

**PENGARUH *HOLDING TIME* PADA PROSES PENGECORAN TEKAN  
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK MAGNESIUM  
AZ31**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**MUHAMMAD IQBAL**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

## ABSTRAK

### PENGARUH *HOLDING TIME* PADA PROSES PENGECORAN TEKAN TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK MAGNESIUM AZ31

Oleh

Muhammad Iqbal

Magnesium (Mg) merupakan unsur terbanyak keempat (setelah besi, oksigen dan silikon) yang ada di alam. Magnesium membentuk 2% kerak dari massa bumi, serta mulai banyak dikembangkan dan diaplikasikan pada dunia industri. Selain digunakan dalam dunia industri mesin dan elektronik, magnesium juga banyak diteliti dan dikembangkan untuk aplikasi bidang biomedik, khususnya dalam dunia orthopedi. Tubuh manusia dewasa mengandung sekitar 24 gram magnesium dengan 60%-nya terdapat di tulang, karenanya magnesium dan paduannya memiliki potensi yang besar untuk menjadi bahan biomaterial implan dalam tubuh manusia. Namun, diperlukan peningkatan sifat mekanik dan kimia magnesium agar dapat digunakan untuk bahan implan tulang. Proses produksi menggunakan metode pengecoran tekan. Melalui metode ini, logam cair diberi tekanan yang berasal dari hidrolis sehingga struktur makro lebih padat dan sifat mekanik yang lebih baik.

Dalam penelitian ini digunakan magnesium AZ31 dengan metode pengecoran tekan menggunakan parameter temperatur = 450°C, tekanan = 300 MPa, durasi tekan 1 menit dan variasi *holding time* 5, 7 dan 9 menit. Pengujian kekuatan tarik magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan mengalami peningkatan dibandingkan sampel tanpa perlakuan. Kekuatan tarik dengan *holding time* 5 menit sebesar 133,78 MPa, *holding time* 7 menit sebesar 120,27 MPa, *holding time* 9 menit sebesar 128,77 MPa, dan sampel tanpa perlakuan sebesar 94,63 MPa. Nilai kekerasan magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan mengalami penurunan dimana *holding time* 5 menit sebesar 35 VHN, *holding time* 7 menit sebesar 39 VHN, dan nilai kekerasan sampel tanpa perlakuan sebesar 41,8 VHN. Dan nilai kekerasan meningkat pada *holding time* 9 menit sebesar 46,2 VHN. Namun, perlu diperhatikan pemanasan dan *holding time* yang berlebih (*over heat*) dapat mengakibatkan penurunan sifat mekanik magnesium AZ31. Pengujian struktur mikro magnesium AZ31 mengalami perubahan batas butir yang semakin halus, dimana hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dan kimia material.

**Kata Kunci:** Magnesium AZ31, Pengecoran Tekan, *Holding Time*, Biomaterial, Sifat Mekanik

## ABSTRACT

### EFFECT OF TIME HOLDING ON SQUEEZE CASTING PROCESS ON HARDNESS AND TENSILE STRENGTH MAGNESIUM AZ31

By

Muhammad Iqbal

Magnesium (Mg) is the fourth most common element (after iron, oxygen and silicon) in the world. Magnesium forms 2% of the crust of the mass of the earth, and began to be widely developed and applied to the industrial. Besides being used in the machinery and electronics industry, magnesium is also widely researched and developed for biomedical applications, especially for orthopedics. The human body contains about 24 grams of magnesium with 60% of it present in the bone, therefore magnesium and its alloys have great potential for implant materials in the human body. However, it is necessary to increase the mechanical and chemical properties of magnesium in order to be used for bone implant materials. The production process uses a squeeze casting method. Through this method, the molten metal is pressurized from hydraulic so that the macro structure is more dense and the mechanical properties are better.

In this research, magnesium AZ31 used squeeze casting method using temperature parameter = 450°C, pressure = 300 MPa, duration of press 1 minute and holding time variation 5, 7 and 9 minutes. The magnesium tensile strength test of AZ31 of squeeze casting was increased compared to the untreated samples. Tensile strength with 5 minutes holding time of 133,78 MPa, holding time of 7 minutes equal to 120,27 MPa, holding time 9 minute equal to 128,77 MPa, and sample without treatment equal to 94,63 MPa. The magnesium AZ31 hardness of squeeze casting results decreased where the holding time of 5 minutes was 35 VHN, holding time was 7 min for 39 VHN, and the sample hardness value without treatment was 41.8 VHN. And the hardness value increased at 9 minutes holding time of 46.2 VHN. However, it should be noted that excessive warming and holding time may lead to a decrease in the magnesium mechanical properties of AZ31. The AZ31 microscale microstructure test has gradually changed grain boundaries, which may affect the mechanical and chemical properties of the material.

**Keywords:** Magnesium AZ31, Squeeze Casting, Holding Time, Biomaterial, Mechanical Properties

**PENGARUH *HOLDING TIME* PADA PROSES PENGECORAN TEKAN  
TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK MAGNESIUM  
AZ31**

Oleh

**MUHAMMAD IQBAL**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

**SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin**

**Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

Judul Skripsi : **PENGARUH *HOLDING TIME* PADA PROSES  
PENGECORAN TEKAN TERHADAP  
KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK  
MAGNESIUM AZ31**

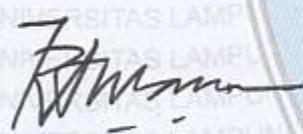
Nama Mahasiswa : **Muhammad Iqbal**

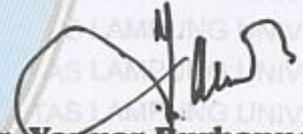
Nomor Pokok Mahasiswa : 1215021054

Jurusan : Teknik mesin

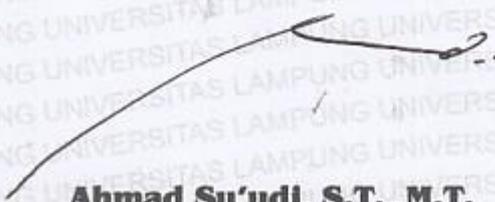
Fakultas : Teknik



  
**Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T.**  
NIP. 19700812 200112 1 001

  
**Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**  
NIP. 19640506 200003 1 001

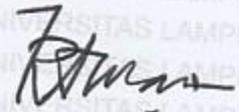
1. Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

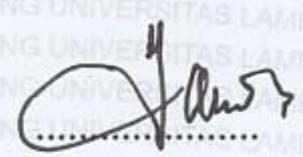
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

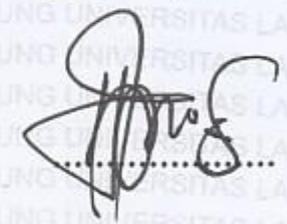
**Ketua : Dr. Irza Sukmana, S.T., M.T.**



**Anggota Penguji : Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**



**Penguji Utama : Harnowo Supriadi, S.T., M.T.**



**Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19620717 198703 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Februari 2018**

## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal  
NPM : 1215021054  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan merupakan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Peraturan Rektor Universitas Lampung Nomor: 06 Tahun 2016 tentang Peraturan Akademik Universitas Lampung yang dijelaskan pada pasal 36.

Bandar Lampung, Februari 2018

Yang Menyatakan



**Muhammad Iqbal**  
NPM. 1215021054

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 28 September 1994, sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Mulkher dan Filbahri. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak IKI desa Way Galih, Sekolah Dasar Negeri 1 Way Galih pada tahun 2006, Pendidikan Sekolah Menengah Pertama Negeri 24 Bandar Lampung pada tahun 2009, pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan Muhammadiyah 1 Bandar Lampung dengan menempuh Jurusan Teknik Kendaraan Ringan (Otomotif) pada tahun 2012, dan pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif dalam organisasi internal kampus, yaitu pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Kepala kelompok kreatif mahasiswa teknik mesin (KKMTM) HIMATEM (2014-2015) dan sebagai staff bidang minat dan bakat (2014-2015). Serta sebagai staff Biro Kesekretariatan UKPMF Cremona FT (2014-2015). Menjadi asisten laboratorium Teknologi Produksi tahun ajaran (2014-2015). Kemudian pada bidang akademik, penulis melaksanakan kerja praktek di PT Great Giant Pineapple (GGP) berlokasi di Jl. Lintas Timur Km 77 Terbanggi Besar Lampung Tengah, Propinsi Lampung pada tahun 2016, pada tahun 2017 penulis melakukan penelitian pada bidang konsentrasi Material sebagai tugas akhir dengan judul ” **Pengaruh  *Holding Time*  Pada Proses Pengecoran Tekan Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Magnesium AZ31**” di bawah arahan dan bimbingan Bapak Dr. Irza Sukmana S.T., M.T dan Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.

