



**PENGARUH PENAMBAHAN NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT ZA-27/NANO ZnO
DENGAN METODE *STIR CASTING***

SKRIPSI

Oleh :

Ahmad Fuad Bawazir

141910101027

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**PENGARUH PENAMBAHAN NANOPARTIKEL ZINC OXIDE TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT ZA-27/NANO ZnO
DENGAN METODE *STIR CASTING***

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 Fuad Bawazir

141910101027

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, nikmat serta karunianya. Dengan segenap kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya Bpk. Abdul Rochim Toyiyb (Alm), Ibu Halimatus Sakdiyah, yang telah memberikan semangat, pendanaan dan hidup yang jauh lebih baik dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember serta do'a yang diberikan.
2. Seluruh Keluarga, Kakak, paman-paman, bibi-bibi.
3. Bapak Ir.Dedi Dwilaksana S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang tidak ada lelahnya membimbing saya, baik memberikan motivasi, serta arahan selama riset dan penulisan skripsi ini hingga selesai.
4. Bapak Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T. selaku pembimbing tim riset MaGNIFIED.
5. Semua Anggota MaGNIFIED.
6. Seluruh Guru-guru sejak TK, MI, SMP, SMA, serta seluruh civitas akademik Universitas Jember, khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin.

MOTO

“ Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan ”

(Q.S Al-Insyiroh 94 : 5)

“ Jangan pernah menyerah untuk mencoba “

(Ahmad Fuad Bawazir)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Fuad Bawazir

NIM : 141910101027

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Nanopartikel Zinc Oxide Terhadap Karakteristik Komposit ZA-27/NanoZnO Dengan Metode *Stir Casting*” 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, 20 Januari 2020
yang menyatakan,

Ahmad Fuad Bawazir
NIM 141910101027

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT ZA-27/NANO ZnO
DENGAN METODE *STIR CASTING***

Oleh

Ahmad Fuad Bawazir

NIM 141910101027

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Salahuddin Junus, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Penambahan Nanopartikel Zinc Oxide Terhadap Karakteristik Komposit ZA-27/NanoZnO Dengan Metode *Stir Casting*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 16 Januari 2020

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Penguji I

Penguji II

Ir.Sumarji, S.T., M.T.
NIP. 196802021997021001

Ir.Danang Yudistiro, S.T., M.T.
NIP. 197902072015041001

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Dedi Dwilaksana, S.T.,MT
NIP. 196912011996021001

Dr.Ir.Salahuddin Junus, S.T., M.T
NIP. 197510062002121002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr.Ir.Triwahju Hardianto, S.T.,M.T.
NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

Pengaruh Penambahan Nanopartikel Zinc Oxide Terhadap Karakteristik Komposit ZA-27/NanoZnO Dengan Metode *Stir Casting*; Ahmad Fuad Bawazir, 141910101027; 48 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pemanfaatan bahan komposit dalam menunjang kehidupan manusia terus dikembangkan dewasa ini dikarenakan kebutuhan untuk mendapatkan sebuah material yang ringan namun memiliki kekuatan yang besar. Salah satu bahan yang dikembangkan dewasa ini adalah *Aluminium Matrix Composite* (AMC). AMC adalah salah satu cabang komposit dengan matriks berupa aluminium dengan tambahan reinforce didalamnya. Dalam penelitian ini bahan reinforce terbuat dari nano ZnO. Nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran 10^{-9} dan rentang ukuran 1-100 nano. Partikel ini dapat membantu dalam meningkatkan kekuatan dari komposit aluminium.

Dalam pembuatannya ZA-27 mengalami proses casting hingga mencapai suhu lelehnya dan mulai untuk mencampur bahan-bahan paduan lainnya yaitu Magnesium dan reinforce berupa nano Zinc Oxide. Bahan yang telah tercampur kemudian mengalami proses pengadukan, setelah bahan tercampur sempurna, bahan kemudian dituang kedalam cetakan. Cetakan yang telah dingin kemudian dibongkar dan komposit dikeluarkan kemudian komposit diuji.

Proses pengujian yang dilakukan antara lain proses pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengamatan struktur mikro, pengamatan SEM dan pengamatan XRD. Dari hasil pengujian didapatkan kesimpulan berupa penambahan nano zinc oxide dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan komposit.

SUMMARY

Effect of addition of zinc oxide nanoparticles on the characteristics of ZA-27/nanoZnO Composites by the Stir Casting Method; Ahmad Fuad Bawazir, 141910101027; 48 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The utilization of composite materials to support human life continues to be developed today due to the need to obtain a lightweight material but has great strength. One of the materials developed today is Aluminium Matrix Composite (AMC). AMC is a branch of composite with a matrix of aluminum with added reinforcement in it. In this research, the reinforcement material is made from nano ZnO. Nanoparticles are particles that have a size of 10^{-9} and a size range of 1-100 nano. These particles can help in increasing the strength of Aluminium composites.

In its manufacture ZA-27 undergoes a casting process until it reaches its melting temperature and starts to mix other alloy materials namely Magnesium and reinforces in the form of Nano Zinc Oxide. The material that has been mixed then undergoes a stirring process, after the ingredients are thoroughly mixed, the material is then poured into a mold. The mold which has been cooled is then dismantled and the composite removed and then the composite tested.

The testing process includes tensile testing, hardness testing, microstructure observation, SEM observation and XRD observation. From the test results it was concluded that the addition of nano zinc oxide can increase the strength and hardness of the composite.

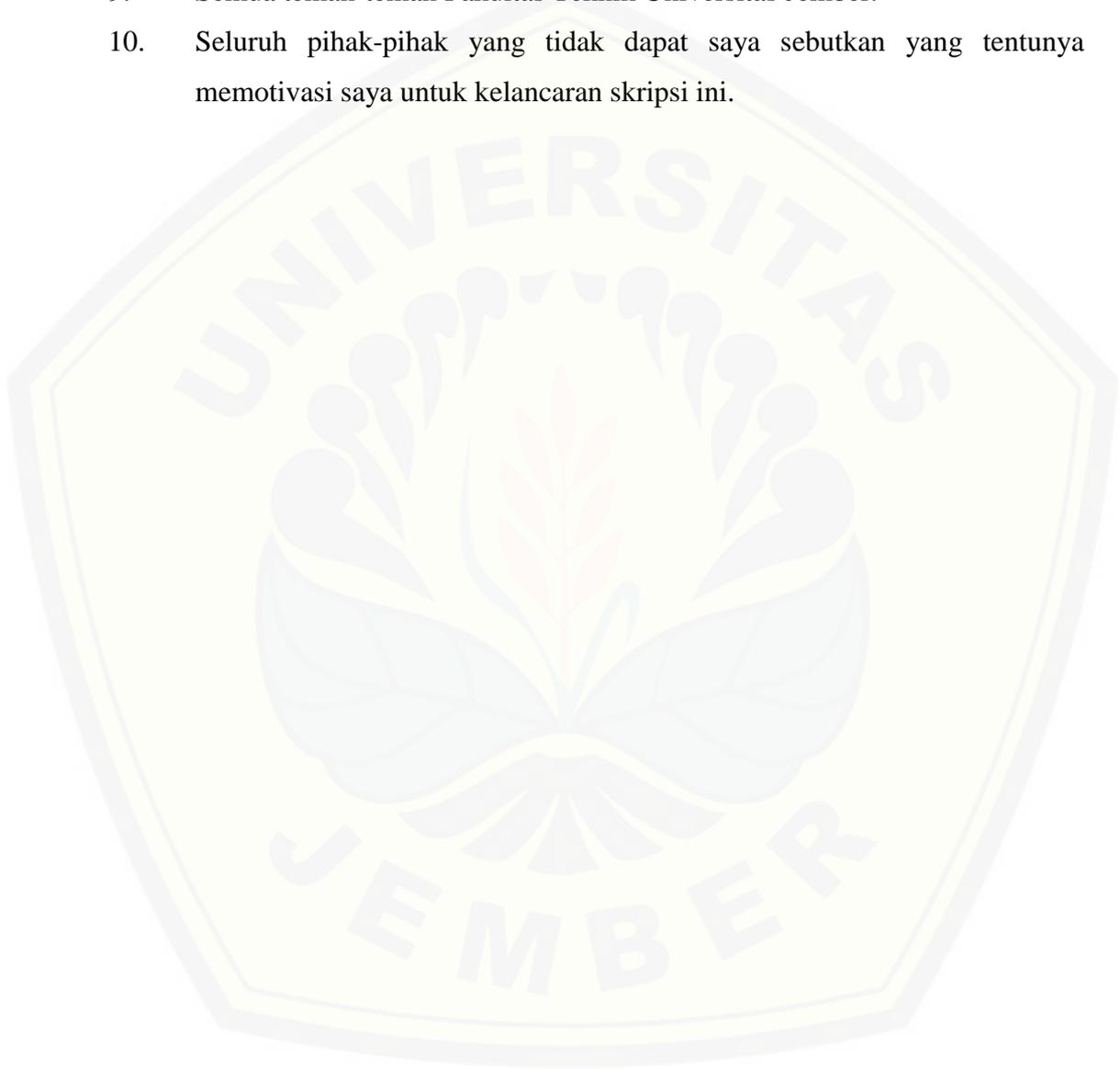
PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengaruh Penambahan Nanopartikel Zinc Oxide Terhadap Karakteristik Komposit ZA-27/NanoZnO Dengan Metode *Stir Casting*". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya Bpk. Abd.Rochim Toyiyib (Alm), Ibu Halimatus Sakdiah, yang telah memberikan semangat, pendanaan dan hidup yang jauh lebih baik dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember serta do'a yang diberikan.
2. Seluruh Keluarga, Kakak, paman-paman, bibi-bibi yang selalu memberikan semangat dalam menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Mesin di Universitas Jember.
3. Bapak Dr.Ir.Salahuddin Junus, S.T., M.T. selaku pembimbing tim riset MaGNIFIED yang tidak ada lelahnya membimbing saya, baik memberikan motivasi, serta arahan selama riset dan penulisan skripsi ini hingga selesai.
4. Bapak Ir.Dedi Dwilaksana S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang tidak ada lelahnya membimbing saya, baik memberikan motivasi, serta arahan selama riset dan penulisan skripsi ini hingga selesai.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah mendidik serta memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga saya dapat menyelesaikan studi strata satu (S1) sehingga mendapatkan gelar S.T.
6. Saudara seperjuangan Teknik Mesin 2014 Universitas Jember.

