

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (corundum, gibbsite, boehmite, diaspor, dan lain-lain) (USGS). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan ductility yang cukup baik (aluminium paduan), mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Yang paling terkenal adalah penggunaan aluminium sebagai bahan pembuat pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya (Ahmad Z. 2003).

Metal matrix composite (MMC) adalah material teknik yang dibentuk menggunakan dua material atau lebih untuk memperoleh material baru yang mempunyai sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dibanding material pembentuknya. Matrik yang digunakan untuk membuat MMC biasanya menggunakan logam lunak dan ringan yaitu aluminium, magnesium, dll., sedangkan penguat MMC biasanya menggunakan partikel SiC, Al₂O₃, dll. Keunggulan MMC dibanding komposit polimer adalah kekerasannya lebih tinggi, tahan aus dan tahan pada temperatur tinggi. Aplikasi MMC pada industri otomotif adalah digunakan untuk cylinder liners mesin, intake valve, exhaust valve, piston, dan lain-lain (Sadi dkk. 2014).

Material komposit logam-matriks serbuk (MMCs) adalah jenis material yang menarik perhatian dalam industri karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang unggul, termasuk kekuatan, kekakuan, dan ketahanan aus, serta memiliki berbagai potensi aplikasi di berbagai bidang, termasuk otomotif, penerbangan, dan industri manufaktur lainnya.

Komposit Al-SiC adalah salah satu jenis MMC yang banyak dipelajari dan diterapkan. Aluminium (Al) sebagai matriksnya memiliki kekuatan yang ringan, sifat korosinya yang baik, dan kemampuan fabrikasi yang tinggi. Silikon karbida (SiC) digunakan sebagai bahan penguat karena memiliki kekerasan yang tinggi, kekuatan tarik yang baik, dan stabilitas dimensi yang tinggi.

Namun, untuk meningkatkan sifat mekanik dan termal dari komposit Al-SiC, berbagai upaya telah dilakukan untuk memperkenalkan logam tambahan ke dalam campuran, seperti magnesium (Mg) dan tembaga (Cu). Mg dikenal dapat meningkatkan interaksi antara Al dan SiC, serta meningkatkan homogenitas campuran. Sementara itu, penambahan Cu dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan konduktivitas termal dari material komposit (Romadhoni, S. 2010).

Metode metalurgi serbuk adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk menghasilkan material komposit Al-SiC. Proses ini melibatkan pencampuran serbuk Al, SiC, dan logam tambahan seperti Mg dan Cu dalam proporsi yang tepat, diikuti dengan proses pemadatan dan sintesis yang sesuai untuk menghasilkan material komposit yang homogen dan berkualitas tinggi. Penelitian mengenai komposit Al-SiC telah banyak dilakukan namun masih ada potensi untuk memahami lebih lanjut pengaruh penambahan Mg-Cu dalam material komposit, terutama menggunakan metode metalurgi serbuk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki efek dari penambahan Mg-Cu pada komposit Al-SiC, dengan fokus pada sifat mekanik, termal, dan mikrostruktur dari material yang dihasilkan menggunakan metode metalurgi serbuk.

Berdasarkan ulasan diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pembuatan paduan aluminium (Al) dan SiC sebagai matriks dan penambahan Magnesium (Mg), Tembaga (Cu) sebagai filler yang menggunakan metode kompaksi dengan tekanan 5 ton. Variasi pada filler Mg 1,8 wt%, filler Cu 4,48 wt%, dan filler mg-Cu 1,8 wt% dan 4,4 wt%. Oleh karena itu penulis mengajukan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Mg-Cu Pada Komposit Al-SiC Dengan Metode Metalurgi Serbuk”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan Mg pada komposit Al-SiC terhadap sifat mekanik dan struktur mikro?
2. Bagaimana pengaruh penambahan Cu pada komposit Al-SiC terhadap sifat mekanik dan struktur mikro?
3. Bagaimana pengaruh penambahan Mg-Cu pada komposit Al-SiC terhadap sifat mekanik dan struktur mikro?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa pengaruh penambahan Mg pada komposit Al-SiC terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.
2. Untuk menganalisa pengaruh penambahan Cu pada komposit Al-SiC terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.
3. Untuk menganalisa pengaruh penambahan Mg-Cu pada komposit Al-SiC terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.

1.3.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Sebagai literatur dan referensi mengenai pengaruh penambahan Mg-Cu pada komposit Al-SiC.

3. Sebagai acuan penelitian dalam pembentukan penambahan Mg-Cu pada komposit Al-SiC

1.4 Batasan Masalah

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian sehingga tujuan dari penelitian dapat dicapai, perlu adanya batasan masalah, yaitu:

1. Matrix yang digunakan yaitu Al 320 mesh (44-53 mikro).
2. Mg 100 mesh (149-177 mikro), Cu 1000 mesh (15-20 mikro) sebagai filler.
3. SiC 400 mesh (37-44 mikro) sebagai penguat.
4. Penelitian ini menggunakan metode kompaksi dengan tekanan 6 ton.
5. Penelitian ini menggunakan metode sintering dengan suhu 500.

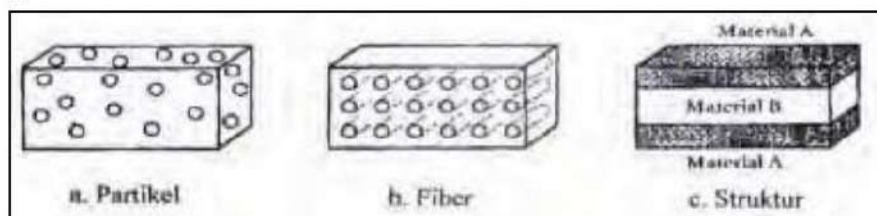
1.5 Landasan Teori

1.5.1 Komposit

Material komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang berbeda, dengan syarat adanya ikatan permukaan antara kedua material tersebut. Komposit tidak hanya digunakan untuk sifat struktural tapi dapat juga dimanfaatkan untuk berbagai sifat yang lainnya seperti listrik, panas, atau material-material yang memperhatikan aspek lingkungan. Komposit pada umumnya diklasifikasikan menjadi 2 bagian yang berbeda dimana fasa kontinu disebut matrik, dan fasa diskontinu disebut sebagai penguat (Zainuri, 2008).

Berdasarkan jenis penguatnya, material komposit antara lain: particulate composite (penguatnya berbentuk partikel), fibre composite (penguatnya berbentuk serat), structural composite (cara penggabungan material komposit) (Sakti, 2008).

Ilustrasi komposit berdasarkan penguat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Komposit Berdasarkan Penguat yang Digunakan
(Sumber: Zainuri, 2003)

Komposit dapat dibagi menjadi tiga kategori, antara lain:

1. Komposit Matrik Polimer (KMP); Bahan ini merupakan bahan yang paling sering digunakan atau sering disebut Polimer Berpenguat Serat (Fibre Reinforced Polymer of Plastic). Komposit ini menggunakan suatu polimer berbasis resin sebagai matriknya, dan jenis serat tertentu sebagai penguat, misalnya serat kaca dan karbon.
2. Komposit Matrik Keramik (KMK); Material komposit ini biasanya digunakan pada lingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek, atau serabut-serabut (whiskers) yang terbuat dari silikon karbida atau boron nitride.

3. Komposit Matrik Logam (KML); Berkembang pada industri otomotif, bahan ini pada umumnya menggunakan suatu logam seperti Aluminium (Al) sebagai matrik dan Silikon Karbida (SiC) sebagai penguatnya (Zamheri, 2011).

