



**PENGARUH SiC DAN PENAMBAHAN FRAKSI VOLUME Mg TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT Al6061-SiC**

SKRIPSI

Oleh

Ahmad Wafi

NIM 151910101093

PROGRAM STUDI STRATA 1

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**PENGARUH SiC DAN PENAMBAHAN FRAKSI VOLUME Mg TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT Al6061-SiC**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Ahmad Wafi

NIM 151910101093

PROGRAM STUDI STRATA 1

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur kepada Allah SWT dengan ikhlas dan kerendahan hati, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT atas segala berkah rahmat dan rizki-Nya, serta kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW;
2. Kedua orang tua saya Ayah Kamaluddin Ismail dan Ibu Muhibbatul Ummah yang telah memberi segala do'a dukungan semangat dan materi, keluarga saya Kakak Ahmad Habibi dan Adik Ahmad Fakhry. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, do'a, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan yang beriman dan berakhlak mulia. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
3. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang Bapak/Ibu berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk pribadi masing-masing serta menjadi amalan penolong Bapak/Ibu kelak.
4. Seluruh guru dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mendidik dan mengarahkan pada kebaikan.
5. Saudara seperjuanganku Teknik Mesin angkatan 2015.
6. Almamater Universitas Jember tercinta.

MOTTO

“Sejahat-jahatnya orang lain memperlakukanmu, balaslah dengan kebaikan, itu menunjukkan seberapa tingginya kamu”

(Ayah)

“Keikhlasan yang luar biasa akan membuat jiwa & raga yang tenang”

(Ayah)

“Pada hakekatnya, kesabaran itu tidak ada batasnya”

(Mama)

“Men of few words are the best men”

(awesome)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Wafi

NIM : 151910101093

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “**Pengaruh SiC dan Penambahan Fraksi Volume Mg Terhadap Karakteristik Komposit Al6061-SiC**” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Januari 2020

yang menyatakan

Ahmad Wafi

NIM 151910101093

SKRIPSI

**PENGARUH SiC DAN PENAMBAHAN VOLUME FRAKSI Mg TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT Al6061-SiC**

Oleh
Ahmad Wafi
NIM 151910101093

Pembimbing

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T., M.T.
Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Gaguk Jatisukamto S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh SiC dan Penambahan Volume Fraksi Mg Terhadap Karakteristik Komposit Al6061-SiC ” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 22 Januari 2020

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Mengetahui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T., M.T.

Dr. Ir. Gaguk Jatisukamto S.T., M.T.

NIP. 19751006 200212 1 002

NIP. 19690209 199802 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Ir. Sumarji ,S.T., M.T.

Ir. Digdo Listyadi Setyawan ,MSc.

NIP. 19680202 199702 1 001

NIP. 19680617 199501 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP. 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Pengaruh SiC dan Penambahan Volume Fraksi Mg Terhadap Karakteristik Komposit Al6061-SiC; Ahmad Wafi, 151910101093; 2020; 78 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Material komposit termasuk kedalam jenis material yang banyak dikembangkan pada saat ini. Komposit matriks logam telah dikembangkan dan dipelajari secara luas selama beberapa dekade terakhir. *Metal Matrix Composites (MMC)* merupakan jenis komposit yang memiliki matrik logam. Kombinasi tersebut bertujuan untuk mendapatkan material baru yang mempunyai sifat mekanis yang lebih baik daripada bahan dasarnya. Dari sekian banyak material pada MMC telah difokuskan pada aluminium sebagai matrik logamnya dan keramik sebagai penguatnya. Keramik penguat yang dimaksud seperti Al_2O_3 , SiO_2 , $ZrSiO_4$, SiC, TiC, B_4C , AlN, Si_3N_4 , TiB_2 dll. Kombinasi dari aluminium yang ringan, tahan terhadap lingkungan korosi, dan sifat mekaniknya yang lunak telah menjadikan aluminium sangat sesuai untuk digunakan sebagai matrik logam.

Pororitas dalam pengecoran aluminium lebih tinggi dibandingkan dengan cetakan CO_2 . Hal ini menunjukkan bahwa sangat sulit untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih baik pada proses peleburan aluminium dengan penguat tanpa perlakuan tertentu. Oleh sebab itu diperlukannya penambahan magnesium (Mg) yang dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada komposit. Magnesium sendiri merupakan unsur yang dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan, tidak mudah terkikis permukaannya dan berfungsi sebagai *wetting agent* pada pembuatan komposit matrik logam.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Terapan, Laboratorium Kerja Logam, dan Laboratorium Uji Material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, pada bulan Juni hingga Desember 2019. Penelitian ini mengambil data nilai kekerasan, nilai tarik, observasi mikro, dan observasi SEM dengan

menggunakan metode *Stir Casting*. Metode *Stir Casting* sendiri merupakan salah satu metode dalam pembuatan komposit dengan mencampurkan bahan material disaat material dalam keadaan mencair dan pengadukannya secara mekanik. Pengambilan data untuk uji kekerasan disusun menurut percobaan dengan 4x pengambilan, dan untuk uji tarik disusun menurut percobaan dengan 3x pengambilan.

Penambahan SiC dan Fraksi Volume Mg pada komposit Al6061-SiC menghasilkan nilai kekerasan serta kekuatan tarik yang meningkat dibandingkan karakteristik Al6061 tanpa penambahan apapun. Hal ini dibuktikan dengan hasil nilai kekerasan yang tertinggi tercapai pada spesimen Al6061-SiC dengan penambahan 8% Mg senilai 67.87 HRB, dan nilai kekuatan tarik tertinggi pada spesimen Al6061-SiC dengan penambahan 5% Mg senilai 174.26 MPa.

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan dengan SiC sebagai penguat dan penambahan Mg pada komposit Al6061-SiC akan meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik dibandingkan dengan Al6061 tanpa penambahan apapun. Pada pengamatan mikro dan SEM dapat disimpulkan dengan adanya penambahan SiC dan Mg dapat memperkecil batas butir spesimen sehingga meningkatkan nilai kekerasan dan juga kekuatan tarik dari spesimen tersebut.

SUMMARY

The Effect of SiC and Addition Mg Volume Fractn on Characteristics Al6061-SiC Composite; Ahmad Wafi, 151910101093; 2020; 78 pages; majoring in Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Composite materials are included in the type of material that has been developed at this time. Metal matrix composites have been developed and studied extensively over the past several decades. Metal Matrix Composites (MMC) is a type of composite that has a metal matrix. The combination aims to obtain a new material that has better mechanical properties than the basic material. Of the many materials at MMC it has focused on aluminum as a metal matrix and ceramics as an amplifier. Ceramic amplifier referred to as Al_2O_3 , SiO_2 , $ZrSiO_4$, SiC , TiC , B_4C , AlN , Si_3N_4 , TiB_2 etc. The combination of aluminum which is lightweight, resistant to corrosion environments, and its soft mechanical properties has made aluminum very suitable for use as a metal matrix.

The majority in aluminum casting is higher compared to CO₂ molds. This shows that it is very difficult to get better mechanical strength in the aluminum smelting process with reinforcement without certain treatment. Therefore the need for the addition of magnesium (Mg) which can increase the mechanical strength of the composite. Magnesium itself is an element that can increase hardness, strength, not easily eroded by its surface and serves as a wetting agent in the manufacture of metal matrix composites.

This research was conducted at the Applied Laboratory, Metal Working Laboratory, and Material Testing Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember, from June to December 2019. This study took data on the value of hardness, tensile value, micro observations, and SEM observations with using the Stir Casting method. The Stir Casting method

itself is one of the methods in making composites by mixing materials while the material is melting and mechanically stirring. Data retrieval for hardness test arranged according to experiment with 4x taking, and for tensile test arranged according to experiment with 3x taking.

The addition of SiC and Mg Volume Fraction on Al6061-SiC composites resulted in increased hardness and tensile strength compared to Al6061 characteristics without any addition. This is evidenced by the results of the highest hardness value achieved in the Al6061-SiC specimen with the addition of 8% Mg worth 67.87 HRB, and the highest tensile strength value in the Al6061-SiC specimen with the addition of 5% Mg valued at 174.26 MPa.

In this study conclusions can be drawn with SiC as an amplifier and the addition of Mg on Al6061-SiC composites will increase the value of hardness and tensile strength compared to Al6061 without any addition. In micro and SEM observations, it can be concluded that the addition of SiC and Mg can reduce the grain boundary of the specimen thereby increasing the hardness and tensile strength of the specimen.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh SiC dan Penambahan Fraksi Volume Mg Terhadap Karakteristik Komposit Al6061-SiC”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis tidak lupa berterima kasih serta mengapresiasi semua pihak yang telah membantu dan mendukung selama penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Ir. Hari Arbiantara, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah banyak membantu proses terselesaikannya penulisan skripsi.
2. Bapak Ir. Ahmad Syuhri M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah mendampingi dan membimbing saya selama 4,5 tahun menjadi mahasiswa.
3. Dosen dan seluruh karyawan Teknik Mesin Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Dr. Ir. Gaguk Jatisukanto S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya untuk memberikan masukan dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Sumarji S.T., M.T selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. Digdo Listyadi Setyawan S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya untuk memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi.
6. Teman-teman Jakarta, Ali Akbar, Moch. Ariansyah, Alm. Hanna Saraya, Wulan Puspo, Rara Batavia, Firly Amanda, Devari Audy Fahira.
7. Tim KAMBOJA yang beranggotakan Visarlizzaki (Visar), Tohirun Tian Dian Mada (Toh), dan Danny Febriansyah (Kaji), yang menemani dan berjuang bersama dari awal hingga akhir dalam menyelesaikan tugas akhir.

8. Teman seperjuangan Sahcrizal Fikri (Black), Dicky Aprillian N (Pe), Suci Putri (Icus), Azmi Alifian (Kojek), Rian Maulana (Bundas), Azizul Latif (Tuwek), Randy Dharma Sundoro (Sundro), Deni D. Utama (Kuyang), Bogaskara Difa Santoso (Bogel), Agil Widhy Azizi (Agil).
9. Dulur Teknik Mesin 2015 dan Keluarga Paguyuban Jabodetabek di Jember (IMADA) atas dukungan dan doanya dalam terselesainya skripsi ini.
10. Kepada pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi semua pembaca.

Jember, 22 Januari 2020

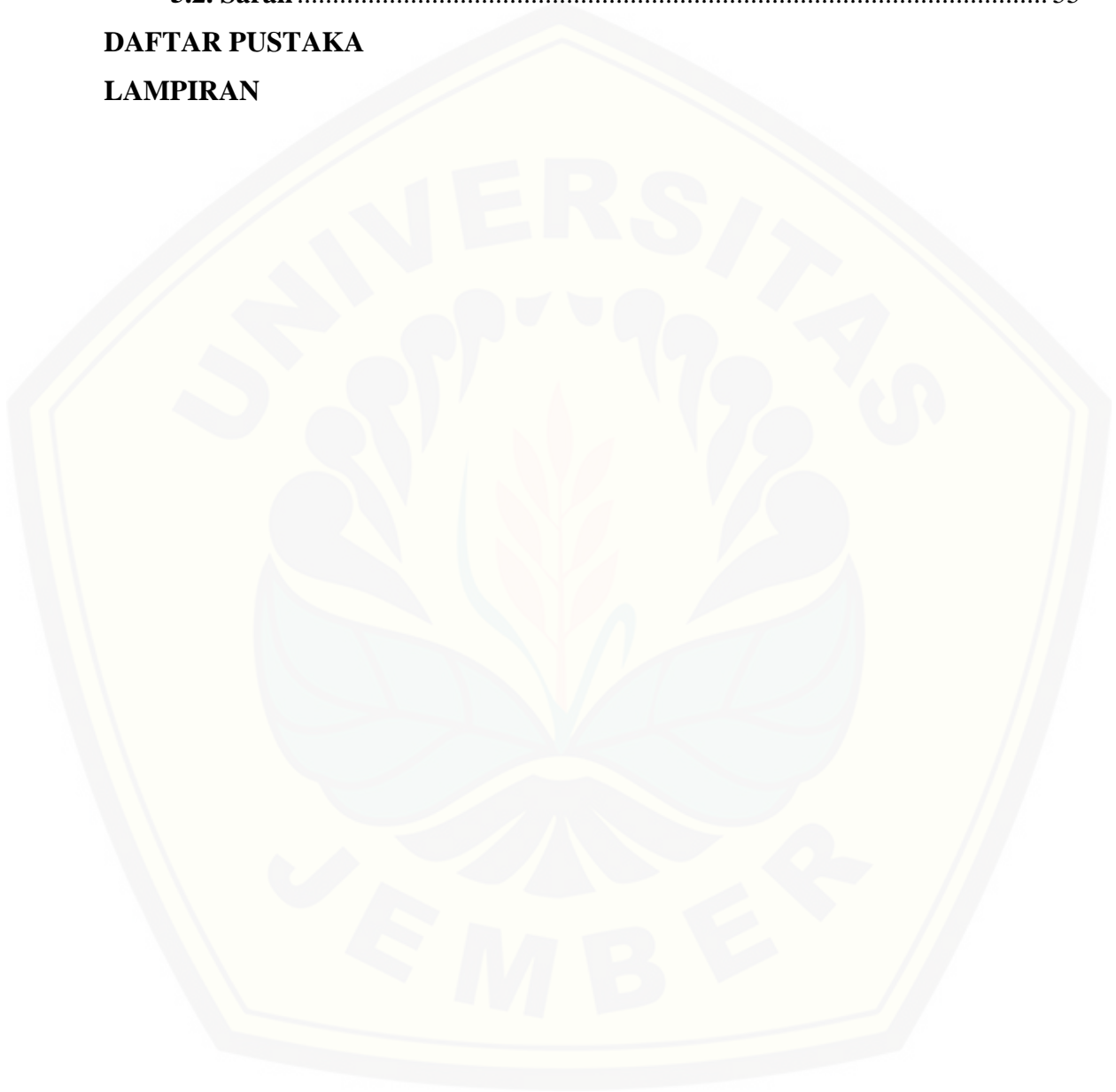
Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN SAMPUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PEMBIMBING | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | x |
| PRAKATA | xii |
| DAFTAR ISI | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xix |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.4. Batasan Masalah | 4 |
| 1.4. Hipotesa | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Komposit | 5 |
| 2.1.1. Komposit Matriks Logam (MMC) | 6 |
| 2.1.2. Pengaplikasian Komposit Matriks Logam (MMC) | 8 |
| 2.2. Bahan | 9 |
| 2.2.1. Aluminium | 9 |
| 2.2.2. Magnesium | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.2.3. SiC (<i>Silicon Carbide</i>) | 14 |
| 2.3. Keterbasahan (<i>Wettability</i>) | 16 |
| 2.4. Pengecoran Logam | 17 |
| 2.5. Pengujian Spesimen | 22 |
| 2.5.1. Uji Kekerasan | 22 |
| 2.5.2. Uji Tarik | 25 |
| 2.5.3. <i>Metallography</i> | 28 |
| 2.5.4. Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)..... | 28 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN | 31 |
| 3.1. Metode Penelitian | 31 |
| 3.2. Waktu dan Tempat Penelitian | 31 |
| 3.3. Alat dan Bahan | 31 |
| 3.4. Variabel Penelitian | 33 |
| 3.4.1. Variabel Bebas..... | 33 |
| 3.4.2. Variabel Terikat..... | 33 |
| 3.4.3. Variabel Kontrol..... | 34 |
| 3.5. Proses Pembuatan Sampel | 35 |
| 3.6. Proses Pengujian Sampel | 36 |
| 3.6.1. Pengujian Kekerasan | 36 |
| 3.6.2. Pengujian Tarik | 36 |
| 3.6.3. Pengamatan Struktur Mikro..... | 37 |
| 3.6.4. Pengamatan SEM | 37 |
| 3.7. Diagram Alir Penelitian | 39 |
| 3.8. Metode Pengambilan Data | 40 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 41 |
| 4.1. Pengujian Kekerasan | 41 |
| 4.2. Pengujian Tarik | 44 |
| 4.3. Pengamatan Struktur Mikro | 49 |
| 4.4. Pengamatan SEM | 51 |

| | |
|------------------------------|----|
| BAB 5. PENUTUP | 55 |
| 5.1. Kesimpulan | 55 |
| 5.2. Saran | 55 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|-------------------|----|
| Gambar 2.1 | 7 |
| Gambar 2.2 | 9 |
| Gambar 2.3 | 12 |
| Gambar 2.4 | 12 |
| Gambar 2.5 | 14 |
| Gambar 2.6 | 14 |
| Gambar 2.7 | 15 |
| Gambar 2.8 | 16 |
| Gambar 2.9 | 17 |
| Gambar 2.10 | 19 |
| Gambar 2.11 | 22 |
| Gambar 2.12 | 22 |
| Gambar 2.13 | 23 |
| Gambar 2.14 | 25 |
| Gambar 2.15 | 25 |
| Gambar 2.16 | 26 |
| Gambar 2.17 | 27 |
| Gambar 2.18 | 28 |
| Gambar 2.19 | 29 |
| Gambar 2.20 | 30 |
| Gambar 3.1 | 37 |
| Gambar 3.2 | 38 |
| Gambar 3.3 | 39 |
| Gambar 4.1 | 41 |
| Gambar 4.2 | 43 |
| Gambar 4.3 | 45 |
| Gambar 4.4 | 46 |
| Gambar 4.5 | 49 |

| | |
|-----------------|----|
| Gambar 4.6..... | 50 |
| Gambar 4.7..... | 52 |
| Gambar 4.8..... | 53 |



