

**PENGARUH PENAMBAHAN SiC UNTUK PENINGKATAN
KEKERASAN MATERIAL ALUMINIUM**

(Skripsi)

Oleh

NOVANDRA ERICO



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

THE EFFECT OF SiC ADDITION FOR INCREASING HARDNESS OF ALUMINUM MATERIALS

By

Novandra Erico

Aluminum is a metal that is most widely used in various industries, but aluminum has a deficiency that has a low hardness value compared to other metals. The metal matrix composite or MMC is carried out to increase the hardness value of aluminum, the composite itself is a material which is drawn over the matrix as a binder and filler as an amplifier, the purpose is to find better material than its constituent material, by mixing other materials as reinforcement in this case Silicon Carbide (SiC), the advantage of SiC compared to other boosters is that it has a higher hardness value but is lighter in density. .This study aims to examine the mechanical properties of composite materials with pure aluminum matrix reinforced SiC with variations of 3%, 5%, 7,% and 10%. To find out the mechanical testing is done, namely, hardness test and microstructure.

The aluminum smelting process uses a conventional smelter at a temperature of 750°C after the Aluminum melts and the SiC powder is mixed into aluminum in the smelter, then pour it into the mold with dimensions of 40 mm x 40 mm x 10 mm The results of the hardness test showed the highest hardness at 10% variation of 60.32 HRB. The test results show that mechanical properties increase along with the addition of SiC.

Keywords: Aluminum, Composite metal, Silicon carbide, Al-SiC.

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SiC UNTUK PENINGKATAN KEKERASAN MATERIAL ALUMINIUM

Oleh

Novandra Erico

Aluminium adalah logam yang paling banyak digunakan dalam pelbagai industri akan tetapi aluminium mempunyai kekurangan yaitu mempunyai nilai kekerasan yang rendah dibanding dengan logam lainnya. Komposit matrik logam atau MMC dilakukan untuk meningkatkan nilai kekerasan aluminium, komposit sendiri merupakan material yang tersusun atas matriks sebagai pengikat dan *filler* sebagai penguat, tujuannya adalah untuk menemukan material yang lebih baik dari material penyusunnya, dengan cara mencampurkan bahan lain sebagai penguat dalam hal ini Silikon Karbida (SiC), Keunggulan SiC dibanding dengan penguat lainnya adalah mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi tetapi lebih ringan densitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti sifat mekanis material komposit dengan matrik aluminium murni diperkuat SiC dengan variasi 3% ,5%, 7% dan 10%. Untuk mengetahui mekanis dilakukan pengujian yaitu, uji kekerasan dan struktur mikro.

Proses peleburan aluminium menggunakan alat peleburan konvensional pada suhu 750°C setelah Aluminium mencair lalu bubuk SiC dicampur kedalam aluminium didalam alat peleburan, setelah itu dituang pada cetakan dengan dimensi 40 mm x 40 mm x 10 mm. Hasil uji kekerasan menunjukkan kekerasan tertinggi pada variasi 10 % sebesar 60,32 HRB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat mekanis meningkat seiring dengan penambahan SiC.

Kata Kunci: Aluminium, Komposit logam, Silikon karbida, Al-SiC.

**PENGARUH PENAMBAHAN SiC UNTUK PENINGKATAN
KEKERASAN MATERIAL ALUMINIUM**

Oleh

NOVANDRA ERICO

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN SiC UNTUK
PENINGKATAN KEKERASAN MATERIAL
ALUMINIUM**

Nama Mahasiswa : **Novandra Erico**

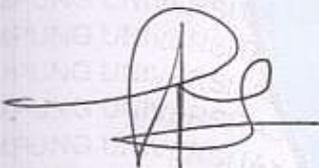
Nomor Pokok Mahasiswa : 1215021060

Jurusan : Teknik Mesin

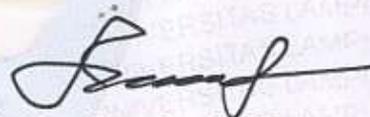
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

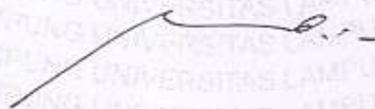


Zulhanif, S.T., M.T.
NIP 19730402 200003 1 002



Dr. Sugiyanto, M.T.
NIP 19570411 198610 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

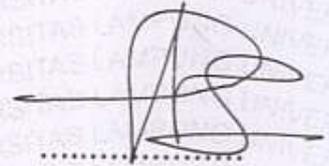


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

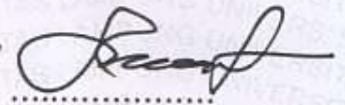
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Zulhanif, S.T., M.T.**



Anggota Penguji : **Dr. Sugiyanto, M.T.**



Penguji Utama : **Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **5 Juli 2019**

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



NOVANDRA ERICO

NPM : 1215021060

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 27 November 1994, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Erwin Rasyad dan Roslina Rauf.

Penulis mengawali jenjang akademis di Sekolah Dasar yaitu di SD Negeri Perwira 1, Kecamatan Bekasi Utara, Kota Bekasi pada tahun 2000, Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 25 Bekasi dan lulus pada tahun 2009. Pada tahun 2012 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 14 Bekasi.

Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi internal seperti di Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (2014-2015). Dalam bidang akademik, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Karunia Mas Sewatama (KMS) di Bekasi pada bulan Februari 2016 dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di kecamatan Sendang Agung pada bulan Januari 2017. Pada Skripsi ini penulis melaksanakan penelitian dalam bidang konsentrasi rekayasa material yang berjudul “ Pengaruh Penambahan SiC Untuk Peningkatan Kekerasan Material Aluminium ” di bawah bimbingan Bapak Zulhanif, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Sugiyanto, M.T.

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan Segala Kerendahan Hati

Dan Harapan Meraih Ridho Allah SWT.

Kupersembahkan Hasil Karya Yang Sederhana Ini Untuk Orang-Orang Yang Berjasa Besar

Dalam Hidupku :

“Kedua Orang Tuaku yang Tercinta”

“Ibu dan Ayah”

Yang Selalu Memberikan Kasih Sayang dan Cinta Sejak Buaiian, Serta Jerih Payah dan Kerja

Keras Yang Dilakukan Untuk Menjadikan ku Hingga Bisa Seperti Sekarang Ini.

“Kakak dan Adikku”

Terima Kasih Atas Curahan Motivasi dan Semangat Yang Telah Diberikan

“Keluarga Besar Teknik Mesin Universitas

Lampung”

Keluarga Besarku dan Sahabat Terbaik yang Selalu Memberi Warna dan Ilmu Dalam

Hidupku.

“Almamater Tercinta Teknik Mesin

Universitas Lampung”

MOTTO

“... Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Al- Baqarah : 286)

“Katakanlah, “Dia-lah yang menciptakan kamu dan menjadikan pendengaran, pengelihatn dan hati nurani bagi kamu. (tetapi) sedikit sekali kamu bersyukur”

(Al-Mulk: 23)

“Allah dulu, Allah lagi, Allah terus”

SANWANCANA

Segala puji dan syukur hanya milik Allah SWT tuhan semesta alam atas rahmat dan pertolongan-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan. Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang menunjukkan kepada umat manusia jalan yang lurus, dan kepada para sahabatnya, keluarganya, serta para pengikutnya yang selalu istiqamah diatas kebenaran agama Islam hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak memperoleh bantuan baik itu moral maupun material dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak zulhanif, S.T., M.T., selaku pembimbing utama tugas akhir, atas banyak waktu, ide, dan perhatian yang telah diberikan untuk membina penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Dr. Sugiyanto, M.T, selaku pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak mencurahkan waktu dan pikirannya bagi penulis.
6. Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T., selaku pembahas tugas akhir ini, yang telah banyak memberi kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
7. Seluruh Dosen Staff pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
8. Kedua Orang Tuaku, Ibu dan Ayahku, serta Kakak dan Adikku yang selalu memberikan doa yang terbaik bagi penulis.
9. Saudara-saudaraku, Chesarra cab. Lampung, Oman, tante upit, Alm. Umi, om aja, etek ita, kak ria, bang haerul, kak nia, bang yanto, kak nera, bang reinhard serta bang danil dan juga uni imel.
10. Teman-teman seperjuangan Bastian, rahman, Deo, Bagus, Rizki serta seluruh saudara seperjuangan Teknik Mesin yang selalu memberikan semangat bagi penulis.