1.5.2 Komposit Matrix logam

Dalam proses fabrikasi komposit matrik logam, matrik yang paling banyak digunakan adalah logam aluminium karena logam ini mempunyai banyak kelebihan antara lain memiliki densitas yang rendah, tahan terhadap korosi, memiliki sifat panas, dan sifat listrik yang baik. Logam aluminium yang biasa digunakan sebagai matrik adalah paduan Al-Si, Al-Cu, dan sebagainya. Komposit matrik aluminium biasanya menggunakan penguat Al_2O_3 , SiC, C, dan yang lainnya. Dalam proses fabrikasi komposit, Al dan SiC terdiri dari dua penanganan yaitu liquid dan metalurgi serbuk.

Pembuatan komposit matrik logam paduan Al-SiC telah banyak dilakukan oleh para peneliti melalui teknik metalurgi serbuk karena memungkinkan tercampurnya penguat secara baik dan merata. Dari jurnal (Pramono, A. dan Jumiadi, 2011) dengan tahapan yang dilakukan yaitu:

Pertama, preparasi bahan seperti aluminium serbuk sebagai matriks serta magnesium serbuk sebagai filler, serbuk matriks dan filler tersebut kemudian disatukan didalam wadah dan dimasukkan kedalam mixing.

Setelah pencampuran, kemudian di kompaksi dimana serbuk dimasukkan kedalam cetakan logam berbentuk silinder dengan lubang diameter 15 mm, dan tinggi 60 mm kemudian ditekan dengan tekanan 1900 psi ditahan selama 30 menit bertujuan untuk memadatkan serbuk sehingga distribusi serbuk akan merata dan melekat.

Sintering dimana dapat terjadi dibawah titik lebur Al 660 °C. Tujuan dilakukan proses ini terbentuknya ikatan-ikatan partikel dan terjadinya homogenisasi partikel sehingga kepadatannya bertambah. Dari hasil kompaksi, dilakukan proses sintering pada muffle furnace dengan temperatur 450°C, 500°C dan 550°C dengan holding time 60 menit. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses sintering diantaranya ukuran partikel, atmosfer sintering, suhu, waktu tahan dan kecepatan pemanasan (ASM Hand Book Vol 1, 1991).

Pengaruh temperatur sinter dan variasi fraksi volume terhadap densitas, densitas dipengaruhi oleh temperatur, dimana densitas menurun dengan meningkatnya temperatur sinter. Pada fraksi volume 70:30% pada temperatur 550°C nilai densitas terendah diperoleh sebesar 2,66 g/cm³ dan nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada temperatur 450°C dengan nilai densitas sebesar 2,80 g/cm³. Pada fraksi volume 60:40% pada temperatur 550°C nilai densitas terendah diperoleh sebesar 2,71 g/cm³ dan nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada temperatur 450°C dengan nilai densitas sebesar 3,28 g/cm³. Hal ini disebabkan distribusi penguat terhadap matrik tidak merata sehingga terjadi penggumpalan partikel penguat dalam satu tempat dimana densitas turun maka porositas naik hal itu dapat dilihat pada grafik porositas.

Pengaruh temperatur sinter dan variasi fraksi volume terhadap porositas. Salah satu penyebab kegagalan suatu material adalah keberadaan porositas. Porositas bisa diakibatkan oleh penyusutan atau oleh gas terperangkap ini di buktikan pada penelitian Widyastuti (2008). Penyusutan terjadi pada saat proses kompaksi dan sintering, hal ini dihasilkan dari pengurangan volume yang diikuti oleh kekerasan yang menurun. Dari data pengujian porositas material komposit Al-SiC menunjukan bahwa nilai porositas mengalami peningkatan dengan bertambahnya temperatur. Pada fraksi volume 70:30% pada temperatur 450°C nilai porositas terendah diperoleh sebesar 30% dan nilai densitas yang paling tinggi terdapat pada temperatur 550°C dengan nilai porositas sebesar 52,2%. Pada fraksi volume 60:40% pada temperatur 450°C nilai porositas terendah diperoleh sebesar 48.3% dan nilai porositas yang paling tinggi terdapat pada temperatur 550°C dengan nilai porositas sebesar 58,4% (Pramono, A. dan Jumiadi, 2011).

Dengan mencapai kombinasi yang optimal dari sifat-sifat ini, komposit Al-SiC menjadi pilihan yang menarik untuk berbagai aplikasi, termasuk dalam industri otomotif, penerbangan, dan pembuatan alat.

Pemilihan partikel penguat SiC sebagai bahan pengisi (filler) banyak dikembangkan karena material SiC memiliki sifat mekanik dan fisis yang baik seperti memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi, kekerasan, ketahan erosi, dan memiliki nilai koefisien ekspansi termal yang rendah. Jadi dengan menggunakan material aluminium sebagai matrik dan partikel SiC sebagai bahan penguat maka akan didapatkan suatu material komposit yang memiliki sifat antara getas dan liat, memiliki sifat fisis, mekanik, dan sifat termal yang baik, serta menghasilkan material yang memiliki bobot rendah dan memiliki umur pemakaian yang lebih lama karena memiliki ketahanan korosi yang baik (Ramadhonal, 2010). Beberapa sifat fisis dan termal komposit matrik Aluminium berpenguat keramik SiC dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisis Komposit Al/SiC

Sifat Fisis	Nilai
Densitas	2.6 - 3.1 gr/cm ³
Kuat tekan	300 - 450 MPa
Modulus elastisitas	180 - 200 GPa
Ketahanan lelah	10 - 25 MPa-m ⁻²
Koefisien ekspansi termal	7 - 20 x 10 ⁻⁶ /°C
Konduktivitas panas	220 W/m-K

(Sumber: Cantor, 2004)

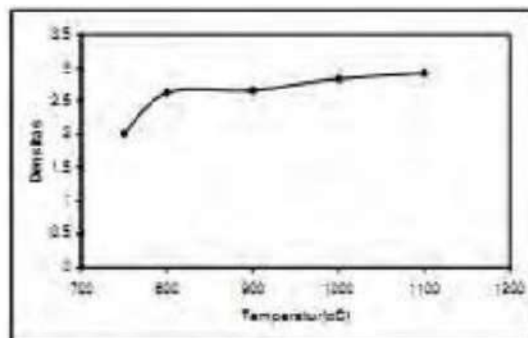
Dibandingkan dengan logam monolitik, komposit matrik aluminium berpenguat SiC memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- Memiliki kekuatan yang lebih tinggi
- Memiliki sifat kekakuan yang lebih tinggi
- Memiliki ketahanan lelah yang baik

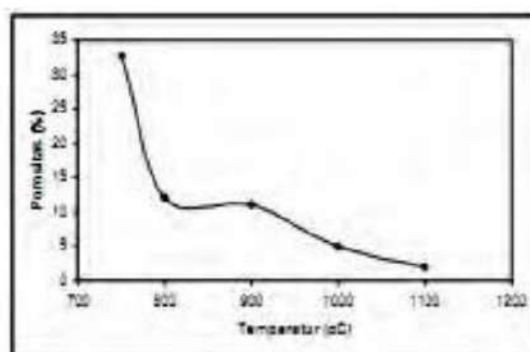
- d. Lebih tahan terhadap suhu yang relatif tinggi
- e. Memiliki koefisien ekspansi termal dan konduktivitas termal yang baik
- f. Umur pemakaian lebih lama karena tahan terhadap korosi.

Komposit matrik logam dapat di aplikasikan pada berbagai komponen mesin seperti velg, housing disc brake, sudu-sudu gas turbin (turbin blade), mesin roket, piston, penukar panas (heat exchanger), struktur pesawat terbang, kemasan elektronik, dan sebagainya (Sakti, 2008).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Zulfia (2006), diperoleh bahwa densitas dan porositas mempunyai hubungan berbanding terbalik. Semakin meningkat suhu maka densitas komposit Al/SiC juga terus meningkat. Sebaliknya porositas terus menurun seiring naiknya suhu.