## *MOTTO*

“Allah Tidak Membebani Seseorang Itu Melainkan Sesuai Dengan  
Kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Maka Sesungguhnya Bersama Kesulitan Itu Ada Kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah: 5)

“Malas Membuat Semua Menjadi Sulit”

“Nikmati Prosesnya Maka Akan Tau Hasilnya”

“Timbulkan Sifat Percaya Diri Dan Berani Menerima Hal Yang Baru”

(Penulis)

# *Persembahan*



*Segala Puji Bagi Allah SWT, Dzat Yang Maha Sempurna  
Sholawat serta Salam Selalu Tercurah Kepada Uswatun Hasanah  
Muhammad Rasulullah SAW.*

*Kupersembahkan karya kecil ini sebagai tanda cinta & kasih  
sayangku kepada:*

*Ibu (MulKher) dan Ayah (Filbahri), serta saudariku (Nur Azizah)*

*Para Pendidik di Lingkungan Teknik Mesin Universitas Lampung*

*Semua Sahabat-sahabatku*

*Almamater kebanggan Universitas Lampung*

## SANWACANA

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Bismillahirrahmanirrahim, segala puji bagi Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah serta hinayahnya kepada penulis hingga penulis selalu mendapat nikmat sehat, kelancaran dan diberikan kemudahan dalam penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, serta para keluarga dan sahabat Nya hingga akhir zaman.

Alhamdulillahirabbilalamin, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan ini sebagai salah satu syarat dalam meraih gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknuk Universitas Lampung. Skripsi ini berjudul “PENGARUH *HOLDING TIME* PADA PROSES PENGECORAN TEKAN TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK MAGNESIUM AZ31”.

Dalam proses penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat dukungan, bimbingan, motivasi dan bantuan baik secara moral maupun materil oleh banyak pihak. Untuk itu dengan sepenuh ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. ALLAH SWT
2. Kepada kedua orang tua tersayang, mamak Mulkher dan ayah Filbahri beserta keluarga besar yang tidak pernah berhenti mendukung, menjadi

penyemangat, dan bersabar menunggu dalam menyelesaikan pendidikan untuk menjadi seorang sarjana.

3. Bapak Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Teknik
4. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas lampung
5. Bapak Dr. Irza Sukmana, S.T.,M.T sebagai dosen pembimbing
6. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. sebagai dosen pembimbing
7. Bapak Harnowo Supriadi, S.T, M.T sebagai dosen pembahas
8. Ibu Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met. sebagai pembimbing akademik,
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang.
10. Mas Marta, Mas Dadang dan Mas Nanang yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin.
11. Bapak Agus A.Md, Bapak Pono dan Bapak Joko S.T selaku asisten Lab Produksi yang telah banyak membantu dalam proses penelitian.
12. Nur Wakhid seorang saudara sekaligus rekan seperjuangan dalam pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir.
13. Tim *squeeze* ( Nur wakhid dan Tri Cahyo W)
14. Rekan-rekan teknik mesin 2012 ( Mas Rifa'I, Bagus, Surancoyo Rrr, Zaripin, Wahyu, Dedi ( Ex Kom), Mbah Muchdy, Kiki, Bagyo, Alpian, Kang Purnadi, Ucup, Sungep, anak kontrakan, Tanjung bintang (Grup),

dan tidak dapat di sebutkan satu persatu (Keakehan Yoh). Yang penting tetep menjadi keluarga Teknik Mesin 2012.

15. Dan kepada semua pihak yang tidak disebutkan yang telah membantu saya selama rentang hidup saya hingga saat ini.

Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terimakasih penulis ucapkan atas bantuan yang diberikan sehingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Bandar Lampung, Februari 2018  
Penulis,

**Muhammad Iqbal**  
**NPM. 1215021054**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	viii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>SANWACANA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xx
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	6

C. Batasan Masalah .....	6
D. Hipotesa .....	7
E. Sistematika Penulisan .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
A. Pengecoran tekan .....	9
1. <i>Direct Squeeze Casting (DSC)</i> .....	10
2. <i>Indirect Squeeze casting (ISC)</i> .....	11
3. Parameter Proses Pengecoran tekan .....	13
B. Biomaterial .....	16
C. Magnesium .....	19
1. Sifat Kimia Magnesium .....	21
2. Sifat Mekanik Magnesium .....	21
3. Sifat Fisik Magnesium .....	21
D. Pengujian Tarik .....	23
E. Pengujian Kekerasan .....	27
1. Metode gores .....	27
2. Metode pantul ( <i>Rebound</i> ) .....	28
3. Metode indentasi .....	28
F. Pengujian Struktur Mikro .....	33
1. <i>Cutting</i> (Pemotongan) .....	34
2. <i>Mounting</i> .....	34
3. <i>Grinding</i> .....	35
4. <i>Polishing</i> (Pemolesan) .....	35
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>

A. Waktu dan tempat penelitian .....	36
B. Alat dan bahan .....	36
C. Pelaksanaan penelitian .....	41
D. Pengujian kualitas pengecoran tekan....	45
E. Rencana kegiatan penelitian .....	48
F. Diagram alur penelitian .....	49
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
A. Hasil Penelitian .....	50
1. Pengujian tarik .....	50
a. Pengujian tarik tanpa perlakuan pengecoran tekan .....	51
b. Pengujian tarik hasil pengecoran tekan .....	52
2. Penyusutan Magnesium AZ31.....	60
3. Pengujian Kekerasan .....	62
a. Pengujian kekerasan tanpa perlakuan pengecoran tekan..	62
b. Pengujian kekerasan hasil perlakuan pengecoran tekan...	63
4. Pengujian Stuktur mikro .....	67
a. Pengujian struktur mikro tanpa perlakuan pengecoran tekan	
.....	69
b. Pengujian struktur mikro hasil perlakuan pengecoran tekan	
.....	70
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>76</b>
A. Simpulan .....	76
B. Saran .....	77

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mekanisme <i>Direct squeeze casting (DSC)</i> .....	10
Gambar 2. Mekanisme <i>Indirect Squeeze casting (ISC)</i> .....	12
Gambar 3. Magnesium dan unsur kimia .....	20
Gambar 4. Mesin uji tarik .....	24
Gambar 5. Batas elastik dan tegangan luluh .....	25
Gambar 6. Pengujian kekerasan <i>Brinell</i> .....	29
Gambar 7. Pengujian kekerasan <i>Rockwell</i> .....	31
Gambar 8. Pengujian kekerasan <i>Vickers</i> .....	32
Gambar 9. Mesin bubut .....	37
Gambar 10. Magnesium AZ31 .....	37
Gambar 11. <i>Press</i> Hidrolik .....	38
Gambar 12. Sistem perangkat pengecoran tekan.....	39
Gambar 13. Mesin uji tarik.....	40
Gambar 14. Alat uji <i>Micro Hardness</i> .....	40
Gambar 15. Pemotongan magnesium.....	41
Gambar 16. Magnesium silinder .....	42
Gambar 17. Mengatur temperatur .....	42

