

**ANALISIS PENGARUH FRAKSI VOLUME METAL MATRIX COMPOSITE
AL 6063 + MgO DENGAN SISTEM INJECTION MOULDING
TERHADAP SIFAT KETAHANAN AUS**

Djumiadi*

Abstraksi

Pembuatan komposit matrik logam paduan Al-MgO telah banyak dilakukan oleh para peneliti melalui teknik leburan logam (*casting*). Alasan penelitian bidang *Metal Matrix Composite* dengan sistem *injection moulding* adalah karena memungkinkan tercampurnya penguat secara baik dan merata disamping juga bentuk kepresisian produk lebih baik. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan MMCs melalui teknik cetak tekan (*injection moulding*). Sebagai matrik digunakan logam aluminium jenis Al-Mg-Si tipe 6063 dan sebagai penguat menggunakan serbuk magnesium (MgO). Dalam percobaan pembuatan MMCs dengan sistem injeksi ini bahan matrik yang digunakan pada kondisi cair pada temperatur 750°C dan sebagai penguat yang digunakan dalam bentuk serbuk. Fraksi volume yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15%. Pengamatan meliputi pengaruh persen fraksi volume terhadap laju keausan dan pengamatan struktur mikro. Hasil percobaan menunjukkan bahwa persen fraksi volume berpengaruh terhadap perolehan jumlah partikel MgO yang terdispersi dan berpengaruh terhadap besaran laju keausan.

Kata Kunci : Komposit Matrik Logam, *Injection Moulding*, Fraksi Volume, Laju Keausan

PENDAHULUAN

Metal matrix composite (MMCs) sebagai salah satu material yang dikembangkan dan disempurnakan sifat-sifatnya, terus menerus dicoba untuk menjawab tantangan tersebut diatas. Berbagai percobaan dilakukan untuk mendapatkan material *matrik komposit* yang mempunyai karakterisasi yang khusus tersebut dan terbukti semakin banyak konstruksi-konstruksi yang mempergunakan *metal matrix composite*, misal aluminium (Al) sebagai matrik dan C atau SiC sebagai penguat untuk piston mobil.

Berbagai teknik fabrikasi komposit matrik logam kini dikenal dan dipraktekkan pengelompokannya adalah sebagai berikut antara lain teknik metalurgi cair, teknik metalurgi serbuk, serta teknik ikatan difusi

Dari berbagai teknik fabrikasi atau proses pembuatan komposit tersebut masing-masing mempunyai keunggulan serta kekurangan, baik dari biaya proses pembuatan maupun dari sifat-sifat mekanisnya serta disesuaikan dengan bahan matrik dan penguatnya.

Berdasarkan uraian di atas penulis melakukan penelitian yang dapat digunakan sebagai bahan yang bermanfaat pada paduan logam bukan besi yaitu aluminium (Al 6063) dengan magnesia oksida (MgO) karena sangat baik kecairannya dan mudah untuk diproses cetak injeksi. Penelitian yang dilakukan menitik beratkan pada pengaruh fraksi volume pada proses pembuatan komposit matrik Aluminium (Al 6063) dengan penguat magnesia oksida (MgO) yang menggunakan sistem injeksi terhadap sifat ketahanan aus.

* Dosen Jurusan Mesin Fak. Teknik Univ. Merdeka Malang

KAJIAN PUSTAKA

Magnesia Oksida (MgO)

Magnesia Oksida (MgO) adalah termasuk jenis dari bahan keramik yang merupakan persenyawaan hasil dari ikatan ionik yang terjadi antara magnesium (Mg) dan Oksigen (O₂). Magnesia Oksida (MgO) merupakan oksida keramik yaitu oksida tahan api yang sangat bermanfaat. Pada temperatur rendah sampai temperatur sedang, struktur seperti ini adalah isolator listrik, namun pada umumnya akan menjadi konduktif pada temperatur tinggi ketika agitasi termal dari ion-ionnya meningkatkan mobilitas struktur tersebut.

