 N/mm², kekuatan tarik tersebut masih belum cukup untuk mencapai minimal kekuatan Tarik besi cor,

yaitu selisih 20,417 N/mm². Jika dilihat dari grafik yang terus meningkat seiring ditambahkannya bahan penguat, AMC ini dapat memiliki kekuatan Tarik yang cukup untuk mencapai kekuatan minimal material besi cor. Sedangkan untuk nilai kekerasan *Aluminium Matrix Composite* dengan campuran bahan penguat SiC dan Al₂O₃, nilai kekerasan dari ketiga variasi AMC penelitian ini sudah mencapai batas minimal nilai kekerasan material besi cor, dimana minimal kekerasan yang dimiliki oleh besi cor senilai 83 HRB, sedangkan hasil pengujian kekerasan pada material AMC ini berturut-turut variasi 1, variasi 2, variasi 3 adalah 84,4 HRB; 86,25 HRB; 89,05 HRB. Nilai kekerasan ini sangat penting untuk material yang akan digunakan pada *Disc Brake* kendaraan ringan, *disc brake* kendaraan ringan memerlukan material yang tahan akan keausan, dimana dapat diketahui bahwa tingkat kekerasan semakin tinggi maka Faktor Keausan semakin rendah. Maka dari hasil pengujian sifat mekanik material ini cukup layak untuk digunakan sebagai bahan pengganti material *disc brake* kendaraan ringan.

5.2 Saran

Berikut ini adalah saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian ini agar kedepannya dapat dilakukan lebih baik lagi.

1. Menggunakan alat *Stir Casting* yang dirangkai untuk bergerak secara otomatis agar perputaran pada saat melakukan *stir casting* bias lebih stabil dan lebih *safety*.
2. Meningkatkan persentase komposisi bahan penguat untuk meningkatkan sifat mekanik *Aluminium Matrix Composite*

DAFTAR PUSTAKA

- Agbeleye, A. A., et al. "Tribological properties of aluminium-clay composites for brake disc rotor applications." *Journal of King Saud University-Science* 32.1 (2020): 21-28.
- Arifin, Amir, and Junaidi Junaidi. "Pengaruh parameter stir casting terhadap sifat mekanik alumunium matrix composite (amc)." *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta* 1.1 (2017).
- Badan Pusat Statistik. "*Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 2015-2021*". Badan Pusat Statistik (2023). Jakarta.
- Hartono, Mochammad Rifai, and Handoko Subawi. *Pengenalan teknik komposit*. Deepublish, 2016.
- Hidayat, Wahyu. "Analisis Tegangan Geser, Momen dan Tegangan Lentur Maksimal untuk Pembuatan Pisau pda Rancang Bangun Mesin Pemecah Buah Kakao Kapasitas 2 Ton/Jam." (2019).
- Hidayat, Wahyu. "Klasifikasi dan Sifat Material Teknik Serta Pengujian Material." (2019).
- Jimoh, Abdul, Iakovos Sigalas, and Mathias Hermann. "In situ synthesis of titanium matrix composite (Ti-TiB-TiC) through sintering of TiH 2-B 4 C." (2012).
- Jones, R.M., *Mechanics of Composite Material*, Virginia: Taylor & Francis. (1999)/
- Lawal, et al. "*Production and characterization of brake pad developed from coconut shell reinforcement material using central composite design.*" *SN Applied sciences* 1 (2019): 1-16.
- Ramadhan, Asep Romi, Gugun Gundara, and Acep Wagiman. "Effect of Size of Polyester Matrix Coconut Coir Powder on Bending Test and Scanning Electron Microscopy (SEM) Test." *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* 8.1 (2023): 21-28.
- Rao, R. N., and S. Das. "Effect of SiC content and sliding speed on the wear behaviour of aluminium matrix composites." *Materials & Design* 32.2 (2011): 1066-1071.

- Samwijaya, Dody, Darmanto Darmanto, and Imam Syafa'at. "Analisis Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Lubang Disc Brake." *Majalah Ilmiah Momentum* 15.1 (2019).
- Sarip, Shamsul, and J. Day Andrew. "An experimental study on prototype lightweight brake disc for regenerative braking." *Jurnal Teknologi* 74.1 (2015).
- Sunardi, Sunardi, Mohamad Fawaid, and Muhammad Fikri Rasyid Noor. "Variasi campuran fly ash batubara untuk material komposit." *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta* 2.1 (2015).
- Tentrem, Titi, and Antonius F. Nababan. "Pengujian Mineral Liat pada Contoh Tanah dengan Metode Difraksi X-Ray (XRD)." (2019)
- Wahid, Ichlas, and Maula Nafi. "Experimental Observation on The Changes of Microstructure Grain of Al-Coal Ash Composite under T6 Heat Treatment." (2017).
- Widodo, Basuki, and Anang Subardi. "Pengujian Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Matrix Composite (Amc) Berpenguat Partikel Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (AL₂O₃)." *Prosiding SENIATI 5.2* (2019): 295-303.
- Juwandi, T., and Jenne Syarif. "Analisa pengaruh variasi arus pengelasan GTAW pada baja AISI 1050 terhadap sifat fisik dan mekanis." *Journal of Welding Technology* 3.1 (2021): 1-5.
- Sowjanya K., Suresh S. 2013. Structural Analysis of Disc Brake Rotor. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)* Volume 4: No. 7: 2295-2298.
- Iwana, Raka Aditya Ras. Pengukuran Kekuatan Luluh, Kekuatan Tarik, Modulus Elastisitas Dan Keliatan Besi Cor Kelabu. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2023.
- Wacono, Deri Dagi., Sulardjaka. 2014. Pengaruh Persentase Berat Serbuk SiC terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit dengan Matriks AlSiTiB yang Diperkuat Serbuk SiC. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 2(3): 239-248.
- Ramnath, B. Vijaya (et.al). 2014. Aluminium Metal Matrix Composites – A Review. *Advanced Study Center Co. Ltd.*, 38: 55-60.

Rahmalina, Dwi. "Uji Performasi Disc Brake Sepeda Motor Material Komposit Matriks Aluminium Berpenguat Partikel Keramik." AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin 3.1 (2017): 36-40.

Faruqi, Muhammad Syarifudin Al. "Rancang Bangun Dan Uji Alat Tribometer Tipe Pin On Disk." (2014).

LAMPIRAN

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.itn.ac.id Internet Source	5%
2	www.scribd.com Internet Source	1%
3	repositori.umsu.ac.id Internet Source	1%
4	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
5	ejournal.uika-bogor.ac.id Internet Source	1%
6	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper	1%
7	www.bps.go.id Internet Source	1%
8	core.ac.uk Internet Source	1%
9	talenta.usu.ac.id Internet Source	1%

10	eprints.untirta.ac.id Internet Source	1 %
11	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	1 %
12	docplayer.info Internet Source	1 %
13	repository.unhas.ac.id Internet Source	1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On

REV_FADHILHIDAYATULLAH RAZAAN_3331190047_TA

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61