DAFTAR TABEL

| | |
|----------------|----|
| Tabel 2.1..... | 10 |
| Tabel 2.2..... | 11 |
| Tabel 2.3..... | 11 |
| Tabel 2.4..... | 13 |
| Tabel 2.5..... | 13 |
| Tabel 2.6..... | 17 |
| Tabel 2.7..... | 18 |
| Tabel 2.8..... | 24 |
| Tabel 3.1..... | 31 |
| Tabel 3.2..... | 33 |
| Tabel 3.3..... | 33 |
| Tabel 3.4..... | 33 |
| Tabel 3.5..... | 34 |
| Tabel 3.6..... | 40 |
| Tabel 4.1..... | 43 |
| Tabel 4.2..... | 47 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Material komposit termasuk kedalam jenis material yang banyak dikembangkan pada saat ini. Komposit matriks logam telah dikembangkan dan dipelajari secara luas selama beberapa dekade terakhir. Bangsa Indonesia memiliki sumber material yang besar mempunyai keinginan untuk meningkatkan teknologi khususnya di bidang material, dengan perkembangan teknologi saat ini diperlukan suatu perkembangan metode baru yang menawarkan solusi teknik dengan mengedepankan kemampuan sistem (Junus, 2011). Kebutuhan yang meningkat akan metode terbaru yang memiliki banyak kelebihan sangatlah diperlukan untuk perkembangan zaman saat ini. Dari sekian banyak metode terbaru, terdapat satu metode yang telah dikembangkan yaitu Komposit Matrik Logam (*Metal Matrix Composite*).

Metal Matrix Composites (MMC) merupakan jenis komposit yang memiliki matrik logam. Komposit logam sendiri merupakan kombinasi dari dua material atau lebih yang dimana logam sebagai matrik dan keramik sebagai penguatnya. Kombinasi tersebut bertujuan untuk mendapatkan material baru yang mempunyai sifat mekanis yang lebih baik daripada bahan dasarnya. Dari sekian banyak material pada MMC telah difokuskan pada aluminium sebagai matrik logamnya dan keramik sebagai penguatnya. Keramik penguat yang dimaksud seperti AL_2O_3 , SiO_2 , $ZrSiO_4$, SiC , TiC , B_4C , AlN , Si_3N_4 , TiB_2 dll (Sivakumar *et al.*, 2018). Kombinasi dari aluminium yang ringan, tahan terhadap lingkungan korosi, dan sifat mekaniknya yang lunak telah menjadikan aluminium sangat sesuai untuk digunakan sebagai matrik logam.

Aluminium merupakan unsur kimia ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon yang membentuk lebih dari 8% lapisan kerak bumi, dan sampai saat ini merupakan logam kedua terbanyak yang digunakan oleh manusia. Banyaknya

penggunaan ini dikarenakan aluminium memiliki sifat yang ringan, tahan korosi, kuat, mudah dibentuk, mampu diproses ulang, non-magnetik, memiliki konduktivitas panas dan listrik yang baik (Rotinsulu, 2001).

Kekuatan pada aluminium murni memang tidak sebaik logam lainnya, maka dari itu untuk meningkatkan kekuatan pada logam aluminium diperlukan penambahan unsur-unsur lain seperti silikon, magnesium, tembaga, seng, dan mangan. Penambahan unsur-unsur tersebut biasanya disebut aluminium paduan atau *aluminium alloy* (Mizhar *et al.*, 2016). Salah satu paduan aluminium yang banyak digunakan adalah paduan *Aluminium-Silicon* (Al-Si). Paduan *Aluminium-Silicon* atau *Al-Si alloy* banyak ditemukan pada komponen otomotif kendaraan darat, dirgantara, industri, dan masih banyak lagi (Koczak *et al.*, 2013). Paduan Al-Si pada dasarnya tergolong sebagai paduan yang tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas, namun dengan penambahan unsur seperti Mg dapat menyebabkan paduan ini dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Paduan Al-Si-Mg merupakan paduan yang sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan yang sangat bagus, tanpa adanya kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Paduan ini memiliki ketahanan korosi yang baik. Sifat-sifat silumin bisa diperbaiki dengan perlakuan panas (Hady *et al.*, 2017).

Pororitas dalam pengecoran aluminium lebih tinggi dibandingkan dengan cetakan CO₂. Hal ini menunjukkan bahwa sangat sulit untuk mendapatkan kekuatan mekanik yang lebih baik pada proses peleburan aluminium dengan penguat tanpa perlakuan tertentu. Oleh sebab itu diperlukannya penambahan magnesium (Mg) yang dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada komposit (Cholis *et al.*, 2013). Magnesium sendiri merupakan unsur yang dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan, tidak mudah terkikis permukaannya dan berfungsi sebagai *wetting agent* pada pembuatan komposit matrik logam.

Dari latar belakang maka dapat disimpulkan perlu adanya penelitian yang bertujuan menganalisa pengaruh variasi penguat SiC dan penambahan Mg pada pembuatan komposit (Al6061-SiC) dengan metode *Stir Casting* tanpa pengaruh *Pre-Heating*. Variasi yang digunakan yaitu 3%, 5%, 8% Mg dan 5% SiC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas perumusan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap kekuatan uji kekerasan pada pembuatan komposit Al6061-SiC?
2. Bagaimana pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap kekuatan uji tarik pada pembuatan komposit Al6061-SiC?
3. Bagaimana pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap uji mikro pada pembuatan komposit Al6061-SiC?
4. Bagaimana pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada pembuatan komposit Al6061-SiC?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian pembuatan komposit matrik aluminium adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap kekuatan uji kekerasan pada komposit Al6061-SiC;
2. Untuk mengetahui pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap kekuatan uji tarik pada komposit Al6061-SiC;
3. Untuk mengetahui pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap uji mikro pada komposit Al6061-SiC;
4. Untuk mengetahui pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada komposit Al6061-SiC.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian pembuatan komposit matrik aluminium adalah:

1. Memberi informasi pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap kekuatan uji kekerasan pada komposit Al6061-SiC;
2. Memberi informasi pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap kekuatan uji tarik pada komposit Al6061-SiC;
3. Memberi informasi pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap uji mikro pada komposit Al6061-SiC;
4. Memberi informasi pengaruh SiC dan fraksi volume Mg terhadap kekuatan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada komposit Al6061-SiC.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Paduan pada spesimen dianggap homogen;
2. Tidak menghitung penyusutan logam cair;
3. Suhu peleburan dianggap homogen;
4. Tidak menghitung pengaruh kecepatan pembekuan logam cair;
5. Tidak ada reaksi antara logam paduan dengan cetakan;
6. Tidak menghitung kecepatan penuangan.

1.6 Hipotesa

Penambahan unsur *Silicon Carbide* (SiC) dan *Magnesium* (Mg) pada pembuatan komposit logam bermatriks Al6061 akan meningkatkan sifat kekerasan sehingga memperbaiki sifat mekanis dari aluminium paduan tersebut.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan gabungan material yang dibuat melalui penyusunan secara sintetik dua atau lebih suatu komponen (Junus, 2011). Komposit matriks logam telah dikembangkan dan dipelajari secara luas selama beberapa dekade terakhir. Permintaan untuk komposit matriks logam di bidang mobil dan industri dirgantara yang terus berkembang serta aplikasi konstruksi meningkat dengan cepat sejak tiga revolusi industri terakhir (Sivakumar *et al.*, 2018). Komposit berbasis Aluminium (Al) berpotensi tumbuh dalam aplikasi teknik dan struktural di masa lampau.

Komponen-komponen komposit umumnya dapat dibedakan menjadi dua matriks yaitu sebagai pengikat dan serat sebagai penguat. Kuncinya adalah pemeriksaan makroskopis bahan yang komponennya dapat diidentifikasi dengan mata telanjang. Bahan yang berbeda dapat digabungkan dalam skala mikroskopis, seperti dalam paduan logam, tetapi bahan yang dihasilkan untuk tujuan praktis secara makroskopis homogen yaitu komponen tidak dapat dibedakan dengan mata telanjang dan pada dasarnya bekerja bersama. Keuntungan dari material komposit adalah, jika dirancang dengan baik biasanya menunjukkan kualitas terbaik dari komponen atau konstituen bahan tersebut dan seringkali beberapa kualitas yang tidak dimiliki oleh masing-masing konstituen (Jones, 1999). Beberapa sifat yang dapat ditingkatkan dengan membentuk komposit adalah:

1. Strength
2. Stiffness
3. Corrosion resistance
4. Attractiveness
5. Weight

6. Fatigue life
7. Temperature-dependent behaviour
8. Thermal insulation
9. Thermal conductivity
10. Acoustical insulation

Klasifikasi dan Karakteristik Komposit Empat jenis bahan komposit yang umum adalah (Jones, 1999):

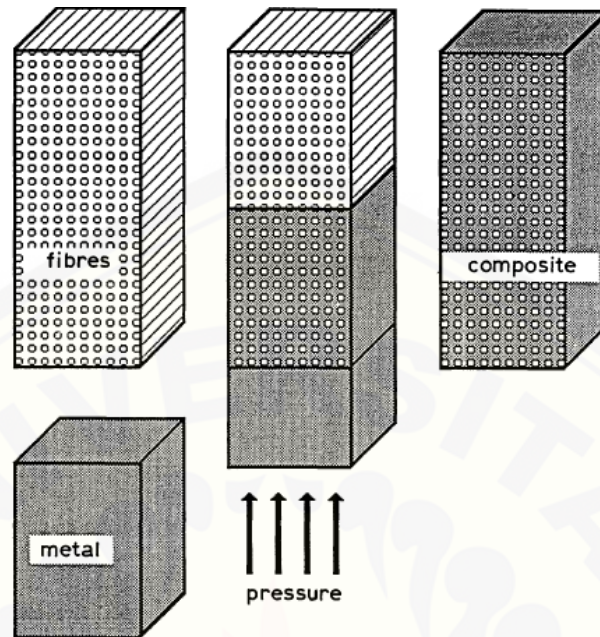
1. Bahan komposit berserat yang terdiri dari serat dalam matriks.
2. Bahan komposit laminasi yang terdiri dari berbagai lapisan bahan.
3. Partikulat bahan komposit yang tersusun dari partikel dalam matriks.
4. Kombinasi beberapa atau semua dari tiga jenis bahan komposit.

Struktur komposit sendiri terbagi menjadi 4 macam, yaitu:

1. *Metal Matrix Composites* (MMC)
2. *Polymer Matrix Composites* (PMC)
3. *Ceramic Matrix Composites* (CMC)

2.1.1 Komposit Matriks Logam (MMC)

Komposit Matriks Logam atau *Metal Matrix Composites* (MMC) merupakan kombinasi dua atau lebih bahan material yang dimana salah satunya adalah logam, dengan berbagai bentuk/sifat yang dilakukan pada kandungan-kandungan yang berbeda sehingga menghasilkan suatu material baru yang mempunyai karakteristik yang lebih baik dari bahan dasar penyusunnya (Ramadhonal, 2010).



Gambar 2.1 Infiltrasi Serat Pada Logam (Mortensen *et al.*, 2013)

Metal Matrix Composite (MMC) telah dikembangkan dan dipelajari secara luas selama beberapa dekade terakhir. Permintaan untuk komposit matriks logam di bidang mobil dan industri dirgantara yang terus berkembang dan aplikasi konstruksi meningkat dengan cepat sejak tiga revolusi industri terakhir. Komposit berbasis Aluminium berpotensi tumbuh dalam aplikasi teknik dan struktural di masa lalu (Sivakumar *et al.*, 2018).

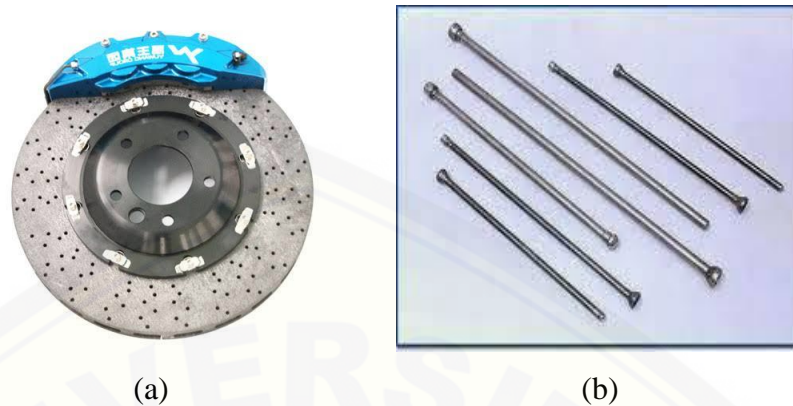
Alternatif untuk bahan konvensional ini memberikan sifat mekanik spesifik yang diperlukan untuk aplikasi suhu tinggi dan lingkungan. Dalam banyak kasus, kinerja komposit matriks logam lebih unggul dalam hal peningkatan sifat fisik, mekanik, dan termal (kekuatan dan modulus spesifik, stabilitas suhu tinggi, konduktivitas termal, dan koefisien terkendali dari ekspansi termal), meskipun tantangan teknis dan infrastruktur dengan substansial tetap (Koczak *et al.*, 2013). Komposit matriks logam sendiri mempunyai kelebihan dari jenis komposit lainnya (Nayiroh, 2013), yaitu:

1. Ketahanan muai termal dan aus yang lebih baik.

2. Kekuatan geser dan tekan yang baik.
3. Tidak mudah terbakar.
4. Tidak menyerap kelembapan.
5. Tahan terhadap temperatur tinggi.
6. Transfer tegangan dan regangan yang baik.