Bandar Lampung, Juli 2019

Penulis

NOVANDRA ERICO

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengertian Komposit	7
2.2 <i>Matrix Metal Composite</i>	11
2.3 Aluminium	16
2.4 Silikon Karbida (SiC).....	19
2.5 Karakterisasi Material Komposit.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31

3.2	Alat dan Bahan	31
3.3	Cara Membuat Al-SiC.....	34
3.4	Cara Pengujian <i>Rockwell</i>	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Hasil.....	37
4.2	Hasil pengujian variasi kadar silikon karbida	38
4.3	Hasil Analisis Patahan dengan mikroskop digital.....	39
4.4	Pembahasan	40
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		46
A.	Kesimpulan.....	46
B.	Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembagian komposit berdasarkan jenis penguat	10
Gambar 2.2 Ilustrasi komposit berdasarkan penguat	10
Gambar 2.3 contoh aplikasi komposit matrik logam dalam dunia industri	15
Gambar 2.4 Struktur kubus dan Struktur heksagonal	21
Gambar 2.5 pengujian brinell	26
Gambar 2.6 pengujian vickers.....	28
Gambar 2.7 pengujian rockwell	29
Gambar 3.1 Tungku Pembakaran	32
Gambar 3.2 Mesin Uji Kekerasan Rockwell	32
Gambar 3.3 Alat uji struktur mikro	33
Gambar 3.4 Aluminium	33
Gambar 3.5 Silikon karbida (SiC).....	34
Gambar 3.6 Titik pengujian sampel.....	35
Gambar 4.1 Pembesaran 200x dan 500x spesimen 97% Al – 3% SiC	39
Gambar 4.2 Pembesaran 200x dan 500x spesimen 90% Al – 10% SiC	40
Gambar 4.3 Grafik nilai kekerasan Al-SiC	42
Gambar 4.4 Pembesaran 200x dan 500x spesimen 97% Al – 3% SiC	44
Gambar 4.5 Pembesaran 200x dan 500x spesimen 90% Al – 10% SiC	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat mekanis dan sifat fisis komposit matrik aluminium-SiC	13
Tabel 2.2 Sifat fisis aluminium	18
Tabel 2.3 Data sheet material silicon carbide.....	21
Tabel 2.4 Komposisi Silikon Carbida (SiC).....	22
Tabel 2.5 Tabel pengujian <i>rockwell</i>	30
Tabel 4.1 Komposisi Aluminium Murni.....	37
Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan dengan variasi kadar SiC	38
Tabel 4.3 Data Hasil Nilai Kekerasan.....	38

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit merupakan jenis material dalam teknik, membuat komposit melalui dua macam penggabungan spesimen dengan karakteristik berbeda yang di bentuk menjadi sebuah material yang lebih baik (matthews, 1993). Material komposit adalah campuran makroskopik antar serat dan matrik dalam membuat material baru dengan karakteristik berbeda dari sifat penyusunnya.

Material pembuatan komposit yang berbeda membuat matrik dan *filler* harus saling berinteraksi secara langsung maka dibutuhkan penambahan material katalis. Pada material komposit, perlunya serat sebagai fungsi untuk memperkuat matrik dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan.

Aluminium (Al) adalah unsur kimia, aluminium salah satu logam yang mudah di dapatkan. Aluminium merupakan salah satu jenis logam ringan, yang hanya ada sekitar 8% di dunia. Banyak bahan yang menggunakan aluminium, umumnya aluminium di aplikasikan dalam kabel bertegangan tinggi, aluminium bisa diaplikasikan sebagai bahan kendaraan seperti pesawat dan mobil, untuk pintu rumah, beberapa bagian mobil dan keramik. Kelebihan bahan aluminium dari

bahan lain yaitu ringan, kuat, anti akan karatan, densitas rendah, harganya murah dan tidak sulit ditemukan. Aluminium sangat cocok jika disatukan dengan material berbeda. Beberapa sifat-sifat aluminium yaitu : ringan, anti karat, penghantar panas dan listrik yang baik (Rifki, 2103).

Silicon carbide (SiC) adalah jenis material keramik dengan karakteristik yaitu ketahanan mekanik, kimia dan konduktivitas termal baik menjadikan banyak diaplikasikan diberbagai aplikasi (Arbi, 2015).

Silikon karbida mempunyai beberapa kelebihan seperti mempunyai sifat yang sangat baik, mampu menghantarkan panas dan listrik dengan baik, dan kuat akan oksidasi. *Silicon carbide* memiliki karakteristik unggul yaitu: anti oksidasi, anti rayap, *hardness* yang tinggi, kekuatan mekanik baik, Modulus elastisitas baik, anti erosi, dan massa jenis ringan. Material mentah SiC relative bersahabat, dan mampu dibentuk menjadi sesuatu yang beragam, dimana bisa dilakukan dengan proses fabrikasi konvensional. Aluminium adalah mayoritas logam yang dipakai untuk berbagai industri. Karena mempunyai sifat ringan, anti korosi dan *ductility*. Akan tetapi, bila dilihat menurut sifat mekaniknya aluminium mempunyai nilai *hardness* yang kurang baik.

Metal Matrix Composite (MMC) adalah sebuah proses yang umumnya dilakukan dalam memperbaiki sifat mekanik sebuah logam dan sebagai penguat menggunakan SiC. SiC memiliki beberapa keunggulan, seperti dapat melebur dengan logam, dan juga tidak mengakibatkan oksidasi pada logam. Penelitian

yang dilakukan suyanto, 2015 bertujuan dalam menganalisis ketangguhan sebuah spesimen Al-SiC melalui proses semi solid stir casting. Analisa tersebut dilakukan melalui dua pendekatan, yang pertama analisis ketangguhan hasil uji tarik lalu hasil uji impak. Dari penelitian ini menunjukkan penambahan SiC hingga 5% mampu meningkatkan ketangguhan komposit Al-SiC. jika penambahan SiC lebih dari 5% ketangguhann mengalami penurunan.

Penelitian kedua dilakukan oleh Chasby, 2014 dikhususkan untuk variasi massa *silicon carbide* 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Penelitian dilakukan untuk melihat perubahan sifat fisik dan mekanik sebuah komposit logam yaitu penelitian porositas, uji densitas, kekerasan, terakhir struktur mikro. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan nilai densitas terendah pada SiC 10% sebesar 2,64 gr/cm³ dan yang tertinggi terdapat variasi massa SiC 0% yaitu 2,68 gr/cm³. Perhitungan porositas untuk menunjukkan nilai porositas tertinggi yang terdapat pada variasi massa SiC 10% yaitu 3,6%. Nilai kekerasan terbaik terdapat pada variasi massa SiC 10% sebesar 72,2 HRB, sedangkan nilai uji bending terbaik terdapat di variasi massa SiC 10% yaitu 370,5 MPa. Hasil tersebut dapat disimpulkan yaitu sifat mekanik meningkat seiring dengan penambahan massa bubuk SiC hingga 10%.

Penelitian ketiga oleh Hendri, 2015 membuat material komposit matriks logam berpenguat SiC dan alumina (Al₂O₃) yang mempunyai sifat mekanik yang unggul. Komposit terbuat dari Al-3Si-9Zn-6Mg dengan *filler* serbuk SiC dan alumina (Al₂O₃) dengan variasi fraksi volume alumina 10% tanpa SiC,

selanjutnya dengan penambahan serbuk SiC 5% dan 10%. Pengecoran dilakukan melalui proses *squeeze casting*. Hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa komposit dengan penguat alumina tanpa serbuk SiC mempunyai nilai kekerasan yang terbaik sebesar 60,28 HRB, dengan harga impact 0.0382 J/mm². Dengan penambahan serbuk SiC 5 % mendapat nilai kekerasan terendah sebesar 43 HRB dengan harga impact tetap 0.0383 J/mm², serta untuk penambahan serbuk SiC 10% mendapatkan nilai kekerasan 41,8 HRB dengan harga impact 0.0638 J/mm². Tidak terjadinya peningkatan kekerasan material komposit alumina dan penguat serbuk SiC dikarenakan tidak sempurnaan dalam proses pengecoran, dimana partikel serbuk SiC sangat sulit bercampur secara merata dengan aluminium dan alumina, dan menimbulkan void akibat dari terdapatnya udara yang terperangkap di dalam material coran yang tidak sepenuhnya terbang pada saat proses degassing. Dari analisa tersebut struktur mikro yang terlihat pada partikel SiC tidak tersebar secara merata dan cenderung mengumpal.