Gambar 2. Grafik Hubungan Temperatur Terhadap Densitas
(Sumber: Zulfia, 2006)



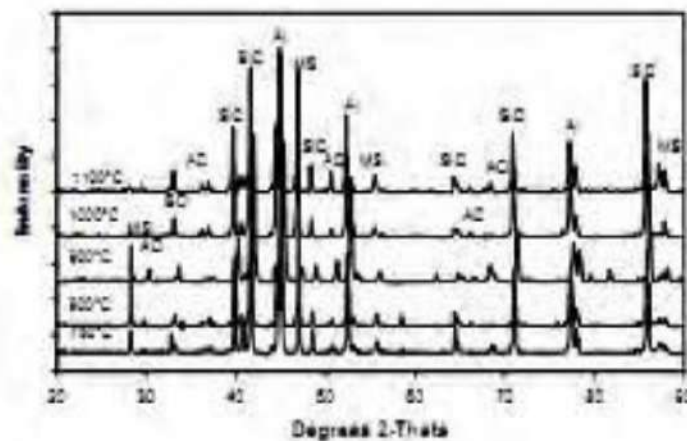
Gambar 3. Grafik Hubungan Temperatur Terhadap Porositas
(Sumber: Zulfia, 2006)

Pengamatan dengan alat uji SEM, mikrostruktur dari komposit AlSiC memperlihatkan persebaran SiC yang random didalam matrik Al.



Gambar 4. Mikrostruktur Komposit Al/SiC pada Suhu 800oC Selama 10 Jam
(Sumber: Zulfia, 2006)

Fasa yang terbentuk selama proses sintesis antara lain Mg_2Si , Al_3C_4 , dan Al_2O_3



Gambar 5. Grafik Hubungan Temperatur Terhadap Densitas
(Sumber: Zulfia, 2006)

1.5.3 Aluminium

Aluminium merupakan material mineral yang melimpah dipermukaan bumi, yaitu sekitar 7,6%. Aluminium merupakan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Namun aluminium tetap menjadi logam yang berharga mahal karena pengolahannya yang sukar (Romadhoni, 2010).

Aluminium mempunyai sifat mekanik, ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Logam ini dipergunakan secara luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi dapat dipakai untuk material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lainnya (Sakti, 2008).

Logam aluminium tergolong logam yang ringan dan memiliki massa jenis 2,77 gr/cm³. Struktur kristal aluminium murni adalah FCC (Face Centered Cubic), dengan jejari atom 0,134 nm dan mempunyai yield strength sebesar 60 x 10³ psi. Di udara terbuka, aluminium bereaksi dengan oksigen membentuk lapisan tipis Al_2O_3 yang melindungi dari korosi (Zainuri, 2003).

Sifat fisis yang dimiliki aluminium antara lain:

1. Ringan, tahan korosi dan tidak beracun maka banyak digunakan untuk alat rumah tangga.
2. Reflektif, dalam bentuk aluminium foil digunakan sebagai pembungkus makanan, obat atau rokok.
3. Daya hantar listrik dua kali lebih besar dari Cu, maka Al digunakan sebagai kabel tiang listrik.
4. Paduan Al dengan logam lainnya menghasilkan logam yang kuat seperti duralium (campuran Al, Cu, Mg) untuk pembuatan badan pesawat.
5. Sebagai zat reduktor untuk oksida MnO_2 dan Cr_2O_3 (Romadhoni, 2010).

Beberapa sifat fisis dari logam Aluminium dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Sifat Fisis Logam Aluminium

Sifat fisis	Nilai
Densitas	2.77 gr/cm ³
Modulus elastisitas	73 GPa
Rasio poisson	0.33
Modulus geser	27 GPa
Titik leleh	502-638 °C
Kapasitas panas	0.882 J/gr- °C
Konduktivitas termal	193 W/m-K

(Sumber: Cantor, 2004)

1.5.4 Magnesium

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium adalah elemen terbanyak kedelapan yang membentuk 2% berat kulit bumi, serta merupakan unsur terlarut ketiga terbanyak pada air laut. Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat campuran (alloy) untuk membuat campuran aluminium-magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnesium".

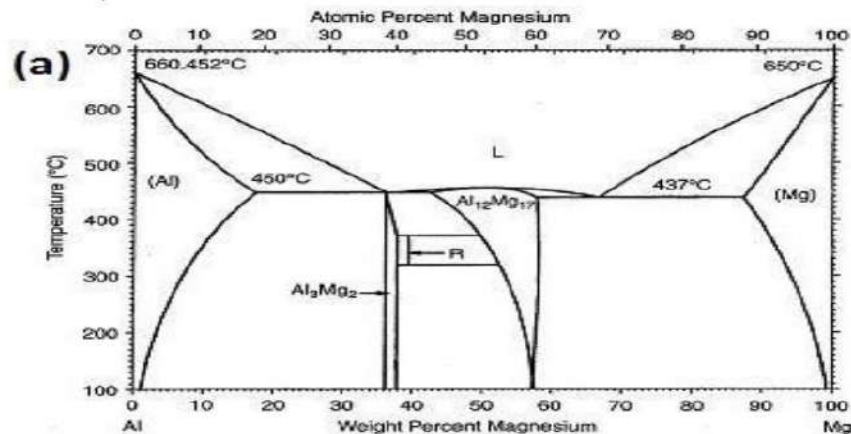
Penambahan Magnesium pada paduan komposit dengan komposisi yang tepat mampu meningkatkan wettability matriks aluminium terhadap partikel SiC, kekerasan meningkat, dan porositas menurun (Andre, P. 2016).

Tabel 3. Sifat Fisis Magnesium (Mg)

Sifat Fisik	Nilai
Massa Jenis	1.738 g/cm ³
Struktur Kristal	HCP
Titik Lebur	650 °C
Titik Didih	1090 °C

(Sumber: Andre, P. 2016)

Paduan Al-Mg dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan, selain itu juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi paduannya. Magnesium memiliki kelarutan 17,4% pada temperatur 450°C. Magnesium dengan Si membentuk fasa Mg₂Si yang mengendap pada perlakuan panasnya. Mekanisme penguatannya melalui mekanisme pengerasan presipitat. Pada gambar juga diperlihatkan bahwa pada kandungan kurang dari 2% Mg memasuki fase liquid saat temperatur diatas 660°C (Anisa dkk. 2016).

**Gambar 6.** Diagram Fasa Al-Mg Metalurgi Serbuk
(Sumber: Anisa dkk. 2016)

Magnesium memiliki pengaruh dalam pencampuran metalurgi serbuk Al dengan SiC yaitu dapat membantu meningkatkan interaksi antara aluminium dan silikon karbida selama proses sintesis atau pembentukan material komposit. Hal ini dapat menghasilkan adhesi yang lebih baik antara matriks aluminium dan butiran SiC sehingga akan meningkatkan sifat mekanik dan termal material komposit. Selain itu, magnesium juga akan membuat pencampuran yang lebih homogen antara aluminium dan silikon karbida yang dapat membantu dalam mendistribusikan serbuk SiC secara merata di dalam matriks aluminium.

Penambahan magnesium dalam pencampuran Al-SiC dapat mempengaruhi sifat mekanik akhir dari material komposit seperti kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan, dan sifat lainnya. Konsentrasi dan distribusi magnesium dalam campuran dapat disesuaikan untuk mencapai sifat mekanik yang optimal sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Magnesium juga dapat memberikan kontribusi pada stabilitas termal dan

termomekanik material komposit Al-SiC. Hal ini dapat meningkatkan ketahanan terhadap perubahan suhu, ketegangan termal, dan kelelahan termal, yang penting untuk aplikasi yang membutuhkan kinerja yang stabil di bawah kondisi lingkungan yang ekstrim. Dengan demikian, penggunaan magnesium dalam pencampuran metalurgi serbuk Al-SiC dapat memberikan berbagai manfaat yang signifikan dalam menciptakan material komposit dengan sifat mekanik, termal, dan termomekanik yang unggul. Namun, penting untuk memperhatikan proporsi, distribusi, dan parameter pengolahan lainnya untuk memastikan bahwa efek magnesium sesuai dengan tujuan aplikasi yang diinginkan (MA. Faridho, 2022).

