

SKRIPSI

**PENGECORAN *ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE*
(AMC) DENGAN VARIASI PENGUAT *SILICON*
CARBIDE (SiC) DAN PARAMETER *STIR CASTING***

Disusun dan diajukan oleh:

RENALDI PARRANGAN

D021191061



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENGECORAN *ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE* (AMC)
DENGAN VARIASI PENGUAT *SILICON CARBIDE* (SiC)
DAN PARAMETER *STIR CASTING*****Disusun dan diajukan oleh****Renaldi Parrangan****D021 19 1061**

Telah dipertahankan dihadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program sarjana program studi teknik mesin fakultas teknik universitas hasanuddin pada tanggal 21 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Dr. Muhammad Syahid, S.T., M.T.

NIP. 19770707200511 1 001

Pembimbing Pendamping,

Azwar Hayat, S.T., M.Sc., Ph.D

NIP. 19840126201212 1 002

Ketua Program Studi

Prof. Dr.Eng. Jalaluddin.,ST.,MT

NIP 19720825200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Renaldi Parrangan
NIM : D021 19 1061
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pengecoran Aluminium Matrix Composite (AMC) dengan Variasi Penguat Silicon Carbide (SiC) dan Parameter Stir Casting

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil dari karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 29 November 2023

Yang Menyatakan



Renaldi Parrangan

ABSTRAK

RENALDI PARRANGAN. *Pengecoran Aluminium Matrix Composite (AMC) dengan Variasi Penguat Silicon Carbide (SiC) dan Parameter Stir Casting* (dibimbing oleh Dr. Muhammad Syahid, ST., MT dan Azwar Hayat, ST., M.Sc.,Ph.D)

Metode *Aluminium Matrix Composite* (AMC) merupakan metode yang sering digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik suatu logam dan SiC digunakan sebagai penguat. Dalam penelitian ini, peleburan aluminium 6061 berpenguat *Silicon Carbide* (SiC) dengan variasi penambahan SiC 1%, 3% dan 5% dan kecepatan *Stir Casting* 250 rpm dan 350 rpm dilakukan dengan metode *Semi Solid Stir Casting*, dimana Aluminium dileburkan pada suhu 720°C selama 1 jam. Setelah itu, didiamkan pada suhu ruang hingga suhu 650°C dalam kondisi tidak terlalu cair dengan tujuan untuk membantu penyatuan matrik dan penguat. Kemudian serbuk SiC dengan variasi 1%, 3% dan 5% dicampurkan ke dalam coran diikuti dengan proses *Stir Casting* dengan variasi kecepatan 250 rpm dan 350 rpm selama 2 menit. Lalu, coran dimasukkan lagi ke dalam *Furnance* pada suhu 720°C selama 30 menit hingga kondisi cair sempurna, lalu diberikan gas argon. Sampel kemudian dicetak pada cetakan yang telah dipanaskan pada suhu 400°C kemudian dilakukan analisis sifat mekanik dan pengamatan mikrostruktur. Berdasarkan hasil pengujian, sebelum adanya penambahan serbuk SiC dan *Stir Casting* mendapat nilai uji kekerasan sebesar 39,2 HV, uji keausan sebesar 0,64 mg/s dan nilai porositas sebesar 0,07%. Pada variasi 1% SiC+250 rpm nilai kekerasan sebesar 40 HV, nilai keausan sebesar 0,54 mg/s dan nilai porositas sebesar 0,154%. Pada variasi 3% SiC+250 rpm nilai Sedangkan setelah diadakan variasi penambahan 1% SiC + 250 rpm sebesar 40 HV, variasi 3% SiC + 250 rpm sebesar 42,5 HV, nilai keausan sebesar 0,53 mg/s, dan nilai porositas sebesar 0,165%. Pada variasi 5% SiC+250 rpm nilai kekerasan sebesar 39,7 HV, nilai keausan sebesar 0,526 mg/s dan nilai porositas 0,2%. Sedangkan pada variasi 1% SiC+ 350 rpm nilai kekerasan sebesar 41,1 HV, nilai keausan sebesar 0,36 mg/s dan nilai porositas sebesar 0,29%. Pada variasi 3% SiC+350 rpm nilai kekerasan sebesar 43,3 HV, nilai keausan sebesar 0,18 mg/s dan nilai porositas sebesar 0,312%. Pada variasi 5% SiC+350 rpm nilai kekerasa sebesar 46,9 HV, nilai keausan sebesar 0,16 mg/s dan nilai porositas sebesar 0,317%. Fasa α -Al merupakan fasa yang dominan terbentuk, dimana ukuran butir dan batas butir pada variasi 3% SiC+350 rpm memiliki ukuran yang relatif kecil dan lebih merata penyebarannya dalam paduan, sehingga adanya parameter *Stir Casting* dapat membantu penyebaran SiC dalam paduan Aluminium.

Kata Kunci: Aluminium 6061, *Stir Casting*, Serbuk Silikon Karbida

ABSTRACT

RENALDI PARRANGAN. *Casting of Aluminum Matrix Composite (AMC) with Variation of Silicon Carbide (SiC) Reinforcement and Stir Casting Parameters* (supervised by Dr. Muhammad Syahid, ST., MT and Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D.)

The Aluminum Matrix Composite (AMC) method is a method that is often used to improve the mechanical properties of a metal and SiC is used as a reinforcement. In this study, melting of Silicon Carbide (SiC)-reinforced 6061 aluminum with variations of 1%, 3% and 5% SiC addition and Stir Casting speeds of 250 rpm and 350 rpm was carried out using the Semi Solid Stir Casting method, where aluminum was melted at 720°C for 1 hour. After that, it is allowed to stand at room temperature until the temperature is 650 °C in a not too liquid condition with the aim of helping the unification of the matrix and reinforcement. Then SiC powder with variations of 1%, 3% and 5% are mixed into the castings followed by the Stir Casting process with a speed variation of 250 rpm and 350 rpm for 2 minutes. Then, the castings are put back into the Furnance at 720 °C for 30 minutes until the liquid condition is perfect, then argon gas is applied. The samples were then molded on molds that had been heated at 400 °C and then analyzed for mechanical properties and microstructural observations. Based on the test results, before the addition of SiC powder and Stir Casting, the hardness test value was 39.2 HV, wear test was 0.64 mg/s and porosity value was 0.07%. In the 1% SiC + 250 rpm variation, the hardness value is 40 HV, the wear value is 0.54 mg/s and the porosity value is 0.154%. In the 3% SiC + 250 rpm variation, the value after the addition of 1% SiC + 250 rpm was 40 HV, the 3% SiC + 250 rpm variation was 42.5 HV, the wear value was 0.53 mg/s, and the porosity value was 0.165%. In the 5% SiC + 250 rpm variation, the hardness value is 39.7 HV, the wear value is 0.526 mg/s and the porosity value is 0.2%. While in the variation of 1% SiC + 350 rpm the hardness value is 41.1 HV, the wear value is 0.36 mg / s and the porosity value is 0.29%. In the 3% SiC + 350 rpm variation, the hardness value is 43.3 HV, the wear value is 0.18 mg / s and the porosity value is 0.312%. In the 5% SiC + 350 rpm variation, the hardness value is 46.9 HV, the wear value is 0.16 mg / s and the porosity value is 0.317%. The α -Al phase is the dominant phase formed, where the grain size and grain boundaries in the 3% SiC + 350 rpm variation have a relatively small size and are more evenly distributed in the alloy, so that the Stir Casting parameter can help the distribution of SiC in Aluminum alloy.

Keywords: Aluminum 6061, Stir Casting, Silicon Carbida Powder

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Batasan masalah	4
1.5 Manfaat penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Aluminium	6
2.1.1 Aluminium dan paduannya	7
2.1.2 Aluminium 6061	8
2.2 <i>Silicon Carbide</i>	9
2.2.1 Kegunaan <i>Silicon Carbide</i>	10
2.2.2 Komposit	11
2.3 <i>Alluminium Matrix Composites (AMC)</i>	12
2.3.1 Partikel Penguat <i>Alluminium Matrix Composites (AMC)</i>	13
2.3.2 Sifat Pembasahan (<i>Wettability</i>) antara Penguat dan Matrix	14
2.4 Proses Pengecoran <i>Stir Casting</i>	15
2.5 Pembuatan AMC dengan metode <i>stir casting</i>	16
2.5.1 Cetakan logam dan cetakan pasir	16
2.5.2 Kekerasan produk cor Aluminium	17
2.6 Uji Mekanik (<i>Mechanical Test</i>)	19
2.6.1 Pengujian kekerasan (<i>Hardness Test</i>)	19
2.6.2 Pengujian keausan	22
2.6.3 Pengujian porositas	25
2.6.2 Hasil pengamatan metalografi	27

BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Waktu dan Tempat.....	28
3.2 Alat dan Bahan.....	28
3.2.1 Alat.....	28
3.2.2 Bahan.....	32
3.3 Flowchart penelitian.....	34
3.4 Prosedur Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Data Produk Pengecoran.....	40
4.2 Hasil Pengujian Kekerasan (<i>Hardness Test Vickers</i>).....	41
4.3 Hasil Pengujian Keausan.....	44
4.4 Hasil Pengujian Porositas.....	47
4.5 Hasil Pengamatan Metalografi.....	49
BAB V PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 skema dari beragam geometri dan karakteristik spatial dari partikel fasa terdispersi yang dapat memengaruhi sifat dari komposit.....	12
Gambar 2 Alumina.....	13
Gambar 3 <i>Silicon Carbide</i>	13
Gambar 4 Skema sudut kontak pada sifat pembasahan.....	14
Gambar 5 Skema Proses Pembuatan Komposit Metode <i>Stir Casting</i>	15
Gambar 6 Hasil coran cetakan pasir dan cetakan logam.....	17
Gambar 7 Grafik hasil pengujian kekerasan cor aluminium menggunakan cetakan logam dengan menggunakan metode <i>Brinell</i>	17
Gambar 8 Grafik hasil pengujian kekerasan cor aluminium menggunakan cetakan pasir dengan menggunakan metode <i>Brinell</i>	18
Gambar 9 Geometri indenter <i>Brinell</i>	19
Gambar 10 Geometri indenter <i>Vickers</i>	20
Gambar 11 Jejak hasil penekanan indenter.....	21
Gambar 12 Indenter <i>Rockwell</i>	21
Gambar 13 Tampilan skematik pin pada tribosystem cakram untuk pengujian keausan.....	22
Gambar 14 Keausan metode <i>adhesive</i> Cetakan.....	22
Gambar 15 Mekanisme keausan keausan abrasif: <i>two body abrasion</i> , Keausan abrasif: <i>three body abrasion</i>	23
Gambar 16 Mekanisme alat uji keausan abrasif keterangan: P = Beban pengausan, V = Kecepatan perpindahan spesimen, N = Putaran <i>disk</i>	24
Gambar 17 Mekanisme keausan oksidasi.....	25
Gambar 18 Skema pengujian porositas.....	26
Gambar 19 Cetakan Logam.....	28
Gambar 20 Pengaduk dan dapur peleburan.....	29
Gambar 21 <i>Thermogun</i>	29
Gambar 22 Timbangan digital.....	29

Gambar 23 Gelas <i>Beaker</i>	30
Gambar 24 Sarung tangan.....	30
Gambar 25 Jangka sorong.....	30
Gambar 26 Gergaji tangan.....	31
Gambar 27 Alat uji kekerasan.....	31
Gambar 28 Alat uji porositas.....	31
Gambar 29 Aluminium.....	32
Gambar 30 <i>Silicon carbide</i>	32
Gambar 31 Gas argon.....	33
Gambar 32 Tabung gas LPG.....	33
Gambar 33 <i>Flowchart</i> penelitian.....	34
Gambar 34 Produk hasil coran spesimen uji keausan, uji kekerasan dan porositas.....	40
Gambar 35 Spesimen uji kekerasan dan titik pengujian kekerasan.....	41
Gambar 36 Nilai kekerasan aluminium komposit berpenguat SiC dengan variasi penambahan SiC dan kecepatan <i>Stir casting</i>	43
Gambar 37 Spesimen uji keausan.....	44
Gambar 38 Nilai keausan aluminium komposit berpenguat SiC dengan variasi penambahan SiC dan kecepatan <i>Stir casting</i>	46
Gambar 39 Spesimen uji porositas.....	47
Gambar 40 Nilai porositas aluminium komposit berpenguat SiC dengan variasi penambahan SiC dan kecepatan <i>Stir casting</i>	48
Gambar 41 Nilai densitas aluminium komposit berpenguat SiC dengan variasi penambahan SiC dan kecepatan <i>Stir casting</i>	48
Gambar 42 Hasil uji struktur mikro.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Urutan penggunaan berbagai jenis pada logam	6
Tabel 2 Daftar seri paduan aluminium tempa	8
Tabel 3 Komposisi aluminium 6061 berdasarkan fraksi berat (wt%).....	40
Tabel 4 Hasil uji komposisi variasi penambahan serbuk <i>Silicon Carbide</i>	41
Tabel 5 Nilai kekerasan <i>Hardness Vickers</i>	42
Tabel 6 Nilai keausan	45
Tabel 7 Nilai porositas	47

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
Al	Aluminium
Mg	Magnesium
SiC	<i>Silicon Carbide</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Material</i>
<i>W</i>	Laju keausan (<i>Mg/s</i>)
HV	<i>Hardness Vickers</i>
Mpa	<i>Megapascal</i>
AMC	<i>Aluminium Matrix Composite</i>
gr	<i>Gram</i>
wt%	<i>Weight percent</i>
°C	Derajat <i>Celsius</i>
HF	Asam Florida
HCL	Asam Klorida
HNO ₃	Asam Nitrat
RPM	Revolusi per Menit

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Dokumentasi kegiatan penelitian	58
----------	---------------------------------------	----

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur peneliti panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan segala limpah rahmatnya sehingga peneliti dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi ini dengan baik yang dilaksanakan di Laboratorium Pengecoran dan Metalurgi Fisik Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian mengenai Pengecoran *Aluminium Matrix Composite* (AMC) dengan Variasi Penguat *Silicon Carbide* (SiC) dan Parameter *Stir Casting*. Sebagai bentuk syarat dalam menyelesaikan studi pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pada penulisan skripsi ini, peneliti tentu tak lepas dari arahan dan bimbingan dari berbagai pihak dan tidak lepas dari hambatan. Sebagai bentuk pelajaran dan pengalaman selama melaksanakan penelitian ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Israel Sarungu' dan Ibu Agnes Very dan juga kepada saudara saya Irene Juwita Sarungu', Lorensi Priskila Tandi Sarungu', Fidelis Parrangan dan adik terbontot Gracio Gian Sarungu' yang telah membantu, memberi nasehat, motivasi dan semangat untuk peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan kepada peneliti sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah membantu dan memberi arahan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST., MT selaku dosen penguji pada penelitian saya yang senantiasa memberikan koreksi dan saran guna menjadikan penelitian ini lebih baik
5. Kak Rudi, ST., MT, Selaku dosen penguji pada penelitian saya yang senantiasa memberikan koreksi dan saran guna menjadikan penelitian ini lebih baik.

6. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin ST., MT, Selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 7. Bapak dan ibu dosen serta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 8. Rekan saya Donny Anjelias dan Gusti Pala Lomo yang telah membantu selama proses penelitian yang saya lakukan.
 9. Seluruh Kanda-kanda Senior Laboratorium Pengecoran dan Laboratorium Metalurgi Fisik.
 10. Mahasiswa dan mahasiswi program Magister dan Doktoral yang senantiasa jadi teman bertukar pendapat.
 11. Segenap keluarga KMKO Mesin khususnya *Go Deeper* yang selalu bertanya kapan naik hasil.
 12. Sahabat BRUZHLEZZ19, sebagai teman seperjuangan mulai dari mahasiswa baru sampai sekarang.
 13. Segenap keluarga Pertek J34 yang selalu menemani dalam susah dan duka.
- Demikian penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca maupun bagi peneliti.

Makassar, 23 November 2023

Peneliti

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aplikasi material berbasis logam pada dunia industri cukup menjanjikan di Indonesia, dengan terus berkembangnya industri otomotif serta kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor, komponen permesinan, dan bidang lainnya. Industri logam berbasis material komposit di Indonesia pada umumnya masih menggunakan material yang di import , seperti logam aluminium. Aluminium merupakan salah satu logam yang banyak diminati dan digunakan dalam dunia perindustrian. Tidak hanya itu, dalam perkembangan dunia penelitian, logam aluminium juga sering menjadi objek banyak riset. Hal ini disebabkan karena sifat aluminium mudah di-machining, difabrikasi, forming, tahan korosi, penghantaran listrik dan panas yang sangat baik (Benjamin, W.N. et,al 1989).

Pemakaian aluminium khusus pada industri otomotif yang terus meningkat sejak tahun 1980 (Budinski, 2001), dan seiring meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia. Banyak komponen otomotif yang terbuat dari paduan aluminium, diantaranya adalah *piston*, blok mesin, *cylinder head valve* dan lain sebagainya. Aluminium memiliki beberapa kelebihan dari pada logam lainnya. Penggunaan paduan aluminium untuk komponen otomotif dituntut memiliki kekuatan yang baik. Agar aluminium mempunyai kekuatan yang baik biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur-unsur seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni dan sebagainya. Mengolah bijih aluminium menjadi logam aluminium (Al) memerlukan energi yang besar dan biaya yang mahal untuk mendapatkan logam aluminium masalah yang utama sebetulnya pada keterbatasan bijih aluminium di alam, karena bijih aluminium merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui.

Paduan aluminium-silikon (Al-Si) digunakan secara luas di bidang otomotif khususnya untuk piston karena memiliki ketahanan aus dan korosi yang baik, koefisien ekspansi termal yang rendah, dan memiliki rasio kekuatan dan berat yang tinggi. Paduan aluminium yang diperuntukkan untuk ketahanan aus

merupakan paduan aluminium dengan dasar sistem paduan aluminium-silikon. (Tjokorda Gde Tirta Nindhia, 2010).

Komposit bermatrik aluminium atau dikenal dengan AMC (*Aluminium Matrix Composite*) adalah salah satu jenis material yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Pada pemanfaatannya AMC banyak digunakan dalam industri otomotif, penerbangan, pertahanan dan lain sebagainya. AMC banyak digunakan pada aplikasi yang membutuhkan performa tinggi, seperti aplikasi dalam permesinan pesawat terbang, juga aplikasi dalam industri otomotif. (Sahin dan Murphy, 1996).