Peneliti akan meneliti tentang pengaruh variasi massa SiC sebagai penguat dari komposit logam, membuat penulis ingin meneliti lebih jauh tentang pengaruh SiC sebagai penguat terhadap kekerasan komposit aluminium.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanik yaitu kekerasan pada material komposit matrik aluminium dengan bahan penguat SiC yang mempunyai kadar SiC 3%, 5%, 7%, 10% dari massa aluminium.

1.3 Batasan Masalah

Mengingat kompleksnya masalah yang berkaitan dengan komposit maka disini penulis membatasi masalah agar pembahasannya lebih terfokus. Adapun batasan masalah tersebut Antara lain :

1. Bahan yang digunakan adalah material aluminium dan penguat SiC.
2. Proses yang dilakukan adalah dengan variasi bubuk 3%, 5%, 7%, 10% dari massa aluminium.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan laporan tugas akhir dalam penelitian ini yaitu:

BAB I: PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang permasalahan, tujuan, batasan masalah dan sistematika dalam penulisan laporan tugas akhir.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan teori yang berhubungan langsung dengan permasalahan yang diteliti.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang metode yang dilakukan didalam pengambilan data pada penelitian.

BAB IV: ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisis data hasil pengujian dan dilanjutkan dengan pembahasan dari hasil analisis.

BAB V: SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan tentang simpulan dan saran yang diambil dari pembahasan masalah.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

LAMPIRAN

Berisi beberapa hal yang berhubungan dengan materi yang dibahas sebagai pelengkap laporan penelitian tugas akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah campuran dua atau lebih material yang berbeda, dengan adanya ikatan permukaan diantara campuran material tersebut. Komposit bukan saja dimanfaatkan untuk sifat struktural tetapi bisa untuk berbagai sifat yang lainnya seperti listrik, panas, atau material-material yang membutuhkan keramahan lingkungan. Komposit pada dasarnya dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu matriks dan penguat (Surdia dan Shinroku,1995).

Beberapa definisi dasar dari komposit menurut (Ramadhonal, 2010) sebagai berikut:

1. Sub-Mikro (*nano*) yang artinya molekul tunggal dan kisi kristal, bila material yang disusun dari dua atom atau lebih disebut komposit (contoh: senyawa, paduan (*alloy*), polimer, dan keramik).
2. Mikrostruktur yang artinya pada kristal, fase, dan senyawa, bila material disusun dari dua fase atau senyawa atau lebih disebut komposit (contoh: paduan Fe dan C).
3. Makrostruktur yang artinya material yang disusun dari campuran dua atau lebih penyusun makro yang berbeda dalam bentuk dan/atau komposisi dan

tidak larut satu dengan yang lain disebut material komposit (definisi secara makro ini yang biasa dipakai dalam mendefinisikan komposit).

Secara umum, penyusun komposit terdiri dari dua atau lebih material yang menimbulkan beberapa istilah dalam komposit, seperti: matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), penguat (penahan beban utama), interphase (pelekat antara matrik dan penguat) dan interface (permukaan fase yang berbatasan dengan fase lain).

2.1.1 Sifat dan Karakteristik Komposit

Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh beberapa faktor (Rahmat dkk, 2013):

a. Material yang menjadi penyusun komposit.

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun dan dapat ditentukan secara teoritis, sehingga akan berbanding secara proporsional.

b. Bentuk dan struktur penyusun dari komposit.

Bentuk (dimensi) dan struktur (ikatan) penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

c. Interaksi antar penyusun.

Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

2.1.2 Klasifikasi Komposit

Menurut Pada umumnya komposit dapat dibagi menjadi tiga kategori, antara lain:

a. Komposit Matrik Polimer (*Polymer Matrix Composites- PMC*).

Bahan ini merupakan bahan yang paling sering digunakan atau sering disebut dengan polimer berpenguat Serat (*Fibre Reinforced Polymers of Plastics – FRP*). Komposit ini menggunakan suatu polimer berbasis resin sebagai matriknya, dan jenis serat tertentu sebagai penguat, seperti: serat kaca, karbon, dan aramid (kevlar).

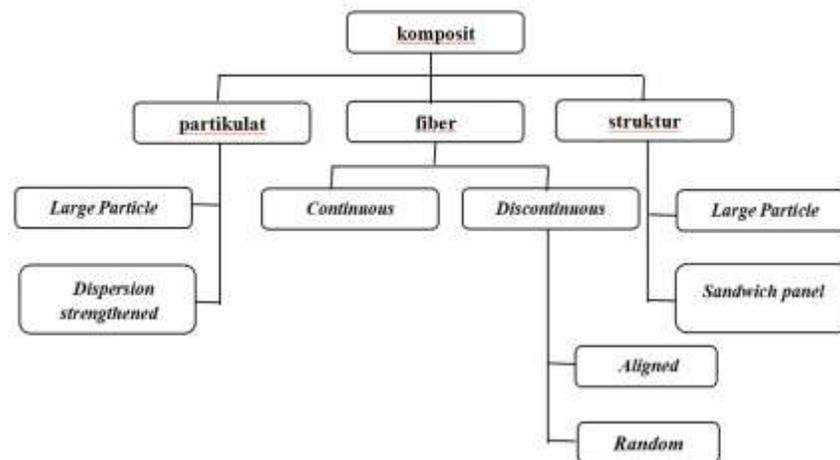
b. Komposit Matrik Keramik (*Ceramic Matrix Composites – CMC*).

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 nitrida.

c. Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composites – MMC*).

Berkembang pada industri otomotif, bahan ini pada umumnya menggunakan suatu logam seperti aluminium (Al) sebagai matrik dan penguatnya dengan serat silikon karbida (SiC).

Adapun pembagian komposit berdasarkan jenis penguat yang digunakan seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.

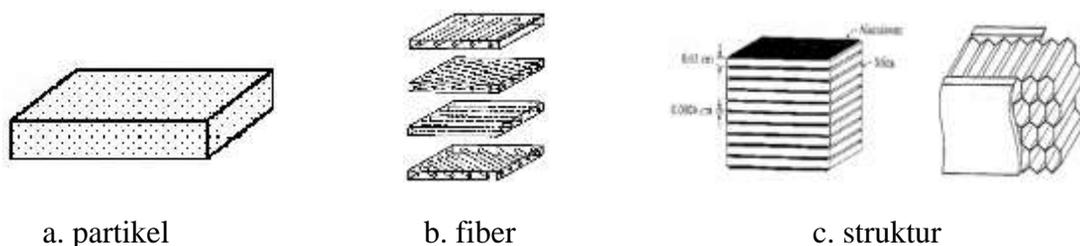


Gambar 2.1 Pembagian komposit berdasarkan jenis penguat yang digunakan (Pramono, 2008).

Berdasarkan Gambar 2.1 diketahui bahwa, berdasarkan jenis penguat yang digunakan komposit dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- a. *Particulate composite*, penguatnya berbentuk partikel
- b. *Fibre composite*, penguatnya berbentuk serat.
- c. *Structural composite*, cara penggabungan material komposit berbentuk laminat atau panel. (Pramono, 2008).

komposit berdasarkan penguat dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Ilustrasi komposit berdasarkan penguat yang digunakan (Pramono, 2008).

2.2 Metal Matrix Composite

Metal matrix composite adalah kombinasi rekayasa material yang terdiri dari dua atau lebih bahan material termasuk logam, dengan berbagai bentuk dan sifat yang dilakukan secara kombinasi dan sistematis pada kandungan- kandungan berbeda yang memiliki sifat dan karakteristik lebih baik dari bahan dasar penyusunnya material tersebut sehingga menghasilkan suatu material baru.