1.5.5 Tembaga

Tembaga adalah unsur kimia dengan simbol Cu dengan nomor atom 29, yang ditemukan sebagai bijih tembaga yang masih bersenyawa dengan zat asam, asam belerang atau bersenyawa dengan kedua zat tadi. Produksi tembaga sebagian besar dipakai sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya baik. Biasanya digunakan dalam bentuk paduan, karena dapat dengan mudah membentuk paduan dengan logam-logam lain. Struktur kristal tembaga murni adalah face centered cubic (FCC) dan memiliki titik leleh 1084,62 °C (Anisa, dkk. 2016).

Tabel 4. Sifat-sifat pada Tembaga (Cu)

Sifat Fisis	Nilai	Satuan
Densitas	8920	kg/m ³
Sifat Mekanik	Nilai	-
Kuat Tarik	200	N/ mm ²
Titik Leleh	1084,62	°C
Modulus Elastisitas	130	Gpa
Kekerasan Brinnel	874	MN m ⁻²
Sifat Panas	Nilai	-
Koefisien Ekspansi Thermal	16,5 x 10 ⁻⁶	K ⁻¹
Konduktivitas Panas	400	W/mK

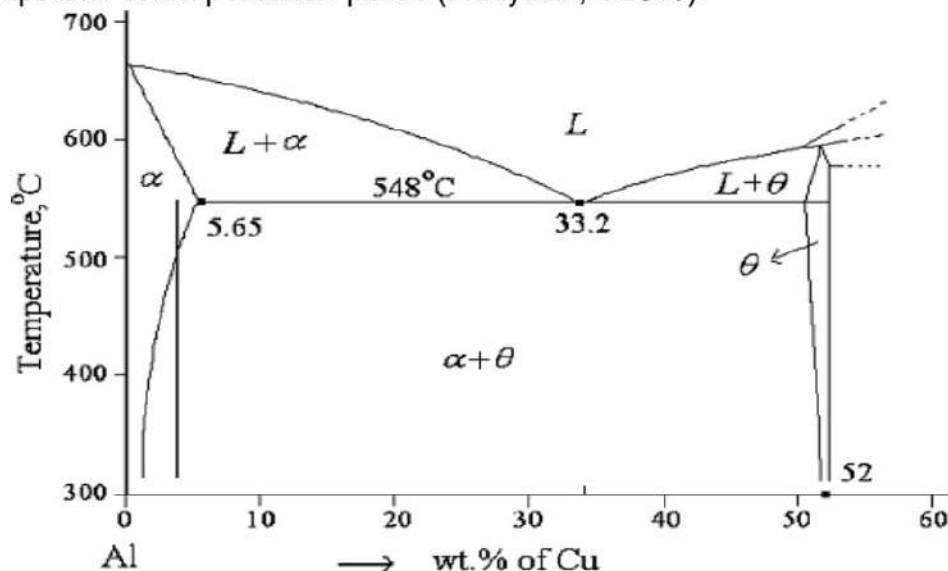
(Sumber: Andre, P. 2016)

Proses pengendapan penguatan (strengthening precipitation) meliputi tiga tingkatan dasar yang berfungsi untuk memperbaiki sifat mekanis dan ketahanan aus yang lebih tinggi, yaitu diantaranya :

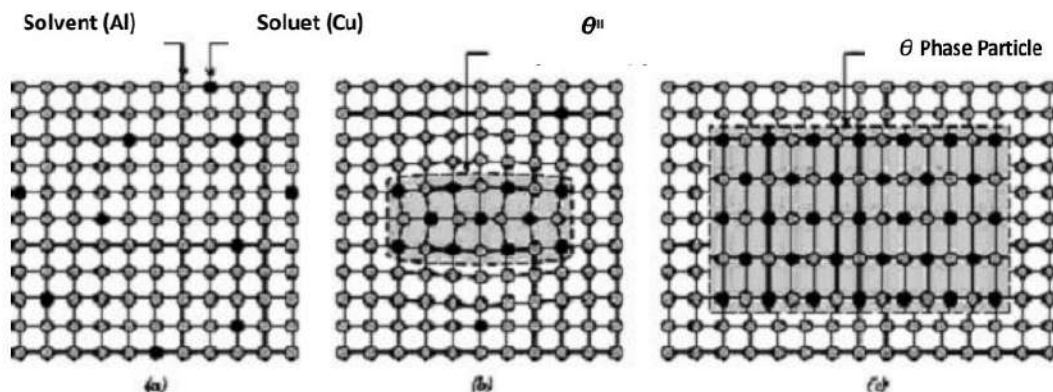
1. Solusi Perlakuan Panas (Solutionizing), dimana paduan dipanaskan pada temperatur antara temperatur solvus dan temperatur solidus dan menahannya hingga terbentuk struktur solusi-padat yang uniform.
2. Pendinginan cepat (Quenching), di mana sampel didinginkan secara cepat hingga mencapai temperatur kamar dan biasanya medium pendinginannya

menggunakan air. Struktur paduan dalam proses ini berupa solusi-padat superjenuh.

3. Penuaan (Aging), merupakan tahap akhir dan merupakan tahapan yang cukup kritis. Selama proses perlakuan panas ini akan terbentuk partikel endapan yang tersebar secara merata. Proses penuaan paduan pada temperatur kamar disebut proses penuaan secara alami (natural aging), sedangkan pada temperatur elevasi disebut proses penuaan buatan (artificial aging), dan temperatur penuaan biasanya antara 15-25 % dari selisih temperatur antara temperatur kamar dan temperatur solusi perlakuan panas (Wahyudin, I. 2010).



Gambar 7. Diagram Fasa Al-Cu
(Sumber: Wahyudin, I. 2010)



Gambar 8. Posisi Atom pada Paduan Al-Cu : (a) Solusi Padat- α superjenuh, (b) Transisi Fasa Endapan θ'' , (c) Fasa Keseimbangan θ dalam Fasa Matrix- α
(Sumber: Wahyudin, I. 2010)

Pencampuran metalurgi serbuk Al-SiC dan Cu memiliki beberapa pengaruh yang signifikan. Penambahan tembaga dalam campuran Al-SiC dapat meningkatkan kekuatan mekanik material komposit, sementara tembaga memiliki kekuatan tarik yang tinggi dengan kemampuan deformasi plastis yang baik, memperkuat matriks

aluminium dan meningkatkan ketahanan terhadap beban mekanis. Dengan demikian, penambahan tembaga dalam campuran Al-SiC dapat meningkatkan konduktivitas termal dan listrik dari material komposit yang berguna dalam aplikasi pendinginan dan penghantar listrik.

Tembaga memiliki koefisien thermal yang rendah sehingga dapat mengubah dimensi seperti perubahan suhu. Penambahan tembaga mempunyai beberapa kelebihan yaitu membantu meningkatkan stabilitas dimensi material komposit Al-SiC, mengurangi risiko distorsi atau deformasi saat terpapar suhu tinggi, memperkuat pemadatan campuran Al-SiC selama proses pembentukan, seperti pengecoran atau pencetakan.