2.1.2 Pengaplikasian Komposit Matriks Logam (MMC)

Komposit Matriks Logam atau MMC dapat diaplikasikan untuk kebutuhan industri seperti: industri penerbangan atau *aerospace*, industri otomotif, peralatan rumah tangga, dan lain-lain dikarenakan kekerasan dan sifat mekanik yang dimiliki Komposit Matriks Logam (MMC) (Ramadhonal, 2010). Pada gambar 2.2 dapat dilihat contoh pengaplikasian Komposit Matriks Logam MMC dalam sektor industri otomotif berupa *Disc Brake* dan *Pushrod*, yang dimana *Disc Brake* dengan menggunakan Komposit Matriks Logam telah dikembangkan oleh perusahaan asal Jerman yaitu Knorr Bremse AG menggunakan matriks AlSi7Mg berpenguat partikel SiC dan disuplay oleh perusahaan asal Amerika Serikat yaitu Duraclan Inc. *Disc Brake* ini sendiri banyak digunakan untuk keperluan otomotif seperti pada *High Speed Train* atau kereta cepat. *Pushrod* sendiri digunakan pada Mesin Balap sebagai suspense dimana *Pushrod* mempunyai fungsi sebagai penerima tekanan yang berasal dari *Valve Lifter* lalu meneruskannya ke *Rocker Arm*. Keuntungan menggunakan material berbasis Komposit Matriks Logam pada *Pushrod* sendiri yaitu mempunyai bobot lebih ringan sebesar 40% jika dibandingkan menggunakan baja, tahan terhadap suhu yang lembab, dan memiliki kekuatan serta kekakuan yang lebih baik (Ramadhonal, 2010).



Gambar 2.2 (a) *Disc Brake*; (b) *Pushrod* (Koczak *et al.*, 2013)

2.2 Bahan

2.2.1 Aluminium

Aluminium merupakan jenis logam yang memiliki sifat mekanik yaitu ketahanan terhadap korosi dan penghantar listrik yang baik. Sifat-sifat aluminium yang sangat menguntungkan ini banyak sekali digunakan dalam berbagai industri dan penggunaan dalam sehari-hari. Beberapa penggunaan aluminium, antara lain (Mizhar *et al.*, 2016):

1. Sektor industri makanan, digunakan sebagai kemasan berbagai jenis produk.
2. Sektor pembangunan perumahan, untuk kusen pintu dan jendela.
3. Sektor industri otomotif, digunakan untuk membuat bak truk dan komponen kendaraan bermotor.
4. Sektor lain, seperti untuk kabel listrik, barang kerajinan, dan perabotan rumah tangga.

Salah satu sifat mekanik yang paling penting dari aluminium adalah ketahanan korosi yang tinggi karena logam jenis ini sangatlah reaktif, jika bersentuhan dengan udara akan terbentuk lapisan oksida tipis pada permukaannya (Ramachandra dan Radhakrishna, 2005).

Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium (Irawan, 2013)

| Nama, Simbol, dan Nomor | Aluminium, Al, 13 |
|------------------------------|----------------------------|
| Wujud | Padat |
| Massa jenis | 2,70 gram/cm ³ |
| Massa jenis pada wujud cair | 2,375 gram/cm ³ |
| Titik lebur | 933,47 K / 660,32°C |
| Titik didih | 2792 K / 2519°C |
| Kalor jenis (25°C) | 24,2 J/mol K |
| Resistensi listrik (20°C) | 28,2 nΩm |
| Konduktivitas termal (300 K) | 237 W/m K |
| Pemuaian termal (25°C) | 23,1 μm/m K |
| Modulus young | 70 Gpa |
| Modulus geser | 26 Gpa |
| Poisson ratio | 0,35 |
| Kekerasan skala Mohs | 2,75 |
| Kekerasan skala Vickers | 167 MPa |
| Kekerasan skala Brinell | 245 MPa |

Aluminium tahan terhadap korosi dikarenakan fenomena pasivasi. Fenomena pasivasi sendiri merupakan pembentukan lapisan pelindung yang diakibatkan oleh reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Berat aluminium cukup ringan dibandingkan logam lainnya yaitu 2,70 gram/cm³ (Liu dan Jiang, 2011).

Pentingnya penambahan elemen paduan hingga mencapai konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekerasan, meningkatkan kekuatan tensil dan juga menurunkan titik lebur. Namun jika melebihi konsentrasi tersebut, maka titik leburnya akan meningkat dan juga meningkatnya kerapuhan yang diakibatkan oleh terbentuknya kristal, senyawa, atau granula dalam logam (Djiwo dan Purkuncoro, 2014).

Logam paduan biasanya diaplikasikan pada struktur pesawat terbang, seperti pada bagian bawah permukaan sayap, pada permukaan dinding pesawat, dan permukaan badan pesawat (Koczak *et al.*, 2013).

Paduan aluminium pada umumnya yang digunakan adalah magnesium (Mg), silikon (Si), mangan (Mn), tembaga (Cu), nikel (Ni) dan lain sebagainya. Kandungan

silikon yang ditambahkan pada aluminium akan menurunkan cacat penyusutan atau yang disebut *shrinkage* dan memperbaiki tingkat kecairan (*fluidity*) yang berpengaruh baik terhadap sifat mampu las (*weldability*) dan sifat mampu cor (Rotinsulu, 2001). Paduan Al6061 mempunyai sifat mekanis yang sangat baik dan mempunyai sifat ketahanan terhadap korosi yang baik, namun jika kadar dari silikon yang tinggi akan mengakibatkan paduan menjadi mudah rapuh (Kumar *et al.*, 2010). Komposisi kimia paduan Al6061 terdapat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

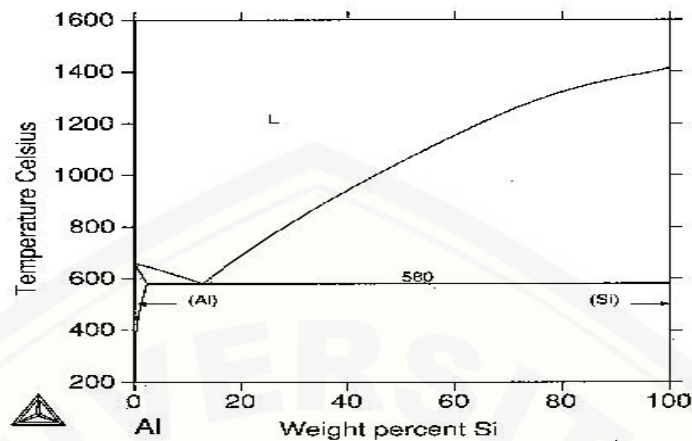
Tabel 2.2 Komposisi Kimia Paduan Al6061 dalam wt% (Lee *et al.*, 2001)

| Komposisi Kimia | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti | Al |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Al6061 | 0.71 | 0.16 | 0.19 | 0.02 | 0.94 | 0.08 | 0.04 | 0.03 | sisia |

Tabel 2.3 Sifat Al6061(Kumar *et al.*, 2010)

| Sifat | Al6061 |
|-----------------------|--------|
| Modulus Elastis (Gpa) | 70-80 |
| Densitas (g/cc) | 2.7 |
| Rasio Poisson | 0.33 |
| Kekerasan (HB500) | 30 |
| Kekuatan Tarik (T) | 115(T) |

(Masrukan *et al.*, 2009), melakukan penelitian mikrostruktur dan kekerasan hasil dari pengelasan paduan Al-6061 memperoleh hasil bahwasanya paduan Al-6061 digolongkan menjadi tiga kelompok. Kelompok pertama meliputi logam dengan jumlah seimbang antara unsur Mg dengan Si antara 1,2% dan 0,8% berat dan dapat diekstrusi. Kelompok kedua mengandung Si dan Mg lebih dari 1,4% dan untuk meningkatkan kekuatan setelah proses ekstrusi, paduan ini dapat didinginkan cepat atau biasa disebut *quenching*. Sedangkan kelompok ketiga mempunyai kandungan Si lebih banyak dengan tujuan meningkatkan kekerasan.



Gambar 2.3 Diagram Fasa Al-Si (Kumar *et al.*, 2010)

2.2.2 Magnesium

Magnesium (Mg) merupakan elemen reaktif yang digunakan untuk meningkatkan sifat kemampubasahan antara penguat dengan matrik yang bertujuan untuk mendapatkan hasil ikatan yang kuat (Widodo dan Subardi, 2019).



Gambar 2.4 Serbuk Magnesium (Cholis *et al.*, 2013)

Magnesium memiliki kekuatan dan kekakuan spesifik yang sangat baik, stabilitas dimensi yang baik, kapasitas pembasahan yang tinggi, dan kemampuan daur ulang yang tinggi (Liu dan Jiang, 2011). Pentingnya penambahan Mg sebagai *wetting agent* dikarenakan keberadaan silikon bebas pada permukaan SiC dapat mengurangi *contact angle* (sudut kontak) antara paduan dan substrat. SiC dan aluminium

mempunyai peran aktif dalam reaksi kimia yang menghasilkan efek positif silikon pada sudut kontak (Canul *et al.*, 2000).

Tabel 2.4 komposisi kimia Mg (Setiadi dan Sulardjaka, 2015)

| Bahan | Al (%) | Si (%) | Fe (%) | Mg (%) | Mn (%) | Balance (%) |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| Magnesium (Mg) | 0,022 | 0,013 | 0,003 | 99,93 | 0,012 | 0,02 |

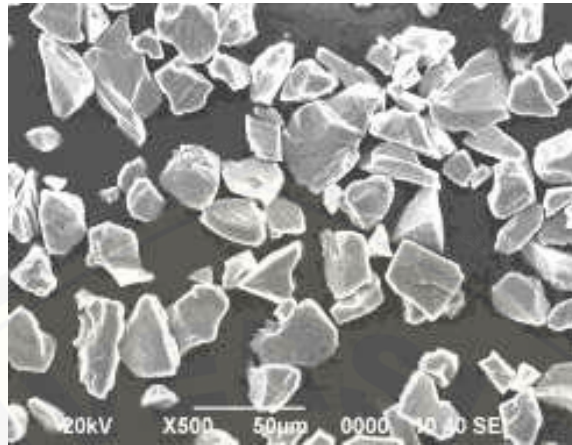
2.2.3 SiC (*Silicon Carbide*)

Material yang ditambahkan pada proses pembuatan komposit guna meningkatkan sifat-sifat dari komposit disebut sebagai penguat. Partikel SiC (*Silicon Carbide*) dan Al₂O₃ (Alumina) adalah bahan penguat yang paling banyak digunakan pada proses produksi MMC (*Metal Matrix Composite*). Keunggulan dari SiC daripada penguat lainnya sebagai bahan penguat yaitu dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik, densitas, dan ketahanan aus. Jika dibandingkan dengan bahan-bahan penguat lainnya, titik lebur SiC merupakan titik lebur yang paling tinggi yaitu 2.730°C, dimana bahan penguat ini diharuskan tidak melebur agar tidak terjadinya reaksi dengan matrik sehingga tidak hilangnya sifat SiC (Widodo dan Subardi, 2019).

Tabel 2.5 Komposisi Kimia SiC (Sadi *et al.*, 2014)

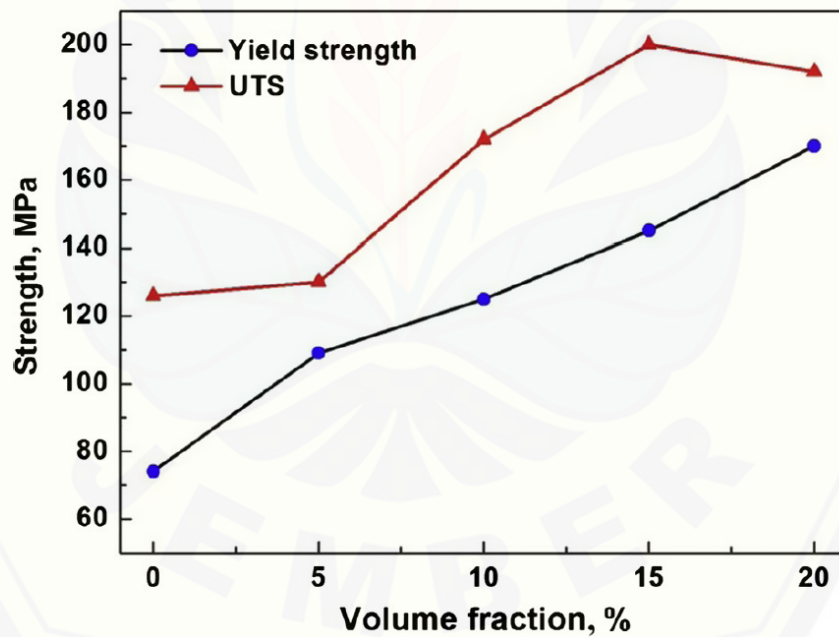
| Bahan | C (%) | Si (%) |
|-------|-------|--------|
| SiC | 21,87 | 78,13 |

Pada pembuatan *Metal Matrix Composite* (MMC), partikel penguat SiC dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 900°C selama 1 jam untuk meningkatkan reaktivitas permukaannya (Shorowordi *et al.*, 2003). Untuk meningkatkan distribusi partikel dalam matriks Al dan mengurangi porositas komposit, pengecoran menjadi sasaran ekstrusi panas pada suhu 420°C dengan rasio ekstrusi 27 pada kecepatan 1mm/menit. Partikel yang diberikan perlakuan panas kemudian ditambahkan ke dalam lelehan melalui pusran.

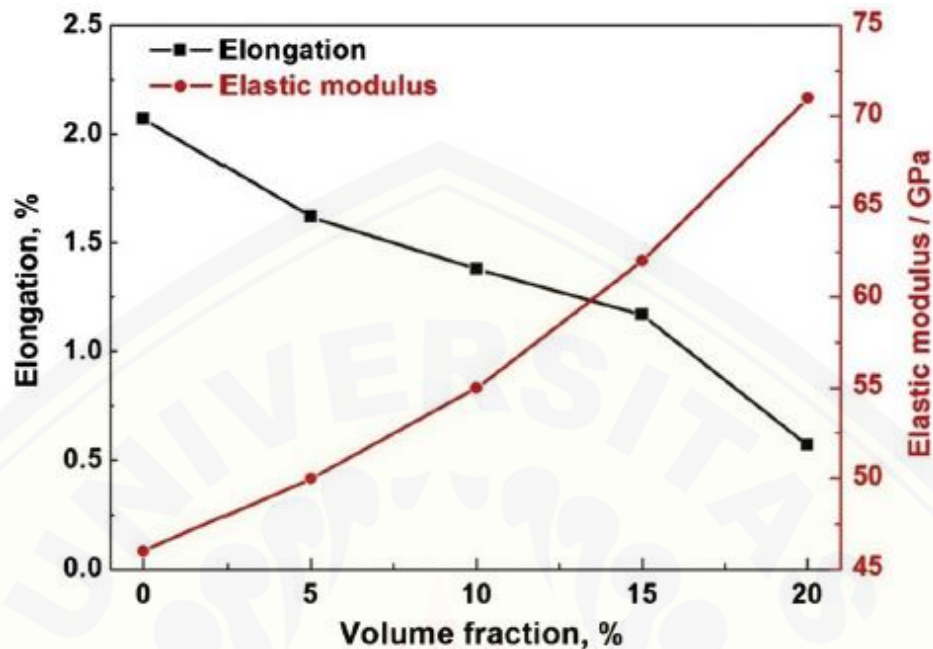


Gambar 2.5 Hasil uji SEM partikel SiC (Sadi *et al.*, 2014)

Gambar 2.5 menunjukkan hasil uji SEM partikel SiC. Dengan bertambahnya jumlah partikel, kekuatan luluh komposit meningkat (Wang *et al.*, 2014).