Sejak tahun 1960an sudah mulai melakukan Penelitian dan pengembangan mengenai matrix metal composite mmc namun masih ada beberapa kendala seperti biaya yang mahal ,serta sedikitnya informasi tentang pengembangan komposit matrik logam dan lain lain. Beberapa kendala yang menghambat proses pembuatan komposit matrik logam kini sudah diatasi dikarenakan berkembangnya teknologi rekayasa material ,Selain itu bahan material yang berkarakteristik menjadi pilihan yang tepat dari pada bahan konvensional ,serta ketersediaan bahan baku seperti serat karbon dan boron kristal *whisker* dan secara tak langsung oleh keberhasilan komposit materi polimer.

Beberapa bidang industri yang tertarik dengan material jenis komposit matrik logam yaitu industri di bidang aerospace dan teknologi pertahanan , karena material tersebut memiliki kekuatan dan tahan terhadap temperatur yang tinggi .

Selain hal tersebut konsep yang di gunakan dalam pembuatan komposit matrik logam seperti memiliki karakteristik bahan yang tahan terhadap suhu yg tinggi , fatigue, daya hantar listrik ,sifat redaman ,konduktivitas termal, tahan terhadap korosi ,keras, massa yang ringan , ketahanan aus dan koefisien muai termal yang baik.

Dewasa ini, pembuatan komposit matrik logam telah dikembangkan dengan menggunakan penguat partikel, dan yang dapat diaplikasikan untuk berbagai industri karena penguat partikel merupakan komposit jenis *Discontinuous Metal Matrix Composite's (DMMC)*, dan komposit jenis ini sering disebut dengan komposit isotropik yang artinya semua arah penguat memiliki nilai yang sama dan komposit dengan penguat jenis partikel juga mudah diproses.

Matrik berbasis logam dengan kerapatan (densitas) yang rendah secara bertahap telah banyak dikembangkan. Material utama matrik yang umum dikembangkan adalah aluminium, titanium, dan magnesium.

Dalam pembuatan komposit matrik logam, yang paling banyak dikembangkan adalah komposit matrik logam berbasis aluminium, dan penguat yang digunakan adalah partikel SiC karena disamping harga bahan baku yang relatif murah juga mudah didapat, sehingga partikel SiC banyak digunakan untuk penguat dalam pembuatan komposit matrik logam. Disamping itu, pembuatan komposit matrik logam juga sering menggunakan penguat alumina.

Seperti yang telah dijelaskan, logam aluminium adalah matrik yang paling banyak digunakan dalam proses fabrikasi karena sifatnya yang unik untuk dikembangkan sebagai proses pembuatan komposit matrik logam yaitu: mempunyai densitas yang ringan, tahan korosi, mempunyai sifat panas dan penghantar listrik yang tinggi.

Perpaduan Al-Si, Al-Cu, dan sebagainya merupakan logam aluminium yang biasa digunakan, untuk komposit matrik aluminium biasanya menggunakan penguat Al_2O_3 , SiC, C sedangkan SiO_2 , B, BN, B_4C , AlN adalah unsur yang masih dalam

taham pengembangan dan sedang diteliti, dalam penelitian tersebut biasanya menggunakan serbuk SiC.

Berkembangnya partikel sebagai penguat SiC yang menjadi bahan pengisi di karenakan SiC sic mempunyai sifat seperti mekanis dan fisik baik yaitu: mempunyai nilai modulus elastisitas tinggi, kuat, tahan akan korosi, serta rendahnya nilai koefisien ekspansi termal. Digunakanya material alumunium yang menjadi matrik dan partikel SiC sebagai bahan penguat yang menghasilkan sifat getas dan liat, selain itu hal yang dapat dihasilkan adalah material yang mempunyai bobot rendah dan mempunyai masa yang lama untuk pemakaiannya karena tahan akan korosi.

Pada tabel 2.1 dijelaskan beberapa sifat mekanis, fisik, dan thermal *metal matrix composite*.

Tabel 2.1 Sifat mekanik dan sifat fisik pada komposit *metal matrix composite* dengan bubuk SiC sebagai penguat (Olivier Beffort, 2002).

Sifat Fisik	Satuan
Masa jenis	2.6 - 3.1 g/cm ³
Modulus <i>young</i>	300 - 450 MPa 180-200 Gpa
Koefisien Ekspansi Termal	7-20 x 10 ⁻⁶ /°C

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

1. Mempunyai kekuatan yang baik.
2. Mempunyai sifat kekakuan yang baik
3. Mempunyai ketahanan lelah yang baik.
4. Tahan akan temperatur tinggi.
5. Memiliki koefisien termal dan konduktivitas termal yang tinggi.
6. Lebih tahan lama karena tahan terhadap korosi.

Keunggulan MMC berpenguat partikel SiC dibanding dengan PMC:

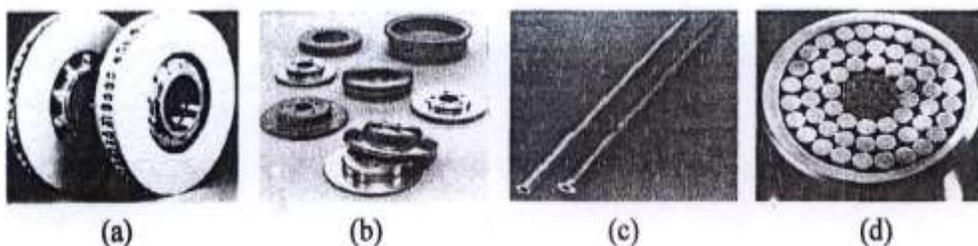
- 1) Tahan temperatur tinggi.
- 2) Tidak mudah terbakar.
- 3) Mempunyai nilai kekakuan dan kekuatan yang lebih tinggi.
- 4) Tahan terhadap suhu yang lembab.
- 5) Mempunyai konduktivitas termal dan listrik baik.
- 6) Tahan akan radiasi.

Dalam proses tersebut komposit matrik logam dengan cara menggunakan matrik Al dan penguat SiC. Beberapa komponen siap pakai maupun setengah jadi akan di peroses lebih lanjut seperti billet untuk ekstrusi, pengerolan, dan pengempaan) metode yang di gunakanpun beragam dalam proses pembuatan MMC dan akan terus diteliti di dalam labotarium atau skala pengembangan industri.

Metode dalam pembuatan MMC, meliputi: peleburan *liquid* matrik, metalurgi serbuk, atau deposisi uap.

Komposit matrik aluminium berpenguat keramik SiC umumnya diproses dengan metode metalurgi serbuk (*powder metallurgy*), proses pembuatan komposit dengan metode serbuk memiliki tiga tahapan yaitu pencampuran (*mixing*), penekanan (*compaction*), dan proses pensinteran. Campuran serbuk matrik logam aluminium dan partikel penguat SiC juga dapat dilakukan dengan cara: pencampuran mekanik (*mechanical alloying*), pencampuran partikel dengan logam cair (pengadukan lelehan), pencoran kempa (*compachasting*), *rheocasting*, dan *spray deposition*. (Smallman, 1995).

Pada era 1980-an, komposit matrik aluminium dengan menggunakan penguat tak kontinu telah dikembangkan dan diaplikasikan dibidang transportasi. Komposit matrik logam dengan menggunakan penguat tak kontinu merupakan jenis komposit yang isotropik dan memiliki sifat mekanik yang lebih baik (dibandingkan dengan logam tanpa penguat) dan memiliki harga yang relatif murah (proses pembuatan murah karena penguat tak kontinu banyak tersedia di alam seperti partikel SiC dan $A12O3$).



Gambar 2.3 Aplikasi *metal matrix composite* didalam industry otomotif (a) Brake rotors, (b) breaking systems, (c) automotive pushrods, and (d) Cor for HV electrical wires (Smallman, 1995).