Gambar 18. Posisi selang nozel .....	42
Gambar 19. Alur perlakuan di dalam cetakan .....	43
Gambar 20. Pemasukan logam magnesium .....	43
Gambar 21. Proses penekanan logam .....	43
Gambar 22. Pembubutan pada spesimen uji tarik .....	44
Gambar 23. Skema cutting bagian spesimen pengujian kekerasan.....	45
Gambar 24. Mounting spesimen pengujian kekerasan .....	45
Gambar 25. Standart ASTM E-8 .....	46
Gambar 26. Diagram alur penelitian.....	49
Gambar 27. Grafik uji tarik magnesium AZ31 tanpa perlakuan .....	52
Gambar 28. Grafik uji tarik magnesium AZ31 <i>holing time</i> 5 menit .....	54
Gambar 29. Grafik uji tarik magnesium AZ31 <i>holing time</i> 7 menit .....	55
Gambar 30. Grafik uji tarik magnesium AZ31 <i>holing time</i> 9 menit .....	57
Gambar 31. Grafik pengujian tarik .....	58
Gambar 32. Simulasi perubahan penyusutan.....	61
Gambar 33. Grafik pengujian kekerasan .....	64
Gambar 34. Diagram phase (Mg-Al) .....	68
Gambar 35. Pengujian stuktur mikro tanpa perlakuan Pembesaran 100 $\mu\text{m}$	69
Gambar 36. Struktur mikro variasi 5 menit Pembesaran 100 $\mu\text{m}$ .....	71
Gambar 37. Struktur mikro variasi 7 menit Pembesaran 100 $\mu\text{m}$ .....	72
Gambar 38. Struktur mikro variasi 9 menit Pembesaran 100 $\mu\text{m}$ .....	73

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kategori biomaterial buatan (sintetis).....	19
Tabel 2. Sifat fisik magnesium .....	21
Tabel 3. Beban dan Identor yang digunakan pada pengujian <i>Rockwell</i> .....	31
Tabel 4. Komposisi kimia magnesium AZ31 .....	37
Tabel 5. Sifat Fisik magnesium AZ31 .....	38
Tabel 6. Parameter penelitian dan variasi .....	41
Tabel 7. Standart ASTM E-8 .....	46
Tabel 8. Pengujian tarik .....	46
Tabel 9. Pengujian Kekerasan .....	47
Tabel 10. Rencana waktu pelaksanaan penelitian .....	48
Tabel 11. Pengujian tarik tanpa perlakuan pengecoran tekan .....	51
Tabel 12. Pengujian pengecoran tekan dengan variasi 5 menit .....	53
Tabel 13. Pengujian pengecoran tekan dengan variasi 7 menit .....	54
Tabel 13. Pengujian pengecoran tekan dengan variasi 7 menit.....	54

Tabel 14. Pengujian pengecoran tekan dengan variasi 9 menit .....	56
Tabel 15. Penyusutan material hasil pengujian .....	60
Tabel 16. Perbandingan penyusutan pengamatan dan simulasi.....	61
Tabel 17. Pengujian kekerasan tanpa perlakuan pengecoran tekan .....	63
Tabel 18. Pengujian kekerasan hasil perlakuan pengecoran tekan .....	63

## DAFTAR NOTASI

NOTASI	KETERANGAN	SATUAN
$\sigma_m$	Tegangan	N/mm <sup>2</sup>
$\varepsilon$	Regangan	-
Ao	Luas awal dari penampang benda uji	mm <sup>2</sup>
F	Gaya	N
L	Panjang batang awal pengujian	mm
Lo	Panjang batang setelah pengujian	mm

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar belakang

Magnesium (Mg) adalah salah satu unsur logam yang ada di bumi dan merupakan elemen terbanyak keempat (setelah besi, oksigen, silikon). Magnesium membentuk 2% kerak dari massa bumi pada saat ini, serta mulai banyak dikembangkan dan diaplikasikan pada dunia industri pada saat ini (Ibrahim dkk, 2015). Pada saat ini banyaknya unsur-unsur ada di bumi salah satu magnesium, magnesium merupakan salah satu unsur kimia yang ada pada tabel periodik dengan simbol Mg dengan nomor atom 12 serta berat atom 24,31 dan diklasifikasikan sebagai golongan alkali tanah, dengan beberapa sifat-sifat magnesium yang dimilikinya (Syafliida, 2012).

Magnesium merupakan memiliki beberapa kelebihan sifat ringan, mudah bereaksi dengan logam lain, dengan sifat yang mudah terbakar, setelah mengetahui sifat magnesium yang relatif ringan, sehingga cocok digunakan sebagai bahan pengganti dari besi cor dan baja yang relatif berat, magnesium banyak digunakan dalam komponen peralatan industri, produk otomotif, maupun pertanian, dikarenakan sifatnya yang ringan (Song, 2007). Selain digunakan dalam bidang-bidang tersebut sekarang ini magnesium banyak diteliti dan dikembangkan untuk bidang biomaterial, khususnya dalam dunia

orthopedi, karena didalam tubuh manusia dewasa mengandung sekitar 24 gram magnesium, dengan 60% berada dalam tulang, (39% intraseluler, 20% di otot rangka, dan 1% ekstraseluler) (Supriadi dkk, 2015). Kemudian magnesium juga merupakan elemen penting dalam bagi manusia yang bereaksi metabolisme dalam tubuh sehingga tepat untuk aplikasi biomedis. Oleh karena itu, magnesium dan paduannya memiliki potensi yang besar untuk menjadi bahan biomaterial implan yang dapat terdegradasi dalam tubuh manusia (Karayan dkk, 2011).

Biomaterial merupakan jenis material yang banyak digunakan sebagai media pengganti dan memperbaiki fungsi jaringan pada tubuh manusia (Hakim, 2012). Selain dalam tubuh manusia, biomaterial secara umum telah banyak digunakan di bidang ilmu kedokteran maupun ilmu kedokteran gigi, biomaterial itu sendiri bisa didapat secara alami maupun secara buatan (sintetis) (Badeges, 2012). Biomaterial terbagi menjadi empat antara lain, biomaterial logam, keramik, polimer dan komposit, dari banyaknya jenis biomaterial tersebut, biomaterial dapat di produksi dengan melalui metode pengecoran yang umumnya banyak dilakukan (Syafliida, 2012).

Pengecoran merupakan suatu proses manufaktur yang bertujuan membentuk suatu produk sesuai dengan geometri yang direncanakan dengan memasukan logam cair kedalam cetakan dan membiarkanya membeku. Mudah tidaknya proses pembuatan produk coran bergantung pada bentuk dan ukuran benda coran. Umumnya proses pengecoran dilakukan melalui proses penuangan logam cair kedalam cetakan dengan memanfaatkan pengaruh dari gaya berat. Proses pengecoran memiliki beberapa metode yang umum dan banyak

digunakan dalam berbagai proses pengecoran seperti pengecoran pasir cetak, pengecoran tekanan rendah, pengecoran sentrifugal, pengecoran vakum dan pengecoran tekan. (Surdia dan Chijiwa, 1996)

Pengecoran pasir cetak, pada pengecoran logam jenis ini terbilang mahal, anti korosi kurang baik dan setidaknya membutuhkan perbandingan pasir yang relatif tinggi dan menyesuaikan pada besar ukuran produk pada saat produksi, pada pengecoran tekanan rendah metode jenis ini pada memiliki tekanan yang relatif kecil mulai dari 0,15 sampai 0,7 Kgf/cm<sup>2</sup> dan kecepatan penekanan dari 0,025 sampai 0,060 Kgf/cm<sup>2</sup> per detik. Selain pengecoran jenis pasir cetak dan tekanan rendah, pengecoran sentrifugal memiliki beberapa kekurangan seperti harga peralatan dan biaya perawatan yang mahal, dan laju produksi yang rendah, sedangkan pengecoran vakum memiliki kekurangan proses pembuatannya relatif lambat (Pembekuan) dalam proses pembuatan (Surdia dan Chijiwa, 1996).