Tabel 1. Karakteristik dan Sifat-sifat fisik dari Magnesia Oksida (MgO)

Material	Karakteristik	Berat Jenis (g/cm ³)	Titik Cair (°C)	Kekuatan Lentur (kg/cm ²)	Koefisien Pemuaian panjang (x 10 ⁻⁶ (1/°C)	Koduktivitas Thermal (°C/mm)
Magnesia Oksida (MgO)	*Konduktivitas termal (baik) *Pemuaian termal (besar)	3,6	2800	2000	11,0	0,1

Aluminium Silikon Magnesium Alloy (seri 6xxx)

Magnesium dan silikon membentuk senyawa magnesium silida (Mg₂ Si) yang akan membentuk *eutektik* pada sistem paduan Mg₂ Si ini yang terjadi setelah *artificial aging* yang memberikan kekuatan tinggi pada paduan ini. Paduan 6053, 6061 dan 6063 memiliki sifat tahan korosi yang sangat baik. Sebagai *casting alloys* pada paduan aluminium silicon-magnesium ini memberikan sifat penuangan yang baik. Kekuatan dan ketahanan korosi yang memuaskan magnesium dan silikon biasanya diberikan yang tepat untuk membentuk magnesium silida itu.

Tabel 2. Sifat-sifat Mekanik Aluminium

Sifat-Sifat	Kemurnian Aluminium (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75%	Dianil	H 18
Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan Mulur (0,2%)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekuatan Brinell	17	27	23	44

Tabel 3. Sifat-sifat Fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Aluminium %	
	99,998	>99,0
Massa Jenis (20 ⁰ C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (Cal/g ⁰ C) (100 ⁰ C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	56 dianil
Tahanan Listrik Koef. Temp. (%)	0,00429	0,0115
Koef. Pemuaian (20 ⁰ -100 ⁰ C)	23,86 \bar{I} 10 ⁻⁶	23,5 \bar{I} 10 ⁻⁶
Jenis Kristal Konstanta Kisi	fcc,a = 4,013 kx	4,04 kx

Cetak Injeksi

Pada dasarnya cetak injeksi mempunyai prinsip yang sama dengan pengecoran cetak tekan, dimana logam cair ditekan masuk kedalam rongga cetak sehingga seluruh rongga cetak terisi dan permukaan benda coran sesuai dengan permukaan rongga cetak. Apabila proses pendinginan pada cetakan selesai, cetakan yang terdiri dari dua bagian dibuka dan benda cetak di keluarkan.

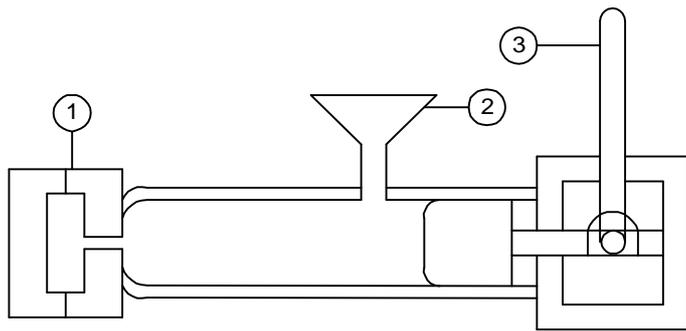
Dikenal dua cara pengecoran cetak injeksi yaitu ruang panas dan ruang dingin. Perbedaan pokok antara kedua cara tersebut terletak pada penempatan tungku peleburan. Pada mesin cetak ruang panas, tungku peleburan terdapat pada mesin dan silinder injeksi terendam dalam logam cair. Sedangkan pada mesin cetak ruang dingin mempunyai tungku peleburan terpisah. Silinder injeksi diisi logam cair dengan tangan atau secara mekanik kemudian logam cair ditekan kedalam rongga cetak.

Proses ini cepat oleh karena cetakan maupun inti bersifat permanen. Selain itu permukaan yang mulus meningkatkan mutu penampilan dan dengan demikian tidak diperlukan proses penyelesaian.