Dari gambar 2.3 dapat dilihat beberapa aplikasi dari pengembangan komposit matrik aluminium dengan menggunakan partikel penguat SiC, gambar *brake rotors* ICE-1 dan ICE-2 dikembangkan oleh Knorr Bremse AG - Jerman dengan menggunakan matrik aluminium (Al) dengan menggunakan partikel penguat (AlSi7Mg + SiC_p) yang disuplay oleh Duraclan Inc (USA). Breaking systems yang diproduksi oleh New Lupo from Volkswagen (VW) dengan menggunakan matrik aluminium dengan menggunakan partikel penguat yang disuplay oleh Duraclan. Komposit matrik aluminium dengan penguat serat kontinu yang dibuat untuk *pushrods* 3M untuk mesin balap. *Pushrods* yang dibuat dengan menggunakan komposit aluminium mempunyai bobot yang lebih ringan 40% bila dibandingkan dengan menggunakan baja, memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik, dan ketahanan terhadap suhu yang lembab dan juga pada kabel tegangan tinggi (*HV electrical wires*) dibuat dengan menggunakan komposit aluminium.

2.3 Aluminium

Unsur yang sangat reaktif sehingga mudah teroksidasi adalah aluminium. Sifatnya yang reaktif menyebabkan aluminium tidak di temukan berbentuk melainkan senyawa baik dalam bentuk oksida alumina ataupun silikon . bauksit adalah sumber aluminium yang sangat ekonomis . bauksit itu sendiri sebenarnya adalah biji yang memiliki kandungan alumina alumina (Al₂O₃) yakni 30 – 60% serta 12 – 30% adalah air. Jika oksida besi banyak tercampur oleh kotoran maka akan berubah warna menjadi gelap. Sedangkan bauksit berwarna putih, krem, kuning, merah atau coklat bisa juga sekeras batu , tapi ada yang selembek tanah

(Simanjuntak dan Abda, 2013).

Menurut Simanjuntak dan Abda (2013) aluminium mempunyai karakteristik yang lebih baik dibanding logam lainnya. Karakteristik aluminium yang lebih baik jika dibandingkan logam lain yaitu:

1. Ringan

Densitas pada suhu 29 °C sebesar 2,7 gr/cm³.

2. Kuat

Aluminium mempunyai kemampuan renggang sebesar 8,2 kg/mm³, namun mampu meningkat hingga dua kali lipat jika Aluminium dilakukan metode *liquidifikasi*. Aluminium mampu menjadi lebih baik jika ditambah beberapa unsur seperti Mg, Zn, Mn, Si.

3. Ketahanan terhadap korosi

Aluminium dapat terjadi korosi dengan membuat lapisan-lapisan oksida dimana sangat keras dan pada permukaan ini dapat menahan timbulnya karat. Karena itu aluminium merupakan material yang memiliki ketahanan korosi yang lebih unggul dibanding besi dan baja.

4. Daya hantar listrik yang baik

Aluminium merupakan logam ekonomis untuk penghantar listrik karena densitasnya rendah dari tembaga, dengan arus dari aluminium sebesar dua kali dari arus tembaga.

5. Anti magnetis

Aluminium merupakan material anti magnet.

6. Toksifitas

Aluminium merupakan material tidak beracun dan tidak berbau.

7. Proses yang mudah

Aluminium memiliki karakteristik yang lebih unggul untuk proses mekanis dalam kemampuan perubahan bentuknya, bisa dilihat dari proses penuangan, pemotongan, pembengkokan, ekstrusi dan penempaan.

8. Sifat dapat dipakai kembali

Aluminium memiliki titik lebur yang rendah, dan dapat mendapatkan logam aluminium dari *scrap*.

Dari tabel 2.1 dapat dilihat beberapa sifat mekanik, fisis, dan termal komposit matrik aluminium.

Tabel 2.2 Sifat fisis aluminium.

Simbol	Al
Massa jenis	2,70 gram/ cm ³
Massa jenis pada wujud cair	2,375 gram/ cm ³
Titik lebur	660,32 °C
Titik didih	2519 °C
Kalor jenis	900 J/kg. °C

Sumber: Wikipedia.com

2.4 Silicon carbida (SiC)

Silikon karbida (SiC) merupakan material keramik yang dibuat melalui pemanasan Si dan C. Beberapa fase dalam dari SiC, yaitu fase kristalin yang tersusun atas α -SiC struktur hexagonal selanjutnya β -SiC struktur kubus.

Menurut Simanjuntak dan Abda (2013) silikon karbida termasuk material keramik non oksida. SiC membentuk struktur tetrahedral dari ikatan atom karbon C dan atom Si. Silikon karbida tergolong material keras dan kuat terhadap abrasi. Bubuk SiC terdapat dua jenis berdasarkan bentuknya, yaitu: partikulat dan serabut.

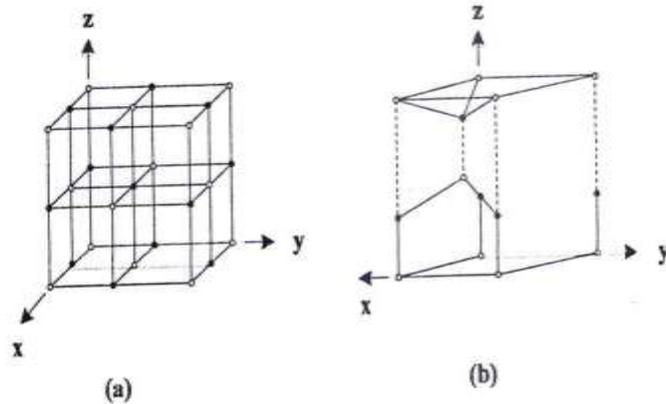
Silikon karbida (SiC) mempunyai 70 bentuk kristal, dan umumnya digunakan yaitu struktur kristal hexagonal dengan (α - SiC) dan terbentuk pada temperatur sebesar 2000°C . selain α -SiC ada pula struktur (β -SiC), fasa ini terjadi dibawah temperatur 2000°C , dan yang banyak dijumpai adalah β -SiC [4].

Silikon karbida mempunyai massa jenis sebesar 3.2 g/cm^3 , mempunyai suhu sublimasi sebesar 2700°C menjadikannya diminati untuk dipergunakan dalam pembuatan *bearing* dan *sparepart*. Silikon karbida sukar mencair pada berbagai kondisi tekanan, dan kuat akan bahan kimia. Gambar di bawah memperlihatkan (a) struktur β -SiC dan (b) struktur hexagonal α -SiC [5].

SiC mempunyai kemampuan tekan hingga 4600 Mpa dan koefisien ekspansi termal yang rendah sebesar: $4.51 - 4.73 \text{ } \mu\text{m/m}^{\circ}\text{C}$ [6]. karakteristik SiC yang paling unggul, antara lain: kemampuan menghantarkan panas yang baik,

kemampuan akan suhu tinggi, nilai kekerasanyang baik, tahan kejutan panas dan kemampuan terhadap menahan korosi.

Kemampuan SiC terhadap menahan korosi dapat dilihat melalui terdapatnya abu batubara, slag asam dan slag netral ketika bahan ini digunakan. Kemampuan menahan panas SiC dilihat dari temperatur hingga mencapai 2200 – 2700(°C). Pada 1000°C terjadi lapisan oksidasi baru yaitu SiO₂. SiC memiliki kemampuan menahan oksidasi di udara terbuka hingga mencapai temperatur 1700°C [7]. Silikon karbida dibentuk dari perlakuan reduksi silika dengan karbon pada temperatur yang sangat tinggi. Untuk menciptakan SiC dengan kemurnian yang baik maka pertama-tama silika dibersihkan dengan hidrofluoric didalam β-SiC atom Si dan C teletak pada posisi acak dari tipe intan kubus, sedangkan α-SiC mempunyai susunan hexagonal dan rombohedral dan memiliki tetrahedral seperti ditunjukkan pada gambar 2.5. ketika temperatur 2700°C SiC terdekomposisi menjadi gas Si dan grafit. Pada suhu oksidatif SiC cenderung membuat lapisan oksida SiO₂, karena itu pada atmosfer oksidatif SiC kuat sampai temperatur 1500-1699°C dan tahan hingga suhu 2200°C pada suhu ruangan. karakteristik SiC yang unggul, diantaranya mempunyai masa jenis 3,3 g/cm³, mampu menghantarkan panas hingga temperatur tinggi, kuat akan suhu tinggi, kekerasan yang tinggi, kuat akan kejutan termal dikarenakan merupakan campuran antara kemampuan menghantarkan panas dan koefisien muai panas rendah, tahan akan korosi dan komposisi kimia dari SiC, seperti diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 (a) Struktur kubus β -SiC, (b) Struktur heksagonal α -SiC (Surdia dan Saito, 1985).