Gambar 2.6 Kurva Kekuatan Tekanan Maksimum SiC (Wang *et al.*, 2014)

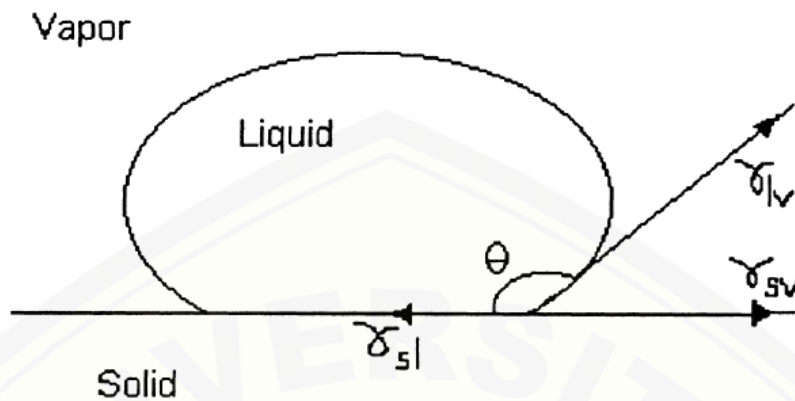


Gambar 2.7 Kurva Kekuatan Tarik Komposit dengan Variasi Fraksi SiC (Wang *et al.*, 2014)

Gambar 2.6 menunjukkan kekuatan tekanan maksimum (UTS) meningkat ketika kandungan partikel dari 0% menjadi 15%, tetapi kekuatan tekanan maksimum akan menurun ketika kandungan partikel meningkat dari 15% menjadi 20%.

2.3 Keterbasahan (*wettability*)

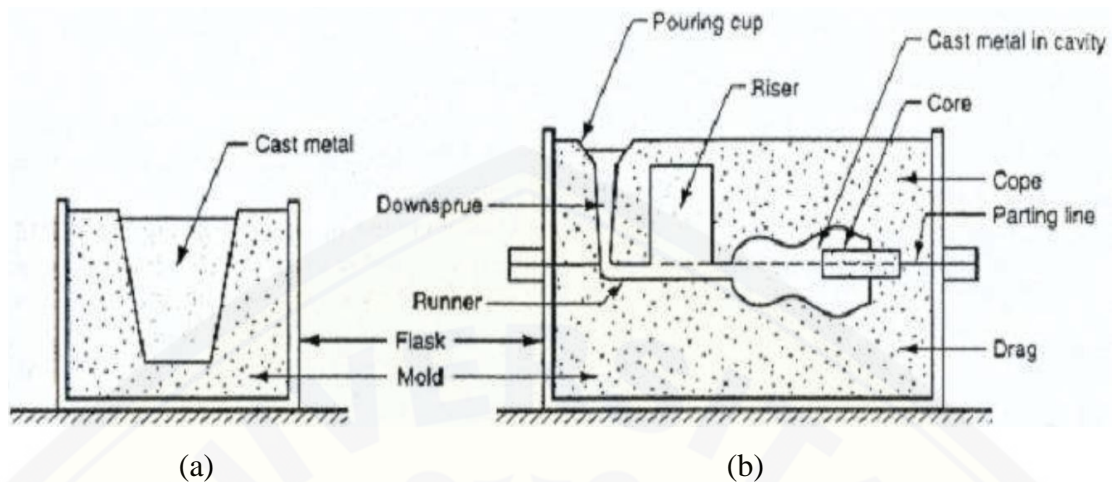
Keterbasahan atau *Wettability* adalah kemampuan suatu cairan yang digunakan untuk membasahi seluruh permukaan zat padat, sehingga matrik mampu membasahi partikel SiC dan mampu meningkatkan sifat mekanis yang dihasilkan (Canul *et al.*, 2000). Dalam proses pembuatan Komposit Matrik Logam, manifestasi keterbasahan yang buruk dari suatu logam adalah kelemahan yang diberikan antara logam cair dan serat atau partikel yang akan digabungkan. Penjelasan yang cukup untuk keterbasahan yang buruk adalah seluruh peningkatan energi permukaan dihasilkan dari menggabungkan dua fase (Mortensen *et al.*, 2013).



Gambar 2.8 Skema *Contact Angle* (Sudut Kontak) pada Sifat Pembasahan (Widodo dan Subardi, 2019)

2.4 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan proses pembuatan benda-benda kerja dengan mencairkan terlebih dahulu bahan logam lalu dibentuk dengan cara dituang (Kamil, 2015). Pengecoran dilakukan bertujuan untuk memperoleh sifat bahan dengan komposisi yang homogen dan dapat larut dalam keadaan padat (Sudjana, 2008). Proses pengecoran sendiri dimulai dari pembuatan cetakan, peleburan bahan sampai titik cair kemudian menuangkan logam cair ke dalam cetakan. Cetakan dari pengecoran logam terdapat dua macam, cetakan terbuka dan cetakan tertutup. Cetakan terbuka yaitu logam yang sudah dicairkan dituang ke dalam cetakan hingga memenuhi rongga yang terbuka saja. Sedangkan cetakan tertutup yaitu logam yang sudah dicairkan kemudian dituangkan ke dalam cetakan hingga memenuhi sistem saluran masuk (Kamil, 2015). Macam cetakan dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Dua Macam Bentuk Cetakan (a) Cetakan Terbuka, (b) Cetakan Tertutup (Kamil, 2015)

Logam dapat dicairkan dengan dipanaskan hingga suhu 1300°C . Kelembapan logam yang besar dikarenakan berat jenis logam besar, dan untuk kekentalan (Viskositas) pada logam tergantung temperturnya, semakin tinggi temperturnya maka kekentalan akan semakin rendah. Koefisien kekentalan logam cair dapat dilihat pada Tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 Koefisien kekentalan (*Viskositas*) logam cair (Kamil, 2015)

| Bahan | Titik cair ($^{\circ}\text{C}$) | Berat jenis (g/cm^3) | Koefisien kekentalan ($\text{g}/\text{cm}\cdot\text{detik}$) | Koefisien kekentalan kinematic (cm^3/detik) |
|-----------|-----------------------------------|--|--|---|
| Air | 0 | 0.9982 | 0.010046 | 0.010064 |
| Air Raksa | -38.9 | 13.56 | 0.01547 | 0.00114 |
| Tin | 232 | 5.52 | 0.01100 | 0.00199 |
| Timbal | 327 | 10.55 | 0.01650 | 0.00156 |
| Seng | 420 | 6.21 | 0.03160 | 0.00508 |
| Aluminium | 660 | 2.35 | 0.0055 | 0.00234 |
| Tembaga | 1033 | 7.84 | 0.0310 | 0.00395 |
| Besi | 1537 | 7.13 | 0.000 | 0.00560 |
| Besi Cor | 1170 | 6.9 | 0.016 | 0.0023 |

Proses pengecoran logam memiliki bentuk dan dimensi yang unik, karena dilakukan dengan mengubah logam dari fase cair menjadi fase padat. Pada prosesnya

sendiri pun memiliki banyak keuntungan, namun juga terdapat kerugiannya yang bisa dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Keuntungan dan Kerugian pada Pengecoran Logam (Kamil, 2015)

| Keuntungan | Kerugian |
|---|----------------------------|
| Dapat digunakan pada berbagai macam logam | Keterbatasan sifat mekanik |
| Dapat membuat bagian (<i>part</i>) pada beberapa proses | Sering terjadi porositas |
| Dapat mencetak bentuk yang kompleks | Bahaya saat penuangan |
| Sesuai untuk produksi dalam jumlah yang besar | |

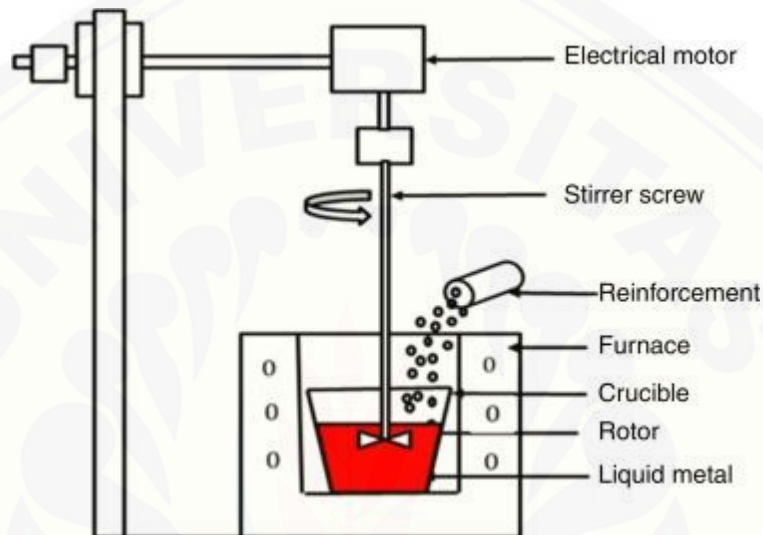
Dalam proses pengecoran logam terdapat beberapa metode sintesis untuk keunggulan suatu material, diantaranya (Sudjana, 2008):

1. Metode *Stir Casting*;
2. Metode *Heat Treatment*;
3. Metode Perlakuan Dingin;
4. Metode *Powder Metallurgy*;
5. Metode Ekstrusi;
6. Metode Kopresipitasi;
7. Metode *Spin Coating*;
8. Metode Pemesinan (*Machining*);
9. Metode Leblanc;
10. Metode *Solvay*.

Dengan metode *Stir Casting*, penyebaran partikel keramik (SiC) sebagai penguat akan merata dan homogen pada pembuatan komposit matrik logam. Oleh sebab itu pada penelitian kali ini menggunakan metode *Stir Casting* untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik pada komposit Al6061-SiC.

Metode *Stir Casting* merupakan salah satu metode dalam pembuatan komposit dengan mencampurkan bahan material disaat material dalam keadaan mencair dan pengadukannya secara mekanik (Arifin dan Junaidi, 2017). Metode *Stir Casting* merupakan metode yang menjanjikan diantara metode-metode lainnya dalam pembuatan komposit matrik logam (MMC). Keuntungannya terletak pada biaya yang

dibutuhkan tidak terlalu banyak, fleksibilitas dan penerapannya dalam produksi jumlah besar (Hashim *et al.*, 1999). Biaya pembuatan material komposit dengan menggunakan metode *Stir Casting* adalah sepertiga hingga setengah dari metode kompetitif, dan untuk produksi skala besar diperkirakan akan turun menjadi sepersepuluh dari biaya metode kompetitif (Hashim *et al.*, 1999).



Gambar 2.10 Diagram Skematik *Stir Casting* untuk Fabrikasi MMC (Hashim *et al.*, 1999)

Proses *Stir Casting* melibatkan penggabungan partikel keramik ke dalam aluminium yang meleleh dan memungkinkan campuran itu mengeras. Hal terpenting yang perlu diperhatikan adalah menciptakan pembasahan yang baik antara penguat partikel dan lelehan paduan aluminium cair. Teknik yang paling sederhana dan paling banyak digunakan secara komersial dikenal sebagai Teknik *vortex*. Teknik pusaran melibatkan pemasukan partikel-partikel keramik yang sudah diolah ke dalam pusaran dari campuran yang dibuat oleh impeller yang berputar (Surappa, 2003). Teknik *Vortex* untuk preparasi komposit yang terdispersi pada awalnya dikembangkan oleh Surappa dan Rohatgi pada tahun 1981 di *Indian Institute of Science*. Selanjutnya beberapa perusahaan aluminium menyempurnakan dan memodifikasi proses yang saat ini digunakan untuk memproduksi berbagai Komposit Matriks Logam (MMC) pada skala komersial (Lloyd, 1994).

Dalam menyiapkan *Metal Matrix Composites* dengan metode *Stir Casting*, ada beberapa faktor yang diperhatikan, yaitu (Hashim *et al.*, 1999):

1. Keterbatasan antara dua zat utama;
2. Porositas dalam komposit matriks logam;
3. Kesulitan dalam mencapai distribusi yang seragam dari bahan penguat;
4. Reaksi kimia antara bahan penguat dan paduan matriks.

Untuk mencapai sifat optimal dari komposit matriks logam, distribusi bahan penguat dalam paduan matriks harus seragam, dan keterbasahan atau ikatan antara zat-zat ini harus dioptimalkan. Tingkat porositas perlu diminimalkan, dan reaksi kimia antara bahan penguat dan paduan matriks harus dihindari. Oleh karena itu temperatur penuangan harus berada di 675°C - 700°C untuk mendapatkan hasil spesimen yang baik dengan porositas rendah (Arifin dan Junaidi, 2017).

2.5 Pengujian Spesimen

Sifat mekanik yang baik dan homogen pada komposit sangatlah diperlukan dikarenakan menjadi tujuan adanya pembuatan komposit. Oleh sebab itu Komposit Matrik Logam (MMC) yang sudah dibuat kemudian dilakukan pengujian sifat mekaniknya untuk mengetahui karakteristik dan kekuatan dari komposit tersebut. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kekerasan, uji tarik, uji mikro, uji densitas porositas, dan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

2.5.1 Uji Kekerasan

Material yang dalam penggunaannya akan mengalami deformasi plastis dan gesekan (*frictional force*) perlu diketahui terlebih dahulu kekerasannya, karena jika nilai kekerasannya kurang, maka struktur mikro dari material tersebut tidak akan bisa kembali ke bentuk semula (Saputra, 2016). Kekerasan adalah sebuah reaksi sejauh mana suatu material dapat menerima pembebanan atau gaya yang diberikan hingga terjadi perubahan tetap (Sudjana, 2008). Dalam uji kekerasan terdapat beberapa metode

yang bisa digunakan guna mengetahui kekerasan dari material yang akan diuji, yaitu metode *Brinell*, metode *Rockwell*, dan metode *Vickers*.

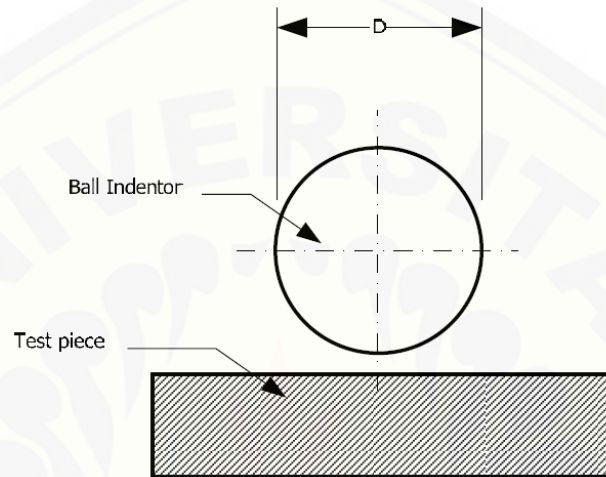
Dalam penelitian kali ini pengujian kekerasan menggunakan metode *Rockwell*, dimana cara kerjanya yaitu nilai kekerasan akan ditentukan pada kedalaman masuknya indentor kedalam material akibat penekanan yang kita berikan dengan perbesaran beban tertentu (Sudjana, 2008). Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* ini paling banyak digunakan pada bengkel permesinan, dikarenakan proses yang cepat dan mudah dalam memperoleh nilai kekerasan suatu bahan yang diuji, dimana nilai kekerasan dengan metode *Rockwell* dapat dibaca langsung oleh alat yang digunakan. Metode *Rockwell* ini juga memiliki cakupan yang luas untuk mencari nilai kekerasan pada bahan sehingga sangat memungkinkan untuk digunakan dalam berbagai jenis karakteristik bahan. Alat uji kekerasan *Rockwell* juga memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi dan telah distandarkan oleh ASTM dan JIS sehingga metode ini paling banyak digunakan dan dikembangkan.



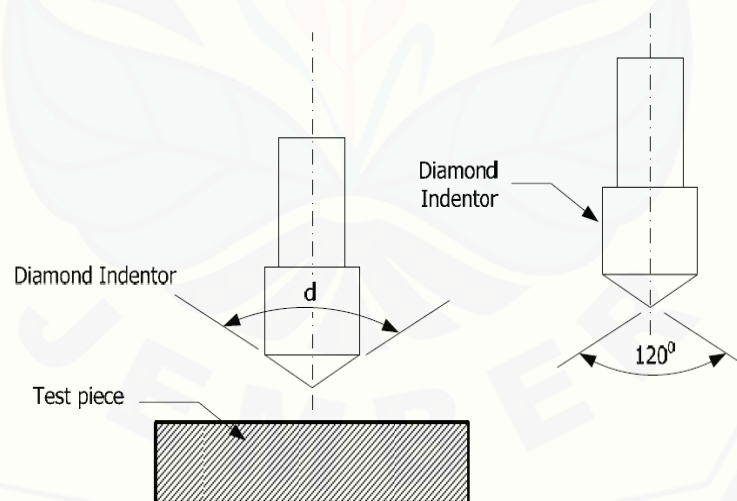
Gambar 2.11 Konstruksi alat uji kekerasan *Rockwell* (Sudjana, 2008)

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* ini dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan pemakaian indentornya, yaitu:

- 1) *Rockwell Ball*, adalah pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* menggunakan indenter bola baja dalam berbagai ukuran untuk berbagai aplikasi.
- 2) *Rockwell Cone*, adalah pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* menggunakan indenter berbentuk kerucut dengan sudut intan 120° .