7. Saudara seperjuangan tim riset MaGNIFIED yang telah memberikan banyak dukungan selama riset dan penulisan skripsi.
8. Saudara seperjuangan pengecoran yang bersama-sama saling membantu menyelesaikan skripsi.
9. Semua teman-teman Fakultas Teknik Universitas Jember.
10. Seluruh pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan yang tentunya memotivasi saya untuk kelancaran skripsi ini.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.3.1 Tujuan dari penelitian ini adalah:	2
1.3.2 Manfaat dari penelitian ini adalah:	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Hipotesis	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Komposit	4
2.1.1 Jenis Komposit	4
2.1.2 Material penyusun komposit	5
2.2 Bahan Penyusun.....	6
2.2.1 <i>Zinc</i> (Seng)	6
2.2.2 <i>Zinc Alloy</i> (Paduan Seng)	7
2.2.3 <i>Zinc Oxide</i>	9
2.3 Nano Material	10
2.4 Pengecoran.....	10
2.4.1 Metode Pengecoran	11
2.4.2 Tahapan Pengecoran.....	13
2.5 Karakterisasi Material.....	15

2.5.1 Pengujian kekerasan	15
2.5.2 Uji Tarik	19
2.5.3 Uji Struktur Mikro	21
2.5.4 SEM (Scanning Electron Microscopy).....	21
2.5.5 XRD.....	23
2.6 Diagram Fishbone.....	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	26
3.3 Proses Pembuatan Sampel	26
3.4 Proses Pengujian Sampel.....	27
3.4.1 Pengujian Tarik	27
3.4.2 Pengujian Kekerasan	28
3.4.3 Pengamatan Struktur Mikro.....	29
3.4.4 Pengujian SEM.....	30
3.4.5 Pengujian XRD.....	30
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Pengujian Kekerasan	33
4.2 Pengujian Tarik	34
4.3 Pengamatan Mikro	34
4.4 Pengujian SEM.....	35
4.5 Pengujian XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	36
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2.Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

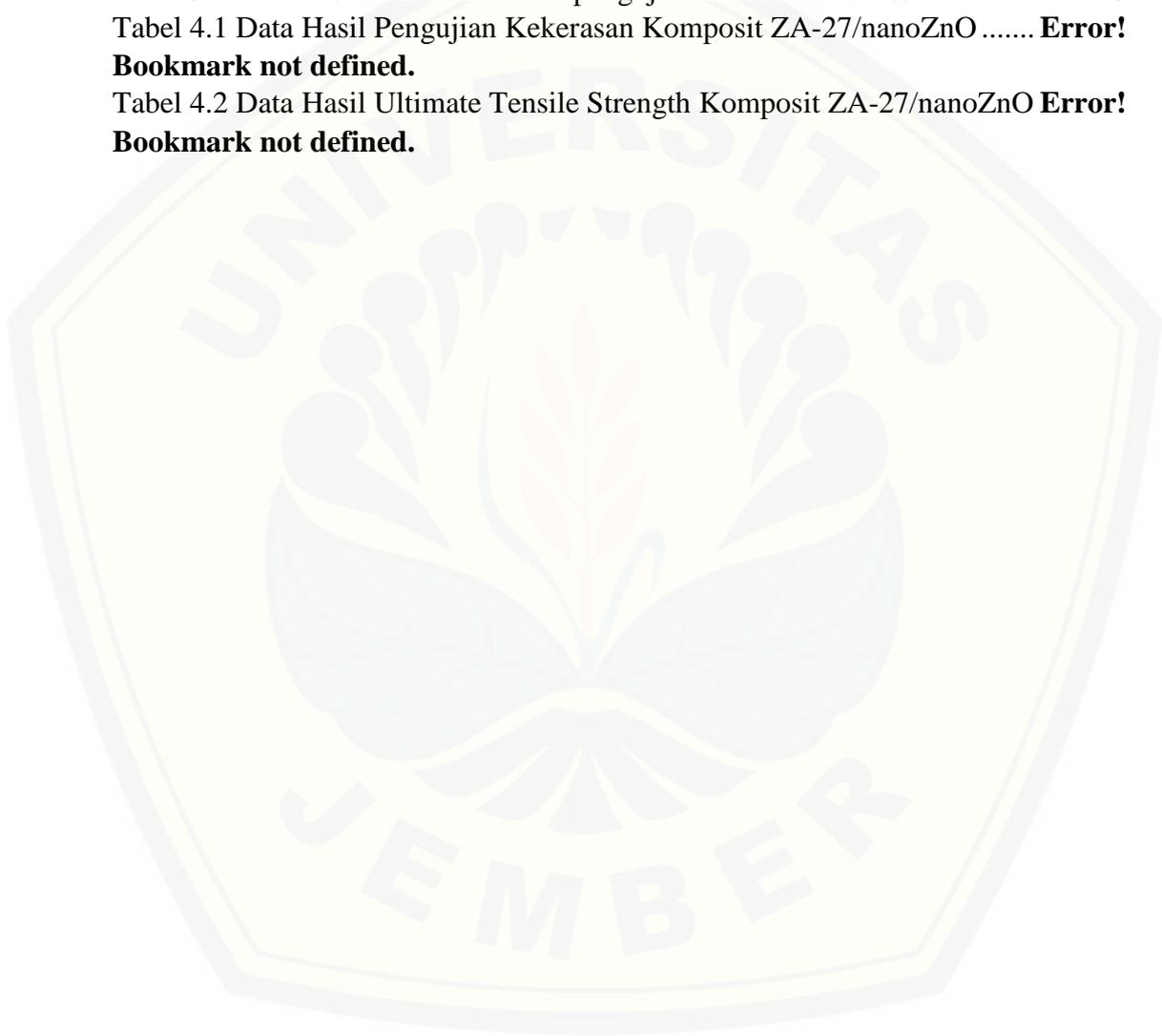
Gambar 2.1 Ilustrasi komposisi komposit.....	4
Gambar 2.2 Struktur penyusun komposit.....	6
Gambar 2.3 Bagian dari diagram keseimbangan paduan.....	7
Gambar 2.4 <i>Metode Stir Casting</i>	12
Gambar 2.5 Pengujian Brinell	16
Gambar 2.6 Indentor Uji Vickers	18
Gambar 2.7 Kurva tegangan regangan.....	20
Gambar 2.8 Proses Pengujian SEM	22
Gambar 2.9 Diagram Fishbone	24
Gambar 3.1 Dimensi standar ASTM B 557M sebagai sampel uji tarik.....	28
Gambar 3.2 Prinsip kerja metode Brinell Hardness.....	29
Gambar 3.3 Alat pengujian SEM	30
Gambar 3.4 Mesin XRD	31
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4.1 Nilai Kekerasan Komposit ZA-27/nanoZnO ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 hasil nilai kekerasan komposit ZA-27/ nanoZnO ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Nilai Ultimate Tensile Strength Komposit ZA-27/nano ZnO....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 hasil <i>ultimate tensile strength</i> komposit ZA-27/ nanoZnO.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5 Hasil struktur mikro (a) ZA-27 ingot (b) ZA-27/nano ZnO 1%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6 Hasil struktur mikro (c) ZA-27/ nano ZnO 2% (d) ZA-27/ nano ZnO 3%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.7 Struktur mikro komposit ZA-27/Al ₂ O ₃ alloys (Shivakumar, 2015)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.8 Hasil pengujian SEM untuk sampel ingot ZA-27 ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.9 Hasil pengujian SEM untuk sampel Komposit ZA-27/nanoZnO 3%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.10 SEM agregasi partikel dalam komposit (Tian <i>et al</i> , 2014)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.11 Hasil pengamatan SEM variasi 50% SiC _p hybrid composite ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.12 Grafik identifikasi senyawa ZA-27/nanoZnO 3%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.13 Hasil analisa pencocokan software <i>Match!</i>	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4.14 Hasil XRD ZA-27+0,4Y, ZA-35+0,4Y dan ZA-40+0,4Y..... 36



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi paduan seng seri ZAMAK	8
Tabel 2.2 komposisi paduan seng seri ZA	9
Tabel 2.3 Keuntungan dan kerugian metode gravity	12
Tabel 2.4 Berat jenis, titil cair, dan koefisien kekentalan	13
Tabel 3.1 Bahan dasar ZA-27	26
Tabel 3.2 Toleransi ukuran hasil dari pengujian <i>Brinell Hardness</i>	28
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Komposit ZA-27/nanoZnO	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4.2 Data Hasil Ultimate Tensile Strength Komposit ZA-27/nanoZnO	Error!
Bookmark not defined.	



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berjalanya waktu para peneliti di bidang material telah mendapatkan perhatian pada pengembangan rekayasa material yang lebih kuat, lebih ringan dan lebih murah. Salah satunya pada bidang yang diminati adalah pengembangan material teknik dengan rasio kekuatan dan berat yang tinggi yang cocok untuk aplikasi aerospace dan mobil di mana untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan mesin yang kinerjanya maksimal (M.O Bodunrin *et al*, 2015). Salah satu bahan yang paling menjanjikan untuk memenuhi persyaratan pembuatan *nanocomposites* berdasarkan matriks paduan logam ringan yang diperkuat dengan nanopartikel atau serat nano, seperti paduan: Aluminium, magnesium, tembaga, seng dan titanium (S.C Tjong *et al*, 2014). Dari paduan tersebut kita bisa menambahkan berupa keramik sebagai penguat untuk dijadikan komposit dengan *matrix* logam atau bisa disebut dengan *Metal Matrix Composite*.

Metal Matrix Composites (MMCs) bisa disebut komposit dengan penguat berupa logam yang merupakan hasil rekayasa di bidang material teknik, termasuk generasi baru dengan *reinforce* berupa keramik berkualitas tinggi yang ditambahkan dan diikat oleh *matrix* logam (Sahim, 1996).

Pada komposit yang bermatriks logam ada faktor penting yang harus dimiliki yaitu sifat keuletan karena penguat yang digunakan bersifat kaku dan getas. Zinc Oxide (ZnO) digunakan sebagai partikel penguat pada komposit matriks logam karena memiliki stabilitas termal dan kekerasan yang baik serta modulus Young yang tinggi (Chung, 2010).

Ada beberapa cara untuk meningkatkan hasil kualitas dari produk material MMCs salah satunya dengan menggunakan metode *stir casting*. *Stir casting* merupakan metode pengecoran dengan cara mengaduk logam paduan saat telah mencair di dalam *crucible* (wadah untuk peleburan logam) dengan alat bantu pengaduk mekanik (Amir Arifin, 2017). Pengaduk mekanik tersebut berfungsi

untuk mencampur unsur paduan agar merata dan setelah itu dilakukan penuangan pada cetakan yang telah disediakan.

Setelah mempelajari dan mengamati penelitian sebelumnya, penulis mencoba mengangkat penelitian mengenai pengaruh penambahan nanopartikel ZnO terhadap bentuk struktur dan fasa yang terbentuk pada komposit ZA-27 sebagai *matrix* dan nanopartikel ZnO sebagai *reinforced*. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan paduan hasil penambahan unsur nanopartikel ZnO pada proses pengecoran mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa penambahan unsur nanopartikel ZnO sehingga dapat meningkatkan daya guna bahan komposit tersebut dengan memberikan takaran komposisi yang baik untuk penambahan nanopartikel ZnO sehingga sangat bermanfaat untuk kemajuan material teknik berbahan komposit secara khusus dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi secara umum.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa pengaruh penambahan nanopartikel *zinc oxide* menggunakan fraksi berat pada komposit ZA-27/nano ZnO terhadap sifat kekerasan, kekuatan tarik, mikro struktur serta komposisi kimia pada ZA-27/nano ZnO dengan proses pengecoran menggunakan metode *stir casting*.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel zinc oxide (ZnO) sebesar presentase 0%,1%,2%,3% terhadap kekerasan komposit ZA-27/ nano ZnO
2. Mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel zinc oxide (ZnO) sebesar presentase 0%,1%,2%,3% terhadap kekuatan tarik komposit ZA-27/ nano ZnO
3. Mengetahui pengaruh penambahan nanopartikel zinc oxide (ZnO) dengan sebesar presentase 0%,1%,2%,3% terhadap mikro struktur yang terbentuk dan SEM pada komposit ZA-27/ nano ZnO

4. Mengetahui kandungan kimia pada komposit ZA-27 / nano ZnO melalui pengujian XRD.

1.3.2 Manfaat dari penelitian ini adalah:

Hasil dari penelitian ini semoga dapat menjadi suatu landasan dalam pengembangan penelitian selanjutnya, atau juga bisa sebagai bahan pembelajaran. Sehingga hasil penelitian yang didapat bisa dipakai sebagai acuan untuk melakukan penelitian di masa mendatang dalam bidang penelitian di Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Ada beberapa faktor yang tidak terkontrol pada saat melakukan penelitian sehingga bisa mempengaruhi pengambilan data dan analisa. Oleh karena itu perlu diberi batasan permasalahan dalam penelitian untuk mempermudah menganalisa permasalahan diatas yaitu:

1. *Reinforce* dianggap terdistribusi merata
2. Material yang digunakan adalah Zinc Alloy (Al-27%Cu-2,5%Mg0,02%Zn-*balance*)
3. Tidak ada reaksi antara logam paduan dengan cetakan
4. Peleburan paduan logam terisolasi dari udara bebas
5. Tidak menghitung pengaruh kecepatan pembekuan logam cair
6. Tidak menghitung volume penyusutan logam cair
7. Data alat pengujian dianggap valid
8. Tidak mempelajari struktur kristal dan ukuran kristal material.