Penelitian Lin dkk. (2010) melakukan pengecoran komposit AlSiC dengan teknik stir casting pada kondisi semi solid dengan menggunakan partikel penguat 10% SiC. *Aluminum Matrik Composites* dengan SiC 10% berhasil dibuat dengan dispersi SiC yang homogen dengan teknik pengadukan pada kondisi semi solid. Hashim dkk. (2001) memvariasikan teknik pengadukan dalam *stir casting*. Ada beberapa poin yang menjadi ketentuan dalam melakukan *stir casting*. Pengadukan mekanik diperlukan untuk meningkatkan *wettability*. Pengadukan pada kondisi cair sempurna mengakibatkan partikel penguat mengapung di permukaan matrik cair. Pengadukan pada kondisi semi solid bisa membantu penyatuan matrik dan penguat, namun harus dipanaskan lagi sampai suhu penuangan. Dalam penelitiannya Ghauri dkk. (2013) menyimpulkan bahwa *wettability* dan distribusi partikel SiC meningkat dengan *stir casting* kondisi *semi solid* dibanding dalam kondisi cair sempurna.

Pada penelitian (Saefuloh Iman, dkk, 2018) Metode yang digunakan untuk pembuatan aluminium komposit yaitu metode stir casting, dengan menggunakan parameter variasi temperatur peleburan 700°, 750°, 800°C, dengan penambahan pembasah Cu 5%, magnesium 12%, dan SiC 15% serta kecepatan pengadukan konstan 600 rpm dan waktu pengadukan 10 menit. Nilai-nilai kekerasan meningkat dengan nilai 90,73 , 95,29 dan 98,37 BHN.

Penelitian untuk mengetahui kekerasan komposit Al-SiC telah beberapa kali dilakukan, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan Viswanatha dkk. (2013) dengan matriks aluminium A356 ditambah grafit sebanyak 3%. Kekerasan tanpa penambahan SiC, penambahan SiC 3%, 6%, dan 9% berturut-

turut adalah 126 VHN, 134 VHN, 139 VHN, dan 143 VHN. Saheb (2011) melakukan penelitian dengan matriks Al-7,2Si. Dengan penambahan partikel SiC 5% dan 10 % masing-masing menghasilkan kekerasan 26 BHN dan 40 BHN. Meena dkk. (2013) meneliti tentang kekerasan komposit Al-SiC dengan matriks Al 6063. Dengan penambahan partikel SiC 5%, 10%, 15%, dan 20% , kekerasan yang diperoleh berturut-turut adalah 65 HRB, 69 HRB, 72 HRB, dan 78 HRB. Dari penelitian tersebut bisa disimpulkan bahwa kekerasan akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar SiC dalam komposit.

Berdasarkan uraian diatas dan literatur yang sudah di baca sebelumnya, penulis tertarik untuk melakukan penelitian serupa namun menggunakan metode pengecoran logam. Oleh karena itu, paduan aluminium biasanya dipilih sebagai matriks MMC dan partikel SiC adalah partikel penguat yang ideal karena keterbasahan yang baik dengan paduan aluminium. Untuk alasan itu, penulis mengangkat judul **“PENGECORAN ALUMINIUM MATRIX COMPOSITE (AMC) DENGAN VARIASI PENGUAT SILICON CARBIDE (SiC) DAN PARAMETER STIR CASTING”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan penguat *Silicon Carbide* pada pengecoran Al/SiC terhadap keausan, porositas dan kekerasan dari produk hasil coran.
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan *Stir* pada pengecoran Al/SiC terhadap keausan, porositas dan kekerasan dari produk hasil pengecoran.
3. Bagaimana pengaruh kecepatan *Stir Casting* terhadap penyebaran *Silicon Carbide* dalam Aluminium hasil uji mikro.

1.3 Tujuan Penelitian

Setelah mengetahui latar belakang dan rumusan masalah diatas, adapun tujuan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi penambahan penguat *Silicon Carbide* pada

- pegecoran Al/SiC terhadap nilai uji keausan, uji Porositas dan uji kekerasan.
2. Menganalisis pengaruh variasi kecepatan *Stir* pada pengecoran Al/SiC terhadap nilai uji keausan, uji porositas dan uji kekerasan.
 3. Menganalisis struktur mikro spesimen hasil pengecoran Al/SiC dengan variasi penambahan serbuk *Silicon Carbide* dan kecepatan *Stir casting*

1.4 Batasan Masalah

Berikut batasan-batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini:

1. Aluminium yang di pakai ialah aluminium 6061
2. Konsentrasi SiC 1%, 3% dan 5%.
3. Menggunakan cetakan logam.
4. Temperatur cetakan 400°C
5. Kecepatan *Stir casting* 250 dan 350 rpm.
6. Temperatur peleburan Aluminium 70°C
7. Waktu pengadukan 2 menit
8. Temperatur penuangan 500°C
9. Temperatur peleburan SiC 600°C

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui sifat mekanik dan kualitas bahan disetiap variasi
2. Mengembangkan metode baru dalam mensintesis logam aluminium komposit berpenguat SiC
3. Dapat diaplikasikan untuk praktikum sintesis logam dalam skala laboratorium.
4. Diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan kajian atau informasi bagi dunia kerja khususnya dalam mensintesis aluminium komposit berpenguat SiC.
5. Sebagai bahan referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan

penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan tentang landasan teori dan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang berhubungan dengan tema penelitian dan dasar-dasar teori yang mendukung penelitian.

BAB III : Metode Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tempat, metode pengumpulan data, alat dan bahan yang digunakan, diagram alir penelitian serta prosedur penelitian.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini berisikan tentang pembahasan dari hasil penelitian disertai dengan tabel dan grafik yang didapat selama melakukan pengambilan data.

BAB V : Penutup

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan serta saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam *non ferro* yang memiliki sifat ringan dan tahan karat. Aluminium dipakai sebagai paduan berbagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekanisnya dan mampu cornya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silikon, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya yang dapat merubah sifat paduan aluminium (Surdia, 1991).

Logam aluminium merupakan bahan teknik yang paling menjanjikan setelah baja untuk masyarakat modern karena banyak digunakan untuk pengemasan makanan, transportasi, konstruksi, otomotif, dan lainnya (K. Paramasivam, M. Vijay Anand, et.al 2021). Aluminium mempunyai karakteristik ringan, ketahanan korosi yang tinggi, dan memiliki sifat kemampuan untuk pengecoran yang baik (S. Otarawanna and A. K. Dahle,, et.al 2010).

Tabel 1 Urutan Penggunaan Berbagai Jenis Pada Logam (Sonawan dkk 2003).

Unsur logam	Jumlah (ton)
Fe	700.000
Al	18.000
Cu	85.000
Zn	6.000
Pb	4.500
Ni	600
Sn	250
Mg	250
Ti	40
Plastik	65.000

Aluminium adalah logam ringan yang memiliki sifat tahan terhadap ketahanan korosi dan konduktivitas listrik yang baik (F. Ettemeyer et al, 2020). Penggunaan Al masa depan diharapkan dapat dibuka secara luas sebagai bahan utama dan bahan pendukungnya, dengan ketersediaan bibit Al di tanah yang melimpah. Al

dapat digunakan untuk peralatan rumah tangga, bahan pesawat terbang, otomotif, kapal, konstruksi dan lain-lain (J.R.Davis, S.K.Rao, et.al 2005). Produk aluminium bisa diproduksi melalui proses casting dan forming. Al adalah elemen umum yang ditemukan di kerak bumi dan merupakan elemen paling melimpah ketiga setelah oksigen (O) dan silikon (Si) (E.A. Starke, 2000).

Kelebihan Al dibandingkan dengan logam lainnya adalah Al memiliki gravitasi spesifik rendah yang membuat material ini ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik karena fenomena pasivasi 20 (I.J.Polmear, et.al 1988). Untuk memperbaiki sifat mekanik, elemen lainnya ditambahkan ke Al. Sifat berikut seperti ketahanan terhadap korosi; Sifat fluiditas yang baik; Suhu leleh yang cukup rendah (650°C - 750°C); Sifat mekanik yang bergantung pada unsur lain atau perlakuan panas; Tidak beracun; Konduktivitas listrik yang baik; Dan mudah dilakukan mesin diinginkan dalam penggabungan Al (M.J.Couper, et.al 1988).

2.1.1 Aluminium dan paduannya

Berdasarkan metode peleburannya, paduan aluminium dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu paduan tempa (*wrought*) dan paduan tuang (*casting*). Jenis paduan aluminium saat ini sangat banyak dan tidak menutup kemungkinan ditemukannya lagi jenis paduan aluminium baru, oleh karena itu dibuat sistem penamaan sesuai dengan komposisi dan karakteristik paduan aluminium tersebut untuk memudahkan pengklasifikasinya.

Paduan tempa yang dapat diperkuat lewat perlakuan panas adalah kelas 2xxx, 6xxx, 7xxx, dan beberapa jenis dari kelas 8xxx. Beberapa kombinasi penambahan unsur pepadu, mekanisme penguatannya, serta perkiraan nilai kekuatan yang dapat dicapai (Hatch, 1984). Paduan aluminium dalam seri 6xxx (6061 dan 6063) mengandung silikon dan magnesium sekitar dalam proporsi yang diperlukan untuk pembentukan magnesium silisida (Mg_2Si), sehingga membuat paduan ini memiliki mampu perlakuan panas yang baik. Meskipun tidak sekuat pada paduan 2xxx dan 7xxx, paduan aluminium seri 6xxx memiliki sifat mampu bentuk yang baik, mampu las, mampu mesin, dan ketahanan korosi yang relatif baik dengan kekuatan sedang.