Gambar 2.12 *Ball Indenter* pada posisi siap menekan (Sudjana, 2008)



Gambar 2.13 *Diamond Indenter* pada posisi siap menekan (Sudjana, 2008)

Pada pengujian kali ini menggunakan metode *Rockwell* berjenis *Rockwell Ball* dikarenakan ketersediaan alat dilaboratorium, dimana dalam pemakaiannya, skala uji

kekerasan dengan metode *Rockwell* dipilih sesuai ketentuan yang telah direkomendasikan pada Tabel 2.9 dibawah ini.

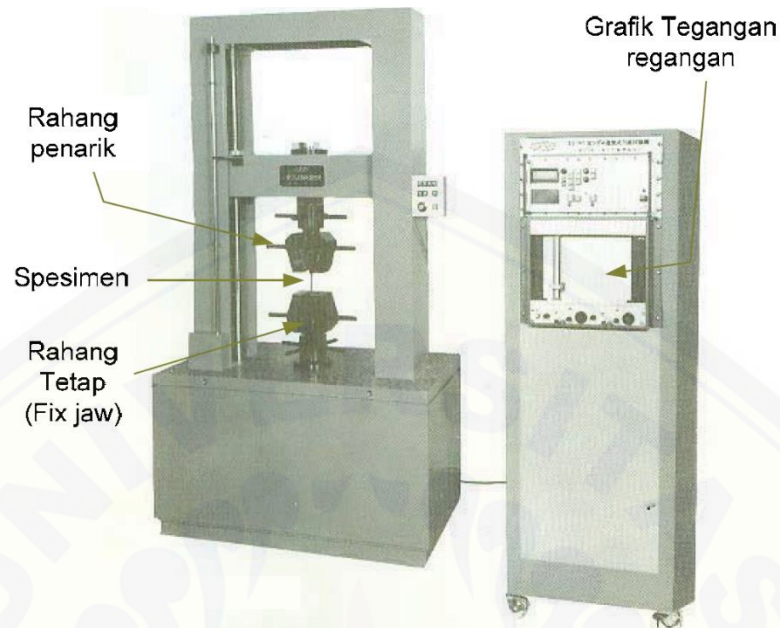


Tabel 2.8 Skala kekerasan dalam metode *Rockwell* (Sudjana, 2008)

| Skala | Indentor | Beban (kgf) | | | Pemakaian |
|-------|------------------------------|-------------|-------|-------|---|
| | | Minor | Mayor | Total | |
| A | Intan 120° | 10 | 50 | 60 | Cabide Cementite baja tipis dan baja dengan lapisan keras yang tipis. |
| B | Bola baja Ø 1,588 Mm (1/16") | 10 | 90 | 100 | Tembaga, alumunium, baja lunak dan besi tempa |
| C | Intan 120° | 10 | 140 | 150 | Baja yang keras sedang besi tempa pearlitic baja dengan lapisan keras |
| D | Intan 120° | 10 | 90 | 100 | Baja yang keras sedang besi tempa pearlitic baja dengan lapisan keras |
| E | Bola baja Ø 3,75 mm (1/8") | 10 | 90 | 100 | Besi tuang, alumunium, Magnesium dan logam-logam bantalan |
| F | Bola baja Ø 1,588 Mm (1/16") | 10 | 50 | 60 | Paduan tembaga yang dilunakan, plat dan logam lunak yang tipis |
| G | Bola baja Ø 1,588 Mm (1/16") | 10 | 140 | 150 | Besi tempa, paduan tembaga nikel Seng dan Tembaga Nikel |

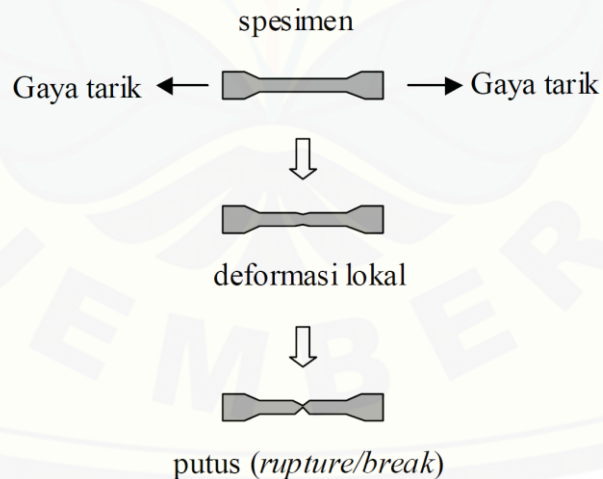
2.5.2 Uji Tarik

Pengujian Tarik merupakan pengujian yang paling mendasar pada uji spesimen untuk mengetahui sifat mekanik suatu material. Pengujian Tarik ini sangatlah sederhana, tidak membutuhkan banyak biaya, dan juga sudah mempunyai standarisasi di seluruh dunia, seperti di Jepang dengan JIS 2241 dan di Amerika dengan ASTM E8.



Gambar 2.14 Alat Uji Tarik (Sudjana, 2008)

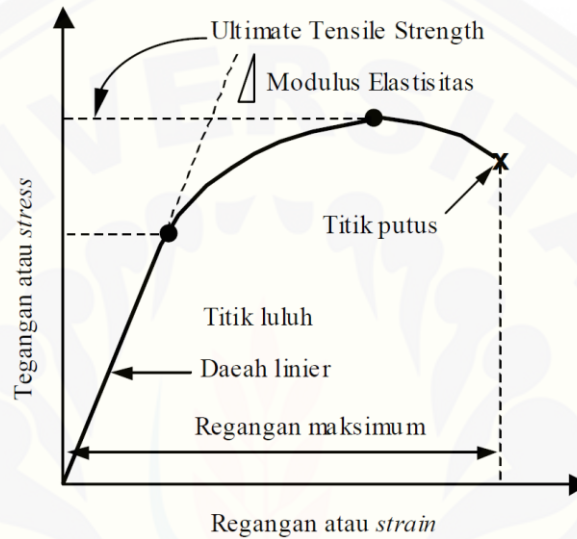
Uji Tarik sendiri bertujuan untuk mengetahui reaksi suatu bahan terhadap tenaga tarikan serta mengetahui sejauh mana material tersebut bertambah panjang (Sastranegara, 2009).



Gambar 2.15 Spesimen uji Tarik (Sastranegara, 2009)

Pada pengujian tarik, spesimen yang akan diuji diharuskan memiliki *grip* (cengkeraman) yang kuat dan *highly stiff* (kekakuan yang tinggi) (Dantes dan Aprianto, 2017). Dalam pengujian tarik biasanya terfokus pada kemampuan

maksimum spesimen tersebut dalam menahan beban atau yang disebut *Ultimate Tensile Strength* (UTS) yang diartikan sebagai tegangan tarik maksimum (Sastranegara, 2009). Apabila bahan terus menerus ditarik dalam uji Tarik hingga putus, maka akan diperoleh profil tarikan antara tegangan (stress) dan regangan (*strain*).



Gambar 2.16 Kurva Tegangan-Regangan (Sastranegara, 2009)

Uji tarik standar dilakukan untuk mendapatkan modulus elastisitas yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan yang dirumuskan sebagai berikut (Zainuri dkk., 2008):

$$E = \frac{\text{tegangan (stress)}}{\text{regangan (strain)}} = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (2.1)$$

Tegangan merupakan beban per satuan luas. Untuk mencari nilai dari tegangan maka ditentukan rumus sebagai berikut (Sastranegara, 2009):

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana σ adalah tegangan, F adalah gaya tarikan, dan A adalah luas penampang. Sedangkan untuk mencari regangan ditentukan rumus sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.5.3 Metallography

Metallography merupakan salah satu cara pemeriksaan pada struktur mikro dari bahan logam yang bertujuan mengetahui struktur bahan logam tersebut dalam hubungannya dengan sifat bahan sebelum atau setelah diadakannya proses perlakuan panas (Sudjana, 2008). Proses ini dilakukan menggunakan alat *Metallography-microscope*, melakukan analisis bentuk dan susunan serta jenis unsur yang terdapat pada bahan logam tersebut.



Gambar 2.17 *Metallography-Microscope* (Sudjana, 2008)

Pengamatan *metallography* terbagi menjadi 2, yaitu (Vander Voort, 1988):

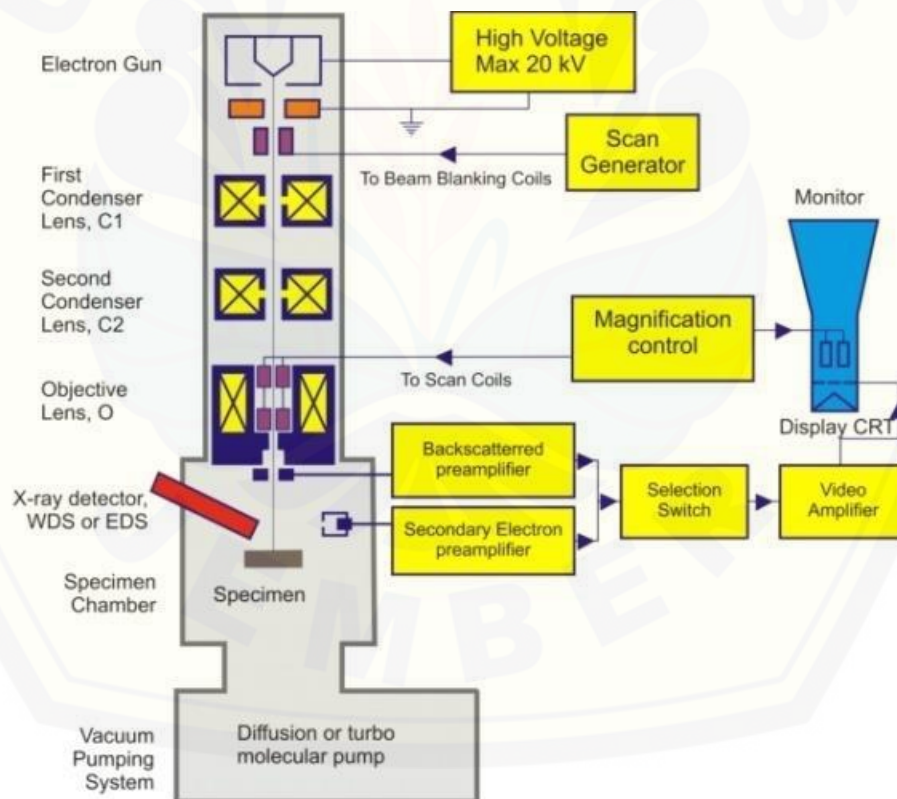
1. *Metallography Macro*, adalah sebuah penyelidikan struktur bahan logam dengan perbesaran 10 sampai 500 kali.
2. *Metallography Micro*, adalah sebuah penyelidikan struktur bahan logam dengan perbesaran 1000 kali.

Sebelum dilakukan pengamatan mikro, spesimen terlebih dahulu dilakukan pengetsaan. Proses etsa ini pada dasarnya adalah proses korosi atau mengkorosikan permukaan spesimen yang telah rata karena proses grinding dan polishing menjadi tidak rata lagi. Ketidakrataan permukaan spesimen ini dikarenakan mikrostruktur yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda, sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Pada pelaksanaannya, proses etsa ini dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen pada cairan etsa dimana

tiap jenis logam mempunyai cairan etsa (*etching reagent*) sendiri-sendiri (Herman, 2009).

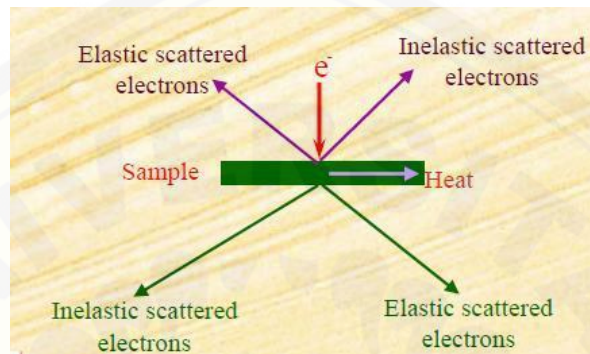
2.5.4 Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Scanning Electron Microscopy merupakan sebuah mikroskop elektron yang bertujuan untuk menganalisa permukaan dari bahan logam secara langsung dan memiliki perbesaran 10 sampai 3 juta kali, resolusi sebesar 1 – 10 nm, dan *depth of field* 4 – 0.4 mm (Yoshida dkk., 2018). Dalam sektor industri dan keperluan penelitian banyak menggunakan SEM dikarenakan kombinasi dari *depth of field* yang besar, perbesaran yang tinggi, hasil resolusi yang baik, serta dapat mengetahui komposisi dan kristalografi dari bahan tersebut (Yoshida *et al.*, 2018).



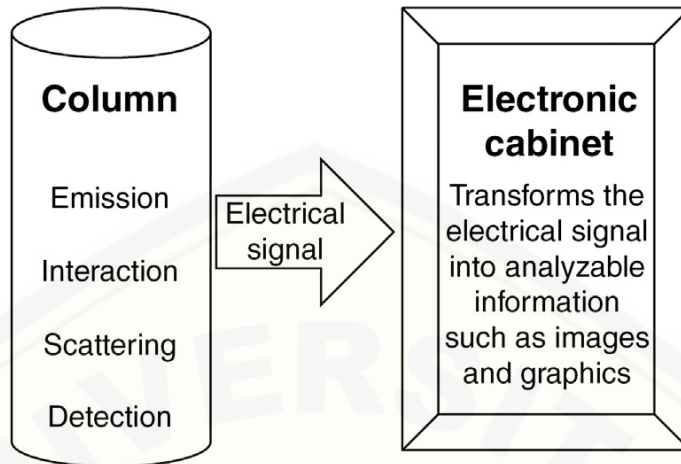
Gambar 2.18 Blok Diagram *Scanning Electron Microscopy* (Sujatno *et al.*, 2015)

Penggunaan elektron ditujukan untuk mendapatkan beberapa jenis pantulan dan berguna untuk keperluan karakterisasi. Resolusi elektron mampu mencapai 0.1 – 0.2 nm sedangkan cahaya hanya mampu mencapai resolusi 200 nm. Oleh karena itu, resolusi cahaya lebih rendah daripada resolusi electron (Dantes dan Aprianto, 2017).



Gambar 2.19 Pantulan Benda Akibat Elektron (Dantes dan Aprianto, 2017)

Scanning Electron Microscopy terdiri dari dua bagian utama, yaitu kolom (column) dan kabinet (*cabinet*). Pada Gambar 2.20 kolom merupakan ekstensi yang dilalui elektron dari emisinya hingga mencapai sampel, dimana detector yang dipasang akan menangkap sinyal yang tersebar akibat interaksi antara elektron dan sampel. Detektor adalah *transduser* energi yang mengubah suatu jenis sinyal menjadi sinyal listrik, lalu dikirim ke kabinet control. Kabinet control memiliki sistem elektronik yang dapat mengukur sinyal listrik yang dikirim oleh detektor dan mengubahnya menjadi informasi yang dapat dianalisis seperti gambar dan grafik (Pereira-da-silva dan Ferri, 2017).