1.5 Hipotesis

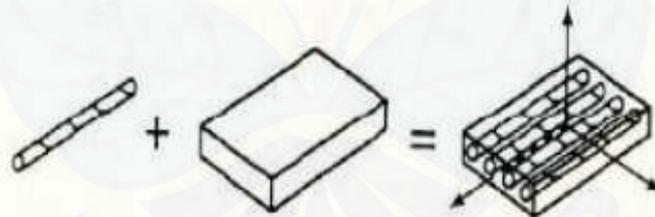
Pengaruh penambahan unsur nanopartikel zinc oxide (ZnO) pada komposit ZA – 27/ nano ZnO kemungkinan akan mengalami kenaikan pada sifat mekanis dan memperbaiki struktur butir komposit tersebut dan saat penambahan nano ZnO pada pict tertentu akan mengalami penurunan pada sifat mekanis terhadap komposit.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan berupa paduan dari suatu material yang di pilih berdasarkan kombinasi sifat fisik dari masing- masing material penyusun untuk mendapatkan material baru akan menghasilkan sifat yang unik jika dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun (Gibson, 1994). Dari proses pencampuran tidak terjadi homogen, karena sifat mekanik dari masing-masing meterial pembentuknya yang berbeda.

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan lelah (fatigue) yang baik, memiliki kekuatan jenis (strength/weight) dan kekakuan jenis (modulus Young/density) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010)



Gambar 2.1 Ilustrasi komposisi komposit (Sumber:R.Jones, 1999)

2.1.1 Jenis Komposit

a. Metal Matrix Composite

Metal Matrix Composites (MMCs) bisa disebut komposit dengan penguat berupa logam yang merupakan hasil rekayasa di bidang matrial teknik, termasuk generasi baru dengan reinforce berupa keramik berkualitas tinggi yang ditambahkan dan diikat oleh matrix logam (Sahim, 1996). Penggunaan Metal Matrix Composite untuk memenuhi kebutuhan industri saat ini semakin meningkat, oleh karena itu dibutuhkan pergerakan atau usaha untuk mengembangkan Metal Matrix Composite (MMCs) tersebut.

Metal matrix composite (MMCs) biasanya mengandung sist dari logam berdensitas rendah, seperti alumunium atau megnesium, diperkuat dengan suatu partikel atau serat dari suatu bahan keramik, seperti silikon atau grafit. Dibandingkan dengan logam yang tidak diperkuat, metal matrix composite (MMCs) menawarkan kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dan keausan yang lebih besar resistensi, serta kesempatan untuk menyesuaikan properti ini untuk aplikasi tertentu.

b. Ceramic Matrix Composite

Ceramic Matrix Composite (CMC) perpaduan material 2 fasa dimana dari 2 fasa material tersebut ada yang sebagai reinforcement dan sebagai matrik, dimana matrix yang digunakan pada jenis komposit ini yaitu terbuat dari keramik (Nayiroh N, 2015). Pada CMC atau ceramic matrix composite reinforcement yang biasa digunakan yaitu oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah filler (penguat)

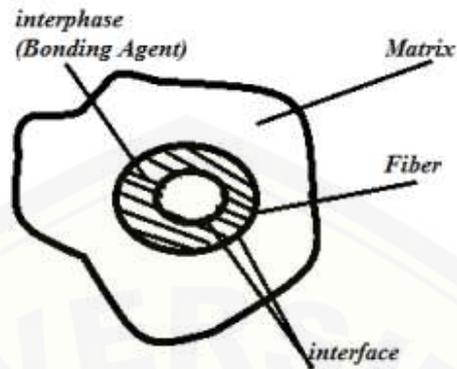
c. Polymer Matrix Composite

PMC atau disebut dengan polymer matrix composite merupakan salah satu jenis komposit yang menggunakan polymer sebagai matriknya. Polymer matrix composite ini memiliki sifat yang dimana siklus pabrikasinya dapat dipersingkat, memiliki kemampuan mengikuti bentuk, dan lebih ringan.

2.1.2 Material penyusun komposit

Material penyusun suatu komposit terdiri dari *matrix* dan *reinforce*. Penggabungan suatu material berbeda yang memiliki tujuan untuk mendapatkan suatu material baru dimana material tersebut mempunyai sifat antar material penyusunnya yang tidak akan diperoleh apabila material penyusunnya berdiri sendiri. Adanya dua atau lebih penyusun komposit menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya, diantaranya matrix yaitu penyusun dengan fraksi volume terbesar, reinforce (penguat) sebagai penahan beban utama, interphase digunakan untuk pelekat antar dua penyusun, interface yaitu permukaan fase yang

berbatasan dengan fase lain. Struktur penyusun pada komposit dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 2.2 Struktur penyusun komposit (R.Jones, 1999)

2.2 Bahan Penyusun

2.2.1 Zinc (Seng)

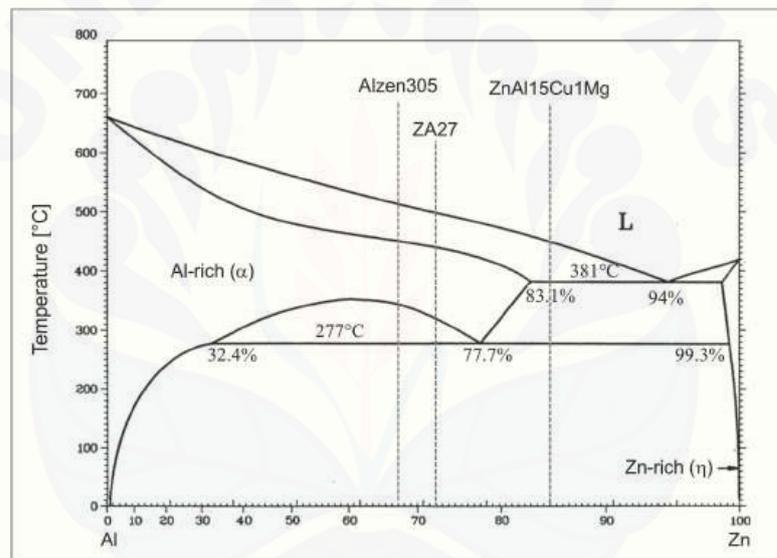
Seng, Zincum (Zn) adalah jenis logam yang mempunyai warna putih kebiruan memiliki titik cair 419°C , sangat lunak dan lembek tetapi akan menjadi rapuh ketika dilakukan pembentukan dengan temperature pengerjaan antara 100°C sampai 150°C tetapi sampai temperature ini masih baik dan mudah untuk pengerjaannya. Seng mempunyai satu kelebihan dimana seng memiliki sifat tahan terhadap korosi sehingga banyak digunakan dalam pelapisan plat baja sebagai pelindung baja tersebut dari pengaruh gangguan korosi, selain itu seng juga digunakan sebagai unsur paduan dan sebagai bahan dasar paduan logam yang dibentuk melalui pengecoran.

Sekalipun Seng merupakan bahan yang lembek akan tetapi peranannya sangat penting sekali sebagai salah satu bahan Teknik yang memiliki berbagai keunggulan, baik digunakan sebagai bahan pelapis pada baja yang tahan terhadap korosi, misalnya untuk atap bangunan, dinding serta container yang juga harus tahan terhadap pengaruh air dan udara serta serangga dan binatang. Seng juga merupakan unsur paduan untuk bahan pengecoran.

2.2.2 Zinc Alloy (Paduan Seng)

Zinc alloy atau bisa juga disebut dengan paduan seng yang dibentuk dengan menggunakan metode pengecora banyak digunakan untuk peralatan rumah tangga, komponen ringan dari kendaraan, mainan dan lain sebagainya. Seng paduan dapat diberi perlakuan akhir seperti *electroplating* atau bisa sebut pengecatan.

Pada gambar 2.3 ini adalah diagram keseimbangan seng-aluminium, dimana dapat mengindikasikan bahwa adanya penambahan sedikit kadar aluminium yang tercampur didalam larutan padat dari seng itu sendiri akan menghasilkan eutectic dimana pada aluminium mengandung 5% seng.



Gambar 2.3 Diagram fasa Al-Zn (L. Montesano ,2016)

New jersey zinc company dalam pengembangan paduan seng yang sudah berjalan sejak tahun 1920 yang dilakukan di Amerika. Kelompok tersebut menamai paduan seng ZAMAK karena dalam paduan seng tersebut terdapat komposisi seperti Z-Zinc (seng), A-Aluminium, MA-Magnesium, dan K-Kopper (tembaga). Awal mula *new jersey zinc company* menemukan seri pertama yaitu ZAMAK 3, tetapi anehnya seri pertama yang ditemukan ZAMAK 3 terlebih dahulu kemudian ZAMAK 2, ZAMAK 5, dan ZAMAK 7. Namun pada saat ini yang lagi banyak beredar di pasaran terdapat tiga paduan seng antara lain: ZA8, ZA12 dan ZA27. Pada paduan seng ZA8 kebanyakan dilakukan pada proses

pengerjaan yang menggunakan temperatur rendah yaitu pada suhu (708-759 F). Sedangkan dengan paduan seng ZA12 dan ZA27 biasanya dilakukan pengerjaan pada suhu (875-759 F). Pada tabel 2.1 dan tabel 2.2 kita bisa mengetahui komposisi dari paduan seng tersebut.

Tabel 2.1 Komposisi paduan seng seri ZAMAK (sumber: O.S.Eun, 2015)

	Zamak 3		Zamak 5		Zamak 7		Zamak 2	
	Ingot	Casting	Ingot	Casting	Ingot	Casting	Ingot	Casting
Al	3.9-4.3	3.7-4.3	3.9-4.3	3.7-4.3	3.9-4.3	3.7-4.3	3.9-4.3	3.7-4.3
Mg	.03-.06	.02-.06	.03-.06	.02-.06	.01-.020	.005-.020	.025-.05	.02-.06
Cu	.10 max	.1 max	.7-1.1	.7-1.2	.10 max	.1 max	2.7-3.3	2.6-3.3
Fe (max)	.035	.05	.035	.05	.035	.035	.035	.05
Pb (max)	.0040	.005	.0040	.005	.0030	.003	.0040	.005
Cd (max)	.0030	.004	.0030	.004	.0020	.002	.0030	.004
Sn (max)	.0015	.002	.0015	.002	.0010	.001	.0015	.002
Ni (other)x10	-	-	-	-	.005-.020	.005-.020	-	-
Zn	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.
Color Code ASTM B908	None		Black		Brown		Green	

Tabel 2.2 komposisi paduan seng seri ZA (sumber; O.S.Eun, 2015)

	ZA-8		ZA-12		ZA-27	
	Ingot	Casting	Ingot	Casting	Ingot	Casting
Al	8.2-8.8	8.0-8.8	10.8-11.5	10.5-11.5	25.5-28.0	25.0-28.0
Mg	.02-.03	.01-.03	.02-.03	.01-.03	.012-.020	.01-.02
Cu	0.9-1.3	.8-1.3	0.5-1.2	0.5-1.2	2.0-2.5	2.0-2.5
Fe (max)	.035	.075	.05	.075	.07	.075
Pb (max)	.005	.006	.005	.006	.005	.006
Cd (max)	.005	.006	.005	.006	.005	.006
Sn (max)	.002	.003	.002	.003	.002	.003
Ni (other)x10	-	-	-	-	-	-
Zn	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.	Bal.
Color Code ASTM B908	Blue		Orange		Purple	

2.2.3 Zinc Oxide

Zinc Oksida (ZnO) merupakan senyawa kimia anorganik logam yang umumnya berupa serbuk. Serbuk *Zinc Oksida* ini sangat banyak digunakan sebagai bahan aditif pada berbagai produk material seperti, karet, semen, kaca, plastik, pelumas, cat, hingga perangkat elektronik. Banyaknya aplikasi dari *Zinc Oksida* terkait dengan berbagai sifat yang dimilikinya, antara lain sifat optik yang baik, aktivitas fotokatalitik, piezoelektrik, sensitivitas gas yang baik dan kemampuan sebagai katalisator.