Dari banyaknya metode pengecoran yang dipelajari, Salah satu metode pengecoran yang banyak digunakan adalah pengecoran tekan, pengecoran tekan pada dasarnya merupakan perpaduan proses-proses antara pengecoran dan pembentukan, proses pengecoran tekan tersebut umumnya di jelaskan sebagai suatu proses pembekuan logam cair di bawah tekanan eksternal yang relatif tinggi (Tjitro dan Firdaus, 2001). Istilah pengecoran tekan adalah proses pengecoran yang lebih dikenal sebagai *high pressure casting*, *squeeze* yang berarti dari penempaan logam cair yang diberi perlakuan tambahan sebuah tekanan yang berasal dari tenaga hidrolik (Hakim, 2012).

Pengecoran tekan menggambarkan proses penempaan logam cair, ekstrusi pengecoran, dan tekanan kristalisasi. Proses metode ini dibedakan menjadi dua jenis proses yaitu *direct squeeze casting* (DSC) dan *Indirect Squeeze Casting* (ISC), dari kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan metode ini dalam menghasilkan komposit/paduan ferrous maupun non ferrous sangat baik dengan bentuk dapat dikatakan sempurna. Adapun kekurangan material yang diperlukan lebih banyak serta sebagian material terbuang, hasil pengecoran dapat mengalami kerusakan (cacat) atau tidak sempurna (Tjitro dan Firdaus, 2001).

Proses pengecoran tekan bertujuan dapat meningkatkan sifat mekanis material, sifat mekanis merupakan perilaku sebuah material terhadap pembebanan, terhadap berupa gaya, pengaruh torsi atau gabungan keduanya (Tjitro dan Firdaus, 2001). Untuk mengetahui sifat mekanis suatu material, umumnya dilakukan pengujian terhadap material, pengujian tersebut yang sifatnya merusak (*destructive test*), dari pengujian material yang dilakukan menghasilkan data dan bisa berbentuk grafik yang menjelaskan sifat sebuah material (Haroen, 1984).

Sifat mekanis sebuah material dapat meliputi: kekuatan tarik maksimum (*Ultimate tensile strength*), ketangguhan (*toughness*), kelenturan (*elasticity*), kekuatan leleh (*yield strength*) dan lain sebagainya, sifat mekanis dasar perlu diketahui sebagai data pendukung suatu material logam adalah kekuatan tarik maksimum (UTS) dan kekerasan, data tersebut dapat diketahui melalui pengujian tarik dan pengujian kekerasan material (Haroen, 1984).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan berdasarkan metode pengecoran tekan seperti “Analisis Sifat Mekanis Dan Strukturmikro Pada Produk Paduan  $Al_{78}Si_{22}$  Metode *Squeezing Casting*” yang menghasilkan nilai kekerasan yang meningkat dari 47,1 – 87.5 kg/mm<sup>2</sup> , yang di pengaruhi temperatur dies (Djatkiko dan Budianto, 2011). Dan pada penelitiannya “ Pengaruh Tekanan Dan Temperatur *Die* Proses *Squeeze Casting* Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Material Piston Komersial Lokal” dengan hasil penelitian menunjukkan dapat menurunkan nilai porositas dengan nilai 85.15 % dan memperbaiki nilai kekerasan sebesar 5,29 % (Duskiradi dan Tjitro, 2002).

Serta peneletian yang dilakukan oleh (Respati dkk, 2010) dengan penelitian “pengaruh tekanan dan temperatur cetakan terhadap Struktur mikro dan kekerasan hasil pengecoran Pada material aluminium daur ulang”. Hasil pengujian yang telah dilakukan pada struktur mikro temperatur cetakan 400°C menunjukkan struktur silikon yang rata rata lebih kasar terhadap pengecoran dengan temperatur cetakan 300°C dan pada tekanan 30 Mpa menghasilkan hasil sifat kekerasan meningkat pada temperatur cetakan 300°c.

Setelah mengetahui beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan hasil yang ada dan sesuai dengan tujuan penelitian yang di rencanakan, penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk mempelajari, mengembangkan dan membandingkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh banyak orang, dengan mengambil tema penelitian “Pengaruh  *Holding Time* Pada Proses Pengecoran Tekan Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Magnesium

AZ31” dan pada akhir penelitian memiliki hasil yang bertujuan meningkatkan karakteristik dan kualitas suatu material magnesium AZ31 dari hasil pengecoran tekan.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dalam penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan sifat mekanik magnesium AZ31 dengan perlakuan pengecoran tekan.
2. Mengetahui pengaruh dari variasi parameter terhadap karakteristik magnesium AZ31.
3. Menganalisa karakteristik kekuatan tarik dan kekerasan magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan.

## **C. Batasan Masalah**

Dalam penyelesaian penelitian ini ada beberapa batasan masalah yang perlu di perhatikan, agar penelitian konsentrasi dan fokus dalam menganalisa, adapun beberapa batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Mengasumsikan kandungan atau komposisi material yang terkandung pada magnesium AZ31 sesuai standar pabrik.
2. Pemanasan atau peleburan magnesium AZ31 hanya sampai tahap *semi-solid* dari titik cair material.
3. Dalam penelitian ini tidak melakukan pengujian komposisi magnesium AZ31 tetapi berdasarkan referensi yang sudah ada.
4. Mengasumsikan perpindahan panas pada dies (cetakan) kondisi stabil.

5. Menggunakan bahan spesimen pengujian berbentuk silinder dengan panjang 75 mm dan diameter 10,4 mm.
6. Mengasumsikan tidak terjadi oksidasi pada proses pengecoran tekan.

#### **D. Hipotesa**

Magnesium memiliki sifat mudah terdegradasi cepat disebabkan oleh gelembung hidrogen pada permukaannya apabila magnesium tersebut terendam air, setelah mengetahui sifat sebuah magnesium metode pengecoran tekan ini diharapkan dapat meningkatkan sifat dan karakteristik magnesium tersebut.

#### **E. Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

##### **I. PENDAHULUAN**

Berisikan tentang Latar Belakang Penelitian, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

##### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang teori dasar mengenai hal-hal yang berkaitan magnesium, pengecoran tekan, pengujian material, dengan penelitian yang dilakukan.

##### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang diagram alir serta uraian tahap-tahap dalam proses penelitian, yaitu: tahap studi literatur dan studi lapangan, tahap penyiapan bahan dan alat

yang digunakan pada penelitian, tahap proses pembuatan spesimen, tahap pelaksanaan pengujian serta tahap pengambilan data hasil pengujian.

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang data-data hasil pengujian tarik dan pengujian kekerasan, selanjutnya menganalisa data- data tersebut sesuai pengujiannya, Analisa serta pembahasan dilakukan berdasarkan referensi dari buku dan fakta teknik di lapangan.

#### **V. SIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan data hasil pengujian yang telah dilakukan. Selanjutnya penulis dapat memberikan saran yang dapat dijadikan acuan maupun inspirasi untuk pengembangan penelitian yang selanjutnya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang sumber-sumber yang dijadikan acuan maupun referensi penulis, dalam penyelesaian penelitian ataupun dalam penyusunan laporan penelitian ini.

#### **LAMPIRAN**

Memuat data-data yang mendukung penulisan laporan ini

## II. TINJAUAN PUSTAKA

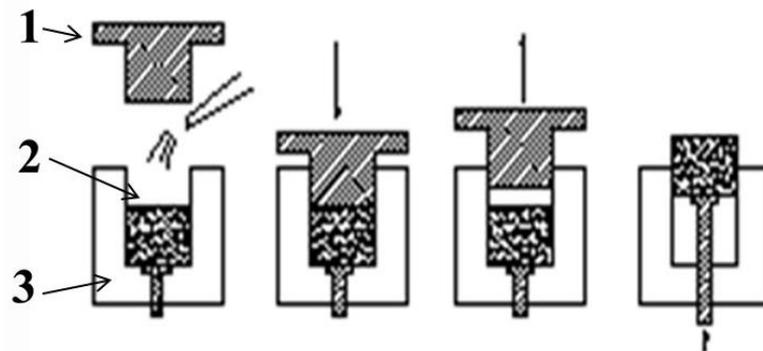
### A. Pengecoran tekan

*High pressure casting* merupakan proses pengecoran yang lebih dikenal sebagai pengecoran tekan, proses ini yang berarti dari penempaan logam cair yang diberi perlakuan tambahan sebuah tekanan beban yang berasal dari tenaga hidrolik (Hu, 1998). Perlakuan tekanan yang di berikan akan kontak langsung terhadap logam cair dengan dinding cetakan serta menyebabkan perpindahan panas yang akan mempengaruhi kepadatan stuktur mikro logam tersebut. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan sifat mekanis, permukaan, kepadatan, dan keakuratan sebuah material yang baik (Diannegara, 2010).