Salah satu kelemahan tembaga adalah ketidakmampuannya untuk bertahan dari korosi dalam lingkungan tertentu. Dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan korosi, penambahan tembaga dalam material komposit Al-SiC mungkin perlu dipertimbangkan dengan hati-hati, dan langkah-langkah perlindungan tambahan mungkin diperlukan. Penting untuk diingat bahwa pengaruh tembaga dalam pencampuran Al-SiC dapat bervariasi tergantung pada proporsi, distribusi, dan kondisi pemrosesan lainnya (A. Mamminasa, 2023).

1.5.6 Silikon Karbida

SiC termasuk material keramik. Dan diketahui bahwa keramik mempunyai ikatan ionik yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga material keramik mempunyai sifat yang kuat dan rapuh. Pada bahan SiC ditunjukkan mempunyai ketahanan terhadap suhu 2200 – 2700 °C. Pada suhu 1000 °C akan terbentuk lapisan SiO₂.

Silikon Karbida dengan formula SiC tergolong jenis material keramik non oksida. SiC membentuk struktur tetrahedral dari ikatan Si dengan C. Material SiC ini tergolong material yang keras dan tahan terhadap abrasive. Serbuk SiC dapat digolongkan berdasarkan bentuknya menjadi dua macam yaitu particular dan serabut (whisker). Material ini tidak mudah melebur pada berbagai kondisi dengan tekanan yang kuat dan relatif tahan terhadap bahan kimia (Andre, P. 2016).

Silikon karbida partikulat diperkuat matriks aluminium komposit (Al-SiC) telah menarik banyak perhatian selama beberapa dekade terakhir, karena memiliki sifat seperti ringan, kekuatan spesifik tinggi, modulus elastis, ketahanan aus, dan koefisien ekspansi termal yang rendah serta keragaman metode yang tersedia untuk pembuatannya. Penambahan partikel SiC dalam bentuk serbuk komposit (Al-SiCp) dalam keadaan semipadat menurunkan ukuran partikel SiCp dan memperbaiki distribusi partikel penguat dalam matriks yang dipadatkan. Hal ini juga meningkatkan kekerasan dan menurunkan porositasnya (B. Niroumand, S. Amirkhanlou. 2010).

Tabel 5. Sifat Silikon Karbida (SiC)

Sifat Fisik	Nilai
Massa Jenis	3.15 g/cm ³
Berat Atom	40,1 g/mol
Warna	Hitam
Struktur Kristal	Hexagonal
Titik Lebur	2700 °C
Titik Didih	2972 °C
Sifat Mekanis	Nilai
Modulus Elastisitas	410 Gpa
Poisson's Ratio	0,14
Kekerasan	3500 VHN
Kekuatan Luluh	450 Mpa
Ketangguhan	4,5 Mpa m
Sifat Panas	Nilai
Konduktivitas Panas	120 W/m°K
Kapasitas Panas	628 J/Kg°K

(Sumber: B. Niroumand, S. Amirkhanlou. 2010)

Al-SiC adalah komposit aluminium dengan penambahan serbuk silikon karbida (SiC) untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan ausnya. Prosesnya dimulai dengan mencampurkan serbuk aluminium dan serbuk SiC dalam proporsi yang diinginkan, kemudian kompaksi untuk membentuk bentuk awal. Selanjutnya, kompak tersebut disinter di suhu tinggi untuk menyatukan partikel dan membentuk struktur padat. Ini adalah langkah-langkah umum yang terlibat dalam pembuatan komposit Al-SiC.

Tujuan utama dari pembuatan Al-SiC dengan mixing, kompaksi, dan sintering adalah untuk menghasilkan komposit yang memiliki kombinasi yang optimal antara kekuatan, ketahanan aus, dan kekerasan. Dengan mencampurkan serbuk aluminium dan SiC, kemudian mengompaksi dan mensinter komposit tersebut, kita dapat mencapai beberapa hasil yang diinginkan, termasuk:

1. **Kekuatan**
Penambahan SiC meningkatkan kekuatan komposit, membuatnya lebih tahan terhadap beban dan tekanan mekanis dibandingkan dengan aluminium murni.
2. **Ketahanan aus**
SiC memiliki sifat keausan yang sangat baik, sehingga menambahkan ketahanan aus pada komposit Al-SiC, membuatnya cocok untuk aplikasi di mana ketahanan aus adalah faktor penting.
3. **Kekerasan**

SiC adalah material yang keras, sehingga menambahkan SiC juga meningkatkan kekerasan komposit, yang bisa menjadi faktor penting dalam aplikasi di mana kekerasan permukaan penting.

4. Stabilitas termal

Komposit Al-SiC cenderung memiliki stabilitas termal yang lebih baik dibandingkan dengan aluminium murni, membuatnya lebih cocok untuk aplikasi di lingkungan suhu tinggi

1.5.7 Metalurgi serbuk

Metalurgi serbuk adalah proses manufaktur yang dapat mencapai bentuk komponen akhir dengan mencampurkan serbuk secara bersamaan dan dikompaksi dalam cetakan, dan selanjutnya disinter di dalam furnace tungku pemanas. Langkah-langkah yang harus dilalui dalam metalurgi serbuk, antara lain:

1. Preparasi Material
2. Pencampuran (mixing)
3. Penekanan (kompaksi)
4. Pemanasan (sintering)

Material komposit yang dihasilkan dari proses metalurgi serbuk adalah komposit isotropik, yaitu komposit yang mempunyai penguat (filler) dalam klasifikasi partikulet. Keuntungan proses metalurgi serbuk, antara lain:

- a. Mampu melakukan kontrol kualitas dan kuantitas material
 - b. Mempunyai presisi yang tinggi
 - c. Selama pemrosesan menggunakan suhu yang rendah
 - d. Kecepatan produk tinggi
 - e. Sangat ekonomis karena tidak ada material yang terbuang selama pemrosesan
- Namun metode metalurgi serbuk juga memiliki keterbatasan, antara lain:
- a. Biaya pembuatan yang mahal dan terkadang serbuk sulit penyimpanannya
 - b. Dimensi yang sulit, karena selama penekanan serbuk logam tidak mampu mengalir ke ruang cetakan
 - c. Sulit untuk mendapatkan kepadatan yang merata.

1.5.7.1 Preparasi Material

Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menghitung volume material dengan cetakan yang digunakan yaitu tabung dengan rumus:

$$V = \pi r^2 h \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

V = Volume tabung

$\pi = 3,14$

r = Radius tabung

h = panjang (tinggi) tabung

Untuk mengetahui tekanan (Mpa), kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

P = Tekanan

F = Gaya

A = Luas penampang

Bentuk dan ukuran partikel juga memegang peranan penting dalam menentukan kualitas ikatan komposit. Semakin kecil ukuran partikel yang berikatan maka kualitas ikatannya semakin baik, karena semakin luas kontak permukaan antar partikel. Ikatan antar partikel dalam material komposit salah satunya disebabkan karena adanya interlocking antar partikel yang dipengaruhi oleh bentuk partikel yang digunakan.

1.5.7.2 Pencampuran (*Mixing*)

Dalam metalurgi serbuk, mixing merujuk pada proses pencampuran bahan baku logam dalam bentuk serbuk dengan proporsi yang tepat. Tujuannya adalah untuk menciptakan campuran homogen yang konsisten sebelum proses selanjutnya, seperti pencetakan atau pengompakan.

Bahan baku dalam metalurgi serbuk biasanya berupa logam atau paduan dalam bentuk serbuk halus. Bahan baku ini dapat berupa logam tunggal seperti besi, aluminium, atau tembaga, atau paduan logam seperti baja, nikel, atau seng.

Mixing dilakukan dengan tujuan Menciptakan campuran homogen, Meningkatkan kinerja proses selanjutnya, dan Mengurangi variasi komposisi.

1. Menciptakan campuran homogen:

Proses mixing bertujuan untuk memastikan bahwa setiap partikel logam atau paduan tersebar merata di seluruh campuran, sehingga proporsi komposisi logam tetap konsisten.