Secara kristalografi, *Zinc Oksida* memiliki jenis struktur kristal *zinicite* mineral atau yang dikenal sebagai seng putih. Di lain hal, *Zinc Oksida* yang biasa diproduksi secara komersial merupakan hasil sintesis dan berstruktur *wurtzite*. Struktur ini memiliki bentuk hexagonal dan stabil pada suhu ruang. *Zinc Oksida*

merupakan oksida amfoter. Senyawa ini hampir tidak larut dalam air dan alkohol, tetapi akan larut dalam cairan asam seperti asam klorida (Greenwood *et al*, 2000).

2.3 Nano Material

Riset nanomaterial, khususnya bidang eksperimen, tidak bisa lepas dari kegiatan karakterisasi atau pengukuran. Dengan karakterisasi kita bisa yakin bahwa material yang disintesis sudah memenuhi kriteria nanostruktur, yaitu salah satunya berukuran nanometer. Dalam kesepakatan umum, dimensi dari nanometer adalah ukuran yang kurang dari 100 nm. Karakterisasi juga memberikan informasi tentang sifat-sifat fisis maupun kimiawi nanomaterial tersebut. Ini sangat penting karena ketika dimensi material menuju nilai beberapa nanometer (kurang dari 10 nm), banyak sifat fisis maupun kimiawi yang bergantung pada ukuran. Ini menghasilkan sejumlah kekayaan sifat dan peluang memanipulasi atau menggenerasi sifat-sifat baru yang tidak dijumpai pada material ukuran besar (*bulk*) (Mikrajuddin *et al*, 2009).

Pada skala nano, beberapa sifat material fisik dan kimia dapat berbeda secara signifikan dari bahan terstruktur masal dengan komposisi yang sama. Meskipun nanoteknologi adalah bidang penelitian baru, nanomaterial diketahui dapat digunakan selama berabad-abad. Perlu ditekankan bahwa nanoteknologi tidak bermaksud untuk menggantikan keberadaan teknologi mikro, tetapi untuk tetap berhubungan dekat dengan mereka untuk saling melengkapi dalam studi yang lebih dalam dan kontrol lanjutan dari dunia nanoteknologi.

2.4 Pengecoran

Pengecoran logam merupakan suatu proses untuk membuat suatu material dengan cara mencairkan logam pada tungku peleburan dan dituangkan pada cetakan yang telah di sediakan. Menurut Surdia (2000) pengecoran logam adalah proses yang melibatkan pencairan logam, membuat cetakan, menuang, membongkar dan membersihkan coran. Pada saat mencairkan logam dapat digunakan berbagai macam metode seperti: *stir casting*, *gravity casting*, dan *high pressure die casting*. Metode metode tersebut dapat mempermudah dalam proses

pengecoran logam yang dilakukan dan dapat membuat logam paduan terdistribusi secara merata.

Suatu benda yang dibentuk dari proses pengecoran akan memiliki keunggulan tersendiri yang tidak bisa dijumpai melalui proses pembentukan benda kerja yang lain, seperti sifat-sifat dari material yang bisa disesuaikan menurut keinginan dengan melalui rekayasa formula campuran logam dan desain bentuk suatu benda kerja yang tidak ada batasannya. Keunggulan ini membuat pengecoran menjadi proses yang sangat penting dalam dunia perindustrian (Sudjana, 2008). Namun hasil dari proses pengecoran juga memiliki kekurangan salah satunya untuk memperbaiki sifat mekanisnya terkadang membutuhkan proses perlakuan panas.

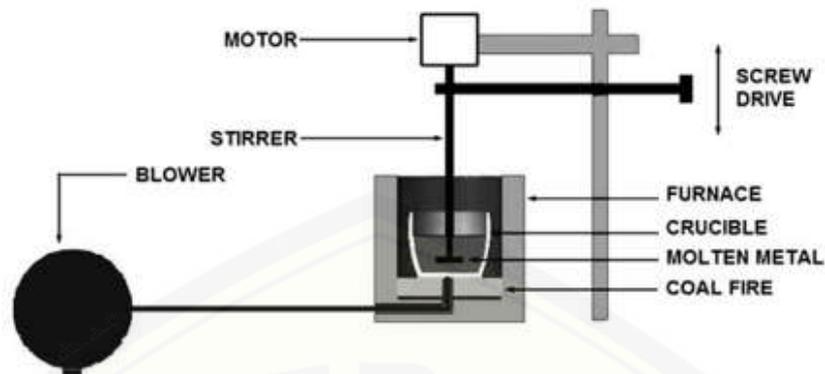
Pengecoran logam juga bisa dilakukan dengan bermacam-macam logam seperti, seng, baja, besi, paduan logam ringan (paduan magnesium, paduan aluminium dan paduan lainnya), paduan tembaga (kuningan, perunggu, dan lain-lain) serta paduan lainnya.

2.4.1 Metode Pengecoran

a. *Stir Casting*

Stir casting atau pengecoran dengan pengadukan merupakan metode pengecoran dengan cara mengaduk logam paduan saat telah mencair di dalam crucible (wadah untuk peleburan logam) dengan alat bantu pengaduk mekanik (Amir Arifin, 2017). Pengaduk mekanik tersebut berfungsi untuk mencampur unsur paduan agar merata dan setelah itu dilakukan penuangan pada cetakan yang telah disediakan.

Keuntungan metode stir casting merupakan proses yang sederhana, fleksibel dan biasanya dapat digunakan untuk memproduksi dalam jumlah yang banyak, serta dapat mereduksi *final cost* dari suatu proses. Metode stir casting bisa dikategorikan paling ekonomis dalam pembuatan komposit aluminium dan kemungkinan bisa digunakan untuk proses fabrikasi komponen dalam skala yang besar (Hashim dan Jasmi, 2001)



Gambar 2.4 Metode *stir casting* (S.Suresh *et al* ,2013)

b. *Gravity Casting*

Gravity casting atau biasa disebut dengan cetakan permanen merupakan cetakan yang terbuat dari bahan logam. Metode *gravity casting* merupakan proses penuangan logam paduan yang dicairkan di tungku peleburan dengan menggunakan gaya gravitasi tanpa dilakukan penekanan terhadap cetakan yang telah disediakan.

Pengecoran yang menggunakan cetakan permanen dengan metode *gravity casting* akan menghasilkan benda kerja dengan memiliki struktur mikro yang lebih halus dengan pori-pori kecil sehingga mampu meningkatkan sifat mekaniknya, namun permukaan benda kerja tidak lebih halus dibandingkan dengan permukaan cetakan (Deny dan Pras, 2016).

Tabel 2.3 Keuntungan dan kerugian metode *gravity*

Keuntungan	Kerugian
Struktur yang dihasilkan lebih rapat	Sukar membentuk cetakan rumit
Proses mudah dan produktivitas tinggi	Pembetulan cetakan rumit dan mahal
Ketelitian ukuran sangat baik	Tidak sesuai untuk produksi kecil

(sumber; Tata surdia dan Chijiwa kenji, 1998)

c. *High pressure die casting* (HPDC)

Pengecoran logam yang menggunakan metode *High pressure die casting* (HPDC) merupakan metode pengecoran dengan cara menginjeksikan cairan logam kedalam rongga cetakan yang menggunakan kecepatan pada tekanan

injeksi logam cair kedalam cetakan sampai membeku dibawah pengaruh tekanan. Pada proses pengecoran ini dasarnya mengkombinasi antara proses pengecoran dan proses penempaan (karena adanya tekanan).

2.4.2 Tahapan Pengecoran

Ada beberapa tahapan tahapan yang harus dilakukan saat melakukan pengecoran antara lain sebagai berikut:

a. Peleburan logam

Peleburan logam berfungsi untuk mencairkan logam dengan cara melalui proses pemanasan. Menurut Sudjana (2008) menyatakan “proses peleburan bahan tuangan dilakukan dengan pemanasan didalam dapur copula atau induksi frekuensi rendah”. Untuk melakukan peleburan logam memerlukan kalor yang tinggi hingga logam dapat mencapai pada titik cair logam tersebut. Untuk setiap logam memiliki titik cair yang berbeda-beda, jadi dalam melakukan peleburan logam kita harus mempertimbangkan titik cair, berat jenis, dan koefisien dari bahan yang akan digunakan, sebagai contoh dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Berat jenis, titik cair, dan koefisien kekentalan

Bahan	Berat jenis (g/mm ²)	Titik cair (0°C)	Koefisien kekentalan (cm ² /det)
Air	0,9982 (20)°C	0	0,010061
Air Raksa	13,56 (20) °C	38,9	0,00114
Timah Putih	5,52 (232) °C	232,0	0,00199
Timah Hitam	10,55 (440) °C	327,0	0,00156
Seng	6,27 (420) °C	420,0	0,00508
Alumunium	2,35 (760) °C	660,0	0,00508
Tembaga	7,84 (1200) °C	1083,0	0,00395
Besi	7,13 (1600)°C	1537,0	0,00560
Besi Tuang	6,9 (1300) °C	1170,0	0,00230

(sumber;J.K.Ahmad,2016)

b. *Degassing*

Hidrogen merupakan satu-satunya gas yang dapat larut pada aluminium dan paduannya. Hal ini terjadi dikarenakan kelarutan hidrogen pada range temperatur tinggi. Gas hidrogen akan larut dalam aluminium cair dan membuat aluminium tersebut menjadi berubah atau kotor. Kelarutan gas hidrogen berubah-ubah sesuai dengan perubahan temperatur. Aluminium cair dengan kandungan gas hidrogen yang tinggi dan tidak larut pada aluminium cair akan membentuk porositas jika membeku (Denny, 2016).

Untuk pencegahan terjadinya hidrogen yang berlebihan pada aluminium bisa dilakukan dengan menghindari sumber masuknya hidrogen, proses yang dilakukan untuk mengeluarkan gas hidrogen dari cairan aluminium menggunakan proses degassing dengan menginjeksi gas-gas inert seperti argon kedalam cairan aluminium (Suprpto, 2011). Degassing biasanya berlangsung selama 3 menit dan granular fluks berada dipermukaan dari cairan logam yang dilebur (Ji et al, 2012). Jenis proses degassing bermacam-macam dalam penggunaannya antara lain menggunakan gas argon (Chen et al, 2014). Selain itu penambahan unsur paduan juga berpengaruh terhadap kelarutan gas hidrogen dalam aluminium.

c. *Penuangan*

Proses penuangan dilakukan setelah logam mencair dan siap dituangkan pada cetakan. Seperti Sudjana (2008) juga menyatakan bahwa “proses penuangan merupakan pengisian rongga cetakan dengan bahan tuangan yang telah dilebur, berbagai cara penuangan dapat dilakukan sesuai dengan sistem pengecoran yang dilakukan, seperti penuangan pada cetakan pasir dilakukan dengan sistem penuangan menggunakan panci tuang (*ladle*).

d. *Pembongkaran*

Pembongkaran dilakukan setelah logam mengalami pembekuan yang cukup didalam cetakan. Seperti pada cetakan permanen pembongkaran dilakukan dengan membuka baut-baut pengunci dan kemudian melepaskan hasil coran yang menempel pada dinding cetakan tersebut.

2.5 Karakterisasi Material

Karakterisasi material merupakan suatu proses pengujian terhadap bahan atau logam yang berguna sebagai media untuk mengetahui dan mendapatkan sifat dari logam dengan menggunakan alat uji. Proses pengujian bahan pada prinsipnya dibagi menjadi dua yaitu sifat fisik dan sifat mekanik.