Tabel 2 seri paduan aluminium tempa

Paduan Tuang	Penandaan n
Aluminium (min.) 99.00%	1XX.X
Tembaga	2XX.X
Silikon, Tembaga dan Magnesium	3XX.X
Silikon	4XX.X
Magnesium	5XX.X
Seng	7XX.X
Timah Putih	8XX.X

Untuk paduan aluminium seri 6xxx yang memiliki unsur paduan utama Al-Mg-Si, dalam sistem klasifikasi *AA* dapat diperoleh paduan Al 6063 dan Al 6061. Paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan–paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagainya. Paduan 6063 dipergunakan untuk rangka–rangka konstruksi, maka selain dipergunakan untuk rangka konstruksi. Sedangkan paduan aluminium seri 6061 adalah salah satu jenis material yang banyak penerapannya pada industri maju karena memiliki keunggulan dari berbagai sisi yaitu seperti kemampuan permesinan yang baik, penyelesaian permukaan sempurna, kekuatan yang tinggi dan ringan, serta tahan terhadap korosi.

Aluminium telah digunakan secara luas untuk komponen yang membutuhkan bobot ringan dan ketahanan korosi baik, termasuk dalam komponen industri pesawat terbang. Aluminium telah menjadi material pilihan untuk industri pesawat terbang sejak 1930. Umumnya, industri pesawat terbang menggunakan Al seri 2xxx dan 7xxx sebagai material untuk komponen pesawat terbang (Subagyo, 2017).

2.1.2 Aluminium 6061

Aluminium 6061 menjadi sebuah alternatif material untuk komponen pesawat terbang, dalam hal ini bagian yang cocok adalah skin pesawat terbang. Tetapi, kelemahan dari Al 6061 dibandingkan dengan Al seri 2xxx dan 7xxx adalah

kekuatan yang jauh lebih rendah. Untuk itu, diperlukan prosedur untuk meningkatkan sifat mekanik Al 6061.

Al 6061 memiliki sifat mekanik yang unggul antara lain bobot ringan, mampu las baik, ketahanan korosi baik serta harga yang murah, tetapi memiliki kelemahan dalam hal kekuatannya. Untuk dapat memenuhi kriteria sebagai komponen pesawat terbang, Al 6061 harus ditingkatkan kekuatannya. Salah satu metode efektif untuk meningkatkan kekuatan adalah dengan canai dingin dan *aging*, sehingga memenuhi kriteria sebagai komponen pesawat, dalam hal ini bagian yang cocok adalah skin sayap pesawat terbang. Al 6061 dilakukan proses canai dingin dengan reduksi 50%, 60%, dan 70% kemudian dilanjutkan dengan *aging* pada temperatur 2000C selama 1800, 3600, 5400, 7200 dan 10.800 detik. Sifat mekanik dan mikrostruktur setelah proses canai dingin dan *aging* dipelajari. Perubahan morfologi mikrostruktur terjadi pada Al 6061, dari mulai *as-received*, setelah proses canai dingin dan setelah *aging*. Aluminium 6061 setelah proses canai dingin menghasilkan *elongated grains*, semakin pipih pada reduksi tertinggi 70%, dan mikrostruktur berubah menjadi *equiaxial* setelah proses *aging*. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan peak fasa Mg₂Si dan Al₂FeSi pada Al 6061 hasil canai dingin dan *aging*. Fasa Mg₂Si dan Al₂FeSi merupakan fasa kedua (presipitat) pada Al 6061. Sifat mekanik diukur dengan uji kekerasan Brinell dan ketahanan aus. Kekerasan dan ketahanan ausnya meningkat. Nilai kekerasan tertinggi dicapai pada sampel dengan reduksi 70% dengan waktu *aging* 5400 detik yaitu sebesar 121 HBN dari nilai kekerasan *as-received* sebesar 65 HBN. Ketahanan aus meningkat dari semula $6,209951 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ pada kondisi *as-received* menjadi $4,775436 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ setelah *aging*. Peningkatan sifat mekanik ini disebabkan oleh *strain hardening* akibat proses canai dingin dan fasa kedua (presipitat) yang dihasilkan setelah *aging*. Di sisi lain, fasa kedua (presipitat) berperan sebagai penghalang pergerakan dislokasi, sehingga menyebabkan meningkatnya sifat mekanik (Mirnawati Dewi, 2016).

2.2 Silicon carbide

Silikon Karbida merupakan senyawa kristalin yang mempunyai sifat mekanik dengan kekerasan paling tinggi dan mempunyai titik leleh tinggi yaitu sekitar

2837°C (Widodo Basuki, 2019)

MMC SiCp/Al dengan paduan Al sebagai matriks dan partikel SiC sebagai fase penguat memiliki sifat komprehensif yang sangat baik. Mereka tidak hanya memiliki sifat matriks aluminium, seperti kepadatan rendah, konduktivitas termal yang baik dan keuletan yang baik, tetapi juga memiliki sifat unggul seperti kekerasan tinggi dan ketahanan aus yang baik (M. Wang, B. Song, et.al 2019). Performa dapat memenuhi persyaratan ringan dan kinerja tinggi untuk kendaraan dirgantara. Oleh karena itu, bahan SiCp / Al banyak digunakan dalam industri mobil dan pesawat terbang, aplikasi struktural, dan sistem lainnya, terutama di bidang penerbangan. Hal ini menjadi salah satu arah utama pengembangan MMC (A.P. Reddy, et.al 2017). Oleh karena itu, paduan aluminium biasanya dipilih sebagai matriks MMC dan partikel SiC merupakan partikel penguat yang ideal karena memiliki keterbasahan yang baik dengan paduan aluminium. Karena keunggulan gabungan dari matriks aluminium dan penguatan oleh partikel SiC, silikon karbida dan komposit matriks aluminium (SiCp/Al MMC) memiliki tren aplikasi yang potensial.

Silikon karbida atau juga dikenal dengan Carborundum adalah suatu turunan senyawa silikon dengan rumus molekul SiC, terbentuk melalui ikatan kovalen antara unsur Si dan C. Silikon karbida merupakan salah satu material keramik non-oksida paling penting, dihasilkan pada skala besar dalam bentuk bubuk (*powder*), bentuk cetakan, dan lapisan tipis. Teknik untuk membentuk bubuk SiC menjadi bentuk keramik dengan menggunakan agen pengikat, kemudian memberi pengaruh yang besar terhadap nilai komersial SiC. Sekarang ini, SiC merupakan salah satu material yang memiliki kegunaan yang besar dan memiliki peranan penting dalam berbagai industri seperti industri penerbangan, elektronik, industri tanur, dan industri-industri komponen mekanik berkekuatan tinggi. Umumnya, industri metalurgi, abrasif dan refraktori juga merupakan pengguna SiC dalam jumlah paling besar (Kirk, R.E dan Othmer 1981).

2.2.1 Kegunaan *silicon carbide*

Aplikasi silikon karbida (SiC) dalam industri karena sifat mekaniknya yang sangat baik, konduktivitas listrik dan termal tinggi, ketahanan terhadap oksidasi kimia

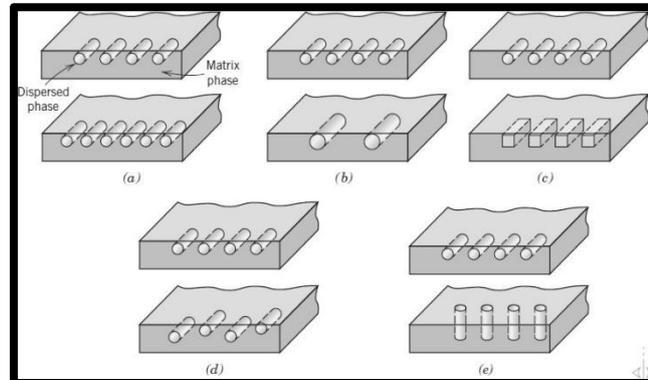
sangat baik, dan SiC berpotensi untuk fungsi keramik atau semikonduktor temperatur tinggi. SiC juga memiliki sifat-sifat penting sebagai berikut: unggul tahan oksidasi, unggul tahan rayapan, kekerasan tinggi, kekuatan mekanik baik, *Modulus Young* sangat tinggi, korosi baik dan tahan erosi, dan berat relatif rendah. Material material mentah SiC relatif murah, dan dapat dibuat dalam bentuk-bentuk kompleks, dimana memungkinkan disiasati melalui proses fabrikasi konvensional. Hasil akhir mempunyai harga kompetitif disamping menawarkan keuntungan - keuntungan teknis yang unggul dan berdaya guna lebih dari material - material penyusunnya (Suparman, 2010).

2.2.2 Komposit

Komposit, sebagai bahan yang relatif baru, masih belum memiliki definisi yang diterima secara umum. Komposit adalah dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bahan yang berbeda. Konstituen dasarnya memiliki karakteristik yang berbeda dan sifat, sedangkan senyawa menyajikan sepenuhnya bahan baru. Bahan ini memiliki keunikan tersendiri, sifat yang benar-benar baru dan berbeda dalam kaitannya dengan komponen penyusunnya. Tujuan dari bahan ini peracikan adalah untuk meningkatkan struktur, tribologi, termal, kimia, atau sifat material lainnya. Komponen penyusunnya tidak bercampur dan larut di antara satu sama lain, sehingga ada dua atau lebih fase di dalamnya material komposit (Vencl, A.; Rac et.al 2004).