2. Meningkatkan kinerja proses selanjutnya:

Campuran yang homogen memungkinkan proses selanjutnya, seperti pencetakan atau pengompakan, berjalan dengan lancar dan menghasilkan produk akhir yang berkualitas tinggi.

3. Mengurangi variasi komposisi:

Dengan memastikan homogenitas campuran, variasi komposisi antara bagian yang berbeda dari produk akhir dapat dikurangi, yang penting untuk aplikasi yang membutuhkan toleransi dimensi dan sifat material yang ketat.

Proses mixing sering kali dilakukan menggunakan mesin pencampur, seperti blender, molen, atau pengaduk berputar. Mesin-mesin ini digunakan untuk memastikan bahwa bahan baku tercampur secara merata.

Waktu yang diperlukan untuk mencapai campuran yang homogen dapat bervariasi tergantung pada jenis bahan baku, jenis mesin, dan parameter lainnya. Kecepatan putaran mesin pencampur dapat mempengaruhi homogenitas campuran.

Terlalu lambat mungkin tidak mencampur secara merata, sementara terlalu cepat dapat menyebabkan pelapukan partikel. Proporsi relatif bahan baku dalam campuran juga mempengaruhi sifat dan kinerja produk akhir. Setelah proses mixing selesai, campuran serbuk sering kali diuji untuk memastikan bahwa homogenitasnya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Teknik pengujian meliputi analisis kimia, analisis mikrostruktur, dan pengujian sifat fisik lainnya.

Proses mixing dalam metalurgi serbuk merupakan langkah penting dalam berbagai aplikasi, termasuk pembuatan komponen otomotif, peralatan listrik, alat-alat rumah tangga, dan banyak lagi. Campuran serbuk dapat dibentuk dan diproses lebih lanjut menjadi berbagai produk akhir dengan sifat dan kinerja yang diinginkan. Dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses, terus ada inovasi dalam teknologi pencampuran dan kontrol proses dalam metalurgi serbuk. Ini termasuk penggunaan teknik pencampuran canggih, penggunaan bahan tambahan yang dioptimalkan, dan pengembangan model simulasi untuk memprediksi perilaku pencampuran.

Proses mixing dalam metalurgi serbuk merupakan langkah kritis dalam proses produksi, yang mempengaruhi sifat dan kualitas produk akhir. Dengan pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip dan teknik pencampuran yang efektif, produsen dapat mencapai hasil yang diinginkan secara konsisten.

Ada 2 macam pencampuran, yaitu:

1. Pencampuran basah (wet mixing) yaitu proses pencampuran dimana serbuk matrik dan filler dicampur terlebih dahulu dengan pelarut polar apabila material (matrik dan filler) yang digunakan mudah mengalami oksidasi. Tujuan pemberian pelarut polar adalah untuk mempermudah proses pencampuran material yang digunakan dan untuk melapisi permukaan material supaya tidak berhubungan dengan udara luar sehingga mencegah terjadinya oksidasi pada material yang digunakan.
2. Pencampuran kering (dry mixing) yaitu proses pencampuran yang dilakukan tanpa menggunakan pelarut untuk membantu melarutkan dan dilakukan di udara luar apabila material yang digunakan tidak mudah mengalami oksidasi

1.5.7.3 Penekanan (Kompaksi)

Proses kompaksi adalah suatu proses pembentukan logam dari serbuk logam dengan mekanisme penekanan setelah serbuk logam dimasukkan kedalam cetakan. Proses kompaksi pada umumnya dilakukan dengan penekanan satu arah dan dua arah. Pada penekan satu arah penekan atas bergerak kebawah. Sedangkan pada dua arah, penekan atas dan penekan bawah saling menekan secara bersamaan dalam arah yang berlawanan. Jenis dan macam produk yang dihasilkan oleh proses metalurgi serbuk sangat ditentukan pada proses kompaksi dalam membentuk serbuk dengan kekuatan yang baik. Pada proses kompaksi serbuk meliputi proses pengepresan suatu bentuk didalam cetakan yang terbuat dari baja. Tekanan yang diberikan berkisar antara 20-1400 MPa (Rusianto, 2009).

Compaction adalah salah satu cara untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk yang diinginkan. Terdapat beberapa metode penekanan, diantaranya, penekanan

dingin (*cold compaction*) dan penekanan panas (*hot compaction*). *Cold compaction* yaitu memadatkan serbuk pada temperatur ruang dengan 100-900 Mpa untuk menghasilkan *green body*.

Proses *cold pressing* terdapat beberapa macam antara lain:

1. *Die Pressing*, yaitu penekanan yang dilakukan pada cetakan yang berisi serbuk,
2. *Cold isotactic pressing*, yaitu penekanan pada serbuk pada temperature kamar yang memiliki tekanan yang sama dari setiap arah,
3. *Rolling*, yaitu penekanan pada serbuk metal dengan memakai *rolling mill*.

Penekanan terhadap serbuk dilakukan agar serbuk dapat menempel satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses *sintering*. Dalam proses pembuatan suatu paduan dengan metode metalurgi serbuk, terikatnya serbuk sebagai akibat adanya *interlocking* antar permukaan, interaksi adesi-kohesi, dan difusi antar permukaan. Untuk difusi dapat terjadi pada saat dilakukan proses *sintering*. Bentuk benda yang dikeluarkan dari *pressing* disebut sebagai bahan kompak mentah, telah menyerupai produk akhir, akan tetapi kekuatannya masih rendah. Kekuatan akhir bahan diperoleh setelah proses *sintering*

1.5.7.4 Pemanasan (*Sintering*)

Material komposit yang dihasilkan dari proses metalurgi serbuk adalah komposit Pemanasan pada temperatur di bawah titik leleh material disebut dengan *sintering*. Parameter sintering meliputi: temperatur (T), waktu, kecepatan pendinginan, kecepatan pemanasan, atmosfer sintering dan jenis material.

Berdasarkan pola ikatan yang terjadi pada proses kompaksi, ada 2 fenomena yang mungkin terjadi pada saat *sintering*, yaitu:

1. Penyusutan (*shrinkage*) Apabila pada saat kompaksi terbentuk pola ikatan bola bidang maka pada proses sintering akan terbentuk *shrinkage*, yang terjadi karena saat proses sintering berlangsung gas (*lubricant*) yang berada pada porositas mengalami *degassing* (peristiwa keluarnya gas pada saat sintering). Dan apabila temperatur sinter terus dinaikkan akan terjadi difusi permukaan antar partikel matrik dan filler yang akhirnya akan terbentuk *liquid bridge/ necking* (mempunyai fasa campuran antara matrik dan filler). *Liquid bridge* ini akan menutupi porositas sehingga terjadi eliminasi porositas (berkurangnya jumlah dan ukuran porositas).
2. Retak (*cracking*) Apabila pada kompaksi terbentuk pola ikatan antar partikel berupa bidang-bidang, sehingga menyebabkan adanya *trapping gas* (gas/*lubricant* terjebak di dalam material), maka pada saat sintering gas yang terjebak belum sempat keluar tapi *liquid bridge* telah terjadi, sehingga jalur porositasnya telah tertutup rapat. Gas yang terjebak ini akan mendesak ke segala arah sehingga terjadi *bloating* (mengembang), sehingga tekanan di porositas lebih tinggi dibanding tekanan di luar. Bila kualitas ikatan permukaan partikel pada bahan komposit tersebut rendah, maka tidak akan mampu menahan tekanan yang lebih besar sehingga menyebabkan retakan (*cracking*) Keretakan juga dapat diakibatkan dari proses pemadatan yang kurang sempurna, adanya *shock thermal* pada saat pemanasan karena pemuaian dari matrik dan filler yang berbeda.