2.5.1 Pengujian kekerasan

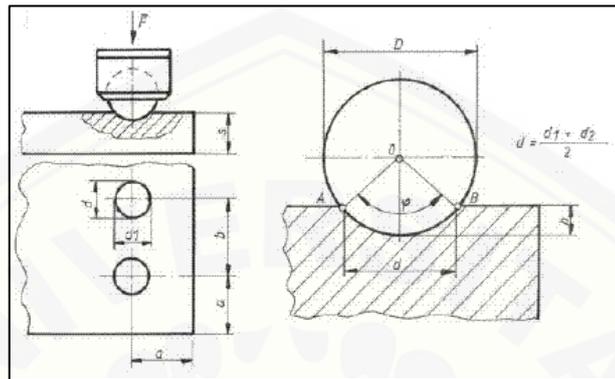
Kekerasan merupakan sifat alami yang dimiliki suatu logam atau material. Salah satu proses yang mempengaruhi kekerasan suatu material yang diuji adalah proses heat treatment. Kekerasan memiliki arti yang berbeda sesuai dengan bidang pemakaiannya. Pada pengujian logam kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu logam terhadap indentasi (penekanan) sedangkan didalam mineralogi kekerasan merupakan ketahanan suatu mineral terhadap goresan dengan menggunakan standar kekerasan mohs. Pemilihan logam yang akan digunakan untuk aplikasi ketahanan gesekan (*wear resistance*) harus mempertimbangkan sifat kekerasan logam tersebut. Hubungan kekerasan sebanding dengan kekuatan logam dimana kekerasan suatu logam akan meningkat maka kekuatan logam tersebut juga cenderung meningkat, namun nilai kekerasan ini berbanding terbalik dengan keuletan dari logam. Dengan demikian, bahan benda kerja yang baik dan berkualitas tidak hanya ditentukan oleh keras atau lunaknya bahan tersebut, tetapi sangat banyak ditentukan oleh ketepatan memilih bahan sesuai besarnya pembebanan yang diberikan. Dengan pemilihan bahan yang tepat, akan diperoleh tingkat efisiensi yang tinggi dan dijamin kuat untuk menerima beban.

Pengujian kekerasan biasanya dilakukan dengan menekan indenter ke permukaan logam yang akan diukur kekerasannya. Indenter biasanya dapat berbentuk bola, piramid atau kerucut. Pengujian secara standart biasanya dengan menekan indenter secara berhati-hati secara tegak lurus 90° . Pengujian kekerasan memiliki beberapa macam yang diantaranya, yaitu:

a. Pengujian Brinell

Pengujian Brinell dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja yang terbuat dari baja krom yang telah dikeraskan dengan diameter tertentu oleh

suatu gaya tekan secara statis kedalam permukaan logam yang diuji tanpa sentakan seperti yang dilisutrasikan pada gambar 2.4. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Diameter paling atas dari lekukan tersebut diukur secara teliti.



Gambar 2.5 Pengujian Brinell (Samuel, 2014)

Rumus yang di pakai untuk pengujian kekerasan logam yaitu:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

P = beban yang diberikan (KP atau KgF)

D = diameter indenter yang digunakan

d = diameter bekas lekukan

BHN bukan merupakan sebuah besaran fisik yang kurang baik, karena tidak meliputi tekanan rata-rata pada seluruh permukaan indentitas.

1) Kelemahan Uji Brinell

Kelemahan dari pengujian brinell adalah uji brinell tidak dapat digunakan pada benda yang tipis dan kecil. Begitu juga dengan halnya tidak dapat digunakan pada material yang sangat lunak maupun sangat keras.

2) Keuntungan Uji Brinell

Adapun keuntungan dari pengujian brinell adalah pada pengujian ini tidak dipengaruhi oleh permukaan material yang kasar dan bekas penekanan yang cukup besar sehingga mudah diamati.

b. Pengujian Rockwell

Uji kekerasan rockwell memperhitungkan kedalaman indentasi dalam keadaan beban konstan sebagai penentu nilai kekerasan. Sebelum pengukuran, spesimen dibebani beban minor sebesar 10kg untuk mengurangi kecenderungan ridging dan sinking akibat beban indikator. Sesudah beban minor diberikan, spesimen langsung dikenakan beban mayor.

Kedalaman indentasi yang terkonveksi dalam skala langsung dapat diketahui nilainya dengan membaca dial gage pada alat. Dial tersebut terdiri dari 100 bagian yang masing-masing mempresentasikan presentasi sebesar 0,0002 mm. Dial disesuaikan sedemikian rupa sehingga nilai kekerasan yang tinggi berkorelasi dengan penetrasi. Kekerasan rockwell dibedakan menjadi beberapa jenis antara lain:

1) Rockwell a

Indentor berupa kerucut intan dengan pembebanan 60kg. Umumnya digunakan jenis logam yang sangat keras.

2) Rockwell b

Indentor berupa bola baja dengan diameter 1,6mm dan pembebanan 100kg. Umumnya digunakan jenis material yang lunak

3) Rockwell c

Indentor berupa kerucut intan dengan pembebanan 150kg. Umumnya digunakan untuk logam-logam yang diperkeras dengan perlakuan panas.

Kelemahan dari metode Rockwell, yaitu:

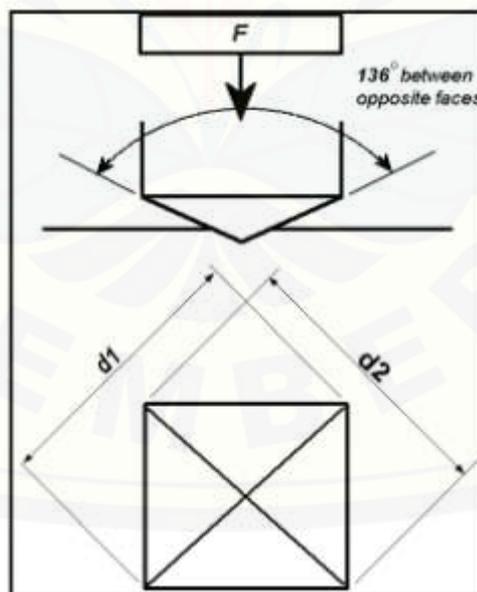
- (a) Tingkat ketelitian rendah
- (b) Tidak stabil apabila terkena guncangan
- (c) Penekanan bebannya tidak praktis

Keuntungan dari metode Rockwell, yaitu :

- (a) Dapat digunakan untuk bahan yang sangat keras
- (b) Dapat dipakai untuk batu gerinda sampai plastik
- (c) Cocok untuk semua material yang keras dan lunak

c. Pengujian Vikers

Metode Vickers ini berdasarkan pada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indenter berupa pyramid diamond terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya seperti pada gambar 2.6, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Angka kekerasan Vikers (VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan (Dieter, 1996:334). Pengujian Vikers dapat dilakukan tidak hanya pada benda yang lunak akan tetapi juga dapat dilakukan pada bahan yang keras. Bekas penekanan yang kecil pada pengujian Vikers mengakibatkan kerusakan bahan percobaan relatif sedikit. Pada benda kerja yang tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan gaya yang relatif kecil.



Gambar 2.6 Indentor Uji Vikers (Samuel, 2014)

Prinsip dari pengujian ini yaitu beban besar dibagi dengan luas daerah indentitas atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{l^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

P = Besar beban indikator (kg)

l = Luas daerah indentitas (mm)

1) Kelemahan Uji Vickers

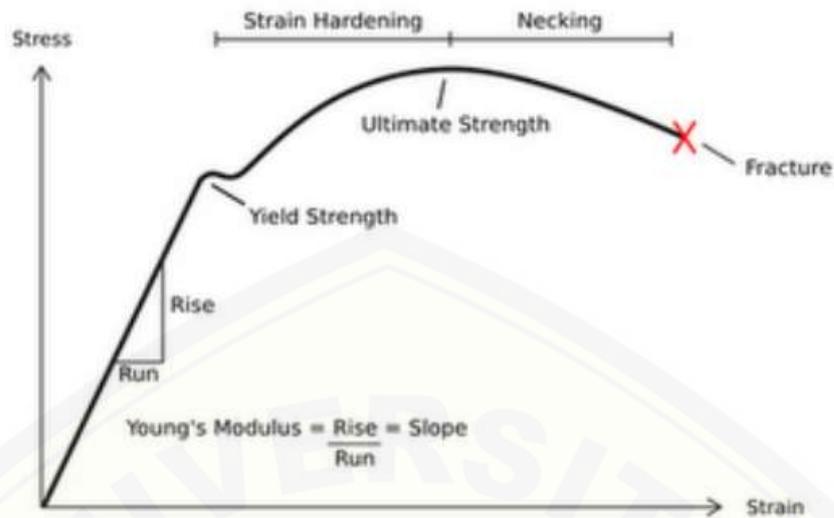
Pada uji vickers ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menentukan nilai kekerasan sehingga jarang dipakai pada pengujian yang rutin.

2) Keuntungan Uji Vickers

Keuntungan dari uji vickers adalah skala kekerasannya yang kontinyu untuk rentang yang luas, dari yang sangat lunak dengan nilai 5 maupun yang sangat keras dengan nilai 1500 karena indenter intan yang sangat keras. Selain pada uji vickers, beban tidak perlu diubah dan tidak bergantung pada besar beban indenter dan uji vickers ini dapat dilakukan dengan benda dengan ketebalan yang tipis sampai 0,006 inci.

2.5.2 Uji Tarik

Pada proses uji tarik memiliki suatu tujuan yang utama untuk mengetahui kekuatan tarik pada suatu bahan yang akan di uji. Bahan uji atau bahan yang akan di gunakan untuk pengujian harus siap menerima pembebanan dalam bentuk tarikan. Pembebanan tarik yaitu sutau proses pembebanan yang akan diberikan pada benda dimana pada saat pembebanan benda tersebut akan diberi gaya yang berlawanan seperti memberikan gaya tarik pada salah satu ujung benda dan ujung yang lainnya dilakukan penjepitan agar bisa dilakukan pengujian tarik. Hasil yang didapat dari pengujian tarik ini sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material dan kurva. Pada gambar 2.7 kurva ini akan menunjukkan hubungan antara tegangan dengan regangan.



Gambar 2.7 Kurva tegangan regangan (Suudi Flame, 2013)

Pengujian tarik dengan memberikan beban tarik pada batang spesimen yang diuji secara perlahan-lahan sampai patah. Apabila spesimen tersebut mendapatkan beban tarik secara terus menerus sampai putus, maka akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva. Kurva tersebut akan menunjukkan hubungan antara tegangan dengan regangan. Regangan atau bisa disebut dengan perubahan panjang dalam kurva, regangan teknik yang bisa diartikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik (ΔL) terhadap panjang batang mula-mula (L_0). Tegangan yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan tegangan teknik, dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi (F) pada suatu luas penampang awal (A_0). Tegangan normal tersebut akibat gaya tarik dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

σ : Tegangan tarik (Mpa)

F : Gaya tarik (N)

A_0 : Luas penampang spesimen mula-mula (mm²)

Regangan akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

ε : Regangan akibat daya tarik (%)

ΔL : Perubahan panjang spesimen (mm)

L : Panjang spesimen mula-mula (mm)

Regangan akibat gaya tarik yang terjadi, panjang akan bertambah dan diameter pada spesimen akan semakin mengecil, maka ini akan terjadi deformasi plastis. Hubungan antara *stress* dan *strain* dirumuskan

$$E = \sigma / \varepsilon \dots\dots\dots (2.5)$$

E merupakan modulus elastisitas yang di hasilkan dari perbandingan anantara tegangan dan regangan.