Salah satu keterbatasan pengecoran cetak injeksi ialah harga mesin dan cetakan yang cukup mahal. Hal ini jelas tidak menjadi masalah pada produksi besar-besaran, namun perlu diperhatikan pada pembuatan benda coran dalam jumlah terbatas.

Cetakan (*die*)

Cetakan, baik untuk mesin cetak injeksi dengan ruang panas maupun ruang dingin, pada dasarnya sama konstruksinya. Biasanya cetakan terdiri dari dua bagian untuk memudahkan pengeluaran benda cor, cetakan sebaiknya mempunyai lubang angin atau sumuran untuk menampung logam yang berlebihan. Meskipun demikian biasanya terdapat logam yang lebih yang harus dipotong pada saat penyelesaian.

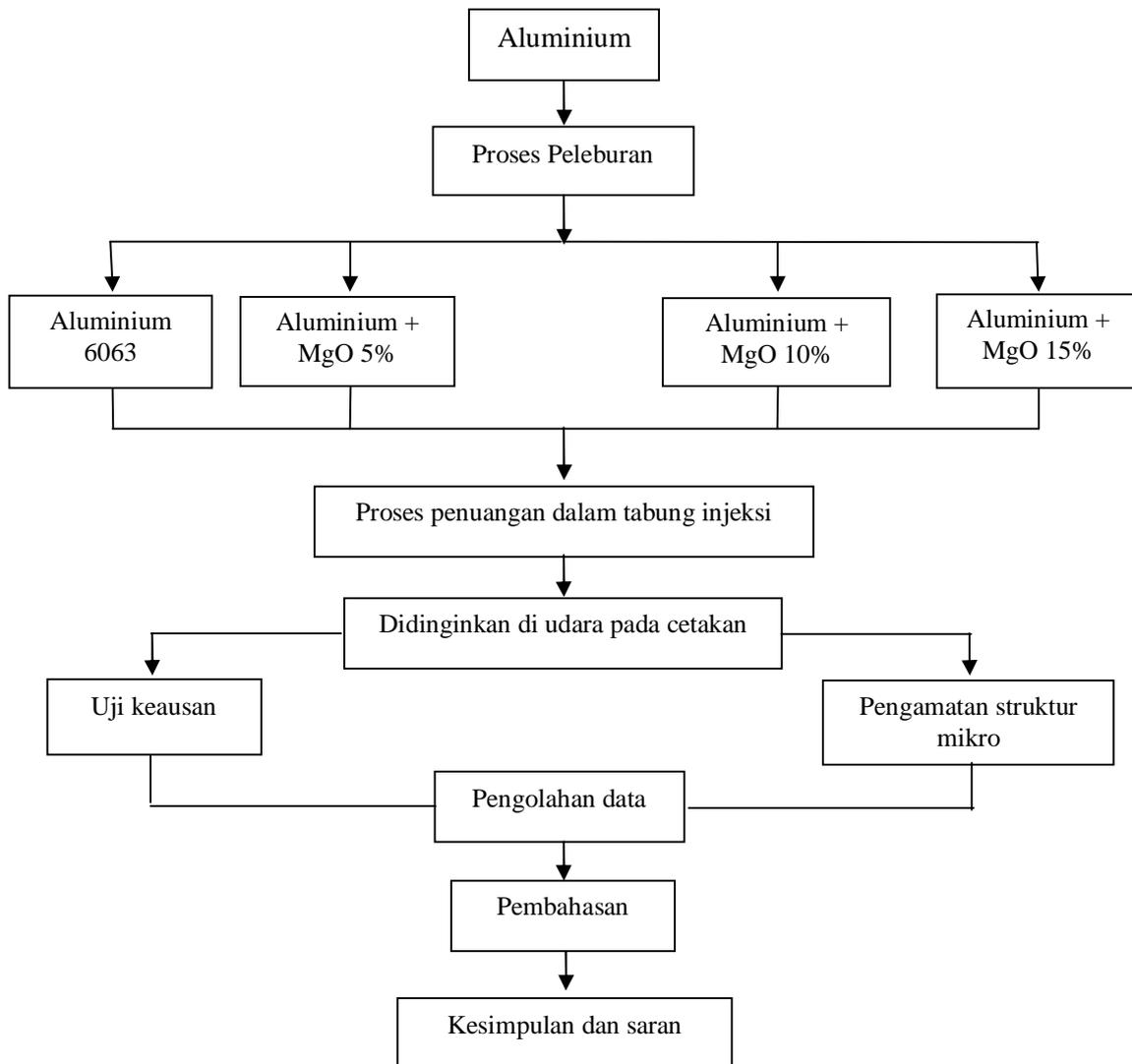


- Ket:
1. Cetakan
 2. Hopper
 3. Tuas Penekan

Gambar 1. Sketsa Mesin Injeksi

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Tahap Penelitian

Penelitian pembuatan komposit Al 6063 + MgO dengan cara proses injeksi dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan, terdiri dari persiapan bahan baku dan peralatan percobaan
2. Melakukan proses perhitungan material Al 6063 dan penimbangan serbuk MgO
3. Melakukan proses peleburan paduan Al 6063 pada suhu (750°C)
4. Selanjutnya dilakukan proses pengadukan dengan cara memberikan penambahan serbuk MgO kedalam logam cair dengan variasi volume fraksi tertentu 5%, 10% dan 15%
5. Melakukan proses penuangan kedalam tabung injeksi
6. Melakukan proses injeksi untuk mendapatkan produk komposit Al 6063 + MgO berbentuk persegi panjang dengan dimensi : 100 \times 30 mm (panjang \times lebar)
7. Setelah proses pembuatan spesimen selesai dilanjutkan dengan melakukan pengujian ketahanan aus dan struktur mikro

Tahap Persiapan

Tahap persiapan adalah mempersiapkan segala sesuatu yang berhubungan dengan percobaan diantaranya adalah :