Secara umum, material komposit terbuat dari matriks, konstituen dengan bagian kuantitas terbesar dalam kaitannya dengan komponen lain dan bahan penguat yang digunakan dalam untuk mendapatkan sifat yang diproyeksikan. Dalam hal logam komposit matriks, aluminium dan paduannya secara luas digunakan. Tetapi paduan aluminium memiliki cacat tertentu seperti koefisien muai panas yang tinggi dan tidak memadai karakteristik tribologi. Kekakuan dan kekuatan yang lebih tinggi, ketahanan terhadap kelelahan, serta peningkatan karakteristik tribologi, diperoleh dengan penambahan memperkuat dan meningkatkan material yang tepat dan dengan itu, pemodelan komposit aluminium tertentu. Sebagai penguat bahan, SiC, Al₂O₃ dan grafit biasanya digunakan (Stojanovic, B et.al 2003).

Geometri fasa terdispersi yang dimaksud adalah bentuk dari partikel dan ukurannya, penyebarannya, dan orientasinya. Karakteristik ini digambarkan dalam Gambar 1



Gambar 1 Skema Dari Beragam Geometri dan Karakteristik Spatial Dari Partikel Fasa Terdispersi yang Dapat Memengaruhi Sifat Dari Komposit : (A) Konsentrasi, (B) Ukuran, (C) Bentuk, (D) Distribusi, dan (E) Orientasi (Widodo, Basuki 2019)

2.3 Aluminium matrix composites (AMC)

Aluminium Matrix Composite adalah salah satu material komposit berbasis logam yang menggunakan aluminium sebagai bahan matriksnya. Keunggulan dari aluminium adalah memiliki nilai kekakuan yang tinggi, ketahanan leleh yang tinggi, dan proses pembuatan yang relatif rendah. Komposit aluminium telah dikembangkan selama beberapa tahun dan memiliki variasi yang berbeda – beda dan telah dicoba dengan beberapa variasi tepat. Penguat itu termasuk *continuous fibre*, *monofilamen* dan *multifilamen*, *short fiber*, *whiskers*, dan partikulat.

Aluminium Matrix Composites (AMC) adalah jenis material komposit logam dimana aluminium sebagai matriksnya dengan Cuprum (Cu), Silikon karbida (SiC) dan Magnesium (Mg) sebagai penguat dari matrik Aluminium. AMC mempunyai prospek pengembangan yang cukup menjanjikan, didasari oleh sifat-sifatnya yang baik, seperti kekerasan dan kekuatan yang tinggi, dan bahan dasar yang mudah didapatkan (Junaedi H, 2003).

Penelitian terbaru (Mohamad M, Marzuki HFA et.al 2014) telah menunjukkan bahwa komposit matriks aluminium (AMC) memiliki sifat potensial yang diinginkan seperti kekuatan dan kekakuan spesifik yang tinggi, yang diperlukan ketahanan aus untuk menahan sifat abrasif dibandingkan dengan bahan

monolitik yang diminta oleh industri otomotif dan kedirgantaraan untuk aplikasi tribologi. Peneliti lain (Khan MAR et.al 2003) menunjukkan bahwa silikon karbida (SiC) adalah penguat yang ideal kandidat yang ideal untuk beberapa bahan matriks, termasuk aluminium karena sifatnya yang kemampuan untuk meningkatkan kekuatan, modulus, stabilitas termal, dan ketahanan aus abrasif dari bahan matriks.

2.3.1 Partikel penguat *aluminium matrix composites*

a. Al₂O₃ (Alumina)

Alumina adalah oksida aluminium dari senyawa kimia pada aluminium dan oksigen dengan rumus kimia Al₂O₃. Beberapa sifat penting dari alumina adalah: kekerasan tinggi, kekuatan tinggi, dan titik lebur tinggi.



Gambar 2 Alumina (D Hart, Leroy 1990)

b. *Silicon Carbide* (SiC)

SiC (*Silicon Carbide*) merupakan senyawa kristalin yang mempunyai sifat mekanik dengan kekerasan paling tinggi dan mempunyai titik leleh tinggi yaitu sekitar 2837°C.

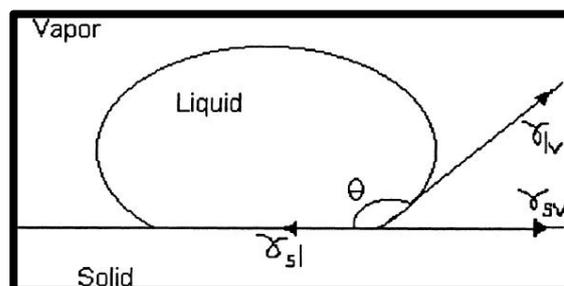


Gambar 3 *Silicon Carbide*

Silikon karbida atau juga dikenal dengan Carborundum adalah suatu turunan senyawa silikon dengan rumus molekul SiC, terbentuk melalui ikatan kovalen antara unsur Si dan C. Silikon karbida merupakan salah satu material keramik non-oksida paling penting, dihasilkan pada skala besar dalam bentuk bubuk (*powder*), bentuk cetakan, dan lapisan tipis. Teknik untuk membentuk bubuk SiC menjadi bentuk keramik dengan menggunakan agen pengikat, kemudian memberi pengaruh yang besar terhadap nilai komersial SiC. Sekarang ini, SiC merupakan salah satu material yang memiliki kegunaan yang besar dan memiliki peranan penting dalam berbagai industri seperti industri penerbangan, elektronik, industri tanur, dan industri-industri komponen mekanik berkekuatan tinggi. Umumnya, industri metalurgi, abrasif dan refraktori juga merupakan pengguna SiC dalam jumlah paling besar (Kirk, R.E et.al 1981).

2.3.2 Sifat pembasahan (*Wettability*) antara penguat dan matriks

Wettability bisa didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu cairan untuk menyebar pada permukaan yang padat. Besarnya sudut kontak (θ) pada penjelasan pada Gambar 4 menjelaskan sifat pembasahan (*wettability*), yakni (a) $\theta = 0^\circ$, pembasahan yang sempurna, (b) $\theta = 180^\circ$, tidak terjadi pembasahan, dan (c) $0^\circ < \theta < 180^\circ$, pembasahan sebagian.



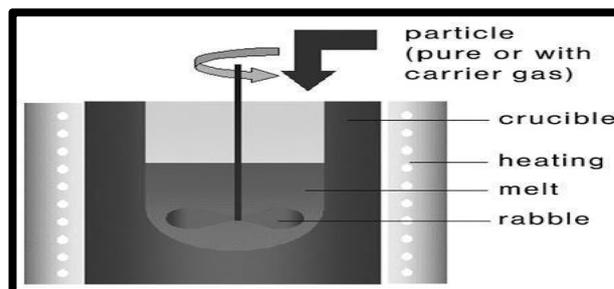
Gambar 4 Skema Sudut Kontak Pada Sifat Pembasahan (Satyanarayana, K.G 1992)

Dalam bidang pengecoran material MMC, *wettability* partikel penguat oleh matriks paduan adalah parameter yang penting. *Wettability* didefinisikan sebagai kemampuan cairan untuk menyebar membasahi permukaan material padat. Kontak yang bagus antar partikel keramik solid dengan matriks hasil pengecoran menandakan bahwa cairan bisa membasahi fasa padat partikel penguat. Permasalahan *wettability* tersebut disebabkan dua hal yaitu sifat kimia permukaan

dan tegangan permukaan. Sifat kimia permukaan partikel meliputi kontaminasi maupun oksidasi. Namun partikel penguat sulit untuk dibasahi oleh logam cair. Ada beberapa cara yang bisa digunakan untuk meningkatkan *wettability* partikel, yaitu dengan penambahan elemen pengaktif permukaan ke dalam matriks, semisal unsur magnesium Mg, pelapisan atau oksidasi partikel keramik, pembersihan partikel, dan perlakuan *pre-heat* pada partikel.

2.4 Proses pengecoran *stir casting*

Proses Pengecoran *Stir Casting* adalah salah satu teknik pembuatan material komposit aluminium yang membutuhkan biaya yang cukup murah. Cara ini juga memiliki kelebihan dari jenis material yang akan dibuat, dan bisa membuat komposit hingga 30% volume fraksi penguat dengan ikatan matriks logam dan penyebaran partikel penguat yang lebih baik karena proses pengadukan yang dilakukan selama pembuatan komposit.



Gambar 5 Skema Proses Pembuatan Komposit Metode *Stir Casting* (Widodo, Basuki 2019)

Proses *stir casting* merupakan salah satu proses pembuatan komposit dalam kondisi cair yang paling sederhana. Prinsip dari proses *stir casting* adalah penyatuan partikel penguat ke dalam logam cair dengan pengadukan secara mekanik diatas garis *liquidus*, lalu dituangkan ke dalam cetakan. Keuntungan dari proses ini adalah mampu menggabungkan partikel penguat yang tidak dibasahi oleh logam cair. Bahan yang tidak dibasahi tersebut terdistribusi oleh adanya gaya pengadukan secara mekanik yang menyebabkan partikel penguat terperangkap dalam logam cair (Mathur and Barnawal, 2013).