Kemampuan SiC terhadap korosi dilihat dari kemampuan SiC terhadap ketahanan abu batubara, slag asam, dan slag netral. Kemampuan SiC dalam Ketahanan panas dilihat pada temperatur seesar 2200 - 2700 °C. Pada temperatur 1000 °C membentuk lapisan oksidasi yaitu SiO₂. kekurangan SiC yaitu ketahanan oksidasi di udara hanya sampai 1700 °C. (Potter, 1990).

Tabel 2.3 Data sheet material silicon carbide

Nama	Silicon Carbide
Rumus Molekul	SiC
Berat Molekul	40,0962gr/mol
Young's modulus of elasticity	3896 Kbar
Densitas	2.923,8574 kg/m ³
Titik Leleh	2830°C
Indeks refraksi(<i>n_D</i>)	2,55
mobilitas elektron	900 Cm/(V-s)

Sumber : wikipedia.com

Berikut ini merupakan komposisi dari Silikon Carbida seperti pada table 2.4

Tabel 2.4 Komposisi Silikon Carbida (SiC)

Element	SiC	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
Wt %	94,7	0,3	4,4	0,6

Sumber : matweb.com

2.5 Karakterisasi Material Komposit

Dalam menentukan karakteristik dan kemampuan sebuah bahan maka butuh dilakukan pengujian dan analisis. Berbagai tipe pengujian dan analisis yang umumnya dilakukan untuk kepentingan penelitian yaitu: pengujian pada sifat fisik (massa jenis, daya serap air), pengujian sifat mekanik, analisis struktur mikro dan makro dengan memakai alat uji SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan menganalisis struktur pada kristal dengan memakai alat uji XRD atau difraksi sinar X-Ray.

2.5.1 Sifat Fisis

2.5.1.1 Masa jenis

Masa jenis merupakan jumlah kepadatan dari sebuah spesimen atau umumnya juga dijabarkan sebagai perbandingan antar massa (m) dengan volume (v) dalam hubungannya bisa dirumuskan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

ρ = Massa jenis (gram/cm³)

m = massa (g)

v = volume (cm³)

Ketika pada proses penelitian berlangsung, terkadang spesimen yang telah dihitung memiliki ukuran bentuk yang beragam sehingga dalam menentukan volume akan lebih sulit, akibatnya nilai kerapatan yang didapatkan kurang presisi. Karena itu dalam mendapatkan nilai massa jenis suatu spesimen yang memiliki bentuk yang tidak teratur bisa menggunakan metode Archimedes.

2.5.2 Pengujian kekerasan

Menurut berbagai sumber, kekerasan merupakan kemampuan material tahan terhadap perubahan bentuk dan merupakan parameter ketahanan material terhadap perubahan bentuk plastis atau perubahan bentuk permanen (Dieter, 1987). Menurut para *insinyur*, kekerasan umumnya dijabarkan sebagai parameter kemampuan dan kuantitas yang menjelaskan sesuatu tentang kekuatan dan *hot working* dari sebuah material.

Ukuran kekerasan dapat dibagi tiga tipe, tergantung dari proses melakukan pengujian, seperti: (1) Kekerasan goresan (*scratch hardness*); (2) Kekerasan lekukan (*indentation hardness*); (3) Kekerasan pantulan (*rebound*). Khusus pada logam, hanya kekerasan lekukan yang paling menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Kekerasan suatu material bisa dihitung

melalui pengujian kekerasan menggunakan mesin alat uji (*hardness tester*) memakai tiga metode atau proses yang banyak dilakukan seperti metode *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers* (Callister, 2000 ; Dieter,1996).

2.5.2.1 Pengujian Brinell

Metoda *hardness test* yang dilakukan oleh J.A Brinell, tahun 1900an ini adalah uji kekerasan lekukan yang baru pertama dilakukan dan dibuat ketentuannya (dieter, 1987). *Hardness test* ini berupa pembentukan lekukan dilapisan permukaan indenter. Indenter pada mesin uji brinell berbentuk bola dengan jari-jari 5mm, jari-jari 2,5 mm dan jari-jari 0,5 mm adalah ukuran dari satuan internasional.

Bola brinell dengan standar internasional terdiri dari dua bahan pembentuknya. Ada yang terbentuk dari baja yang chrom sebagai pelapis, dan ada juga yang terbentuk dari *tungsten carbide*. Material tersebut mempunyai nilai kekerasan yang lebih baik dari baja, biasanya digunakan pada pengujian material yang nilai kekerasannya tinggi sehingga mampu merusak bola baja. Tetapi pada pengujian spesimen dengan tingkat kekerasannya belum diketahui, bagusnya kalau mengujinya terlebih dahulu memakai metode rockwell tipe c, yang memakai indenter intan, untuk menjaga indenter agar tetap bagus. Seperti yang kita sudah tahu kalau intan merupakan jenis logam terkeras, jadi intan akan tetap bagus jika diindentasikan ke spesimen yang nilai kekerasannya tinggi. Untuk spesimen pengujian brinell pertama-tama harus disediakan spesimen yang siap uji. Spesimen tidak boleh kotor dan tidak boleh kasar, tidak boleh miring dan bergelombang, aman dari berbagai kotoran, karat, dan terak.

1. Standar

- a. ASTM E10
- b. ISO 6506

2. Metode pengujian Brinell

a. Mempersiapkan berbagai keperluan pengujian :

- Mesin uji kekerasan Brinell
- Indentor (baja atau *carbide*)
- Benda uji yang sudah rata
- Dilakukan pengamplasan
- Dihitung waktunya menggunakan *stopwatch*

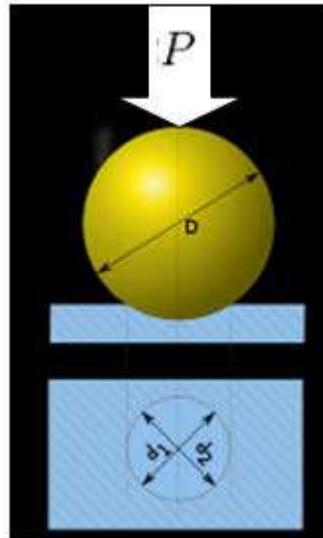
b. Indentor di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu.

c. Ditahan sampai 30 detik.

d. Lepaskan gaya dan bebaskan indentor dari benda uji.

e. Mengukur diameter lekukan yang ada pada spesimen memakai mikroskop.

f. Hitung dengan rumus.



Gambar 2.6 pengujian brinell.

3. Rumus perhitungan pengujian metode Brinell:

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : BHN = *Brinell Hardness Number*

P = Beban yang diberikan (kgf)

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi (mm)

4. Rumus dalam menghitung beban

$$P = C \times D^2$$

Dimana: P = Beban yang diberikan

C = Konstanta bahan

D = Diameter indentor

5. Kelebihan dan kekurangan metoda *Brinell* :

Sangat dianjurkan untuk material-material atau bahan-bahan uji yang bersifat heterogen, sedangkan kekurangannya adalah butuh ketelitian saat mengukur diameter lekukan hasil indentasi Lama, sekali pengujian bisa menyita waktu hingga 5 menit, belum termasuk persiapan dan perhitungannya.

2.5.2.2. Pengujian *Vickers*

Uji *vickers* dikembangkan di Inggris tahun 1925an. Dikenal juga sebagai Diamond Pyramid Hardness test (DPH). uji kekerasan *vickers* menggunakan indenter piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat, ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu *micro* (10g – 1000g) dan *macro* (1kg – 100kg).