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam percobaan ini adalah paduan Al 6063 dan serbuk Magnesia Oksida (MgO). Selanjutnya bahan baku tersebut mengalami preparasi sebagai berikut :

1. Perhitungan material
2. Penimbangan partikel MgO

b. Perhitungan material

Pada pembuatan komposit Al 6063 + MgO sebelum dilakukan proses percobaan terlebih dahulu dilakukan perhitungan material. Maksud dilakukan perhitungan material adalah untuk memperkirakan berapa banyak bahan baku yang diperlukan. Pada percobaan ini diperlukan 100 gram paduan Al 6063 setiap satu kali percobaan.

c. Penimbangan Partikel MgO

Penimbangan serbuk Magnesia Oksida bertujuan untuk mendapatkan bentuk ukuran berat yang diinginkan. Proses preparasi adalah sebagai berikut :

1. Letakkan serbuk MgO diatas timbangan yang telah disiapkan.
2. Atur berat partikel MgO sesuai dengan ukuran dari hasil yang telah dihitung sebelumnya.
3. Partikel yang telah ditimbang dimasukkan dalam kantong plastik untuk digunakan sebagai bahan campuran berikutnya.

d. Persiapan peralatan

Peralatan-peralatan yang digunakan pada tahap ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin uji keausan
2. Mesin injeksi
3. Mikroskop logam
4. Timbangan digital Merk "Nagata" EK 1500
5. Jangka sorong
6. Batang pengaduk

Tahap Percobaan

Tahap percobaan adalah merupakan serangkaian tahapan proses yang dilakukan untuk memperoleh produk komposit Al 6063 + MgO yang terdiri dari empat tahapan sebagai berikut :

1. Peleburan paduan Al 6063
2. Proses pengadukan
3. Proses penuangan
4. Proses injeksi

a. Peleburan Paduan Al 6063

Proses peleburan merupakan tahap bagian dari proses injeksi yang bertujuan untuk mencairkan paduan Al 6063. Proses ini dilakukan sebelum mengalami proses pengadukan. Dalam percobaan ini, proses peleburan dilakukan pada temperatur 750°C.