2.5.3 Uji Struktur Mikro

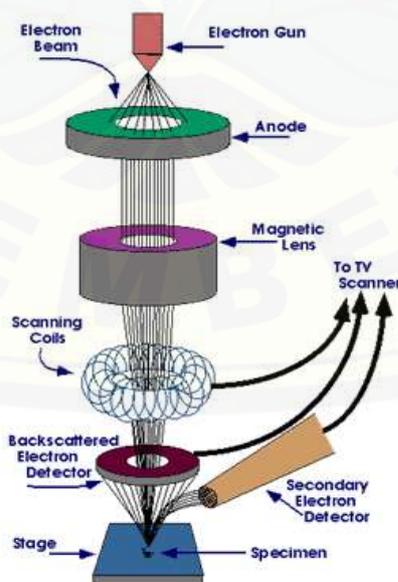
Pengujian struktur mikro mikro merupakan gambaran dari sekumpulan fasa-fasa yang bisa diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro pada suatu logam dapat dilihat menggunakan alat seperti mikroskop. Dengan pengujian struktur mikro kita dapat mengamati bentuk dan serta ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat deformasi, proses perlakuan panas dan perbedaan komposisi. Untuk melakukan pengujian struktur mikro, maka diperlukan proses metalografi. Proses metalografi bertujuan untuk melihat struktur mikro suatu bahan ada beberapa tahap yang harus dilakukan.

2.5.4 SEM (Scanning Electron Microscopy)

SEM adalah alat statistic yang digunakan untuk menyelesaikan model bertingkat secara serempak yang tidak dapat diselesaikan oleh persamaan regresi linear. SEM dapat juga dianggap sebagai gabungan analisis regresi dan analisis faktor. SEM dapat digunakan untuk menyelesaikan model persamaan dengan variable terikat lebih dari satu dan juga pengaruh timbal balik (recursive). SEM berbasis pada analisis covarians sehingga memberikan matriks covarians yang lebih akurat dari pada analisis regresi linier. Program – program statistic yang data digunakan untuk menyelesaikan SEM misalnya Analysis Moment of Structure (AMOS) atau LISREL.

Teknik karakterisasi konvensional yang berbasis pada panjang gelombang 650nm keatas, seperti mikroskop optik pada analisis metalografi tidak memiliki resolusi yang cukup untuk mendapatkan informasi ilmiah yang diharapkan. Oleh karena itu diperlukan metode identifikasi dan karakterisasi lain yang dapat memberikan resolusi yang lebih tinggi sehingga dapat memberikan bantuan “penglihatan” bagi para peneliti untuk dapat mengamati apa yang terjadi di dalam dan sekitar interface antara bahan dengan lapisan oksida secara detil atau bahkan secara In-Situ. Untuk keperluan tersebut, Scanning Electron Microscopy (SEM) dipahami sebagai teknik yang sesuai yang diterima dan diakui oleh komunitas peneliti material dunia, ini ditandai dengan diberikannya penghargaan Nobel terhadap para penemunya, Ernst Ruska dan Max Knoll (Sujatno, 2015).

Yang kedua adalah sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan Lantanum Hexaboride LaB₆ atau Cerium Hexaboride CeB₆, yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik), Ketiga adalah imaging detector, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar/image. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, yaitu detektor SE dan detektor BSE (Sujatno, 2015).



Gambar 2.8 Proses Pengujian SEM (Sujatno.A, 2015)

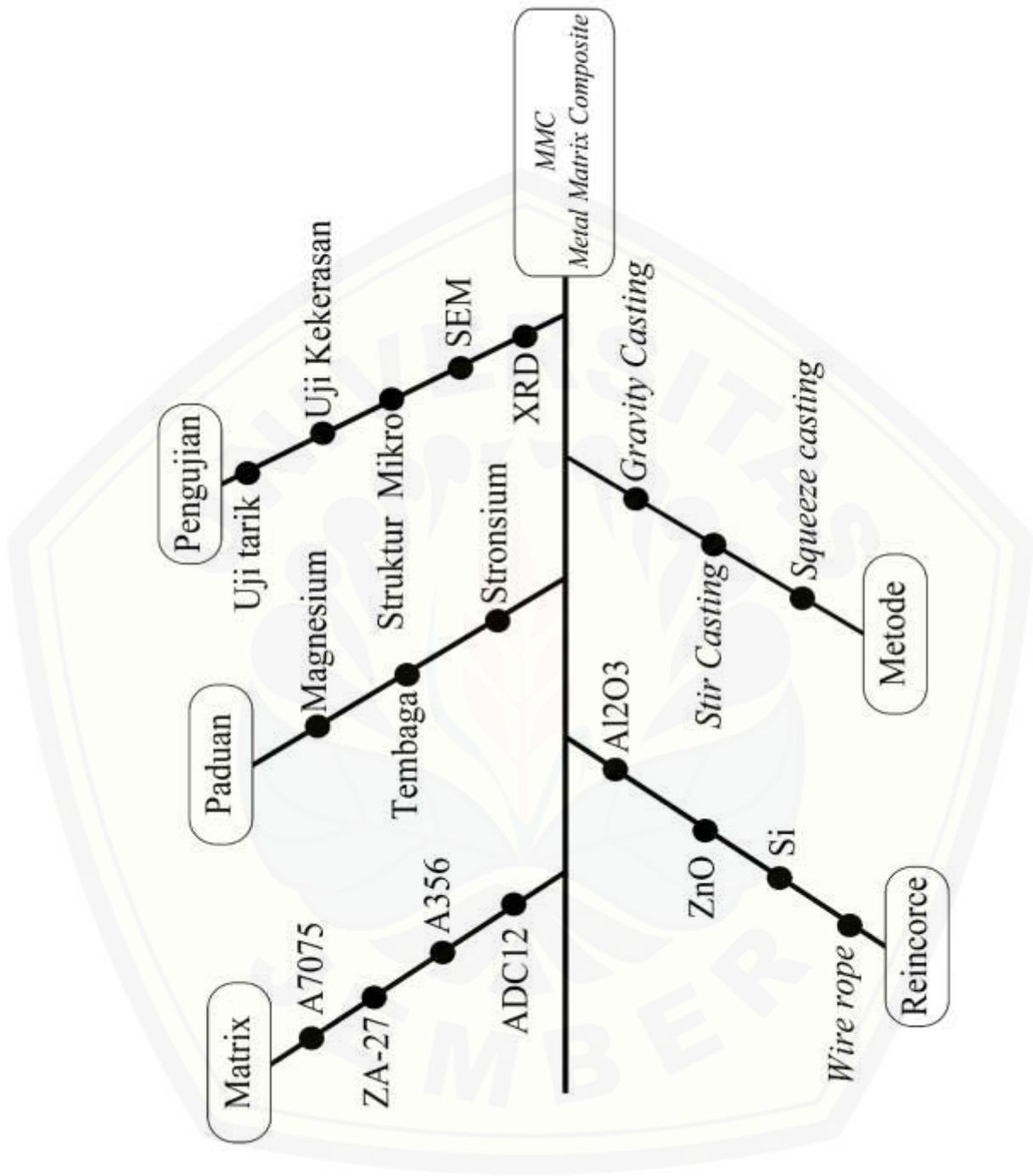
2.5.5 XRD

Xrd atau *X-Ray Diffractometer* yaitu suatu alat yang bisa memberikan informasi masalah data-data difraksi dan kuantitas intensitas difraksi pada sudut-sudut difraksi (2θ) dari suatu bahan. Tujuan dilakukannya pengujian analisis struktur kristal adalah untuk mengetahui perubahan fase struktur bahan dan mengetahui fase-fase apa saja yang terbentuk selama proses pembuatan spesimen uji (Widodo, 2009).

Tahap awal yang dilakukan dalam analisa sinar-X adalah melakukan analisa pemeriksaan terhadap spesimen yang belum diketahui strukturnya. Spesimen ditempatkan pada titik fokus hamburan sinar-X yaitu tepat ditengah-tengah *plate* yang digunakan sebagai tempat yaitu sebuah pelat tipis yang berlubang ditengah berukuran sesuai dengan spesimen (*pellet*) dengan perekat pada sisi baliknya (Widodo, 2009)

2.6 Diagram Fishbone

Diagram fishbone dibuat untuk menunjukkan diagram perkembangan penelitian yang sudah dilakukan pada pembuatan komposit menggunakan beberapa metode dan teknik yang berbeda yang bisa dilihat pada gambar 2.9 di bawah ini :



Gambar 2.9 Diagram *Fishbone*

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu: pembuatan komposit kemudian dilanjutkan dengan pengujian komposit Zinc Alloy (ZA-27) / nano ZnO dengan variasi penambahan nanopartikel zinc oxide (ZnO) Pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Pengujian Kekerasan dan Pengujian Struktur Mikro dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Sedangkan pengujian SEM dan XRD dilakukan di laboratorium Teknik Universitas Malang.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini terdapat beberapa bahan dan alat serta alat K3 yang digunakan selama proses penelitian. Beberapa peralatan yang digunakan terdapat pada sub dibawah ini:

3.2.1 Alat

- a. Peralatan yang digunakan untuk pembuatan komposit ZA-27/nanoZnO
 - 1) Tungku peleburan
 - 2) Gergaji besi
 - 3) Timbangan digital
 - 4) Gas argon
 - 5) Cetakan permanen
 - 6) *Torch* pemanas
 - 7) *Thermogun*
 - 8) Perlengkapan K3
 - 9) Mesin poles/amplas
 - 10) Mesin *Stir Casting*
- b. Peralatan yang digunakan untuk pengujian komposit ZA-27/nano ZnO :
 - 1) Alat uji kekerasan *Hardness Tester THI20B*
 - 2) Alat uji SEM

3) Alat uji XRD

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan komposit ZA-27/nano ZnO menyesuaikan dengan tabel persen berat berikut :

Tabel 3.1 Bahan dasar ZA-27

Bahan	Aluminium	Tembaga	Magnesium	Seng
Komposisi dalam persen berat	25 - 28	1,0 - 2.5	0,01 – 0,02	Menyesuaikan

(Sumber : Fatile.B.O, 2017)

3.3 Proses Pembuatan Sampel

Dalam proses pembuatan Komposit ZA-27/nanoZnO dilakukan penimbangan bahan Komposit ZA-27 dengan variabel bebas sebesar 0%, 1%,2% dan 3% nano ZnO yang kemudian dilakukan proses pengecoran dengan metode *stir casting*.

Langkah-langkah untuk proses pembuatan sampel Komposit ZA-27/nano ZnO sebagai berikut:

1. Menimbang massa sesuai tabel 3.1 ZA-27
2. Menimbang massa serbuk nano ZnO sebanyak variable bebas yang telah ditentukan.
3. Menimbang massa Magnesium (Mg) sebanyak 5g.
4. Menyalakan *furnace* (tungku pemanas) dengan dipanaskan terlebih dahulu agar kandungan air hilang dan kemudian disetting sesuai kebutuhan suhu yaitu 500° C untuk proses pengeringan ZnO dengan tujuan meningkatkan kemampubasahan dari partikel nano ZnO.
5. Lakukan *coating* pada kowi dan *crucible* pada tungku peleburan logam dengan menggunakan mortar.
6. Menyalakan tungku peleburan logam dengan dipanaskan terlebih dahulu agar kandungan air hilang kemudian diatur sesuai kebutuhan yaitu suhu 680° C.
7. Masukkan semua bahan dasar ZA-27 sesuai dengan tabel 3.1 kedalam tungku peleburan.

8. Ketika ZA-27 telah melebur dilakukan penambahan magnesium (Mg).
9. Setelah penambahan Mg, dilakukan *melting* dengan penahanan suhu selama 30 menit.
10. Paduan lelehan logam kemudian dibiarkan mendingin hingga mencapai fasa semi-solid.
11. Setelah mencapai fasa semi-solid kemudian masukkan nano ZnO yang telah di panaskan terlebih dahulu.
12. Aduk leburan menggunakan mesin *stir casting* selama 5 menit dengan kecepatan 450rpm kemudian angkat mesin *stir casting*.
13. Komposit kemudian dilakukan *super heat* pada temperature 680° C.
14. Aduk kembali komposit menggunakan mesin *stir casting* selama 5 menit dengan kecepatan 450rpm kemudian angkat mesin *stir casting*.
15. Masukkan blander hingga dasar krusibel dengan mengalirkan gas argon selama 30-45 detik kemudian angkat blander dari tungku pengecoran.
16. Setelah itu buang slag pada komposit.
17. Panaskan cetakan permanen sampai suhu 200° C dengan *torch* pemanas.
18. Sebelum penuangan, sembur bagian atas leburan dengan gas argon dan tuangkan logam paduan kedalam cetakan.
19. Buka cetakan ketika logam sudah membeku.
20. Sampel siap diuji.

