

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pengujian sifat mekanik dan struktur mikro pada AMC yang diperkuat dengan partikel Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al_2O_3) didapatkan 2 hasil pengujian kekerasan dan hasil pengujian tarik material. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada material komposit aluminium yang diperkuat dengan partikel SiC dan Al_2O_3 , ditemukan bahwa nilai kekerasan material meningkat seiring dengan peningkatan jumlah fraksi volume penguat. Adapun rincian hasil pengujian kekerasan untuk setiap variasi yang terdapat pada Tabel 2.1.

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			60,167
2	Al + 1,5% SiC + 2% Al_2O_3 + Mg	1	64
		2	69
		3	67
Nilai Kekerasan Rata-Rata			66,7
3	Al + 3% SiC + 4% Al_2O_3 + Mg	1	62
		2	68
		3	65
Nilai Kekerasan Rata-Rata			67,3
4	Al + 4,5% SiC + 6% Al_2O_3 + Mg	1	72
		2	67
		3	66
Nilai Kekerasan Rata-Rata			68,3

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. Adapun rincian hasil pengujian kekuatan tarik untuk setiap variasi yang terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil pengujian kekerasan penelitian terdahulu

(sumber: Widodo, 2019)

No.	Variasi Material	Jumlah Spesimen	Tensile Strain (kgf/mm ²)
1	Aluminium Murni	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.

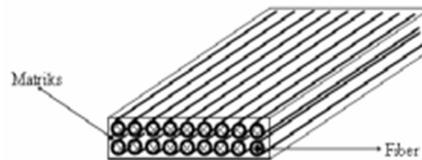
C. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites*)

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 penguatnya, komposit dapat dibedakan menjadi tiga jenis (Jones, 1999).

A. Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

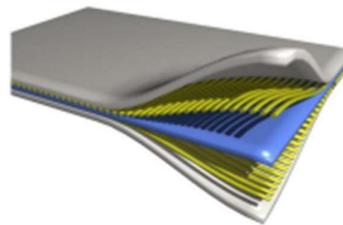


Gambar 2.2 Komposit serat

(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*)



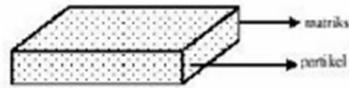
Gambar 2.3 Komposit lapisan

(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. 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 Aluminium 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.

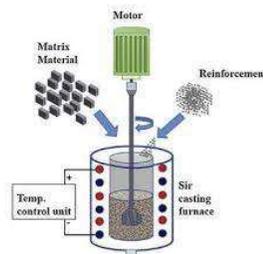
2.3.2 SiC (Silikon Karbida)

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)

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 dkk, 2015). Berikut adalah faktor-faktor tersebut:

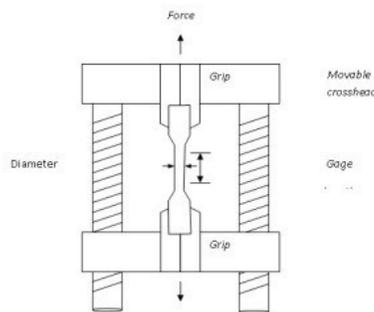
1. Metode ini digunakan untuk mencapai penyebaran yang seragam dari bahan penguat. Dalam proses *stir casting*, penting untuk mencapai penyebaran yang seragam dari bahan penguat dalam matriksnya. Hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dan kinerja material komposit. Agar bahan penguat dapat terdispersi 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

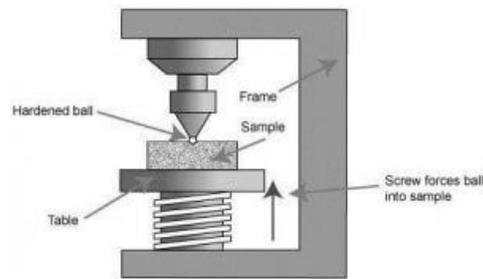
(Sumber: alatuji.com)

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

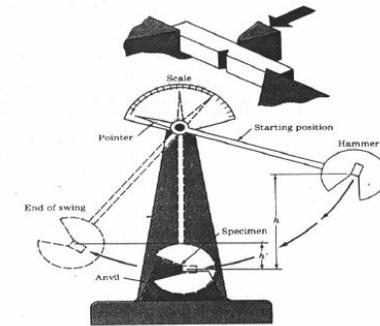
(Sumber: testingindonesia.co.id)

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 2.8 Pengujian impak

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

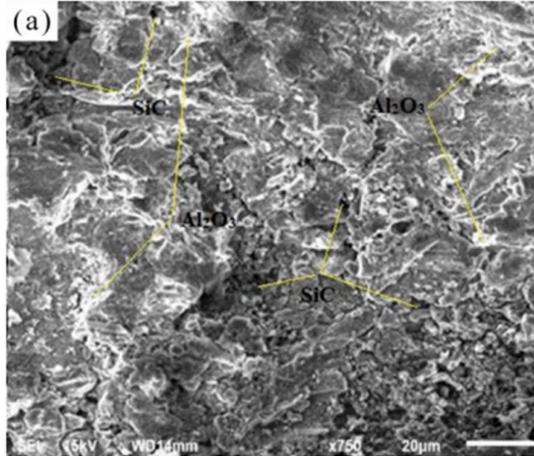
Pengujian impak adalah metode yang digunakan untuk mengukur ketangguhan atau ketahanan suatu material terhadap beban impak atau tumbukan yang kuat dan tiba-tiba. Pada pengujian ini, sebuah pendulum beban dengan energi potensial yang ditentukan akan dilepaskan dari ketinggian tertentu dan menghantam benda 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 *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah perangkat mikroskop berbasis elektron yang digunakan untuk menciptakan gambar permukaan sampel dengan resolusi tinggi dan detail yang sangat jelas. Dalam operasinya, aliran elektron diarahkan ke sampel yang sedang diamati. Elektron tersebut kemudian dipantulkan oleh permukaan sampel dan diarahkan ke detektor,

menghasilkan gambar yang diperbesar dan diperjelas. Salah satu keunggulan utama SEM terletak pada kemampuannya untuk memperbesar sampel hingga jutaan kali lipat, memungkinkan pengamatan terperinci terhadap struktur permukaan, topografi, dan komposisi kimia pada sampel yang sedang diamati.



Gambar 2.9 Pengujain SEM pada AMC kandungan Al_2O_3 dan SiC

(Sumber: Kumar, 2018)

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). Nilai mekanik dari rotor *disc brake* ini ditentukan berdasarkan standar SAE J431 G3000 untuk rotor rem otomotif, yaitu memiliki nilai kekerasan 187-241 BHN (Brinell Hardness Number) atau sekitar 91-100 HRB (Rockwell Hardness B) dan memiliki nilai kekuatan Tarik sebesar 30.000 psi atau sekitar 206,84 Mpa. 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 atau setara dengan 87-89

HRB. Besi cor kelabu memiliki kisaran kekerasan sekitar 156-302 HB dan kisaran kekuatan tarik antara 152-431 MPa (Faruqi, 2014). Pada penelitian Senen (2012), didapatkan nilai kekuatan imapk besi cor sebesar 0,27 J/mm².