Tahap proses percobaan adalah sebagai berikut :

1. Persipkan bahan baku Al 6063 untuk dilakukan peleburan sesuai kebutuhan.
2. Masukkan bahan tersebut ke dalam dapur peleburan.

b. Proses Pengadukan

Proses ini merupakan proses pencampuran dan pengadukan antara logam cair dan partikel yang berada dalam penyiduk. Tujuan dilakukan proses ini adalah untuk mendapatkan pengendapan dan distribusi partikel yang homogen dalam matrik.

Tahap proses percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Siapkan logam cair paduan Al 6063 dan partikel MgO
2. Tambahkan serbuk MgO kedalam penyiduk yang berisi logam cair paduan Al 6063 dengan besarnya penambahan volume fraksi yang berbeda yaitu 5%, 10% dan 15%
3. Penambahan partikel MgO hendaknya dilakukan secara bertahap untuk menghindari terjadinya penggumpalan

c. Penuangan

Proses penuangan dilakukan dengan memasukkan logam cair ke dalam tabung injeksi dengan cepat dan jangan sampai terputus-putus untuk mendapatkan hasil yang baik

d. Proses injeksi

Setelah penuangan dan paduan aluminium dengan penambahan unsur MgO selesai maka dilakukan proses injeksi dengan cara menekan logam cair masuk ke dalam rongga cetak, kemudian didinginkan di udara, setelah itu cetakan di buka untuk mengeluarkan hasil proses injeksi dari dalam cetakan.



Gambar 2. Cetakan Injeksi System Manual

e. Proses Pengambilan produk

Setelah proses injeksi selesai dilakukan berikutnya adalah tahap pengambilan produk dari cetakan.



Gambar 3. Produk Hasil Proses Injeksi

Tahap Karakterisasi Komposit Matrik Logam.

a. Pengamatan Metalografi

Sampel *metalografi* diamati dengan mikroskop optik untuk mengetahui distribusi partikel penguat di dalam matrik. Sebelum analisa, sampel harus dilakukan tahapan *metalografi* yaitu mulai dari pengamplasan sampai poles. Tahapan pengamplasan dilakukan dengan amplas yang mempunyai ukuran #120, 240, 360, 800, 1000, 1500 sampai permukaan sample rata. Setelah itu sample dipoles dengan menggunakan larutan alumina 0,05 mikron. Selanjutnya di etsa dalam larutan HF 0,5% + HCl 0,2% + Aqua 100 ml []. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga titik pada penampang melintang.

b. Pengujian Laju keausan

Prinsip pengujian laju keausan didasarkan pada *manual book* mesin uji keausan yang ada di Laboratorium Material Alpha, Beta, Gamma Landungsari Malang. Prinsip pengujian,

spesimen digesekan dengan cincin putar sehingga terbentuk celah atau jejak kemudian jejak tersebut diukur volumenya.

Parameter pengujian keausan adalah dengan jarak luncur (S) 349,55 mm, tebal cincin putar (B) 3,2 mm dan diameter cincin putar 30,5 mm.

Perhitungan laju keausan :

$$\text{Keausan rata-rata : } m_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum \text{berat.hilang}}{n}$$

$$\text{Kecepatan linier roda gesek : } V = \frac{p.d.n}{1000} \text{ (m/menit)}$$

$$\text{Jarak luncur, } S = V \times t \text{ (meter)}$$

$$\text{Laju keausan, } m^{\circ} = \frac{m_{\text{rata-rata}}}{S} \text{ (gram/meter)}$$

Dimana :

m° = Laju keausan (gram/meter)

t = Waktu (menit)

B = Tebal cincin putar (mm)

V = Kecepatan (meter/menit)

S = Jarak luncur (mm)

d = Diameter cincin putar (mm)

n = Jumlah pengujian

DATA HASIL PENELITIAN

Penimbangan Susunan Material Komposit Sebelum Proses Injeksi

Susunan percobaan terdiri dari matrik Al 6063 penguat MgO. Hasil penimbangan susunan percobaan sebelum proses Injeksi disajikan pada tabel 4. sebagai berikut