3.4 Proses Pengujian Sampel

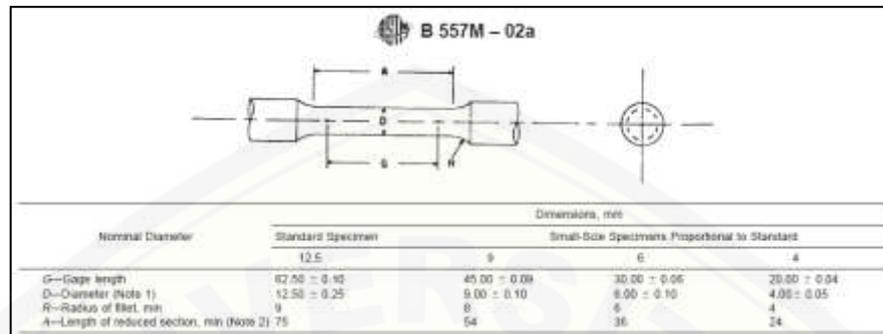
Ada 3 cara yang dilakukan dalam pengujian komposit ZA-27/nanoZnO pada penelitian ini, yaitu:

3.4.1 Pengujian Tarik

Pada proses pengujian tarik komposit ZA-27/nanoZnO ini menggunakan standart ASTM B 557M dan memiliki tahapan-tahapan pengujian antara lain, yaitu:

1. Preparasi sampel sesuai standart ASTM B 557M.
2. Pasang sampel pada alat uji untuk dilakukan pengujian tarik.

3. Lakukan pengujian tarik dan mengamati pengecilan diameter pada sampel uji tarik dengan menggunakan jangka sorong.
4. Dan mencatat hasil yang keluar pada mesin uji tarik sampai sampel putus.



Gambar 3.1 Dimensi standar ASTM B 557M sebagai sampel uji tarik (ASTM B 557M)

3.4.2 Pengujian Kekerasan

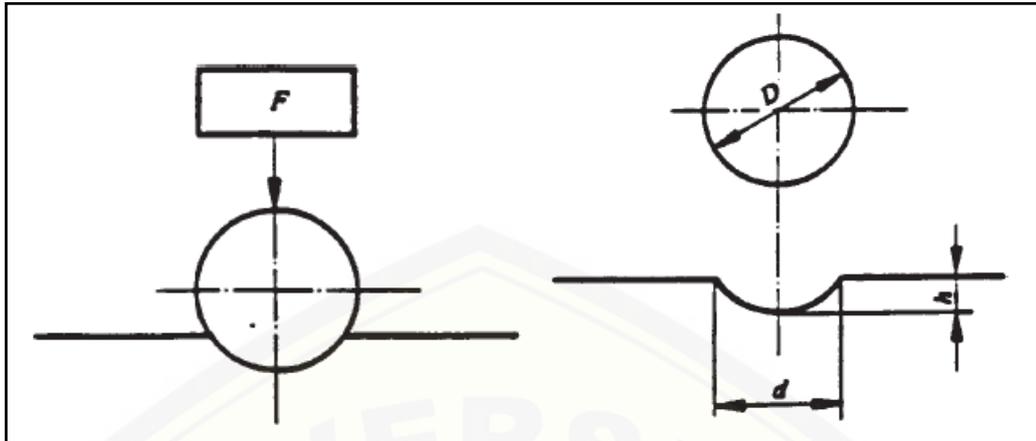
Pada proses pengujian kekerasan komposit ZA-27/nanoZnO ini menggunakan standart ASTM E 10 serta menggunakan alat *Hardness Tester THI20B* dengan metode pengujian *Brinell Hardness* dan memiliki tahapan-tahapan pengujian antara lain, yaitu:

1. Persiapkan sampel dengan mengacu pada standart ASTM E 10.
2. Setting alat pengujian pada nilai *Brinell Hardness* dan disesuaikan dengan material yang akan diuji.
3. Setelah itu lakukan pengujian dengan meletakkan alat pada spesimen agar indenter dapat bersentuhan pada spesimen.
4. Catat angka kekerasan yang muncul pada alat *Hardness Tester THI20B*.

Tabel 3.2 Toleransi ukuran hasil dari pengujian *Brinell Hardness*

Ball Diameter, mm	Tolerance, mm
10	±0.005
5	±0.004
2.5	±0.003
2	±0.003
1	±0.003

(Sumber: ASTM E 10)



Gambar 3.2 Prinsip kerja metode *Brinell Hardness* (ASTM E 10)

Pada pengujian *Brinell Hardness* memiliki toleransi ukuran bola pengujian yang dijelaskan pada tabel 3.1 dan gambar 3.2 menjelaskan tentang ilustrasi pengujian pada metode *Brinell Hardness*.

3.4.3 Pengamatan Struktur Mikro

Pada proses pengamatan struktur mikro komposit ZA-27/nanoZnO ini menggunakan standart ASTM E 407 - 07 serta menggunakan alat *Microscope Olympus BX41M* dan memiliki tahapan-tahapan pengujian antara lain, yaitu:

1. Preparasi sampel dengan memberi cetakan resin pada sampel agar mudah dalam pemegangannya.
2. Mengamplas permukaan sampel menggunakan mesin amplas dengan kakasaran 500 Cw, 1000 Cw, 1500 Cw, 2000 Cw.
3. Gosok permukaan sampel menggunakan autosol sampai mengkilap.
4. Masukkan campuran alkohol dan HNO₃ ke dalam gelas beaker dengan perbandingan HNO₃ 1% dari jumlah volume alkohol.
5. Aduk campuran alkohol dan HNO₃ menggunakan pengaduk sampai tercampur rata.
6. Etsa sampel dengan meneteskan satu tetes campuran alkohol dan HNO₃ ke permukaan sampel selama 10 detik.
7. Komputer yang sudah terinstal aplikasi mikroskop optik hubungkan dengan mikroskop optik.
8. Letakan sampel di tempat sampel uji mikroskop optik dengan benar yaitu di bawah cahaya mikroskop optik.

9. Atur perbesaran mikroskop sampai struktur mikro terlihat dengan jelas di komputer (perbesaran 200x).
10. Simpan hasil uji struktur mikro di dalam komputer.

3.4.4 Pengujian SEM

Pada proses pengamatan dengan SEM pada komposit ZA-27/NanoZnO ini menggunakan alat *SEM Impack S50* dan memiliki tahapan-tahapan pengujian antara lain, yaitu:

1. Siapkan Alat pengujian *SEM Impack S50* seperti yang ditampilkan pada gambar 3.3
2. Taruh sampel yang sudah siap diuji pada *stage* di dalam mesin SEM
3. Masukkan *Stage* kedalam alat *SEM Impack S50*
4. Kemudian sampel siap di uji dengan pembesaran yang diinginkan dan gambar ditampilkan pada layar monitor.



Gambar 3.3 Alat pengujian SEM

3.4.5 Pengujian XRD

Pada pengujian XRD sampel yang berupa serpihan ditempelkan pada tempat pengujian XRD.

1. Sampel yang digunakan menggunakan patahan dari uji tarik yang kemudian dihaluskan menjadi bubuk menggunakan penumbuk untuk analisa XRD.

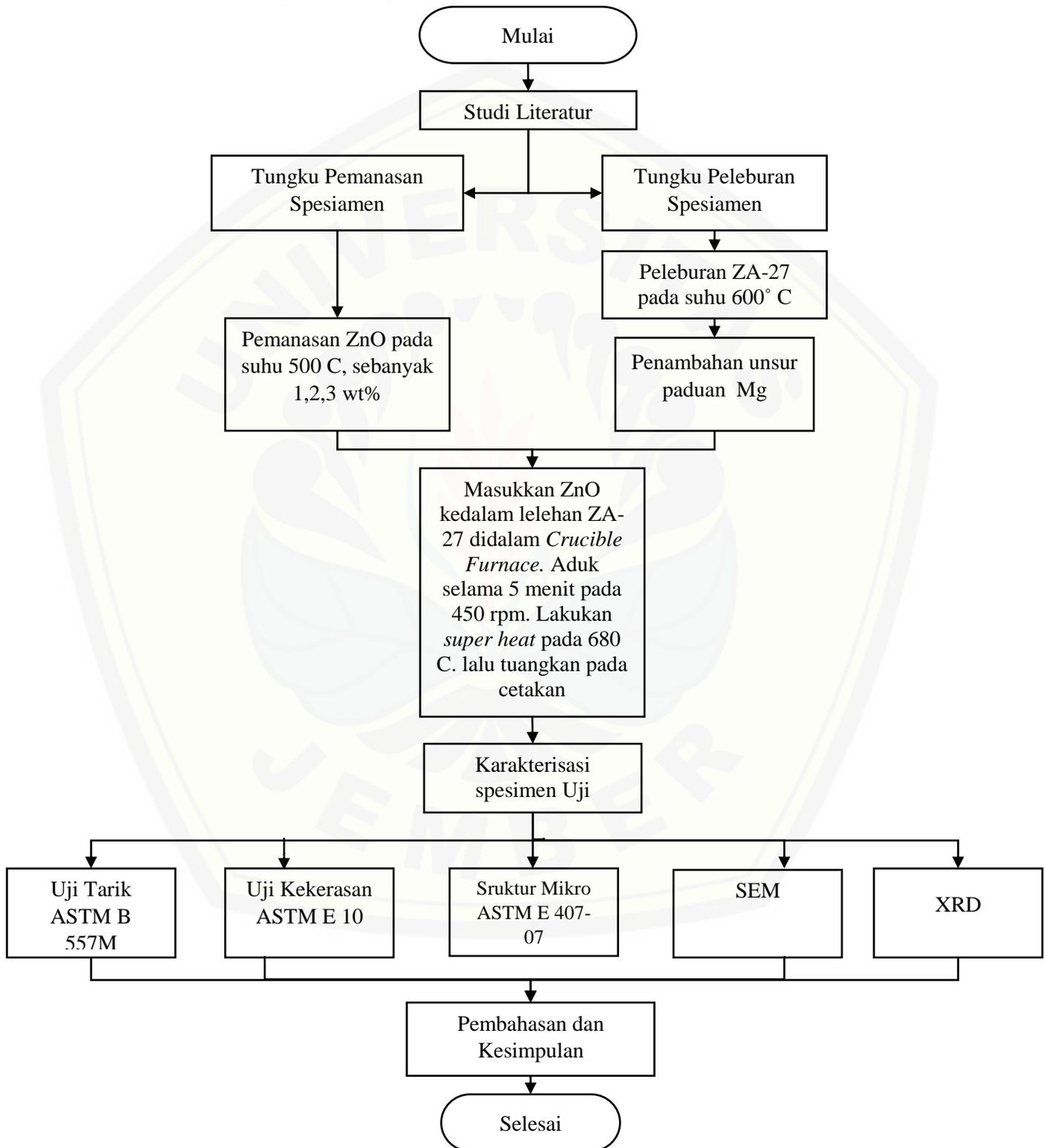
2. Spesimen berupa serpihan lebih mudah untuk dianalisa karena berbagai arah difraksi dapat diwakili oleh partikel tersebut. Kemudian didapatkan grafik dengan axis 2θ dan ordinat berupa intensitas.
3. Senyawa yang memiliki 2θ dan intensitas spesifik sehingga untuk mengetahui bentuk senyawa yang berada dalam puncak suatu grafik XRD tersebut dapat dilakukan pencocokan dengan database International Centre for Diffraction Data.