Metode pembuatan ini merupakan metode yang paling sederhana, relatif

lebih murah dan tidak memerlukan peralatan tambahan. Namun proses *stir casting* ini kadangkala mengalami beberapa kendala diantaranya adalah distribusi partikel yang kurang homogen dan *wettability* aluminium terhadap beberapa jenis keramik yang kurang baik. Ketidakhomogenan mikrostruktur disebabkan oleh penggumpalan partikel penguat (*clustering*) dan pengendapan selama pembekuan berlangsung akibat perbedaan densitas matrik dan penguat, terutama pada fraksi volume partikel tinggi. Secara umum fraksi volume penguat hingga 30% dan ukuran partikel 5 – 100 μm dapat disatukan kedalam logam cair dengan metode *stir casting*. Parameter yang dapat mempengaruhi dalam proses *stir casting* yaitu: kecepatan pengadukan, temperatur pengadukan, perlakuan panas terhadap penguatnya, waktu pengadukan dan kecepatan penuangan serbuk (Khairil, R, A., 2005).

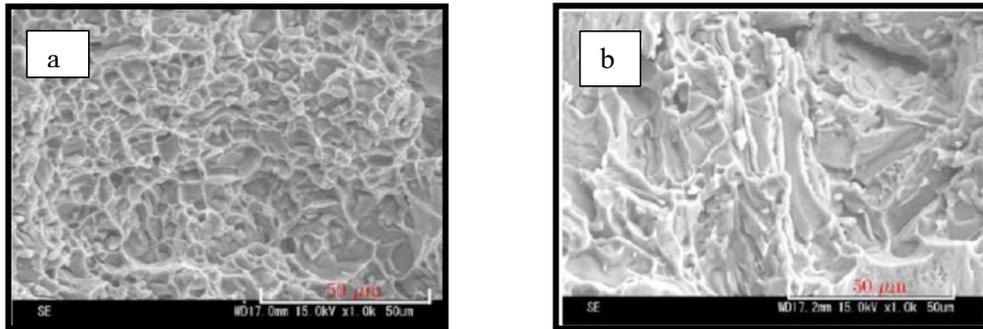
2.4.1 Pembuatan AMC dengan metode *stir casting*

Dalam pembuatan AMC bahan yang digunakan adalah matrik aluminium sebagai matrik dan serbuk Cu, Mg dan SiC sebagai *reinforced*. Serbuk Cu, Mg dan SiC dengan variasi persentase 5%, 12%, 15% dicampur dengan matrik aluminium. Matrik aluminium dimasukkan ke dalam *furnace* dan dipanaskan sampai suhu 7000C, 7500C dan 8000C pada saat aluminium sudah mencair turunkan masukkan Cu, Mg dan SiC kedalam *furnace* dan diaduk seiring suhu dinaikkan sampai 7000C, 7500C dan 8000C kemudian di tuang ke dalam cetakan. Dari hasil pengecoran kemudian diuji kekuatan tarik, kekerasan brinell, kekuatan impak dan pengamatan struktur mikro (Saefulloh Iman, 2018)

2.4.2 Cetakan logam dan cetakan pasir

Bahan cetakan bervariasi. Beberapa diantaranya dibuat dari bahan pasir, semen, keramik, dan logam. Masing-masing bahan cetakan ini akan memberikan pengaruh terhadap kualitas logam cair. Kualitas ini terutama mengenai sifat mekanik dan cacat yang terbentuk selama proses penuangan dan pembekuan. Hal ini berpengaruh sangat penting terutama pada komponen-komponen mesin yang bergerak dan memerlukan keamanan yang tinggi. Cetakan logam dan cetakan pasir sering digunakan karena untuk mengontrol kecepatan pembekuan

logam cair. Pada cetakan logam, proses pembekuan berlangsung cepat sehingga meningkatkan kekuatan dan kekerasan logam. Sedangkan pada cetakan pasir, proses pembekuan lebih lambat, sehingga meningkatkan keuletan logam. Pada Gambar 6 ditunjukkan perbedaan besar butir dan yang mengalami patah transgranular aluminium coran yang dicetak dengan menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam.

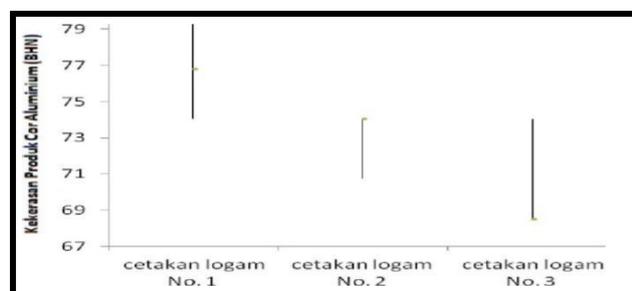


Gambar 6 (a) Hasil coran cetakan pasir (b) Hasil coran cetakan logam (Kusuma Pratiwi, 2012)

Gambar 6 permukaan patahan aluminium coran yang dikenai kombinasi tegangan tarik dan tegangan geser pada spesimen *butterfly* pada sudut $\alpha+20^\circ$. Hasil menunjukkan bahwa kekerasan dan porositas produk cor yang menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam bervariasi. Porositas ini berasal dari gelembung-gelembung gas yang larut dan terperangkap selama proses pencairan dan penuangan (Diah Kusuma Pratiwi, 2012).

2.4.3 Kekerasan produk cor aluminium

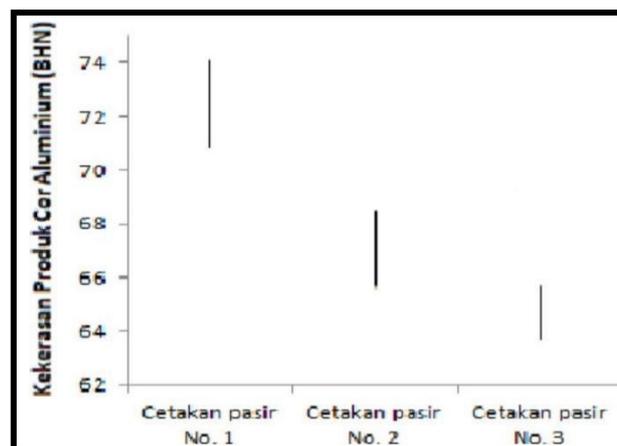
Pengujian kekerasan untuk produk cor aluminium yang menggunakan cetakan logam menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran cetakan kekerasan semakin tinggi. Grafik hasil pengujian kekerasan ini di tujukkan pada gambar 7 berikut ini.



Gambar 7 Grafik hasil pengujian kekerasan coran aluminium menggunakan cetakan logam dengan menggunakan metode brinell (Diah Kusuma Pratiwi, 2012)

Semakin besar ukuran spesimen, kekerasan menurun. Hal ini berhubungan dengan besar butir. Pada spesimen yang lebih kecil proses pembekuan berlangsung cepat, sehingga pembesaran butir sangat lambat. Sedangkan pada spesimen yang lebih besar mengalami pembesaran butir yang cepat, sehingga ukuran butir menjadi lebih besar. Pada butir yang berukuran kecil, luas permukaan yang menghalangi deformasi plastis akibat gaya dari luar lebih besar. Sehingga kekerasan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan butir yang masih sempat tumbuh pada spesimen nomor 2 dan nomor 3 yang lebih besar. Kekerasan produk cor aluminium yang menggunakan cetakan logam berkisar antara 79,61–68,49 BHN.

Grafik hasil uji keras pada produk cor aluminium yang menggunakan cetakan pasir menunjukkan bahwa angka kekerasan yang paling tinggi adalah 74,67 BHN dan yang paling rendah adalah 63,69 BHN. Hal ini disebabkan karena konduktivitas panas pasir yang hanya 1,93–2,90 W/m.K menyebabkan proses pembekuan lebih lambat dibandingkan dengan cetakan baja yang mempunyai konduktivitas panas 36–55W/m.K. Selain itu, semakin besar ukuran cetakan maka proses perpindahan kalor selama pembekuan menjadi lebih lambat lagi. Sehingga semakin besar ukuran spesimen, kekerasan semakin menurun. Hal ini ditunjukkan pada gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Grafik hasil pengujian kekerasan coran aluminium menggunakan cetakan pasir dengan menggunakan metode brinell (Diah Kusuma Pratiwi, 2012)

Pada penelitian ini kami akan menggunakan cetakan logam karena mengacu pada uraian di atas dan penelitian yang telah ada sebelumnya.