Tabel 4. Berat Rata-rata Susunan Material Komposit Sebelum Proses Injeksi

No	Berat Al (M _{Al})gr	Vol. Al (V _{Al})cm ³	MgO (5% dari V _{Al}) cm ³	MgO (10% dari V _{Al}) cm ³	MgO (15% dari V _{Al}) cm ³	Berat MgO (gr)
1	102.48	38.38	1.919	-	-	6.90
2	104.39	39.13	1.956	-	-	7.04
3	109.80	41.12	-	4.112	-	14.80
4	106.12	39.74	-	3.974	-	14.30
5	117.77	44.1	-	-	6.615	23.81
6	112.32	42.06	-	-	6.309	22.71

Keterangan : ρ Al = 2,67 gr/cm³ ; ρ MgO = 3,6 gr/cm³

Tabel 5. Hasil Pengujian Keausan

Sampel	Fraksi Volume MgO (%)	Berat awal spesimen	Sliding			Berat hilang			Berat Keausan Rata-rata (gram)	Laju Keausan Rata-rata (gr/meter)
			I	II	III	I	II	III		
I	Base Metal	32.41	31.09	30.07	29.28	1.32	1.02	0.79	1.043	$2.984\bar{1} \cdot 10^{-3}$
II	5%	31.47	30.23	29.32	28.49	1.24	0.91	0.83	0.993	$2.841\bar{1} \cdot 10^{-3}$
III	10%	32.66	31.67	31.24	30.73	0.99	0.43	0.51	0.643	$1.840\bar{1} \cdot 10^{-3}$
IV	15%	35.92	35.22	34.41	34.04	0.7	0.81	0.37	0.626	$1.792\bar{1} \cdot 10^{-3}$

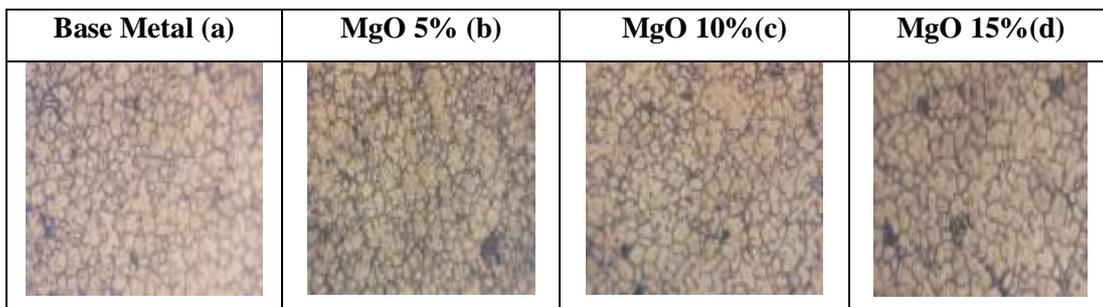
Berat Hilang I = Berat Awal – Sliding I

Berat Hilang II = Sliding I – Sliding II

Berat Hilang III = Sliding II – Sliding III

Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro terlihat distribusi partikel penguat yang kurang merata dan padat, seiring dengan laju pertambahan persen partikel gambar-gambar dibawah ini menyajikan contoh pengamatan pada sampel untuk berbagai macam variabel yang sama



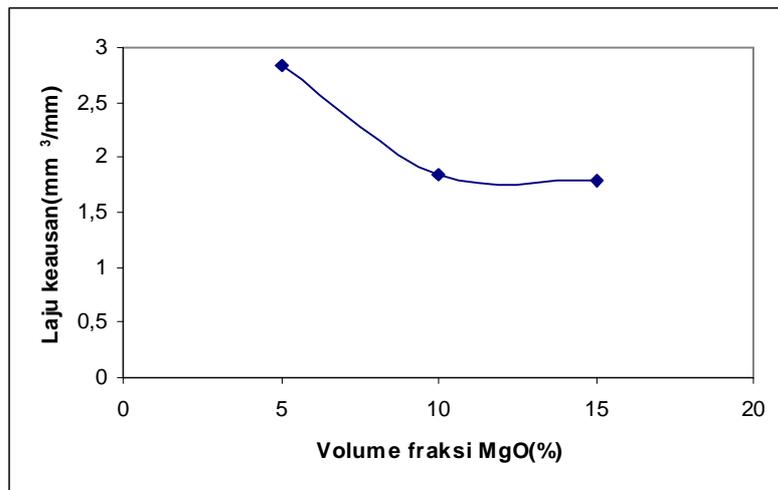
Gambar 4. Struktur Mikro Kpmposit Al-MgO Hasil Proses Injeksi Pembesaran 200X