Teknik pengecoran tekan pertama kali di perkenalkan oleh Chernov pada tahun 1878 di negara Rusia, metode pengecoran tekan ini merupakan penggabungan proses dari metode pembentukan dan pengecoran (Tjitro dan Firdaus, 2001). Mekanisne pengisian logam cair pada pengecoran tekan dibedakan menjadi dua yaitu *direct squeeze casting (DSC)* dan *In-direct squeeze casting (ISC)* (Purwanto dkk, 2001).

### 1. *Direct squeeze casting (DSC)*

*Direct squeeze casting* merupakan sebuah proses bisa dikatakan sebuah proses *liquid metal forging*, *squeeze forming*, *extrusion casting* dan *pressure crystallisation*, (*DSC*) adalah proses dimana logam cair didinginkan dengan memberikan tekanan secara langsung yang bertujuan untuk mencegah terjadinya porositas gas serta penyusutan pada sebuah material (Dianegara, 2010). Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Keterangan:

1. *Punch*                      2. Logam cair                      3. Dies (Cetakan)

Gambar 1. Mekanisme *Direct squeeze casting (DSC)* (Tjitro dan Firdaus, 2001).

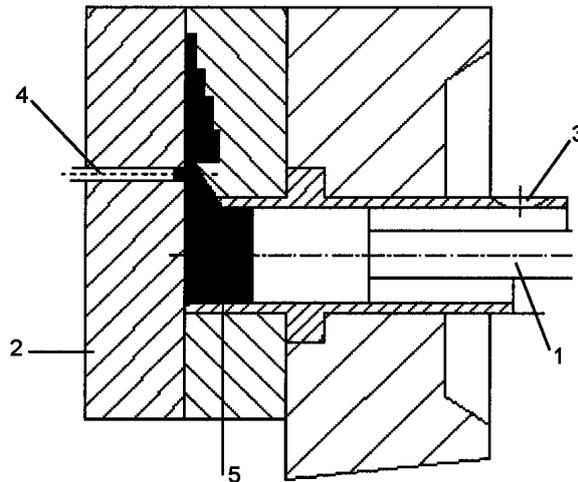
Proses *Direct squeeze casting (DSC)* memiliki beberapa keuntungan (Tjitro dan Firdaus, 2001), sebagai berikut:

- a. Memperkecil terjadinya porositas gas dan penyusutan.
- b. Menghilangkan *gating system*, sehingga tidak terjadi pembuangan material.
- c. Mengabaikan *castability* karena pemberian tekanan dapat mengeliminir kebutuhan akan *high fluidity*, baik untuk coran secara umum atau paduan kasar.

- d. Memanipulasi mikro-struktur coran sesuai proses kontrol yang baik, temperatur pada proses penungan, serta tekanan yang digunakan. Adapun untuk meningkatkan hasil coran bisa menambahkan beberapa inti penambah, tetapi hal tersebut tidaklah begitu diperlukan.
- e. Mendapatkan hasil coran dengan cacat yang relatif kecil, sehingga memperkecil dan menghemat biaya yang diperlukan untuk perlakuan dan pengetesan *non destructive*.
- f. Sifat mekanik hasil pengecoran menggunakan komposisi yang sama, dapat menghasilkan coran yang baik bahkan lebih baik bila dibandingkan dengan produk coran teknik yang lain melalui perilaku isotropik. Untuk itu faktor pengecoran dianggap satu kesatuan.
- g. Menggunakan teknik pengecoran tekan merupakan metode yang sangat efektif dan efisien dalam menghasilkan komponen komposit atau paduan logam ataupun non-logam dengan hasil yang baik, dengan toleransi proses pengukuran sebesar  $\pm 0,05$  mm.

## 2. *Indirect Squeeze casting (ISC)*

*Indirect Squeeze casting* adalah sebuah proses pengecoran logam yang memiliki kelebihan yang kompleks dengan beberapa sistem pengeluaran inti (*core pull*), proses tersebut menggabungkan antara *low pressure* dan *high pressure die casting* (Hakim, 2012). Pada proses *Indirect Squeeze casting* logam cair di injeksikan/ditekan kedalam rongga die menggunakan *punch* yang berbentuk diameter, mekanisme dari proses ini mempertahankan logam cair hingga membeku di dalam cetakan die (Dianegara, 2010). Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



- Keterangan: 1. *Punch* (Penekan)                      4. Gating sistem  
                   2. *Dies* (Cetakan)                        5. Logam cair  
                   3. Lubang penuangan

Gambar 2. Mekankisme *Indirect Squeeze casting (ISC)* (Firdaus, 2002).

Setelah mengetahui kelebihan dari ISC, terdapat dua kelemahan pada proses ISC bila di bandingkan dengan DSC (Tjitro dan Firdaus, 2001).

Antara lain:

- a. Bahan baku yang digunakan kurang efisien pada pembuatan *runner* dan *gating system*, efisiensi bahan yang digunakan sebesar 28 %, sebagai contoh dalam pengaplikasian pembuatan piston seberat 0,62 kg membutuhkan bahan cor dengan berat 2,2 kg.
- b. *Wrought aerospace alloys* memiliki sifat kekuatan yang baik dan tinggi, tetapi sulit dalam pengerjaan menggunakan proses ISC, apabila tetap dilakukan menggunakan proses ISC hasil yang dihasilkan tidak terhindar dari cacat.

Pada proses *indirect squeeze casting* untuk mengoptimalkan kecepatan pengisian logam cair dapat menggunakan simulasi numerik yang bertujuan mengurangi error, kerja trail dan menghemat penggunaan bahan baku serta tenaga kerja. Selain menggunakan simulasi numerik ada sebuah perangkat lunak yang bernama CEA castung MAGMASOFT dapat mempermudah *indirect squeeze casting* (Dianegara, 2010).

Untuk memaksimalkan *indirect squeeze casting*, pada saat penuangan logam cair kedalam cetakan harus stabil dan mulus yang bertujuan agar aliran logam cair mengalir secara laminar sehingga tidak mengakibatkan aliran turbulen. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari proses tersebut adalah kecepatan dalam penuangan, kecepatan penuangan yang rendah dapat menyebabkan hilangnya panas (*heat loss*) pada logam cair, dan berakibat pada terjadinya premature aliran pengisian menjadi laminar dan tidak terjadi aliran turbulen (Tjitro dan Firdaus, 2001).

### **3. Parameter proses pengecoran tekan**

Untuk mendapatkan hasil pengecoran tekan yang baik dan ideal, terdapat beberapa variabel yang perlu diperhatikan sebagai syarat-syarat pengecoran (Firdaus, 2002), sebagai berikut:

#### **1. Volume cairan logam (melt volume)**

Membutuhkan kontrol yang baik serta akurat pada saat logam cair dituang ke dalam cetakan (*die*).

2. Temperatur tuang (*casting temperature*)

Variabel temperatur tuang menyesuaikan dengan produk coran/komponen dan jenis paduan yang digunakan. Umumnya temperatur tuang yang digunakan 6-55°C diatas temperatur *liquidus*.

3. Temperatur perkakas (*tooling temperature*)

Temperatur normal yang umumnya digunakan pada *die* adalah 190-315°C. Sebuah produk cor yang memiliki penampang relatif tebal, rentang temperatur ini diturunkan. Umumnya temperatur pada *punch* diatur 15-30°C dibawah temperatur *die* terendah memungkinkan adanya kelonggaran atau celah yang memadai antara cetakan dan *punch*. Celah antara cetakan dan *punch* yang berlebihan menyebabkan erosi pada permukaan keduanya.