1. Standar

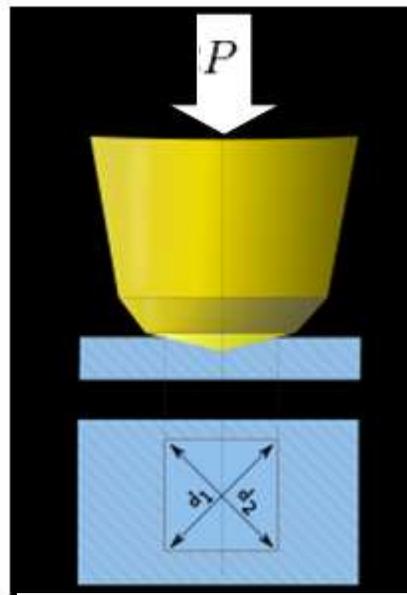
- a. ASTM E 384 – Rentang *micro* (10g – 1000g).
- b. ASTM E 92 – Rentang *macro* (1kg – 100kg).
- c. ISO 6507 – Rentang *micro* dan *macro*.

2. Cara/metoda pengujian *Vickers*

A. persiapkan alat dan bahan pengujian

- a. mesin uji kekerasan *Vickers* (*Vickers Hardness Test*).
- b. indenter piramida intan (*diamond pyramid*).
- c. benda uji yang sudah di gerinda.
- d. amplas halus.
- e. *stop watch*.
- f. mikroskop pengukur .

- B. indentor di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu.
- C. tunggu hingga 10 – 20 detik (biasanya 15 detik)
- D. bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji
- E. ukur 2 diagonal lekukan persegi menggunakan mikroskop pengukur.
- F. masukkan data-data tersebut ke rumus



Gambar 2.7 pengujian vickers.

2.4. Rumus penghitungan pengujian metoda Brinell:

$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{d^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : VHN = *Vickers Hardness Number*

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi

4. Keunggulan metode Vickers :

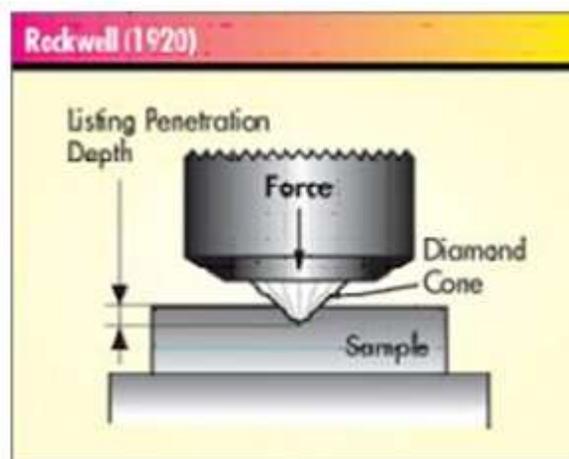
Disarankan untuk pengujian spesimen yang telah dilakukan *case hardening*, dan proses pelapisan dengan logam lain yang lebih keras tidak merusak dikarenakan hasil indentasi sangat kecil, dan agar spesimen dapat digunakan lagi.

5. Kelemahan metode Vickers :

Dibutuhkan ketelitian ketika melakukan penelitian dengan alat ini, pengujian dapat memakan waktu sampai 5 menit, diluar persiapan dan perhitungan dengan rumus.

2.5.2.3. Pengujian Rockwell

Pengujian rockwell memakai indenter bola baja dengan ukuran standar (jari-jari 5mm, jari-jari 2,5 mm dan jari-jari 0,5 mm) dan indenter kerucut intan. Pada pengujian ini tidak diperlukan *skill* khusus dikarenakan hasil pengujian bisa terbaca langsung. Berbeda dengan metode pengujian Brinell dan Vickers yang pertama-tama harus memasukkan data kedalam rumus.



Gambar 2.8 pengujian rockwell

Pada pengujian rockwell memakai dua beban, pertama beban minor/minor load (F_0) = 10 kgf yang kedua beban mayor/mayor load (F_1) = 60 kgf hingga 150 kgf tergantung spesimen yang diuji dan tergantung jenis yang digunakan seperti HRA, HRB, HRC, HRD, dll. Dalam menguji spesimen dengan nilai kekerasan yang belum diketahui disarankan menggunakan rockwell tipe HRC. HRC memakai indenter kerucut intan dan beban 150 kgf, ini ditujukan agar mencegah rusaknya indenter karena kalah keras dibandingkan spesimen yang dilakukan pengujian. seperti yang kita tahu bahwa intan merupakan logam yang terkeras.

beban minor sebesar 10 kgf diberikan agar menyamaratakan semua permukaan spesimen yang akan diuji. Dengan adanya sedikit tekanan tersebut membuat spesimen yang akan diuji tidak butuh dipersiapkan terlalu halus dan bersih, cukup bersih dan tidak berkarat. Tingkat kekerasan spesimen bergantung dari perbedaan kedalaman hasil indentasi, semakin lunak material yang diuji berarti semakin dalam indentasi

Tabel 2.5 Tabel pengujian *rockwell*

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150	130	Merah

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun pelaksanaan waktu dan tempat penelitian dimuli pada bulan Juni 2018 sampai dengan Desember 2018.

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, yaitu sebagai berikut:

1. Proses persiapan alat dan pembuatan spesimen pengecoran yang dilakukan di BPPT LIPI Tanjung Bintang.
2. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung.
3. Pengujian struktur mikro dilakukan di BPPT LIPI Tanjung Bintang.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun beberapa alat beserta bahan pengujian yang dilakukan selama penelitian sebagai berikut :

Alat

1. Tungku Pembakaran

Penelitian yang digunakan menggunakan tungku pembakaran, proses utama yang dilakukan adalah pembakaran untuk meleburkan aluminium.



Gambar 3.1 Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran merupakan tempat peleburan spesimen, pada penelitian ini digunakan untuk memanaskan spesimen Al sampai temperatur 750°C .

2. Mesin Uji Kekerasan Rockwell



Gambar 3.2 Mesin Uji Kekerasan Rockwell

Pada penelitian ini, untuk pengujian kekerasan menggunakan *rockwell* untuk menguji kekerasan pada spesimen Al-SiC.

3. Struktur mikro



Gambar 3.3 Alat uji struktur mikro

Mikroskop digital berfungsi sebagai media untuk melihat dengan jelas dengan pembesaran hingga 200 kali pada permukaan, bertujuan untuk mengetahui distribusi dari silikon karbida.

Bahan

1. Aluminium

Berikut ini merupakan bentuk dari aluminium seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 3.4 Aluminium

Pada penelitian ini, spesimen logam yang digunakan adalah aluminium murni.

2. Silikon karbida (SiC)



Gambar 3.5 Silikon karbida (SiC)

Pada penelitian ini, menggunakan Silikon karbida (SiC) Sebagai penguat untuk komposit logam.

3.3 Cara Membuat Al-SiC

a. Persiapan paduan

Pada tahapan ini dalam proses persiapan paduan pada penelitian ini menggunakan fraksi volume 97%, 95%, 93% dan 90% aluminium dengan campran 3%, 5%, 7%, dan 10% Silikon Karbida (SiC).

b. Proses pembakaran

Proses pengecoran dengan menggabungkan suatu logam murni yaitu aluminium dengan suatu unsur penguat, dengan cara melebur aluminium hingga 750 °C, kemudian aluminium yang sudah mencair tersebut dikeluarkan dari tungku pembakaran, lalu unsur penguat SiC dicampur dan diaduk hingga merata.

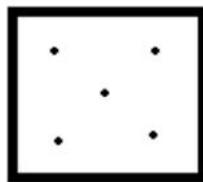
- c. Proses penuangan ada cetakan

Pada tahapan ini setelah proses pembakaran dan pencampuran antara aluminium dan partikel penguat silikon karbida, campuran yang sudah cair dituangkan pada cetakan dengan dimensi 4 cm x 4 cm x 1cm.