Gambar 2.20 *Column* dan *Cabinet* (Pereira-da-silva dan Ferri, 2017)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode pengamatan secara langsung. Metode ini dilakukan dalam proses pembuatan dan pengujian spesimen Al6061/SiC dengan fraksi volume 3%, 5% dan 8% Mg dan 8% SiC. Penelitian ini dimulai dari studi literatur, pembuatan spesimen dan pengujian spesimen.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pembuatan *Metal Matrix Composite* Al6061 - SiC dengan metode *Stir Casting* dilakukan di Laboratorium Terapan Universitas Jember tepatnya di Jalan Slamet Riyadi No. 36 Patrang Jember. Penelitian ini dilakukan selama dua bulan yaitu dari bulan Juni hingga Agustus. Berikut rincian kegiatan pada penelitian dapat dilihat di Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan

| Kegiatan | Mei | Jun | Juli | Ags | Sep | Okt | Nov |
|--------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Studi Literatur | | | | | | | |
| Persiapan Alat dan Bahan | | | | | | | |
| Pembuatan Spesimen | | | | | | | |
| Pengujian Spesimen | | | | | | | |

3.3 Alat dan Bahan

Penelitian ini melakukan dua proses, yaitu pembuatan spesimen dan pengujian spesimen. Dibawah ini adalah alat dan bahan yang digunakan pada sub bab dibawah ini:

3.3.1 Alat

a. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan komposit Al6061/SiC:

- 1) Tungku peleburan;
- 2) Cetakan permanen;
- 3) Timbangan digital;
- 4) Gerinda;
- 5) Mesin bubut;
- 6) Mesin amplas;
- 7) *Torch* pemanas;
- 8) *Thermogun*;
- 9) Alat pengaduk (*stir*);
- 10) Gergaji besi;
- 11) Gas argon;
- 12) Perlengkapan K3.

b. Peralatan yang digunakan untuk pengujian komposit Al6061/SiC

- 1) Alat uji kekerasan *Hardness Tester*;
- 2) Alat uji tarik *Zwick / Roell Z 100*;
- 3) Alat uji mikrostruktur *Microscopi Olympus BX41M*;
- 4) Alat uji SEM *Phenom™ G2 Pro*.

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan komposit Al6061/SiC:

- a. Aluminium 6061 (Mg-Si);
- b. Magnesium (Mg);
- c. Silicon Carbide (SiC);
- d. Gas argon;
- e. Larutan *etsa*;
- f. Resin dan amplas.

Tabel 3.2 Komposisi Kimia Paduan Al6061 dalam wt% (Lee *et al.*, 2001)

| Komposisi Kimia | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti | Al |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| Al6061 | 0.71 | 0.16 | 0.19 | 0.02 | 0.94 | 0.08 | 0.04 | 0.03 | balance |

Tabel 3.3 komposisi kimia Mg (Setiadi dan Sulardjaka, 2015)

| Bahan | Al (%) | Si (%) | Fe (%) | Mn (%) | Mg (%) |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Magnesium (Mg) | 0,022 | 0,013 | 0,003 | 0,012 | balance |

Tabel 3.4 Komposisi Kimia SiC (Sadi *et al.*, 2014)

| Bahan | C (%) | Si (%) |
|-------|-------|--------|
| SiC | 21,87 | 78,13 |

3.4 Variabel Penelitian

Ada beberapa variable dalam penelitian ini, yaitu variable bebas, terikat dan control. Berikut adalah variable yang ada pada penelitian ini.

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variable yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan dan timbulnya variable terikat. Variable bebas pada penelitian ini adalah fraksi volume dari Mg (3%, 5%, dan 8%) pada komposit Al6061 berpenguat 8% SiC.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variable *output* atau variable yang dapat diukur nilainya yang dipengaruhi adanya variable bebas. Variable terikat pada penelitian ini adalah.

- a. Nilai kekerasan;
- b. Nilai keuletan;
- c. Struktur mikro.

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel control merupakan variabel yang digunakan untuk menyamakan persepsi mengenai penelitian ini. Variabel control yang dipilih yaitu fluida kerja yang digunakan adalah:

- Proses pembuatan spesimen menggunakan metode *Stir Casting*;
- Kecepatan pada proses pengadukan 450 rpm;
- Lama proses pengadukan 300 detik;
- Suhu proses pencairan Al6061 750°C.

Tabel 3.5 Perhitungan Fraksi Volume

| | | | | | |
|-----------|-------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------|-------|
| Bahan | Massa jenis g/cm ³ | | Massa total Al (gram) | Volume cm ³ | |
| Aluminium | 2,7 | | 350 | 129,63 | |
| SiC | 3,21 | | | | |
| Mg | 1,738 | | | | |
| | | | | | |
| Bahan | Fraksi Volume (%) | Massa (gram) | Volume cm ³ | | |
| SiC | 8 | 33,29 | 10,37 | | |
| Mg | 1 | 2,25 | 1,30 | | |
| | 3 | 6,76 | 3,89 | | |
| | 5 | 11,26 | 6,48 | | |
| | | | | | |
| Variasi | Bahan | | Total Massa | Total Volume | |
| | SiC (%) | Mg (%) | | | |
| 1 | 8 | 1 | 354,04 | 129,63 | |
| 2 | 8 | 3 | 351,55 | 129,63 | |
| 3 | 8 | 5 | 349,05 | 129,63 | |
| | | | | | |
| Variasi | Al (%) | Al (gram) | Al Volume (cm ³) | SiC (%) | Mg(%) |
| 1 | 91 | 318,5 | 117,96 | 8 | 1 |
| 2 | 89 | 311,5 | 115,37 | 8 | 3 |
| 3 | 87 | 304,5 | 112,78 | 8 | 4 |

3.5 Proses Pembuatan Sampel

Dalam proses pembuatan komposit Al6061/SiC dilakukan penimbangan bahan Aluminium 6061, Mg dan serbuk SiC sesuai dengan variabel kontrol sebesar 3%, 5%, dan 8% yang kemudian dilakukan proses pengecoran dengan metode *stir casting*.

Langkah-langkah dalam proses pembuatan sampel komposit Al6061/SiC sebagai berikut:

- a. Menimbang massa Magnesium sesuai dengan variasi yang ditentukan;
- b. Menimbang massa SiC sesuai dengan variasi yang ditentukan;
- c. Menimbang massa Aluminium 6061;
- d. Melakukan *coating* pada cetakan permanen dan *crucible* menggunakan mortar;
- e. Panaskan tungku peleburan agar kandungan air didalam *crucible* hilang kemudian disetting suhu sesuai kebutuhan yaitu 750° untuk proses peleburan Al6061;
- f. Ketika Aluminium 6061 telah melebur sempurna buang slag lalu tambahkan Mg;
- g. Setelah penambahan Mg dilakukan proses *melting* dengan *holding time* selama 120 menit;
- h. Sementara menunggu Aluminium 6061 dan Mg terlebur, panaskan SiC menggunakan *torch* pemanas;
- i. Tambahkan SiC yang telah dipanaskan kedalam tungku peleburan dengan penahanan waktu selama 30 menit;
- j. Sementara menunggu SiC yang telah dimasukkan, panaskan cetakan menggunakan *torch* pemanas sampai suhu pada cetakan mencapai 200°C ;
- k. Sebelum melakukan proses *string*, semburkan gas argon ke bagian atas leburan dan ditunggu selama 60 detik;
- l. Aduk leburan menggunakan alat *stirring* dengan kecepatan 450 rpm selama 60 detik, kemudian membuang slag pada leburan dan tunggu leburan agar lebih tercampur selama 30 menit;
- m. Tuangkan leburan ke dalam cetakan yang sudah dipanaskan;
- n. Kemudian buka cetakan ketika leburan sudah membeku.

3.6 Proses Pengujian Sampel

Terdapat 4 pengujian dalam pengujian komposit Al6061/SiC pada penelitian ini, yaitu:

3.6.1 Pengujian Kekerasan

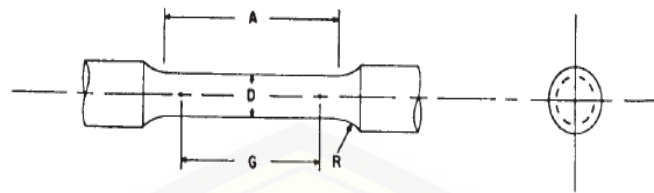
Pada proses pengujian kekerasan komposit Aluminium 6061/SiC ini menggunakan standart ASTM E 10 dan menggunakan alat *Hardness Tester* dengan metode *Rockwell Ball* yang memiliki tahapan-tahapan pengujian antara lain, yaitu:

- a. Persiapkan sampel pengujian yang mengacu pada standart ASTM E 10;
- b. Setting alat pengujian kekerasan pada nilai *Rockwell Hardness* dan disesuaikan dengan sampel yang akan diuji;
- c. Lakukan pengujian kekerasan dengan meletakkan specimen pada alat uji agar *Indentor Ball* dapat bersentuhan dengan sampel;
- d. Catat nilai kekerasan yang muncul pada alat *Rockwell Hardness*.

3.6.2 Pengujian Tarik

Pada proses uji tarik komposit Aluminium 6061/SiC menggunakan standart ASTM E8 dengan alat *Tensile Testing Zwick / Roell Z 100* yang memiliki tahapan-tahapan dalam pengujian antara lain, yaitu:

- a. Persiapkan sampel pengujian yang mengacu pada standart ASTM E8 seperti pada Gambar 3.1;
- b. Pasang sampel uji tarik pada pencekam alat uji;
- c. Lakukan pengujian tarik lalu nilai hasil tarik dan elongasi akan muncul saat sampel putus.



| Nominal Diameter | Dimensions, mm | | | |
|--|-------------------|---|--------------|--------------|
| | Standard Specimen | Small-Size Specimens Proportional to Standard | | |
| | 12.5 | 9 | 6 | 4 |
| G—Gage length | 62.50 ± 0.10 | 45.00 ± 0.09 | 30.00 ± 0.06 | 20.00 ± 0.04 |
| D—Diameter (Note 1) | 12.50 ± 0.25 | 9.00 ± 0.10 | 6.00 ± 0.10 | 4.00 ± 0.05 |
| R—Radius of fillet, min | 9 | 8 | 6 | 4 |
| A—Length of reduced section, min (Note 2) 75 | | 54 | 36 | 24 |

Gambar 3.1 Dimensi standart ASTM E8

3.6.3 Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro pada paduan Al6061/SiC ini dilakukan menggunakan Mikroskop, *Microscopi Olympus BX41M*. Adapun tahapan pelaksanaan pengujian antara lain sebagai berikut:

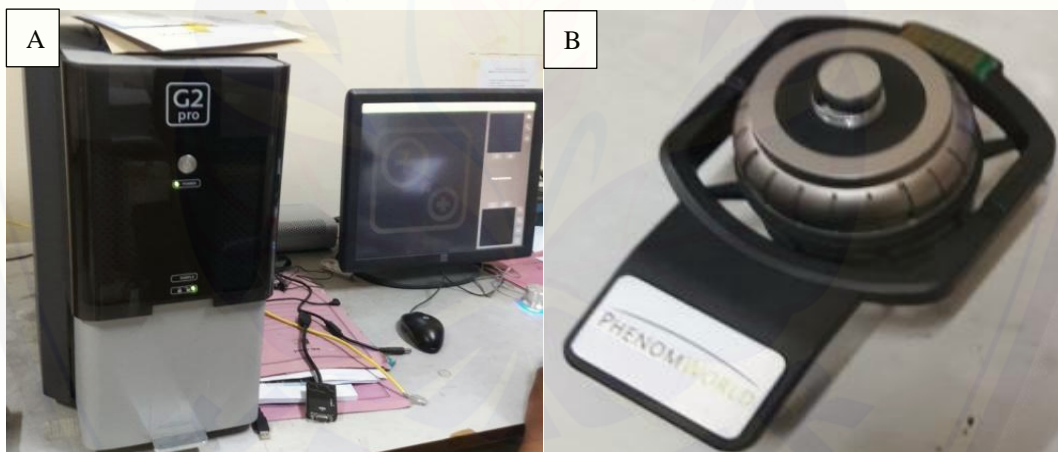
- Proses pengujian dimulai dengan pemotongan bahan.
- kemudian *dimounting* dengan menggunakan resin.
- Setelah resin kering dilakukan pengamplasan di mulai dengan ampas dengan kehalusan 100, 220, 300, 400, 1000, 1500 dan 2000. Kemudian dilakukan pemolesan dengan menggunakan kain bludru dan pasta alumina yang dicampur dengan air. Kemudian dilakukan proses etsa, dimana untuk proses etsa bahan Al6061/SiC sesuai ASTM E407-07, etsa menggunakan campuran 2,5 ml HNO₃, 1,5 HCL, 1ml HF dan 95ml air. Lama proses etsa adalah 20 detik.
- Kemuadian dicuci menggunakan air dan dikeringkan dengan *heatgun*.
- Kemudian sampel diletakkan pada alat mikroskop dan dilakukan pengambilan data yang diperlukan.

3.6.4 Pengamatan SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Pada proses pengamatan Uji SEM pada komposit Al6061/SiC ini menggunakan

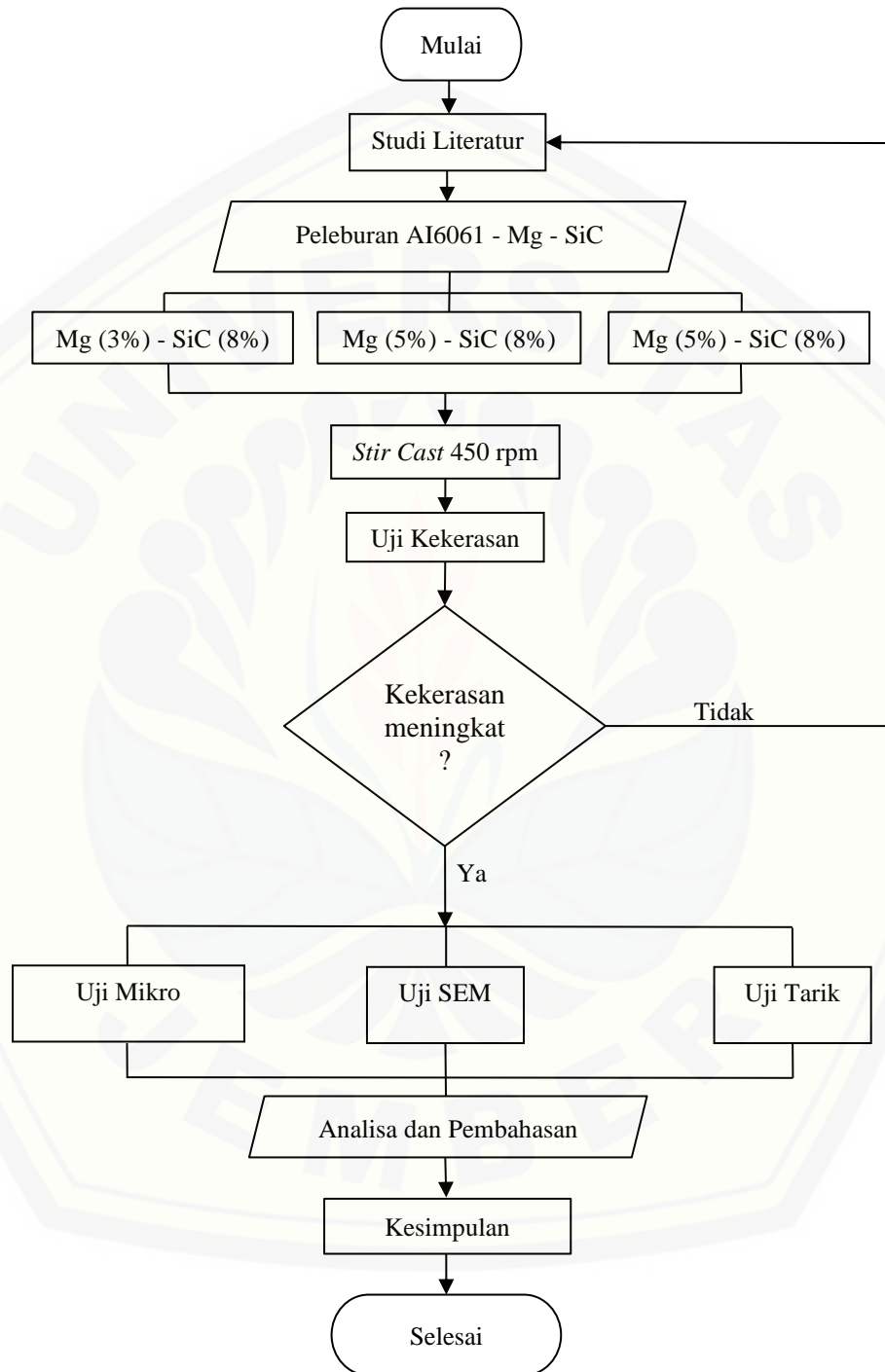
alat *SEM Phenom™ G2 Pro* dan memiliki tahapan-tahapan pengujian antara lain, yaitu:

- a. Proses pengujian dimulai dengan pemotongan sampel 10mm x 10mm.
- b. Setelah proses pemotongan selesai, sampel diampas dengan grade kehalusan bertahap 100, 220, 300, 400, 1000, 1500 dan 2000.
- c. Kemudian dilakukan pemolesan menggunakan kain bludru serta autosol.
- d. Setelah pemolesan selesai, dilakukan proses etsa sesuai ASTM E407-07 menggunakan campuran 2,5 ml HNO_3 , 1,5 HCL, 1ml HF dan 95ml air. Lama proses etsa adalah 20 detik.
- e. Kemudian sampel dicuci menggunakan air dan dikeringkan.
- f. Setelah pengeringan, sampel diletakkan kedalam *stage* seperti pada Gambar 3.2 agar dimasukkan kedalam alat *SEM Phenom™ G2 Pro*.
- g. Kemudian sampel siap diuji dengan perbesaran yang diinginkan lalu gambar akan ditampilkan pada layer monitor.