4. Waktu tunggu (*time delay*)

Waktu tunggu merupakan lamanya waktu yang diukur pada awal penungan logam cair ke dalam cetakan sehingga pada saat permukaan *punch* menyentuh dan mulai menekan logam cair. Penampang cetakan yang memiliki bentuk yang kompleks memerlukan beberapa waktu agar logam cair dapat masuk dan mengisi keseluruhan rongga cetakan, maka diperlukannya tenggang waktu yang cukup sebelum *punch* menyentuh dan menekan logam cair. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari terjadinya porositas pada produk cor akibat penyusutan.

5. Batas tekanan (*pressure level*)

Bentuk geometri suatu produk coran dan sifat mekanik yang diinginkan akan mempengaruhi tekanan yang dibutuhkan pada proses pengecoran tekan, normalnya proses ini membutuhkan tekanan 50-140 MPa, tetapi memiliki tekanan minimum sebesar 40 MPa. Tekanan yang umum digunakan adalah 70 MPa.

6. Durasi penekanan (*pressure duration*)

Umumnya durasi penekanan disesuaikan dengan bentuk produk coran yang dibutuhkan. Durasi dengan rentang waktu 30-120 detik biasanya digunakan pada produk cor dengan berat 9 Kg. Durasi penekanan mulai dihitung pada saat punch berada pada titik terendah sampai saat punch terangkat (penekanan dilepaskan).

7. Pelumasan (*lubrication*)

Pelumasan pada proses pengecoran tekan merupakan pelapisan cairan pada rongga dinding cetakan (*die*), yang bertujuan untuk mempermudah pada saat akan mengeluarkan hasil coran dari dalam cetakan (*die*). Perlu diperhatikan pada saat pelumasan dinding cetakan jangan sampai menutupi lubang ventilasi yang ada pada cetakan (*die*).

Jenis material paduan aluminium, magnesium, dan tembaga, umumnya menggunakan *colloidal graphite* sebagai media pelumasan. Sedangkan pada jenis material *ferrous casting* dinding permukaan *die* umumnya dilapisi dengan sejenis bahan keramik

yang bertujuan untuk mencegah efek pengelasan antara produk cor dengan permukaan *die*.

#### 8. Kecepatan pengisian (*filling rate*)

Proses pengisian logam cair ke dalam cetakan (*die*) sangatlah mempengaruhi hasil produk cor, lambatnya kecepatan pengisian menyebabkan semakin tingginya terjadinya aliran laminar. Selain itu kecepatan penuangan yang rendah menyebabkan kehilangan panas (*heat loss*) dan menyebabkan terjadinya *premature solidification* serta *cold shuts*. Maka dari itu untuk mendapatkan aliran pengisian laminar dan tidak terjadi turbulensi sangat diperlukan ketentuan pengisian yang optimal.

## **B. BIOMATERIAL**

Biomaterial secara luas telah banyak digunakan dalam ilmu bidang kedokteran maupun kedokteran gigi, Biomaterial merupakan suatu material yang berfungsi untuk memperbaiki atau menggantikan fungsi jaringan pada tubuh manusia (Hakim, 2012). Dapat digunakan secara berkelanjutan ataupun hanya bersentuhan dengan cairan tubuh manusia, biomaterial dapat diperoleh secara alami (alam) maupun secara buatan (sintetis), pada saat ini menggunakan biomaterial bertujuan untuk memperbaiki kualitas kehidupan manusia yang sehat dan lebih baik (Badeges, 2012).

Syarat sebuah biomaterial yang dikatakan baik harus memiliki sifat mekanik yang baik, memiliki sifat biokompatibilitas baik, tidak sulit dalam pembentukan atau proses manufakturnya dan tidak memiliki sifat yang

merugikan pada tubuh manusia dan tidak terkontaminasi racun ataupun zat-zat yang dapat bersifat karsinogenik (Badeges, 2012), sifat biokompatibilitas sebuah biomaterial merupakan sifat yang langsung berhubungan dengan jaringan tubuh manusia, atau dampak maupun hasil yang di timbulkan biomaterial tersebut dalam tubuh manusia, atau bisa dikatakan sifat paling utama pada sebuah biomaterial (Hakim, 2012).

Sebuah biomaterial secara luas terbagi menjadi dua jenis yaitu biomaterial alami dan biomaterial buatan (sintetik), pada biomaterial alami mempunyai beberapa keunggulan antara lain, jenis material yang digunakan menyerupai yang ada pada tubuh manusia dan umumnya tidak terkontaminasi zat-zat berbahaya pada tubuh (Cahyanto, 2013). Selain itu, material ini di sertai protein spesifik yang meningkat di dalamnya serta sinyal biokimia yang mempercepat proses penyembuhan, pemulihan dan menyempurnakan jaringan dalam tubuh.

Sedangkan pada biomaterial jenis buatan (sintetik) pada dasarnya material ini banyak digunakan sebagai implan adalah yang banyak dipakai oleh para insinyur dan ahli material, material jenis buatan (sintetik) ini terbagi menjadi beberapa kategori antara lain: Logam, keramik, polimer dan komposit (Badeges, 2012)

Mengetahui biomaterial terbagi menjadi empat kategori (Prasetyo, 2012), yang akan di jelaskan sebagai berikut:

### 1. Biomaterial logam

Pada umumnya banyak penelitian biomaterial yang telah di kembangkan salah satunya biomaterial logam. Biomaterial logam mempunyai sifat mampu luluh yang mudah terdegradasi pada proses penanaman ke dalam jaringan tubuh manusia secara alami karena tidak diperlukan secara permanen dalam tubuh manusia, contoh biomaterial logam seperti *stent* jantung. Pengembangan biomaterial logam yang banyak digunakan seperti paduan besi dan paduan magnesium.

### 2. Biomaterial keramik

Syarat sebuah material untuk biomaterial keramik haruslah bersifat biokompatibilitas yang tinggi serta *antithrombogenic* dan tidak terkontaminasi racun dan juga tidak memiliki sifat yang merusak paru-paru atau kanker dan harus tahan lama, sedangkan pada Pengaplikasian biomaterial keramik lazim digunakan untuk menggantikan jaringan tubuh manusia yang rusak ataupun menutupi kerusakan pada tulang, grafit tulang, patahan, sehingga jaringan pada tubuh kembali tersusun semula.

### 3. Biomaterial Polimer

Biomaterial polimer pada pengaplikasiannya biomaterial jenis ini berfungsi untuk menggantikan dan memperbaiki jaringan tubuh yang bermasalah, contoh biomaterial jenis ini terdiri dari silikon, karet alat, polyester, serta nilon.

### 4. Biomaterial komposit

Menggabungkan beberapa material sehingga memiliki sifat-sifat sebagai syarat kriteria sebuah biomaterial jenis komposit, sifat rekayasa

biomaterial komposit merupakan salah satu keuntungan yang dimiliki dari biomaterial jenis komposit.

Kelebihan dan kekurangan dari masing-masing biomaterial jenis buatan (sintetis) dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori biomaterial buatan (sintetis) (Prasetyo, 2012).