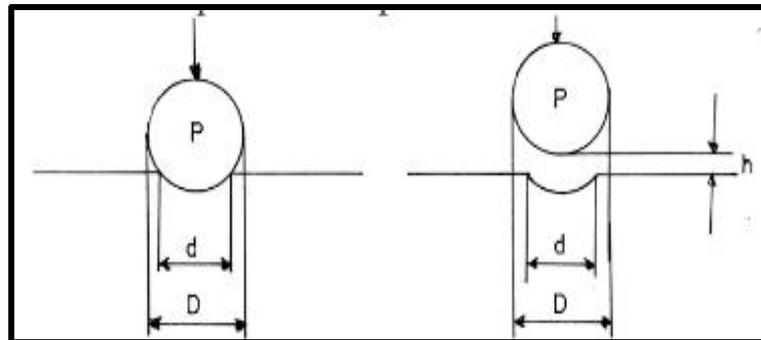
2.5 Uji Mekanik (*Mechanical Test*)

2.5.1 Pengujian kekerasan atau *hardness test*

Pengujian kekerasan adalah jenis pengujian mekanik yang penting untuk logam *ferrous* dan *non ferrous*. Tujuan pengujian kekerasan adalah untuk mengetahui ketahanan dari deformasi plastis, bila diberikan beban/gaya dari luar. Prinsip pengujian kekerasan terhadap spesimen uji yang permukaannya telah dipreparasi dilakukan penekanan dengan indenter. Beban yang digunakan untuk setiap jenis logam adalah berbeda, tergantung terhadap metode pengujian dan pengukuran yang digunakan. Ada tiga metode pengujian yang paling sering digunakan untuk logam yaitu, Metode *Brinell*, Metode *Vickers* dan Metode *Rockwell*.

a. Metode *Brinell*

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan indenter yang berbentuk bola dengan beban dan waktu tertentu, seperti terlihat pada Gambar 9 Harga kekerasan diperoleh dari persamaan berikut ini :



Gambar 9 Geometri Indentor *Brinell*

$$H = \frac{2P}{[\pi D(\sqrt{D^2 - d^2})]} = \frac{P}{D \cdot h} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

P= Beban bola penekanan yang diberikan (Kgf),

D= Diameter bola penekanan (mm),

d= Diameter jejak (mm).

Pemilihan diameter bola dan besar beban tergantung pada jenis logam serta ketebalannya. Perubahan indenter akan diikuti dengan perubahan beban akan didapatkan Hb yang sama.

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2} \dots\dots\dots (2)$$

Jika D terlalu besar dan P terlalu kecil, maka bekas lekukan akan terlalu kecil sehingga sukar diukur dan akan memberi informasi yang keliru. Jika D terlalu kecil dan P terlalu besar dapat berakibat amblasnya bola, sehingga memberikan harga kekerasan yang keliru.

Beberapa parameter penting yang mempengaruhi harga kekerasan *Brinell*:

- 1) Kekerasan permukaan.
- 2) Posisi spesimen saat pengujian.
- 3) Kebersihan permukaan spesimen.

b. Metode *Vickers*

Pengujian dengan metode ini prosesnya sama dengan metode *Brinell* yang berbeda hanya pada bentuk indentor yaitu berbentuk piramida bujur sangkar dengan sudut puncak 136 derajat terbuat dari intan, seperti terlihat pada Gambar 9.

Harga kekerasan *Vickers* diperoleh dengan rumus:

$$H_v = \frac{2P \sin\left(\frac{O}{2}\right)}{L^2} = \frac{1,854 \cdot P}{L^2} \dots\dots\dots (3)$$

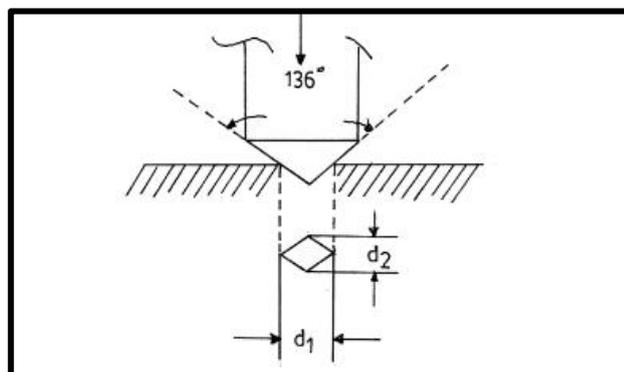
dengan :

P = Beban yang diberikan (kg),

L = Diagonal rata-rata (mm) = $(d_1 + d_2)/2$,

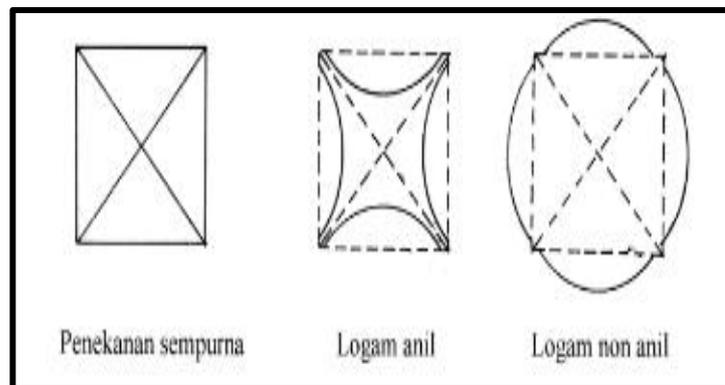
O = Sudut puncak 136 .

Uji kekerasan *Vickers* mempunyai kelebihan dalam jangkauan pemeriksaan yang luas dengan pemakaiannya beban tunggal (HV5–HV1500). Beban yang dipakai biasanya antara 1 (satu)–120 kg.



Gambar 10 Geometri indentor *Vickers*

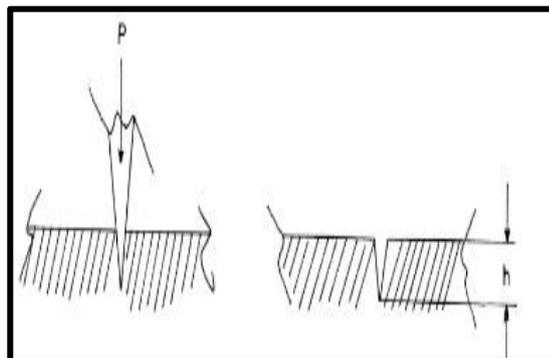
Hasil penekanan akan berbentuk bujur sangkar dengan diagonal yang akan diukur dengan mikroskop, seperti dalam Gambar 11.



Gambar 11 Jejak hasil penekanan indentor

c. Metode *Rockwell*

Pada metode ini digunakan indentor intan yang berbentuk kerucut, seperti terlihat pada Gambar 12. Kerucut akan menekan permukaan logam sedalam “h” dari permukaan. Jarak “h” menentukan kekerasan dari logam uji.



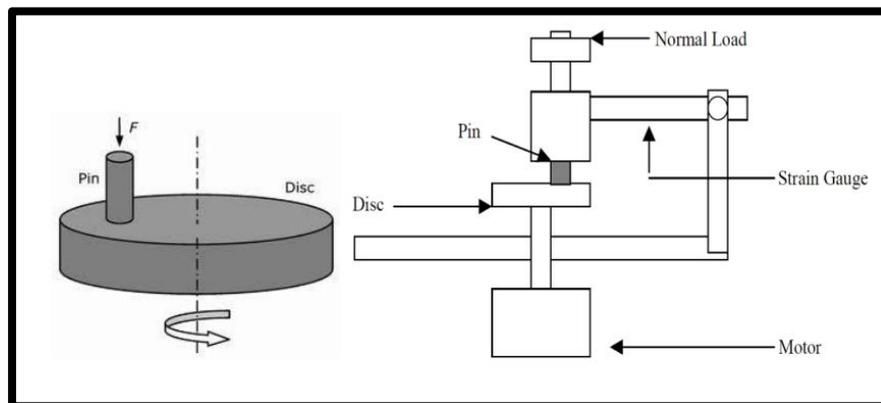
Gambar 12 Indentor *rockwell*

Harga kekerasan diperoleh dari pembacaan langsung pada skala alat pengujian *Rockwell* antara lain:

- Metode *Rockwell C* (HRC), menggunakan indentor kerucut intan sudut 120 dengan diameter ujung 0,2 mm. Beban yang dipakai 150 kg dengan *pre-load* 10 kg. Pengujian untuk *steel* dan *hardened steel* dengan $h > (0,6-0,7)$ mm.
- Metode *Rockwell A* (HRA), Menggunakan indentor sama dengan *Rockwell C* dan beban yang sama pula 150 kg. pengujian untuk material $h < (0,4-6)$ mm.
- Metode *Rockwell B* (HRB), Menggunakan indentor baja bentuk bola dengan diameter 1116” dan beban 100 kg dipakai untuk material *unhardened steel* dan *non ferrous*.

2.5.2 Pengujian keausan

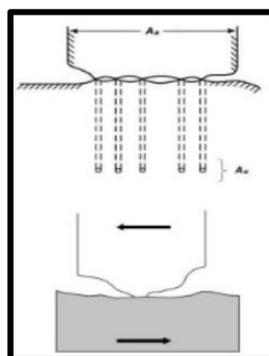
Keausan merupakan suatu kondisi dimana material mengalami kerusakan permukaan secara permanen. Kerusakan permukaan mengakibatkan hilangnya material akibat dari gesekan (friksi) antara permukaan satu dengan permukaan lain yang merupakan, permukaan yang dimaksud merupakan permukaan padatan. Keausan bukanlah sifat dasar dari material, melainkan sebuah respon yang diberikan material terhadap sistem yang ada disekitarnya ketika mengalalai kontak permukaan. Keausan secara garis besar dikelompokkan menjadi keausan adesif, keausan abrasif, keausan korosif dan *surface fatigue* (Rabinowicz, 1995). Pengujian dilakukan menurut ASTM Prosedur standar G4 (MA. Maleque, 2015).