Gambar 3.2 Alat uji SEM (a.) *SEM Phenom™ G2 Pro* (b.) *Stage*

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir

3.8 Metode Pengambilan Data

Tabel 3.6 Pengambilan data

| No | Komposit | Kecepatan Pengadukan (rpm) | Waktu pengadukan (detik) | Temperatur Pengadukan (°C) | Nilai Kekerasan | Nilai Tarik |
|----|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|-------------|
| 1 | Al6061 + 3% Mg + 8% Sic | 450 | 60 | 750 | | |
| 2 | Al6061+ 5% Mg + 8% Sic | 450 | 60 | 750 | | |
| 3 | Al6061 + 8% Mg + 8% Sic | 450 | 60 | 750 | | |

BAB 5. PENUTUP

Dari hasil penelitian pengaruh SiC dan penambahan fraksi volume Mg terhadap karakteristik komposit Al6061-SiC menggunakan metode *Stir Casting* telah berhasil dilakukan. Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

5.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian kekerasan, penambahan Magnesium dan SiC pada komposit Al6061/SiC berpengaruh dan meningkatkan nilai kekerasannya, dimana nilai kekerasan tertinggi didapati pada spesimen dengan penambahan 8% Mg dan 8% SiC dengan nilai kekerasan 67.87 HRB.
2. Pada pengujian tarik, penambahan Magnesium dan SiC pada komposit Al6061/SiC berpengaruh dan dapat menaikkan serta menurunkan nilai tariknya, dimana rata-rata UTS tertinggi didapati pada spesimen dengan penambahan 5% Mg dan 8% SiC dengan rata-rata nilai tarik 174.26 MPa.
3. Pada pengamatan struktur mikro didapati perubahan bentuk partikel seiring dengan penambahan variasi Mg. Dengan penambahan Mg didapati perubahan mikro struktur semakin kecil dan halus pada komposit Al6061/SiC.
4. Pada pengamatan SEM didapati dengan penambahan penguat SiC dan Mg sebagai *Wetting Agent* pada komposit Al6061/SiC dapat memperkecil batas butir yang meningkatkan kekuatan mekanik material tersebut serta terdapatnya beberapa senyawa yang teridentifikasi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan proses *Heat Treatment* agar mampu meningkatkan sifat mekanik pada komposisi Al6061/SiC.

2. Pengaruh faktor lingkungan dan cacat fabrikasi dalam pengecoran dan pengadukan komposit Al6061/SiC supaya dilakukan pengujian lebih lanjut.
3. Persiapan, pemasangan atau instalasi alat dan APD (Alat Pelindung Diri) dalam proses pengecoran dan pengadukan agar lebih diperhatikan untuk menghindari kecelakaan dalam proses operasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, A. dan Junaidi. 2017. Pengaruh Parameter Stir Casting Terhadap Sifat Mekanik Aluminium Matrix Composite (AMC). *Jurnal UNTIRTA*. 1(3): 32–36.
- Canul, P., R. Katz, dan M. Makhlouf. 2000. Optimum Parameters for Wetting Silicon Carbide by Aluminum Alloys 1100. *Metallurgy and Materials Transactions*. 31A: 87–118.
- Cholis, S. N., Suharno, dan Yadiono. 2013. Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pengecoran Aluminium. *Jurnal UNS*. 6(2): 103.
- Dantes, K. R. dan G. Aprianto. 2017. *Composites Manufacturing and Testing*. Edisi 1. Depok: Rajawali Pers.
- Djiwo, S. dan A. E. Purkuncoro. 2014. Analisis Kekerasan Al-Cu dengan Variasi Prosentase Paduan Cu pada Proses Pengecoran dengan Penambahan Serbuk Degasser. *Jurnal Flywheel*. 9(1): 38-47.
- El-Karomi, K. S., B.Harjanto, dan Subagsono. 2015. Analisis Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Tingkat Kekerasan, Struktur Mikro dan Kekuatan Impact pada Velg Aluminium (Al-0,5% Si). *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret*
- Hady, K., S. Sitanggang, dan S. Oedayani. 2017. Studi Pengaruh Kandungan Silikon Hasil Hot Dip Galvanizing. *Jurnal Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*.
- Hashim, J., L. Looney, dan M. S. J. Hashmi. 1999. Metal Matrix Composites: Production by The Stir Casting Method. *Journal of Materials Processing Technology*. 92–93: 1–7.
- Inegbenebor, A. O., C. A. Bolu, P. O. Babaloba, dan A. I. Inegbenebor. 2016. Aluminium Silicon Carbide Particulate Metal Matrix Composite Development via

- Stir Casting Processing. *Springer Science*. 10(2): 343-347.
- Irawan, Y. S. 2013. Material Teknik Aluminium dan Tembaga Paduan. *Material Teknik*. 1(8): 1-8.
- Jones, R. 1999. *Mechanics of Composite Materials*. Great Britain by Taylor & Francis Group.
- Junus, S. 2011. *Komposit, Proses Fabrikasi Dan Aplikasi*. Edisi 1. Jember: Jember University Press.
- Kamil. 2015. Pengecoran logam. 6–21.
- Koczak, M. J., S. C. Khatri, J. E. Allison, dan M. G. Bader. 2013. *Metal-Matrix Composites for Ground Vehicle, Aerospace, and Industrial Applications*. Edisi Ketiga. Editor Butterworth-Heinemann. *Fundamentals of Metal-Matrix Composites*.
- Kumar, G. B. V., C. S. P. Rao, N. Selvaraj, dan M. S. Bhagyashekar. 2010. Studies on Al6061-SiC and Al7075-Al₂O₃ Metal Matrix Composites. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 9(1): 43-55.
- Lee, S., Y. Saito, T. Sakai, dan H. Utsunomiya. 2001. Microstructures and Mechanical Properties of 6061 Aluminum Alloy Processed by Accumulative Roll-Bonding. *Materials Science and Engineering*. A325: 228-235.
- Liu, K. dan L. Jiang. 2011. Metallic Surfaces with Special Wettability. *Nanoscale*. 3(3):825–838.
- Lloyd, D. J. 1994. Particle Reinforced Aluminium and Magnesium Matrix Composites. *International Materials Reviews*. 39(1):1–23.
- Masrukan, Fatchatul, dan Chaerul. 2009. Pemeriksaan Mikrostruktur, Komposisi Kimia dan Kekerasan Hasil Pengelasan Paduan Al-6061. *Urania*. 15(1): 1-60.
- Mizhar, S., Suherman, dan R. Fauzi. 2016. Pengaruh Penambahan Magnesium Terhadap Kekerasan, Kekuatan Impak dan Struktur Mikro pada Aluminium Aduan (Al-Si) dengan Metode Lost Foam Casting. *Jurnal Ilmiah "Mekanik" Teknik Mesin ITM*. 2(2): 77-84.
- Mortensen, A., J. A. Cornie, dan M. C. Flemings. 2013. Solidification Processing of Metal Matrix Composites. *International Materials Reviews*. 37(3): 101–128.

- Nayiroh, N. 2013. Teknologi material komposit.
- Pereira-da-silva, M. D. A. dan F. A. Ferri. 2017. *Scanning Electron Microscopy*. Elsevier Inc. *Nanocharacterization Techniques*.
- Rahman, M. H., dan M. M. A. Rashed. 2014. Effect of Magnesium on Wear Characteristics of Silicon Carbide and Alumina Reinforced Aluminium-Metal Matrix Composite. *International Journal of Scientific and Engineering Research*. 5(3): 1210-1213.
- Ramachandra, M. dan K. Radhakrishna. 2005. Synthesis Microstructure Mechanical Properties Wear and Corrosion Behavior of an Al-Si (12%) Flyash Metal Matrix Composite. *Journal of Materials Science*. 40(22): 5989–5997.
- Ramadhonal, S. 2010. Pembuatan Komposit Matriks Logam Berpenguat Keramik (Al/SiC) Dicampurkan Kayu dengan Metode Metalurgi Serbuk. *Skripsi*. Jakarta. Program Studi Fisika UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Rotinsulu, S. 2001. Sintesis Dan Karakterisasi Paduan Al-Si Hasil Cor Cara Perah Dengan Penambahan Unsur Cu. *Skripsi*. Bogor. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Sadi, V. M., W. Wildan, dan Suyitno. 2014. Pengaruh Parameter Faktor Stir Casting pada Porositas Komposit Al-SiC. *Jurnal Teknik Mesin dan Industri UGM*. 1-6.
- Sahari, G. N. A., A. Zulfia, dan E. S. Siradj. 2009. Pengaruh Mg Terhadap Kekerasan Komposit Matriks Keramik Al₂O₃/Al. *MAKARA SAINS*. 13(1): 39-44.
- Saputra. 2016. Hardness testing. *Material Teknik*. 19(11): 76–77.
- Sastranegara, A. 2009. Mengenal Uji Tarik & Sifat-Sifat Mekanik Logam. 1–3.
- Setiadi, B. dan Sulardjaka. 2015. Kajian Sifat Fisis dan Mekanis Material Komposit dengan Matrik AlSiMg Diperkuat dengan Serbuk SiC. *Prosiding Snatif*. (1): 315–322.
- Shorowordi, K. M., T. Laoui, A. S. M. A. Haseeb, J. P. Celis, dan L. Froyen. 2003. Microstructure and Interface Characteristics of B₄C, SiC and Al₂O₃ Reinforced Al Matrix Composites: a comparative study. *Journal of Materials Processing Technology*. 142(3): 738–743.
- Sivakumar, S., S. K. Thimmappa, dan B. R. Golla. 2018. Corrosion behavior of Extremely Hard Al-Cu/Mg-SiC Light Metal Alloy Composites. *Journal of Alloys*

and Compounds. 767: 703–711.

Sudjana, H. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Edisi 1. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sudjana, H. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Edisi 2. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sudjana, H. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. Edisi 3. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sujatno, A., R. Salam, B. Bandriyana, dan A. Dimiyati. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 9(1): 44–50.

Surappa, M. K. 2003. Aluminium Matrix Composites: Challenges and Opportunities. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*. 28(1–2): 319–334.

Vander Voort, G. F. 1988. Influence of Magnification on Feature-Specific Image Analysis Measurements. *Metallography*. 21(3): 327–345.

Wang, X. J., N. Z. Wang, L. Y. Wang, X. S. Hu, K. Wu, Y. Q. Wang, dan Y. D. Huang. 2014. Processing, Microstructure and Mechanical Properties of Micro-SiC Particles Reinforced Magnesium Matrix Composites Fabricated by Stir Casting Assisted by Ultrasonic Treatment Processing. *Materials and Design*. 57: 638–645.

Widodo, B. dan A. Subardi. 2019. Pengujian Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Matrix Composite (AMC) Berpenguat Partikel Silikon Karbida (SiC) dan Alumina (Al₂O₃). 295–303.

Wu, Qingjie, J. Xie, A. Wang, C. Wang, dan A. Mao. 2019. Effects of Vacancies at Al(111)/6h-sic(0001) Interfaces on Deformation Behavior: a first-principle study. *Computational Materials Science*. 158: 110–116.

Wu, Qi, W. Xu, dan L. Zhang. 2019. Microstructure-Based Modelling of Fracture of Particulate Reinforced Metal Matrix Composites. *Composites Part B: Engineering*. 163: 384–392.

Yoshida, A., Y. Kaburagi, dan Y. Hishiyama. 2018. *Scanning Electron Microscopy*. Tsinghua University Press Limited. *Springer Tracts in Modern Physics*.