Ada beberapa cara dalam pembuatan serbuk antara lain: *decomposition*, *electrolytic deposition*, *atomization of liquid metals*, *mechanical processing of solid materials*.

1. *Decomposition*, terjadi pada material yang berisikan elemen logam. Material akan menguraikan/memisahkan elemen-elemennya jika dipanaskan pada temperatur yang cukup tinggi. Proses ini melibatkan dua reaktan, yaitu senyawa metal dan reducing agent. Kedua reaktan mungkin berwujud solid, liquid, atau gas.
2. *Atomization of Liquid Metals*, material cair dapat dijadikan *powder* (serbuk) dengan cara menuangkan material cair dilewatan pada nozzel yang dialiri air bertekanan, sehingga terbentuk butiran-butiran kecil.
3. *Electrolytic Deposition*, pembuatan serbuk dengan cara proses elektrolisis yang biasanya menghasilkan serbuk yang sangat reaktif dan *brittle*. Untuk itu material hasil *electrolytic deposition* perlu diberikan perlakuan annealing khusus. Bentuk butiran yang dihasilkan oleh *electrolitic deposit* berbentuk dendritik.
4. *Mechanical Processing of Solid Materials*, pembuatan serbuk dengan cara menghancurkan material dengan ball milling. Material yang dibuat dengan *mechanical processing* harus material yang mudah retak seperti logam murni, bismuth, antimoni, paduan logam yang relatif keras, *brittle*, dan keramik.

Pencampuran serbuk dapat dilakukan dengan mencampurkan logam yang berbeda dan material-material lain untuk memberikan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik. Pencampuran dapat dilakukan dengan proses kering (*dry mixing*) dan proses basah (*wet mixing*). Pelumas (*lubricant*) mungkin ditambahkan untuk meningkatkan sifat *powders flow*. Binders ditambahkan untuk meningkatkan *green strenght* seperti wax atau polimer termoplastik.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2024 sampai selesai bertempat di Laboratorium Pengecoran Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, Gowa, Sulawesi Selatan.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada saat penelitian yaitu:

No.	Alat dan Kegunaan	Gambar
1	Mesin Mixer untuk mencampur serbuk aluminium, sic, magnesium dan tembaga dengan takaran yang telah ditentukan	
2	Cetakan, untuk membentuk spesimen ke bentuk yang diinginkan	
3	Mesin press, untuk menekan spesimen dengan tekanan yang diinginkan	

- 4 *Furnace*, untuk mensintering
spesimen pada suhu yang
ditentukan
- 5 Alat uji kekerasan, untuk menguji
tingkat kekerasan spesimen
- 6 Alat uji keausan, untuk menguji
Tingkat keausan spesimen
- 7 Mikroskop optik, untuk mengamati
gambaran spesimen yang
komprehensif tentang struktur mikro
material



Gambar 9. Alat yang digunakan dalam penelitian : (1) Mixer, (2) Cetakan, (3)Mesin press, (4) Furnace, (5) Alat uji kekerasan, (6) Alat uji keausan, (7)Mikroskop optik

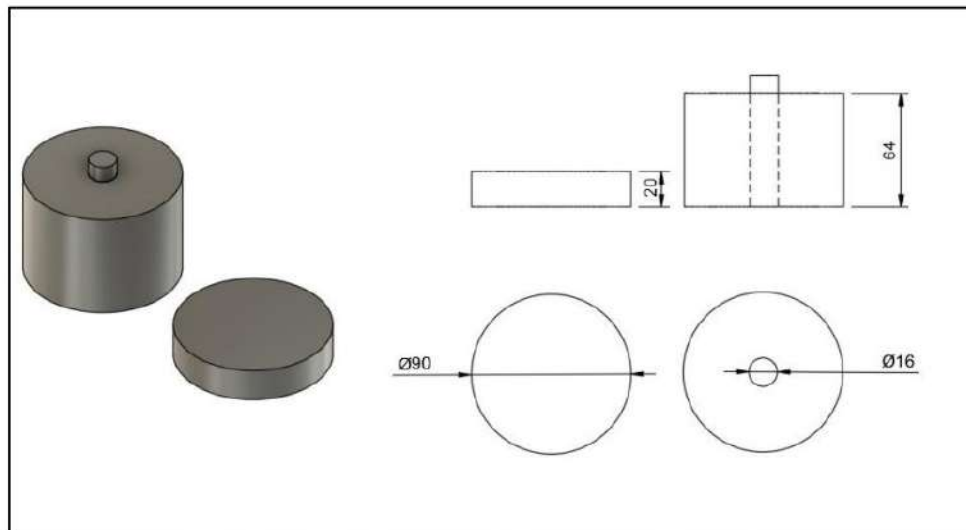
2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada saat penelitian sebagai berikut.

No.	Bahan dan Kegunaan	Gambar
1	Serbuk aluminium digunakan sebagai bahan campuran spesimen.	
2	Serbuk sic digunakan sebagai bahan campuran spesimen.	
3	Serbuk magnesium digunakan sebagai bahan campuran spesimen	
4	Serbuk tembaga digunakan sebagai bahan campuran specimen.	

Gambar 10. Bahan yang digunakan dalam penelitian : (1) Serbuk aluminium, (2) Serbuk SiC, (3) Serbuk magnesium, (4) Serbuk tembaga

2.3 Skema cetakan yang di gunakan



Gambar 11. Skema cetakan yang di gunakan

2.4 Tahap Penelitian

Adapun tahap penelitian yang dilakukan penulis dalam rangka mengumpulkan data hingga menyelesaikan penelitian ini antara lain:

1. Membuat alat eksperimen sebagai objek penelitian yang akan dilakukan
2. Pengambilan data yang dilakukan secara observasi langsung di lapangan
3. Mengolah data dan membahas hasil penelitian
4. Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan.

2.6 Prosedur Penelitian

a. Studi literatur

Metode pengumpulan data ini merupakan langkah awal penelitian dengan mengumpulkan informasi materi yang berhubungan dengan penelitian. Beberapa jurnal dan skripsi digunakan sebagai referensi dan kemudian dipahami.

b. Persiapan alat dan bahan

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) serbuk aluminium (Al) sebagai matriks; (2) serbuk Silikon karbida (SiC) yang akan digunakan sebagai penguat; dan (3) serbuk magnesium (Mg) serta serbuk tembaga (Cu) sebagai filler. Semua peralatan yang akan digunakan terlebih dahulu diperiksa sebelum memasuki tahap metalurgi serbuk.

c. Proses metalurgi serbuk

Ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan pada proses metalurgi serbuk, yakni sebagai berikut:

1. Persiapan bahan

Mempersiapkan serbuk Al, serbuk SiC, serbuk Mg dan serbuk Cu yang telah ditimbang terlebih dahulu dengan komposisi yang telah ditetapkan. Fraksi volume dari masing masing bahan yaitu terdiri atas:

Tabel 6. Variasi komposisi metalurgi serbuk

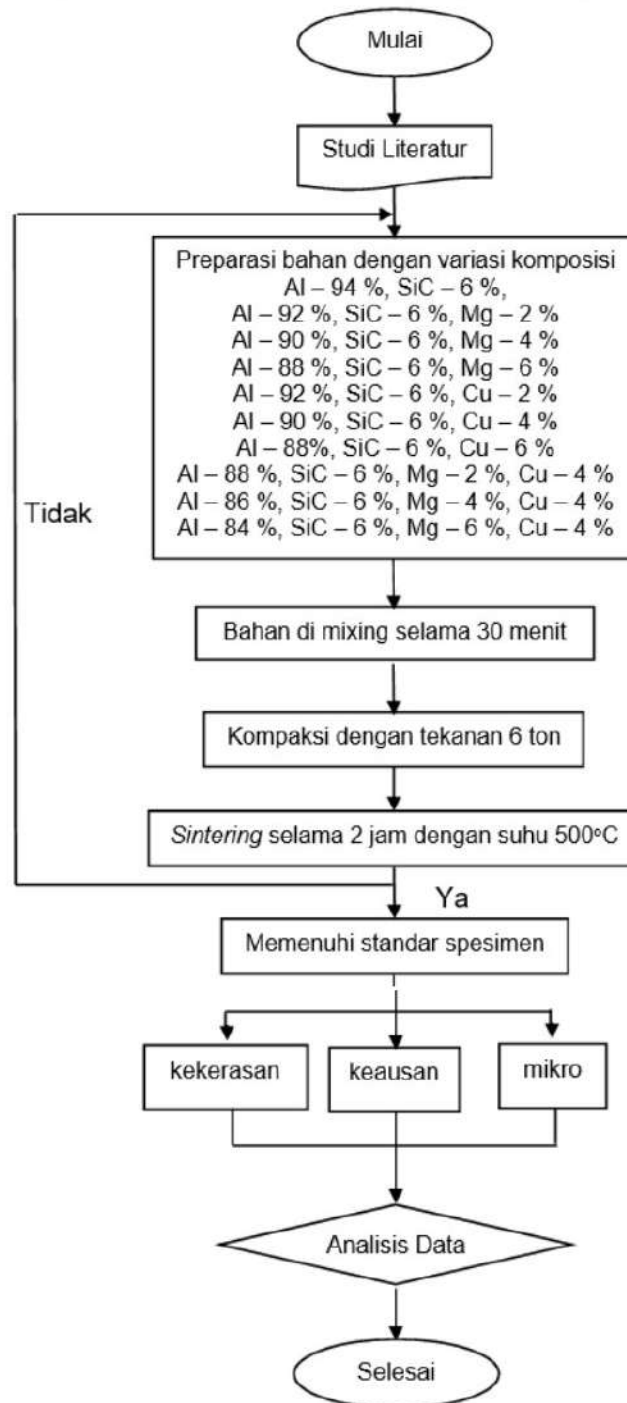
no	komposisi	fraksi (% volume)			
		Al	SiC	Mg	Cu
1	94Al – 6SiC	94%	6%		
2	92Al – 6SiC – 2Mg	92%	6%	2%	
3	90Al – 6SiC – 4Mg	90%	6%	4%	
4	88Al – 6SiC – 6Mg	88%	6%	6%	
5	92Al – 6SiC – 2Cu	92%	6%		2%
6	90Al – 6SiC – 4Cu	90%	6%		4%
7	88Al – 6SiC – 6Cu	88%	6%		6%
8	88Al – 6SiC – 2Mg – 4Cu	88%	6%	2%	4%
9	86Al – 6SiC – 4Mg – 4Cu	86%	6%	4%	4%
10	84Al – 6SiC – 6Mg – 4Cu	84%	6%	6%	4%

2. Serbuk matriks dan filler tersebut kemudian dimasukkan ke dalam wadah untuk dimixing menggunakan mixer selama 30 menit.

3. Kemudian dimasukkan kedalam cetakan untuk dikompaksi dengan tekanan 6 ton

2.5 Diagram Alir

Sistematika dari penelitian ini dapat kita tinjau pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 12. Diagram Alir

4. Spesimen kemudian di sintering menggunakan furnace dengan suhu 500°C selama 2 jam.

d. Pengujian dan Analisa

Spesimen telah siap, lalu diuji pada mesin *Hardness Vickers*, Uji Keausan, dan Metalografi

1. Uji *Hardness Vickers*

- a) Mempersiapkan alat uji kekerasan *Hardness Vickers*.
- b) Mempersiapkan semua spesimen yang akan di uji.
- c) Memberikan kode/nama pada spesimen agar mudah diidentifikasi.
- d) Menekan tombol power + enter untuk menghidupkan dan mengkalibrasi alat uji kekerasan *Hardness vicker*.
- e) Memperhatikan daerah direction pada alat, posisikan sesuai arah pengujian.
- f) Mengatur skala pengujian HV untuk spesimen yang lebih lunak.
- g) Melakukan 5 titik pengujian pada setiap spesimen untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat.
- h) Mencatat hasil uji kekerasan pada masing-masing spesimen.

2. Pengujian Laju Keausan

Uji keausan merupakan suatu uji karakteristik fisik yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar Tingkat keausan permukaan bendaterhadap gesekan atau goresan. Keausan merupakan bahan dari suatu permukaan atau perpindahan bahan dari permukaan ke bagian yang lain atau Bergeraknya bahan pada suatu permukaan. Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berbeda dan terbentukoleh beberapa parameteryang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan yang terjadi keausan.

Mekanisme keausan menurut koji kato, dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu keausan yang disebabkan perilaku mekanis (*mechanical*), keausan yang disebabkan perilaku kimia (*chemical*), dan keausan yang disebabkan perilaku panas (*thermal wear*). Keausan yang disebabkan perilaku tersebut digolongkan lagi menjadi *abrasive*, *adhesive*, *flow*, dan *fatigue wear*.

Pengujian keausan pada penelitian ini, tipe keausan yang terjadi adalah *abrasive wear*. Keausan *abrasive* terjadi jika partikel keras atau permukaan keras yang kasar menggerus dan memotong permukaan sehingga mengakibatkan hilangnya material yang ada di permukaan tersebut (*earth moving equipment*).

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan metode *ogoshi* dimana benda uji memperoleh beban gesek dari *disk* yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang

berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan uji. Besarnya jejak dari material yang tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji.

Dalam pengolahan data pengujian menggunakan dua persamaan untuk menghitung nilai absolute mass wear (mg) dan laju keausan mg/s). Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai absolute mass wear yaitu :

$$W_{absolute} = M_{awal} - M_{akhir} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan :

$W_{absolute}$ = absolute mass wear (massa material yang hilang)

M_{awal} = Massa awal material sebelum pengujian

M_{akhir} = Massa material setelah pengujian

Karena dilakukannya 2 kali pengujian sebagai standar deviasi untuk menghitung laju keausan maka persamaan untuk menghitung laju keausan sebagai berikut:

$$W_{rate} = \frac{\Delta M}{t} \dots \dots \dots (4)$$

dengan :

W_{rate} = laju keausan (mg)

ΔM = massa yang hilang selama pengujian

t = waktu pengujian (s)

3. Pengujian struktur mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui pengaruh tekanan kompaksi dan temperatur sinter terhadap jumlah dan ukuran pori yang terdapat pada struktur mikro material komposit Al-SiC-Mg-Cu. Pada pengujian struktur mikro menggunakan alat *Olympus LEXT 3D Measuring Laser Microscope OLS4100*.

- Mengerjakan pengamplasan pada daerah pengujian benda kerja menggunakan amplas dengan grit 400, 800, 1000, 2000, 5000 dan 7000.
- Memoles permukaan spesimen yang telah diampas agar permukaan lebih halus.
- Memberikan etsa agar mendapat gradasi pada permukaan benda kerja, dengan etsa Keller Reagent dengan komposisi larutan terdiri dari 47,25 ml akuades, 0,75 ml HF, 0,75 ml HCL, dan 1,25 ml HNO₃. Spesimen dicelupkan selama 40 detik, kemudian dicuci dengan alkohol dan dilanjutkan menggunakan aquades.
- Menempatkan benda kerja pada landasan, diatur hingga mencapai posisi yang stabil.
- Menempatkan spesimen dibawah lensa dari mikroskop.
- Menghidupkan lampu dan mengarahkan mikroskop pada bagian benda uji.

- g. Mengatur besaran hingga mencapai fokus dan mendapatkan struktur spesimen, ambil gambar struktur benda kerja.
- e. Observasi
 - Pengambilan data, kemudian diamati secara langsung dan dilakukan analisis data.