3.4 Cara Pengujian Rockwell

Pada penelitian ini, pengujian kekerasan yang digunakan yaitu metode uji kekerasan *rockwel*. Adapun langkah-langkah untuk mengamati nilai kekerasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

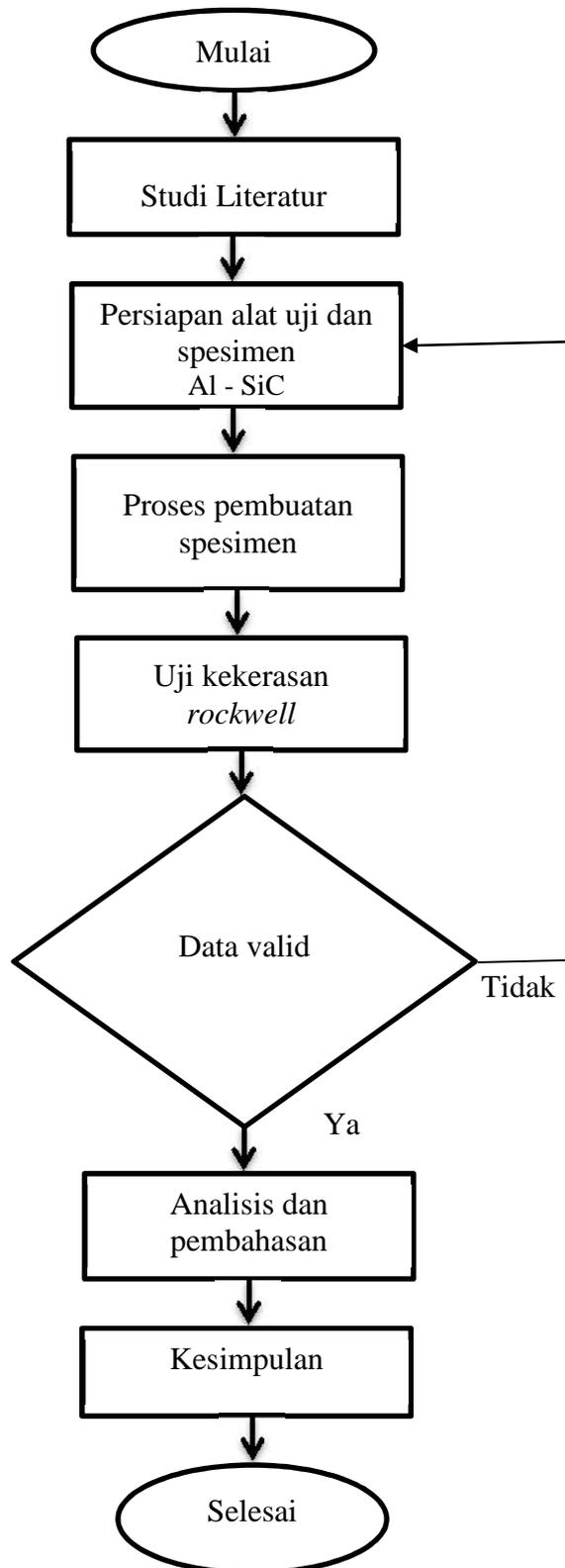
- a. Melakukan pengamplasan pada spesimen menggunakan amplas kasar dan halus
- b. Melakukan pengujian nilai kekrasan dengan menggunakan mesin uji *rockwell* skala B (HRB), indentor yang digunakan yaitu bola baja 1/16. Dimana pada penelitian ini, pengujian nilai kekerasan diambil sebanyak lima kali dengan lima titik yang berbeda.



Gambar 3.6 Titik pengujian sampel

- c. Mencatat data yang terbaca pada mesin uji *rockwell*.

3.6 Diagram Penelitian



V. SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian mengenai pengaruh variasi pengaruh penambahan silikon karbida untuk peningkatan kekerasan komposit aluminium adalah:

1. Pada proses komposit aluminium menggunakan variasi massa dari silikon karbida dapat meningkatkan nilai kekerasan dan mempengaruhi struktur mikro pada komposit aluminium dan silikon karbida
2. Pada variasi massa silikon karbida (3%, 5%, 7% dan 10%) mendapatkan nilai kekerasan masing-masing sebesar 49,84 HRB, 52,3 HRB, 57,9 HRB dan 62,44 HRB.
3. Pada spesimen 90% aluminium dan 10% silikon karbida adalah variasi spesimen yang paling tinggi nilai kekerasannya dan menghasilkan penyebaran silikon karbida yang berfungsi sebagai *filler* untuk penguat spesimen lebih banyak dari variasi spesimen yang lainnya.
4. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa penambahan silikon karbida hingga 10% mampu meningkatkan nilai kekerasan pada spesimen komposit Al-SiC, pada penambahan lebih dari 10%, pembuatan spesimen mengalami kegagalan.

B. SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Diperlukan alat peleburan aluminum yang lebih baik agar dalam proses bisa menghasilkan spesimen yang lebih baik dari pada peleburan konvensional.
2. Diperlukan pengujian mekanik lain agar mengetahui nilai-nilai kekuatan mekanik yang lain pada spesimen komposit Al-SiC.
3. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan variasi matrik yang berbeda selain silikon karbida dan persentase massa matrik yang lebih variatif untuk mengetahui pengaruh nilai kekerasan terhadap proses pembuatan komposit logam.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbi, dkk, 2015. Karakteristik Permukaan Serat Silikon Karbida Hasil Pemintalan Listrik Dari Polycarbosilane Dalamn,N-Dimetilformamida (Dmf)/Toluena.
- Dieter, G.E., 1987. *Metalurgi Mekanik*, terj. Sriati D., Erlangga, Jakarta.
- Chasby. 2014. Pengaruh Sic Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Matrik Aluminium Yang Diperkuat Serbuk Sic. Universtas Diponogoro, Semarang.
- Hendri, 2015. Peran Penguat Partikel Alumina Dan Silikon Karbida Terhadap Kekerasan Material Komposit Matriks Aluminium. Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.
- Li, dkk, 2015. *Microstructures and Mechanical Properties of AA6061–SiC Composites Prepared Through Spark Plasma Sintering and Hot Rolling*. Guilin University of Technology, China.
- Olivier, B., 2002. *Metal Matrix Composites (MMC's)*, Empa, Swiss Federal Laboratories of Material Research and Testing. Dept Material and Technology. Swiss.
- Omranpour, dkk, 2019. *Evolution of Microstructure and Hardness in Aluminum Processed by High Pressure Torsion Extrusion*. Karlsruhe Institute of Technology, Jerman.
- Pramono, A., 2008. *Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan*, Fakultas Teknik Metalurgi dan Material. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Potter, T.B. 1990. Shafer Engineering Properties of Carbida, *Engineered Material Hand Book*, vol 4, Ceramics and Glasess, Heather, L. F. and Nikki, W. D., ed., The Material Information Society.
- Rahmat iskandar fajri, tarkono dan sugiyono. 2013. studi sifat mekanik komposit serat sansevieria cylindrica dengan variasi fraksi volume bermatrik polyester. Jurnal. Universitas lampung.
- Ramadhonal, Syahru. 2010. *Pembuatan Komposit Matriks Logam Berpenguat Keramik (Al/SiC) Dicampur Kayu Dengan Metode Metalurgi Serbuk*. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Reddy, dkk, 2016. *Silicon Carbide Reinforced Aluminium Metal Matrix Nano Composites-A Review*. NITWarangal, India.

- Rifki, dkk, 2013. Kekerasan Dan Struktur Mikro Komposit Aluminium Yang Diperkuat Serbuk Besi Yang Mengalami Perlakuan Panas. Universitas Dipongoro, Semarang.
- Simanjuntak dan Syahrul Abda. 2013. Karakterisasi Komposit Matriks Logam Al-Sic Pada Produk Kanvas Rem Kereta Api. Jurnal . Kampus Padang Bulan.
- Singh, dkk, 2016. *Fabrication and Characterisation of Al₂O₃/Aluminium Alloy 6061 Composites Fabricated by Stir*. National Institute of Technology Kurukshetra, Haryana, India.
- Surdia, T dan saito, s, 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*.,pradnya paramita, Jakarta.
- Suyanto, 2015. Analisa Ketangguhan Komposit Aluminium Berpenguat Serbuk SiC. Akademi Teknk Perkapalan Veteran, Semarang.
- Smallman, R.E., 1991, *Metalurgi Fisik Modern*, Edisi 4, PT. Gramedia, Jakarta.
- Smallman, R.E., Bisop. R. J., 1995, *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta.
- Wikipedia, Silikon Karbida. (https://id.wikipedia.org/wiki/Silikon_karbida, diakses 1 agustus 2108).