Zainuri, M., E. S. Siradj, D. Priadi, A. Zulfia, dan Darminto. 2008. Pengaruh Pelapisan Permukaan Partikel SiC dengan Oksida Metal Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al/SiC. *Makara Journal of Science*. 12(2): 126–133.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. 1 SPESIFIKASI ALUMINIUM ALLOY 6061



6061 Aluminum Alloy: Properties

General Characteristics

| Characteristic | Appraisal |
|---------------------------|----------------|
| Strength | Medium to High |
| Corrosion Resistance | Good |
| Weldability & Brazability | Good |
| Workability | Good |
| Machinability | Good |

Chemical Composition

| Element | Minimum % | Maximum % |
|----------------|-----------|--------------------------|
| Magnesium | 0.8 | 1.2 |
| Silicon | 0.4 | 0.8 |
| Iron | No Min | 0.7 |
| Copper | 0.15 | 0.4 |
| Manganese | No Min | 0.15 |
| Chromium | 0.04 | 0.35 |
| Zinc | No Min | 0.25 |
| Titanium | No Min | 0.15 |
| Other Elements | No Min | 0.05 each, 0.15 in total |

Physical Properties

| Property | 6061-T4 | 6061-T6 |
|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Density | 2.70 g/cc 0.0975 lb/in ³ | 2.70 g/cc 0.0975 lb/in ³ |

Mechanical Properties

| Property | 6061-T4 | 6061-T6 |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Tensile Strength | 241 MPa 35000 psi | 310 MPa 45000 psi |
| Yield Strength | 145 MPa 21000 psi | 276 MPa 40000 psi |
| Modulus of Elasticity | 68.9 GPa 10000 ksi | 68.9 GPa 10000 ksi |


Thermal Properties

| Property | 6061-T4 | 6061-T6 |
|---|--|--|
| Coefficient of Thermal Expansion @ 20.0 - 100 °C Temp | 23.6 μm/m-°C 13.1 μin/in-°F | 23.6 μm/m-°C 13.1 μin/in-°F |
| Thermal Conductivity | 154 W/m-K 1070 BTU-in/hr-ft ² -°F | 167 W/m-K 1160 BTU-in/hr-ft ² -°F |

LAMPIRAN A. 2 Aluminium dan Paduannya

| Jenis | Kandungan kimia (% berat) | | | | | | | | | | | Sifat mekanis | | | Guna |
|-------|---------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|----------|------------|---------------|----------|---|------|
| | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Zn | Cr | Ti | dll | Tr. | σ_B | σ_V | El (%) | | |
| 1050 | .25 | .40 | .05 | .05 | .05 | .05 | - | .03 | | O H18 | 75 160 | 30 145 | 39 7 | Tangki, wadah, bahan arsitektur | |
| 1100 | ≤ 1.0 | 1.3 | .05 | .05 | - | 1.0 | - | - | | O H18 | 90 165 | 35 150 | 35 5 | Tangki, bahan arsitektur, pendingin | |
| 2024 | .5 | .5 | 4.4 | .6 | 1.5 | .25 | .1 | .15 | Zr+Ti £0.2 | O T4 | 185 470 | 75 325 | 20 20 | Pesawat Terbang, Sepeda motor | |
| 3003 | .6 | .7 | .13 | 2.2 | - | .10 | - | - | | 0 H18 | 110 200 | 40 185 | 30 4 | Peralatan sehari-hari, bahan arsitektur, wadah | |
| 5052 | .25 | .40 | .10 | .10 | 2.5 | .10 | .25 | - | | O H38 | 195 290 | 90 255 | 27 7 | Kapal laut, gerbong kereta roda, bahan arsitektur | |
| 6063 | .4 | .35 | .10 | .10 | .67 | .10 | .10 | .10 | | O T6 | 90 240 | 50 215 | - 12 | Bingkai jendela, bahan arsitektur | |
| 7075 | .40 | .5 | 1.6 | .30 | 2.5 | 5.6 | .20 | - | Zr+Ti £0.25 | O T6 | 230 570 | 105 505 | 17 11 | Pesawat terbang, peralatan olah raga | |
| 7N01 | .30 | .35 | .20 | .45 | 1.5 | 4.3 | .30 | .20 | Zr £.25 V£.10 | T6 | 430 | 355 | 15 | Gerbong kereta api, material konstruksi las | |
| 8090 | .20 | .30 | 1.22 | .05 | .97 | .10 | .05 | .15 | Zr = .12 Li = 2.21 | T8 | 540 | 490 | 5 | Material konstruksi las | |

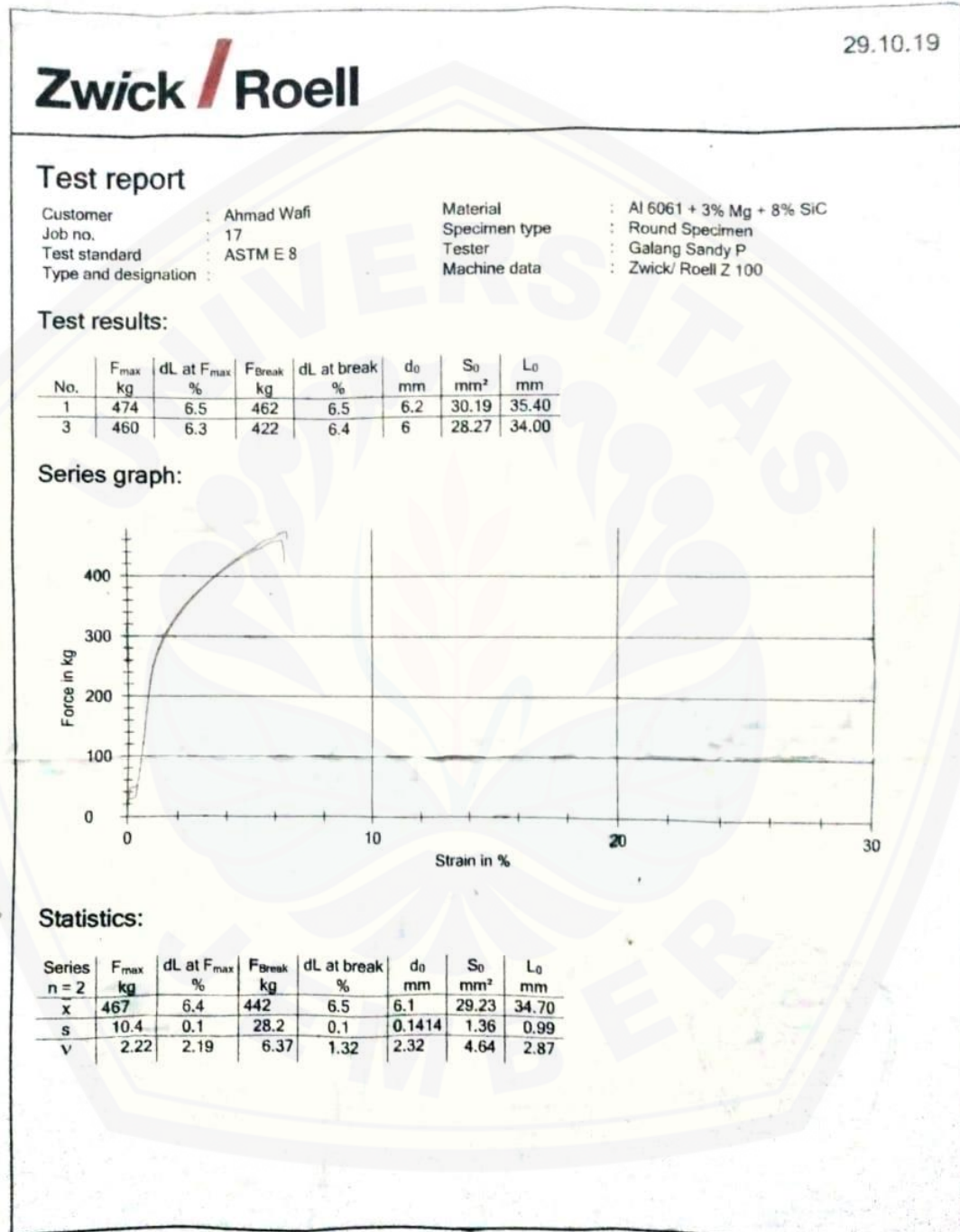
LAMPIRAN A. 3 SPESIFIKASI SERBUK SILICON CARBIDE

| | |
|---|--|
|  | Baoxing Estar Photovoltaic Sic New Materials Co., Ltd. The detection index of green Sic powder(Only part of analyse date). |
| Product Name | Green Silicon Carbide Powder |
| Model | JIS1500 |
| Cas No. | 409-21-1 |
| Specification | Reference Standard |
| D50 μ m | 10.5 ± 1.0 |
| SiC% | ≥ 98.8 |
| SiO₂% | ≤ 0.5 |
| F.C% | ≤ 0.2 |
| Fe₂O₃% | ≤ 0.2 |
| H₂O% | ≤ 0.05 |
| <p>Note:</p> <p>1. Tecting Instrument :Coulter counter for grain size.</p> <p>2.Tecting Instrument:Mastersizer for circularity.</p> <p>3.Please refer to technical staff for details since the above date are just for your reference.</p> | |

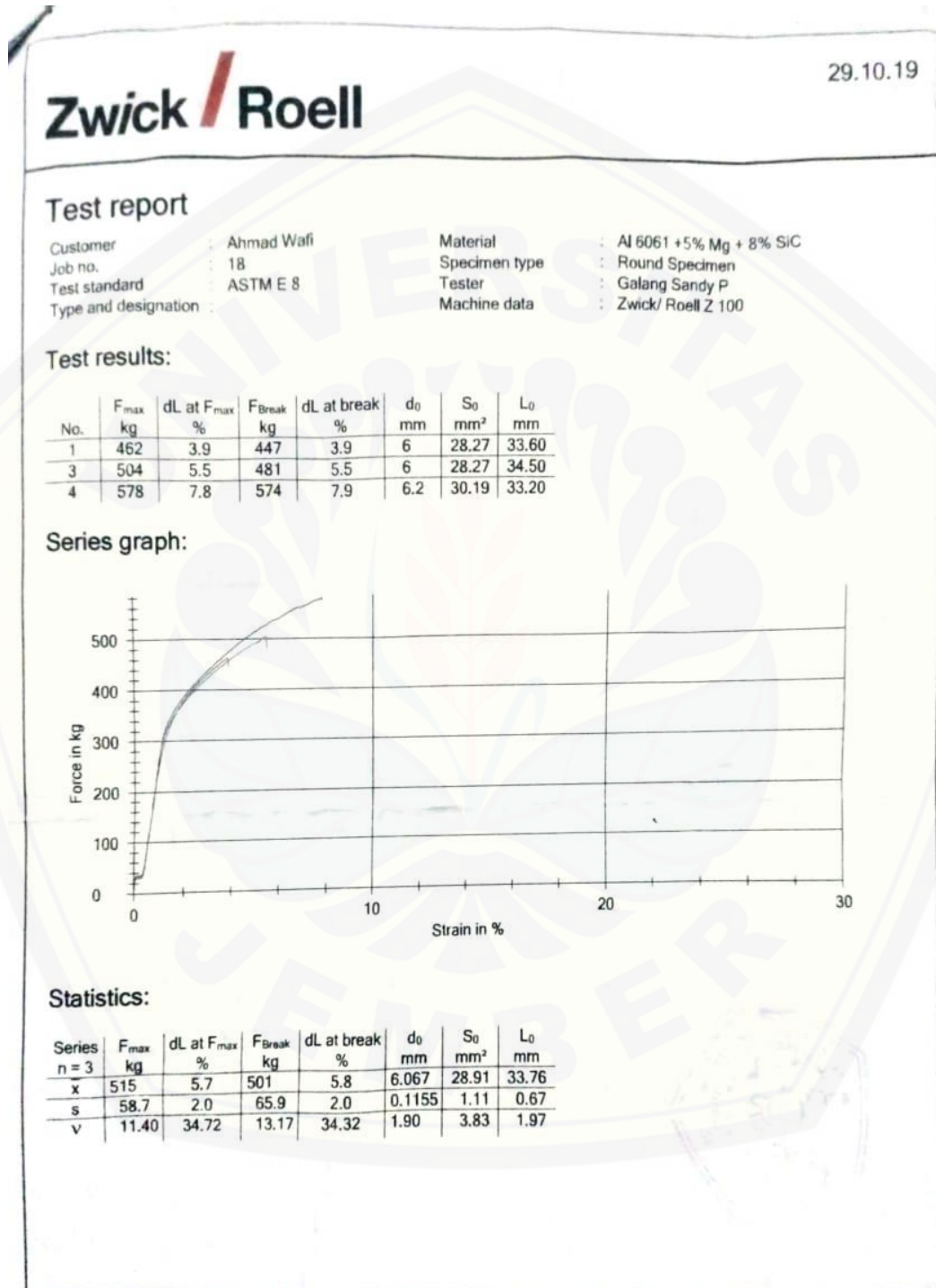
LAMPIRAN A. 4 SPESIFIKASI MAGNESIUM INGOT

| Magnesium Ingot General Data | |
|-------------------------------------|---|
| CAS No.: | 7439-95-4 |
| Chemical Composition: | Mg |
| Mg (Min): | 99.8%-99.98% |
| Appearance: | Bright Color |
| Product Name: | Magnesium Ingot |
| Specifications: | Surface by acid wash and no oxidized |

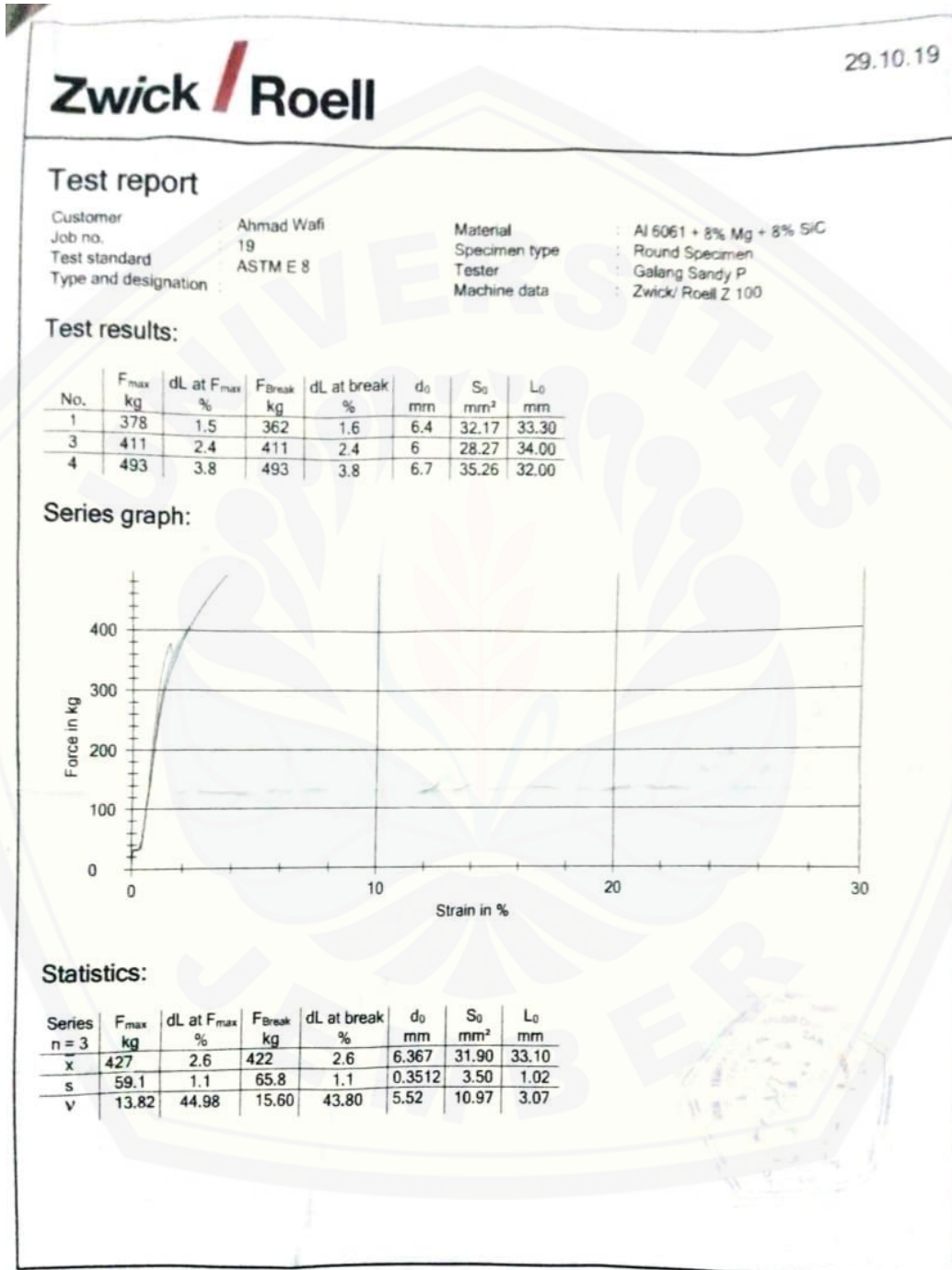
LAMPIRAN B. 1 PENGUJIAN TARIK SPESIMEN PENAMBAHAN 3% Mg



LAMPIRAN B. 2 PENGUJIAN TARIK SPESIMEN PENAMBAHAN 5% Mg



LAMPIRAN B. 3 PENGUJIAN TARIK SPESIMEN PENAMBAHAN 8% Mg



LAMPIRAN C. 1 ALAT



Tungku Pengecoran



Regulator Voltage



Torch Pemanas



Armometer



Thermoghun



Borcun dan Pengaduk



Cetakan yang telah dilapisi mortar

LAMPIRAN C. 2 BAHAN



Aluminium Paduan 6061 Ingot



Magnesium Ingot



SiC serbuk

LAMPIRAN D. 1 PROSES PENELITIAN



Pemotongan bahan



Penimbangan bahan



SiC dimasukkan kedalam leburan



Spesimen hasil pengecoran



Proses pembubutan spesimen