Gambar 13 Tampilan skematik *pin* pada *tribosystem* cakram untuk pengujian keausan (MA. Maleque, 2015).

a. Keausan adhesif (*Adhesive wear*)

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (adhesif) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan/pengoyakan salah satu material, seperti diperlihatkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 14 Keausan metode *adhesive*

Faktor yang menyebabkan *adhesive wear*:

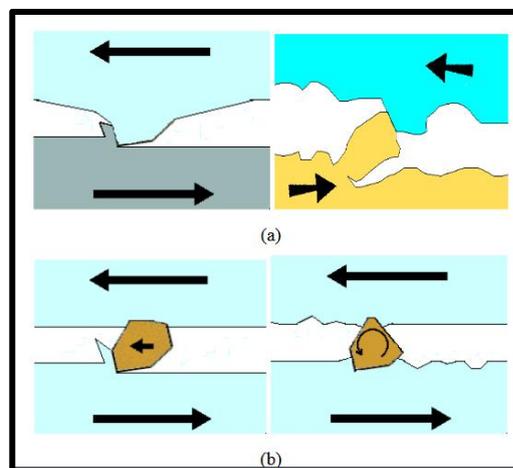
1. Kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa intermetalik.
2. Kebersihan permukaan.

Jumlah *wear debris* akibat terjadinya aus melalui mekanisme adhesif ini dapat dikurangi dengan cara, antara lain :

1. Menggunakan material keras.
2. Material dengan jenis yang berbeda, misal berbeda struktur kristalnya.

b. Keausan abrasif

Keausan abrasif timbul ketika permukaan yang keras, kasar meluncur pada permukaan yang lebih lunak, menusuk ke dalam dan menghasilkan alur-alur. Material dapat hilang dalam bentuk fragmen atau jika tidak, material membentuk sepasang timbunan sepanjang tiap alur. Material dalam timbunan kemudian mudah untuk lepas dari permukaan. Keausan abrasif meliputi partikel yang bergerak di atas permukaan (*two body abrasion*) dan partikel keras yang bergerak di atas dua permukaan yang bergerak (*three body abrasion*).



Gambar 15 Mekanisme keausan: (a) Keausan abrasif: *two body abrasion*, (b) Keausan abrasif: *three body abrasion*

Pada penelitian ini difokuskan masalah pada keausan abrasif, dengan metode pengujian yang digunakan mengikuti metode yang diajukan oleh Bataev (1996) yaitu interaksi antara material padat (*block*) sebagai benda uji yang digesekkan pada *disk* berputar yang dilapisi kertas abrasif. Laju keausan pada pengujian ini dinyatakan sebagai berkurangnya massa atau volume benda uji

setelah mengalami penggesekan (penggerusan akibat kontak antara *disk* yang berputar dan benda uji) tiap satuan waktu, yang dinyatakan dengan:

$$W = \frac{w}{s} \left(\frac{mg}{detik} \right) \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

W = laju keausan

w = berat material yang hilang (mg)

S = waktu total pengujian (detik)

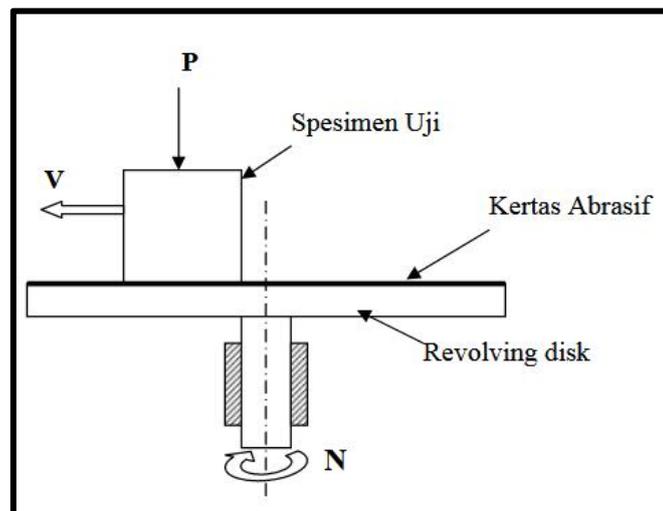
Sedangkan intensitas keausan dinyatakan dengan (Sofanov and Aleksenko,1998):

$$I = \frac{h_1}{L} \frac{mg}{meter} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan:

H = keausan linier yang ditentukan dari perubahan massa spesimen setelah pengujian keausan (mg)

L = jalur lintasan gesek (meter).



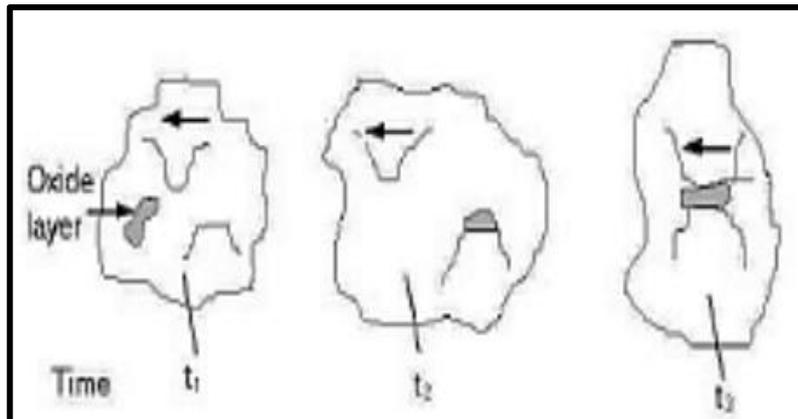
Gambar 16 Mekanisme alat uji keausan abrasif keterangan: P = Beban pengausan, V = Kecepatan perpindahan spesimen, N = Putaran *disk*

c. Keausan Oksidasi/Korosif (*Corrosive wear*)

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk.

Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan *interface* antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh

lapisan permukaan itu akan tercabut.

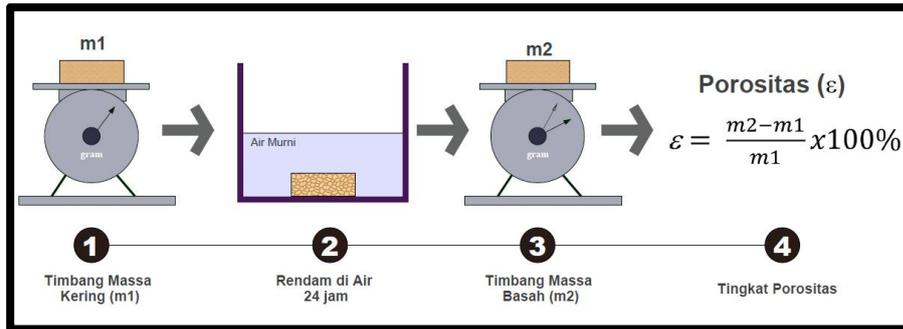


Gambar 17 Mekanisme keausan oksidasi

2.5.3 Uji Porositas

Porositas adalah suatu cacat atau *void* pada produk cor yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas ada penuangan paduan aluminium adalah gas hidrogen. Gas hidrogen ini dapat terbentuk karena logam cair saat proses pengecoran dimulai, dapat beroksidasi dengan gas karbon monoksida dan karbon dioksida. Porositas oleh gas hidrogen dalam benda cetak paduan aluminium silikon akan memberikan pengaruh yang buruk pada kekuatan serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut (Norhadi, 2010). Cacat produk cor dapat dikategorikan atas: *major defect* dan *minor defect*. *Major defect* yaitu cacat produk cor yang tidak dapat diperbaiki, sedangkan *minor defect* adalah cacat yang masih dapat diperbaiki dengan perbaikan ekonomis.

Porositas berhubungan dengan massa jenis (densitas) material. Densitas adalah perbandingan massa terhadap volume. Sebelum dapat menentukan persentase porositas, terlebih dahulu menentuka densitas teoritis dan densitas actual. Porositas dihitung melalui pengukuran massa jenis, melalui pengukuran berat spesimen di udara dan di dalam air murni. Massa jenis aktual spesimen ditentukan dengan menggunakan rumus Archimedes berdasarkan standar ASTM D3800 :



Gambar 18 Skema pengujian porositas

Untuk menentukan porositas spesimen dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Komposit dibersihkan dan dikeringkan, selanjutnya ditimbang untuk mendapatkan massa kering (m_1).
- Sampel direndam didalam gelas beaker berisi air (*aquades*) selama 24 jam pada suhu ruang agar air dapat mengisi pori-pori spesimen.
- Setelah proses perendaman selesai, selanjutnya spesimen ditimbang untuk mengetahui massa basah (m_2)
- Tingkat porositas komposit ditentukan dengan persamaan 4

$$\varepsilon = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (7)$$

dimana:

- ε = porositas (%)
 m_1 = massa kering (gram)
 m_2 = massa basah (gram)

2.5.4 Pengamatan metalografi

Metalografi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan struktur dan keadaan, serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya. Tujuan utama pengujian metalografi adalah untuk mengetahui keadaan/kondisi suatu logam dan paduannya ditinjau dari strukturnya dengan menggunakan mikroskop. Dengan pengujian metalografi, dapat diketahui kondisi suatu logam/paduannya (ulet/rapuh), geometri kristal, susunan atom dan lain-lain. Serta dapat digunakan sebagai salah satu sarana untuk mengetahui kerusakan kegagalan suatu komponen.

Ruang lingkup yang dibahas hanya mencakup dasar-dasar metalografi yang menggunakan berkas kasat mata (terlihat mata). Oleh karena itu disebut juga metalografi cahaya kasat mata atau metalografi optik.

Peralatan yang umum digunakan untuk kegiatan metalografi sebagai berikut:

1. Mesin Gerinda ukuran 100 - 1200 grid untuk meratakan dan menghaluskan.
2. Mesin poles ukuran 600 - 1200 grid untuk menghaluskan
3. Mikroskop optik ukuran 1000X untuk mengetahui struktur mikro dan makro.