Material	Kelebihan	Kekurangan	Contoh
Logam	Kuat, tangguh dan ulet	Dapat terkorosi, berat jenis besar dan proses pembuatannya sulit	Tulang sendi, akar gigi buatan, <i>stent</i> jantung dan sekrup tulang
Keramik	Biokompatibilitas tinggi	Rapuh, tidak kenyal dan tidak kuat ditekan	Gigi dan tulang buatan
Polimer	Kenyal dan mudah diprosuksi	Tidak kuat, mudah terdeformasi dan terdegradasi	Benang bedah, pembuluh darah, sel-sel yang halus dan sendi pinggul
Komposit	Kuat dan dapat disesuaikan bentuknya	Proses pembuatannya sulit	Gigi dan tulang buatan

### C. MAGNESIUM

Magnesium merupakan sebuah logam ringan (dua pertiga dari sensitasi aluminium), berwarna putih keperakan dengan sifat yang cukup kuat, pada tabel periodik magnesium memiliki simbol Mg dengan nomor atom 12 serta berat atom 24,31 seperti pada Gambar 3 (Syafliida, 2012). Dan diklasifikasikan sebagai golongan alkali tanah. Setelah besi serta aluminium, magnesium adalah salah satu material yang paling banyak digunakan pada saat ini. Selanjutnya sebuah magnesium mudah bereaksi pada air dengan suhu kamar sedangkan pada suhu yang tinggi maka lebih cepat bereaksi. Magnesium

terdegradasi cepat disebabkan oleh gelembung hidrogen pada permukaannya apabila magnesium tersebut terendam air (Setiawan, 2014).



Gambar 3. Magnesium dan unsur kimia

([http://wikipedia/Magnesium\\_crystals.jpg](http://wikipedia/Magnesium_crystals.jpg)).

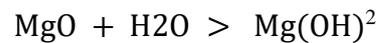
Magnesium merupakan sebuah logam yang diklasifikasikan sebagai golongan alkali tanah dalam tabel periodik, selain itu adalah logam struktural ketiga yang umum digunakan setelah besi dan aluminium. Sebuah magnesium murni memiliki densitas sebesar  $1,738 \text{ g/cm}^2$  (pada suhu  $20^\circ\text{C}$ ), titik didih  $1107 \pm 10^\circ\text{C}$ , titik leleh  $650 \pm 2^\circ\text{C}$ , kekuatan tekan  $21-115 \text{ N/mm}^2$ , kekerasan  $30-47 \text{ HB}$ , dan kekuatan tarik  $21-140 \text{ N/mm}^2$  (Marya dkk, 2005). Selain itu, sebuah magnesium dapat bereaksi bila terkena air pada suhu kamar, magnesium bila terendam didalam air, akan menyebabkan terbentuknya gelembung hidrogen pada permukaannya serta dapat menyebabkan terdegradasi. Reaksi tersebut akan semakin cepat pada suhu yang lebih tinggi (Badeges, 2012).

Sama halnya dengan jenis material pada umumnya, magnesium memiliki beberapa sifat kimia, mekanik, serta fisik seperti pada Tabel 2 (Hariyanto, 2015). Antara lain:

### 1. Sifat kimia magnesium

a. Magnesium oksida merupakan oksida basa sederhana.

b. Reaksi dengan air:



c. Reaksi dengan udara:

Menghasilkan MgO dan  $\text{M}_3\text{N}_2$  jika diperlukan.

d. Reaksi dengan hidrogen:

Tidak bereaksi.

### 2. Sifat mekanik magnesium

a. Kerapatan massa magnesium 1.738 gram/cm<sup>3</sup>

b. Magnesium murni memiliki kekuatan tarik 110 N/mm<sup>2</sup> dalam bentuk hasil pengecoran (*casting*).

### 3. Sifat fisik magnesium

Tabel 2. Sifat fisik magnesium (Www ://en.wikipedia.prg/wiki/Magnesium)

Sifat fisik	Paduan Magnesium
Titik Cair, K	922 K
Titik Didih, K	1380 K
Energi Ionisasi 1	738 kJ/mol
Energi Ionisasi 11	1450 kJ/mol
Elektronegatifitas	1,31

Kerapatan massa ( $\rho$ )	1,74 g/cm <sup>3</sup>
Potensial reduksi standar	-2,38
Jari-jari atom	1,60 A
Kapasitas Panas	1,02 J/gK
Potensial Ionisasi	7,646 Volt
Konduktivitas Kalor	156 W/mK
Entalpi Penguapan	127,6 kJ/mol
Entalpi Pembentukan	8,95 kJ/mol

Magnesium salah satu elemen logam yang berada pada kerak bumi sebesar (2% ) setelah besi dan alumunium. Umumnya pada air laut terkandung 0.13% magnesium dengan bentuk magnesium klorida. Tahun 1808 untuk pertama kali magnesium diproduksi, selain itu logam magnesium bisa didapat dengan cara elecrolitik atau reduksi termal (Andriyansyah, 2013). Metode elektrolisis merupakan proses mencampurkan kapur (kalsium hidroksida) dengan air laut dalam tangki pengendapan. Endapan magnesium hidroksida presipitat, selanjutnya mencampurkan endapan dengan asam klorida. Larutan mengalami reaksi elektrolisis (seperti yang dilakukan pada alumunium), supaya eksploitasi menghasilkan magnesium, dan selanjutnya mengecor menjadi batang logam yang dapat diproses dalam bentuk lain (Doni, 2015).

Magnesium sebagai aplikasi yang memiliki sifat berat yang sangat ringan telah banyak digunakan sebagai aplikasi dalam kontruksi pesawat terbang dan rudal, dan banyak di gunakan pada industri dan pertanian (Doni, 2015). Perkembangan pengaplikasian magnesium selanjutnya banyak digunakan sebagai perlengkapan peralatan rumah tangga, alat komunikasi, kamera,

komputer, dalam bidang otomotif, dan peralatan olahraga, dari keseluruhan contoh pengaplikasian penggunaan magnesium murni dikatakan tidak ada, melainkan dalam bentuk paduan dan sekitar 42,6 % merupakan paduan antara logam dengan aluminium (Andriyansyah, 2013).

Pengaplikasian magnesium tidak hanya pada industri, pertanian, dan perlengkapan saja. Pada tubuh manusia dewasa terkandung magnesium sekitar 24 gram, dengan persentase 60% berada pada tulang, 39% intraseluler (20% di otot rangka), dan 1% ekstraseluler. Tingkat serum biasanya 0,7-1 mmol/L atau 1,8-2,4 mEq/L (Supriadi dkk, 2015). Senyawa magnesium magnesium juga dapat digunakan bidang kedokteran sebagai pencampur umum, antasida (misalnya, susu magnesium), dan dalam sebuah keadaan diperlukan untuk stabilisasi dari eksitasi saraf dan spasme pembuluh darah abnormal (Bagedes, 2012).

#### **D. PENGUJIAN TARIK**

Pengujian tarik merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk mengetahui sifat suatu material. Pada dasarnya pengujian tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan pemanjangan pada spesimen uji dan sampai terjadinya patah, metode tersebut dapat diperlihatkan pada Gambar 4. Kekuatan tarik dapat dikatakan sebagai daya tahan suatu material terhadap tegangan yang berusaha untuk memisahkan. Kekuatan tarik suatu material berhubungan dengan modulus elastis material tersebut (Solihin. 2016).

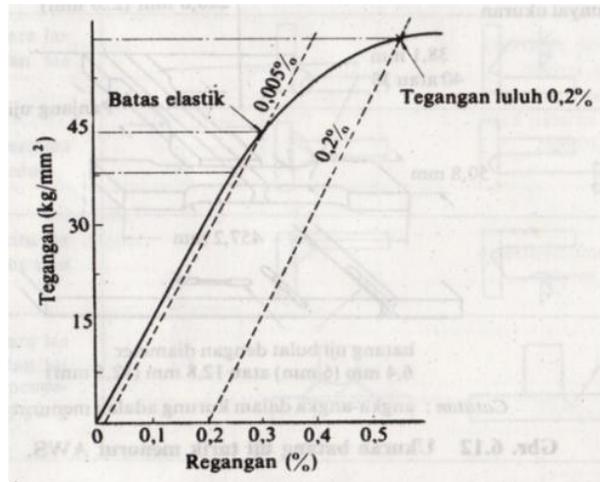


Gambar 4. Mesin uji tarik (Solihin. 2016).