PEMBAHASAN

Pengaruh Jumlah Fraksi Volume Yang ditambahkan Terhadap Laju Keausan

Berdasarkan dari hasil perhitungan laju keausan, sebelum penambahan Magnesia Oksida (MgO) diperoleh laju keausannya sebesar 0.002984789 gram/meter dan hasil dari persen fraksi volume partikel Magnesia Oksida (MgO) sebanyak 5%, laju keausannya sebesar 0,002841708 gram/meter sedang pada persen fraksi volume partikel Magnesia Oksida (MgO) sebanyak 10%, laju keausannya sebesar 0,001840435 gram/meter dan pada persen fraksi volume partikel Magnesia Oksida (MgO) sebanyak 15%, laju keausannya

sebesar 0,001792755 gram/meter, dari hasil pengujian ini bahwa partikel Magnesia Oksida (MgO) dapat memberikan ketahanan terhadap gaya gesek atau ketahanan aus, maka dari keempat pengujian keausan ini, pada pengujian keempat yang paling rendah mengalami keausan yaitu sebesar 0,001792755 gram/meter, hal ini disebabkan karena logam pada saat dipanaskan sampai temperatur yang diinginkan akan mencair dan kemudian akan membeku seluruhnya sampai temperatur kamar. Pada temperatur kamar inilah MgO dan Al-Mg-Si menjadi padat dan akan terjadi endapan partikel magnesia oksida (MgO) akibat mekanisme pendinginan lambat sehingga semakin banyak endapan partikel magnesia oksida (MgO) dapat memberi perlindungan terhadap laju keausan.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Fraksi Volume Mgo Terhadap Laju Keausan Pengaruh Jumlah Fraksi Volume Yang ditambahkan Terhadap Perolehan endapan partikel

Berdasarkan hasil gambar foto 4.1, 4.2, 4.3, struktur mikro yang dihasilkan pada setiap persen fraksi volume 5%, partikel magnesia oksida (MgO), persen fraksi volume 10%, partikel magnesia oksida (MgO), dan persen fraksi volume 15%, partikel magnesia oksida (MgO), pada foto tersebut terlihat gambar warna putih menunjukkan matrik aluminium paduan dan gambar warna hitam menunjukkan partikel magnesia oksida (MgO). Berdasarkan hasil ketiga gambar foto struktur mikro dapat kita membandingkan antara gambar foto persen fraksi volume 5%, 10% dan 15% partikel magnesia oksida (MgO), pada foto tersebut terlihat sedikitnya butiran-butiran partikel yang menyebar dan ada beberapa bagian partikel yang menggumpal, hal tersebut dikarenakan kurang lamanya proses pengadukan sehingga mengakibatkan partikel yang masuk

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan serta hasil pengolahan data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Adanya penambahan magnesia oksida (MgO) sebesar 5% sampai dengan 15% akan menyebabkan menurunnya nilai laju keausan.
2. Adanya penambahan magnesia oksida (MgO) sebesar 5% sampai dengan 15% akan menyebabkan bertambahnya endapan partikel pada komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Mel M Scwartz., 1997, *Composite Material Processing, Fabrication and Aplication*. Vol II, Printice-Hall International, Inc. pp.143-201.
- Surappa MK and Rohatgi PK, 1981, *Preparation and Properties of Cast Aluminium Ceramic Particle Composite*, Journal of Material Science No 16, p. 981-992
- Smallman R.E, Bishop R.J, 1995, *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Van Vlack, Lawrence.H, 1989, *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Djaprie, S., 1983, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Surdia T, Saito S, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik* , Penerbit Pradya Paramita Jakarta.