Gambar 3.4 *Mesin XRD*

3.5 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini memiliki langkah-langkah yang telah dilakukan oleh peneliti yang disajikan pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Diagram Alir penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nanopartikel ZnO diketahui dapat meningkatkan kekerasan komposit. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada variasi ZA-27/nanoZnO 3% dengan kekerasan sebesar 79 HRB.
2. Penambahan magnesium dapat meningkatkan kemampuan tarik komposit. Nilai kekuatan tarik (*Ultimate Tensile Strength*) tertinggi didapat pada sampel ZA-27/nanoZnO 3% dengan nilai 207 Mpa.
3. Seiring dengan penambahan nanopartikel , terlihat pada pengujian struktur mikro bahwa ukuran dendrit menjadi semakin rapat, dan juga terlihat reinforce terdistribusi merata di dalam matrix
4. Proses penambahan nanopartikel pada komposit ZA-27/nanoZnO 3% dengan metode *stir casting* membentuk fasa baru yaitu MgO merupakan fasa konstruktif yang meningkatkan kemampuan basahan *reinforce* terhadap *matrix*

5.2. Saran

Saran yang dapat diajukan agar penelitian berikutnya dapat memperoleh hasil yang lebih baik agat dapat menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan mengenai variasi nanopartikel terhadap komposit ZA-27/nanoZnO.
2. Sebaiknya dilakukan pembahan waktu *degassing* saat proses pengecoran untuk meminimalisir terjadinya cacat porositas yang terbentuk.
3. Sebaiknya dipilih bahan *stirrer* yang tidak bereaksi dengan bahan penelitian
4. Sebaiknya dilakukan penambahan perlakuan panas untuk dapat lebih meningkatkan kemampuan mekanis komposit ZA-27/nanoZnO

DAFTAR PUSTAKA

- Annigeri, U & Kumar, G. V. (2017). Method of stir casting of Aluminum metal matrix Composites: A review. *Materials Today: Proceedings 4*, 1140–1146.
- ASM Handbook. (1998). *ASM Handbook Volume 2 Properties and Selection: Nonferrous-Purpose Material*. Second Printing. United States of America: ASM International, Inc.
- ASM Handbook. (1998). *ASM Handbook Volume 15 Casting*. Fourth Printing. United States of America: ASM International, Inc.
- ASM Handbook. (1992). Volume 21: *Composites*. ASM International. The Materials Information Company.
- ASTM E 10-01. (2001). *Standart Testing Method for Brinell Hardness of Metallic Material*. United States of America: ASTM International, Inc.
- ASTM 557M-02a (2003). *Standart Test Methods of Tension Wrought and Cast Aluminium and Magnesium-Alloy Products*. United States of America: ASTM International, Inc.
- ASTM E 407-07. (2007). *Standart Practice for Microetching Metal and Alloy*. United States of America: ASTM International, Inc.
- Bunaciu, a. A., tioiu, e. G., & aboul-enein, h. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 289–299.
- Cawla, N. (2006). *Metal Matrix Composite*. Springer, 3.
- Chen, K., Fang, T., Hung, F., Ji, L., Chang, S., Young, S., & Hsiao, Y. (2008). The crystallization and physical properties of Al-doped ZnO nanoparticles. *Applied Surface Science*, 5791–5795.
- C.Kannan, & Ramanujam, R. (2017). Comparative study on the mechanical and microstructural characterization of AA 7075. *Journal of Advanced Research*.
- Coleman, V. A., & Jagadish, C. (2006). *Basic Properties and Applications of ZnO*.
- Durri, S., & Sutanto, H. (2015). Karakterisasi Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO doping Al yang di Deposisi diatas Kaca dengan Metode Sol-Gel Teknik Spray-Coating. *Jurnal Fisika Indonesia No: 55, Vol XIX,*, ISSN : 1410-2994 .

- Fadhilah, I. (n.d.). Analisis Struktur Mikro (Metalografi).
- Fatile, B.O. Adewuyi, H.T. Owoyemi. (2016). *Synthesis and characterization of ZA-27 alloy matrix composites reinforced with zinc oxide nanoparticles*. International Journal of Engineering Science & Technology.
- Gibson, R. (1993). *Principles Composite Material Mechanics 2nd edision* . New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Groover, M.P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing (Materials Processes and Systems)*. Fourth Edition. United States of America: Hon Wiley & Sons, Inc.
- Hashim, J., Looney, L., & Hashmi, M. (1999). Metal matrix composites: production by the stir casting method. *Journal of Materials Processing Technology*, 1-7.
- Junus, S., Zulfia, A., Melisa, & Mariani, L. (2014). Pengaruh Anti Aging Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Komposit Al-Si-Mg/Al₂O₃ dengan Metode Stir Casting. *Jurnal Rotor*, Volume 7 Nomor 2.
- Kusharjanto, Soepriyanto, S., Korda, A. A., & Dwiwanto, S. A. (2018). Effect of ZnO nanoparticles to mechanical properties of thixoformed Mg-Al-Zn alloy. *Materials Research Express*.
- Lu, X., Liu, Y., Si, X., Shen, Y., Yu, W., Wang, W., . . . Zhou, T. (2016). Temperature dependence on the structural, optical, and magnetic properties of Al-doped ZnO nanoparticles. *Optical Materials*, 335-340.
- M.O. Bodunrin, K.K. Alaneme, L.H. Chown. (2015). *Characteristics of aluminium matrix hybrid composites: a review of reinforcement philosophies; mechanical, corrosion and tribological characteristics*, J. Mater. Res. Technol. 169 1–12.
- Mudjijana dan Hadrizal, (1997). Analisis Kualitas Produk Gokart dari Paduan Aluminium". *Prosiding Pertemuan Ilmiah 1997*, Hal.146-15. PPSM-BATAN, Jakarta
- Rao, K. S., & Govindaraju. (2017). Sliding wear Behavior of Cast Al-7075 Alloy Reinforced with MgO . *Journal Material Today*, 11096–11101.
- Rustan, M., Subaer, & Irhamsyah. (2015). studi tentang pengaruh nanopartikel ZnO (seng oksida) terhadap kuat tekan geopolimer berbahan dasar metakaolin. *Jurnal sains dan pendidikan fisika* , 286 - 291.
- Salindeho, R. D., Soukota, J., & Poeng, R. (n.d.). pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material.

- Sajjadi, S. (2011). Microstructure and mechanical properties of Al-Al₂O₃ micro and nano composites. *Materials Science and Engineering*.
- Sari, N. H. (2018). *Material Teknik*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- S.C. Tjong. (2016). *Processing and deformation characteristics of metals reinforced with ceramic nanoparticles*, in: S.C. Tjong (Ed.), *Nanocrystalline Materials* (Internet), 2nd ed., Elsevier, Oxford, 2014, pp. 269–304
- Setiawan, H. (n.d.). pengaruh proses heat treatment pada kekerasan material special k(k100).
- Sudjana, H. (2008). *Teknik Pengecoran Logam Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Suherman, & Syahputra. (2014). Pengaruh penambahan Cu dan solution treatment terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada aluminium paduan A356. *Jurnal Dinamis*.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, & Dimiyati, A. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir (JFN), Volume 9, Nomor 2*, 44-50.
- Suwanboon, S., Amornpitoksuk, P., Haidoux, A., & Tedenac, J. (2008). Structural and optical properties of undoped and aluminium doped zinc oxide nanoparticles via precipitation method at low temperature. *Journal of Alloys and Compounds* 462 , 335–339 .
- Tata, S., & Shinroku, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Zulfia, A., Juwita, R., Uliana, A., Jujur, I. N., & Raharjo, J. (2010). Proses Penuaan (Aging) pada Paduan Aluminium AA 333 Hasil Proses Sand Casting. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 13–20.

LAMPIRAN

Lampiran



Tungku pengecoran



Gergaji Besi



Timbangan digital



Cetakan Permanen



Torch Pemanas



Alat pendukung



Mesin Bubut



Mesin Poles



Furnace



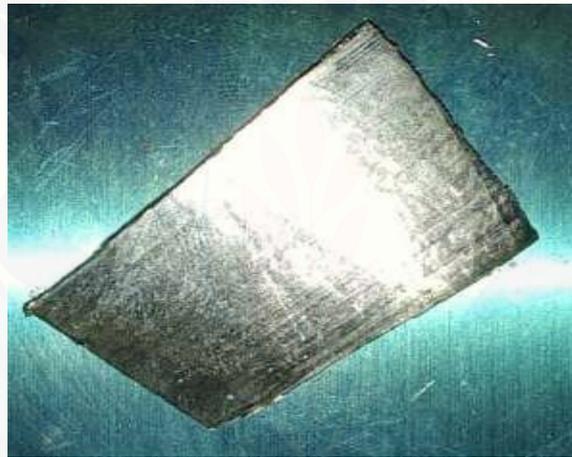
Mesin Uji tarik



Mesin Uji SEM



Mikroskop



Magnesium



Nano ZnO



Larutan Etsa



Pembuatan dapur pengecoran



Pemotongan bahan



Penimbangan bahan



Peleburan bahan



Pengadukan bahan



Pemanasan Cetakan



Penuangan dalam cetakan



Pembongkaran cetakan



Pembubutan Spesimen



Pengujian tarik



Mounting uji mikro



Pengujian SEM



Pengujian kekerasan

Match! Phase Analysis Report

Sample: A311

Sample Data

File name A311.xrdml
 File path G:/Skripsi Fuad/Bismillah Skripsi/data penelitian/Hasil XRD/A311 adit
 Data collected 2019-06-18T08:22:40+07:00
 Data range 5.008° - 59.984°
 Original data range 5.008° - 59.984°
 Number of points 3291
 Step size 0.017
 Rietveld refinement converged No
 Alpha2 subtracted No
 Background subtr. No
 Data smoothed No
 Radiation X-rays
 Wavelength 1.541874 Å

Matched Phases

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	72.1	Zinc	Zn
B	13.5	Periclase	Mg O
C	11.5	Aluminum	Al
D	2.9	Zn O	O Zn
	6.6	Unidentified peak area	

A: Zinc (72.1 %)

Formula sum Zn
 Entry number 96-901-2436
 Figure-of-Merit (FoM) 0.841975
 Total number of peaks 24
 Peaks in range 8
 Peaks matched 8
 Intensity scale factor 1.23
 Space group P 63/m m c
 Crystal system hexagonal
 Unit cell a= 2.6594 Å c= 4.9368 Å
 I/c 10.95
 Calc. density 7.182 g/cm³
 Reference Jette E. R., Foote F., "Precision determination of lattice constantsLocality: syntheticSample: at T = 25 CNote: lattice parameter is average of three samples", Journal of Chemical Physics 3, 605-616 (1935)

B: Periclase (13.5 %)

Formula sum Mg O
 Entry number 96-901-3247
 Figure-of-Merit (FoM) 0.882970
 Total number of peaks 20
 Peaks in range 4
 Peaks matched 2
 Intensity scale factor 0.07
 Space group F m -3 m
 Crystal system cubic
 Unit cell a= 4.1810 Å
 I/c 3.28
 Calc. density 3.663 g/cm³
 Reference Jacobsen S. D., Holl C. M., Adams K. A., Fischer R. A., Martin E. S., Bina C. R., Lin J. F., Prakapenka V. B., Kubo A., Dera P., "Compression of single-crystal magnesium oxide to 118 GPa and a ruby pressuregauge for helium pressure mediaNote: P = 3.6 GPa", American Mineralogist 93, 1823-1828 (2008)

C: Aluminum (11.5 %)

Formula sum Al
 Entry number 96-900-8461
 Figure-of-Merit (FoM) 0.634751
 Total number of peaks 18
 Peaks in range 4
 Peaks matched 4
 Intensity scale factor 0.08
 Space group F m -3 m
 Crystal system cubic
 Unit cell a= 4.0496 Å
 I/c 4.40
 Calc. density 2.698 g/cm³
 Reference Wyckoff R W G, "Second edition, Interscience Publishers, New York, New YorkCubic closest packed, ccp, structure", Crystal Structures 1, 7-83 (1963)

D: Zn O (2.9 %)