Besarnya beban dan penambahan panjang suatu spesimen pengujian disambungkan langsung dengan *plotter*, selanjutnya diperoleh sebuah grafik tegangan (Mpa) dan regangan (%) yang menyampaikan informasi data yang berupa tegangan luluh ( $\sigma_{ys}$ ) tegangan *Ultimate* ( $\sigma_{ult}$ ) *Modulus Elastisitas* bahan ( $E$ ). ketangguhan serta keuletan suatu spesimen yang diuji tarik. Pengujian rekayasa dilakukan bertujuan untuk melengkapi informasi atau data-data rancangan dasar kekuatan suatu material dan sebagai penunjang bagi spesifikasi.

Titik *yield point* pada pengujian tarik sukar ditentukan dengan tepat, mengingat umumnya ditentukan batas elastis dengan perpanjangan 0,005% sampai dengan 0,01%. Terkadang batas luluh sebuah logam tidak terlihat dalam diagram tegangan-regangan, tegangan luluh yang terjadi disebut sebagai tegangan yang terjadi dengan nilai tegangan sebesar 0,2%. Dalam pengujian, perlakuan pembebanan pada material spesimen dengan menaikkan beban secara perlahan hingga material pengujian tersebut rusak atau patah,

setelah data sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan (Sanjaya, 2016).



Gambar 5. Batas elastik dan tegangan luluh (Saputra, 2017).

Pada Gambar 5 menjelaskan kekuatan luluh dan modulus elastisnya yang dapat ditentukan dan besar sebuah beban pada pengujian ini disebut kekuatan tarik maksimum. Setelah material spesimen patah panjang akhir dan cross-sectional area yang digunakan untuk menghitung persentase dan pengurangan laus (Saputra, 2017).

Tegangan yang digunakan pada kurva tegangan-regangan diperoleh dengan cara membagi beban dengan luas awal penampang benda uji. Sedangkan regangan yang digunakan diperoleh dengan cara membagi perpanjangan benda uji dengan panjang awal benda uji. Tegangan dan regangan tersebut dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{Tegangan: } \sigma = F/A_0 \text{ (Kg/mm}^2\text{)} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:  $F$  = beban (Kg)

$A_0$  = luas awal dari penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \frac{LxL_0}{L_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:  $L_0$  = panjang awal dari batang uji (mm)

$L$  = panjang batang uji yang dibebani (mm)

Pengujian tarik terhadap material (logam atau non-logam) bertujuan untuk mengetahui dan melihat informasi yang relatif lengkap perilaku sebuah material terhadap pembebanan mekanis (Saputra, 2017). Adapun nilai-nilai penting hasil pengujian yang dapat dilihat dan disampaikan pada pengujian tarik antara lain:

1. Batas proporsional (*proportionality limit*).
2. Batas elastis (*elastis limit*).
3. Titik luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*).
4. Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*).
5. Kekuatan putus (*breaking strength*).
6. Keuletan (*ductility*).
7. Modulus elastisitas (*E*).

Standar pengujian material tarik umumnya menggunakan standar uji *American Standard Testing And Materials (ASTM)*, *Japanese Industrial Standard (JIS)*, *British Standard (BS)*, dan lain-lain. Adapun mekanisme uji tarik adalah dengan cara meletakkan sampel uji tarik pada alat pencengkram ulir di kedua ujungnya, selanjutnya pemberian beban tarik searah dengan sumbu spesimen, laju alur pembebanan diatur melalui panel hidrolis, spesimen diberikan beban penarikan hingga spesimen putus (Sanjaya, 2016).

Panjang  $l_0$  dari daerah ukur ini mempunyai perbandingan tertentu dengan diameter  $d_0$  dari batang tersebut. Yang banyak dipakai adalah perbandingan  $l_0/d_0=10$  atau 5, ini adalah perbandingan-perbandingan tetap yang paling banyak digunakan (Haroen, 1984). Data hasil pengujian tarik akan tercatat pada grafik hasil pengujian tarik, dengan hasil titik *ultimate tensile strength* (UTS), yaitu tegangan maksimum yang dapat ditanggung material sebelum terjadinya perpatahan (Syafliida, 2012).

## **E. PENGUJIAN KEKERASAN**

Kekerasan sebuah material merupakan ukuran ketahanan terhadap deformasi plastis dan dapat didefinisikan ketahanan material terhadap penetrasi atau tekanan pada permukaannya (Djaprie, 1995). Pengujian kekerasan banyak dilakukan dibandingkan uji mekanis lain dikarenakan beberapa alasan, yaitu: tidak bersifat merusak sehingga spesimen material terhindar dari fraktur atau terjadinya deformasi yang tinggi, pengujian menggunakan indentasi kecil pada permukaan spesimen uji, pengujian relatif lebih mudah dan sederhana serta memperkecil biaya yang dikeluarkan. Pada suatu material memiliki nilai homogen. Selanjutnya pengujian kekerasan memiliki keuntungan dan kemudahan mengkonversikan kekerasan dengan perhitungan menggunakan skala (Syafliida, 2012).

### **1. Metode gores**

Friedrich Mohs memperkenalkan pengujian kekerasan yang bernama metode gores yang merupakan nilai kekerasan pada material berdasarkan

skala Mohs, skala yang bermaksud bervariasi, nilai terkecil kekerasan dengan skala 1 yang dimiliki material *talk*, sedangkan nilai terbesar dari kekerasan material dengan nilai 10 adalah jenis material intan (Solihin, 2016).

## 2. Metode pantul (*Rebound*)

Scleroscope adalah sebuah alat pengujian kekerasan material yang menggunakan metode pantul (*Rebound*). Yang berfungsi untuk mengukur tinggi pantulan suatu pemukul (*hammer*) dengan berat tertentu yang dijatuhkan dari suatu ketinggian terhadap material pengujian. Tinggi pantulan (*rebound*) yang dihasilkan mewakili kekerasan benda uji. Ketinggian pantulan yang dihasilkan dan terlihat pada dial pada alat pengukur, maka kekerasan jenis material pengujian dinilai semakin tinggi (Solihin, 2016).

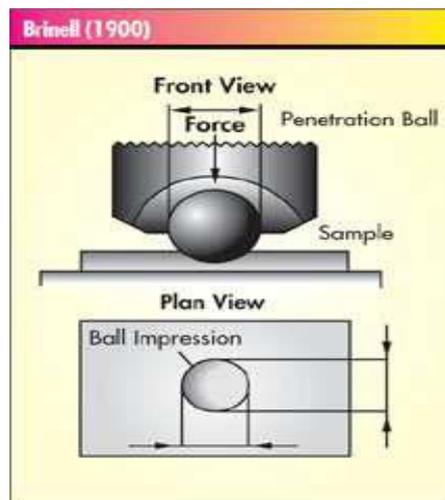
## 3. Metode indentasi

Metode indentasi bertujuan mengukur tahanan plastis dari permukaan suatu material. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan, dikarenakan prosesnya sangat mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam tersebut, apabila dibandingkan dengan metode pengujian lainnya. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan (indentasi) terdiri dari 3 metode, antara lain *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers* (Saputra, 2017).

### a. Pengujian kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Brinell* bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material dalam bentuk kekuatan

material terhadap bola baja (Indentor) yang ditekan pada permukaan material pengujian. Metode *Brinell* memiliki nilai kekerasan maksimal sebesar 400 HB nilai tersebut adalah standar ideal pengujian *Brinell*, jika nilai HB sebuah material melebihi dari standar pengujian *Brinell* maka disarankan menggunakan metode *Rockwell* atau *Vickers* (Saputra, 2017). Seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian kekerasan *Brinell* (Muhammad dan Putra, 2014).

Metode pengujian *Brinell* memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan (Haroen, 1984), sebagai berikut:

#### Kekurangan

- a) Pemilihan peluru indentor sangat mempengaruhi ketelitian pengujian, semakin besar peluru indentor yang digunakan maka ketelitian pengujian semakin akurat. Tetapi peluru ini relatif membuat pendesakan yang besar dan hal ini tidak dibenarkan pada semua bagian.
- b) Mengukur bahan-bahan yang keras dan tidak mungkin.

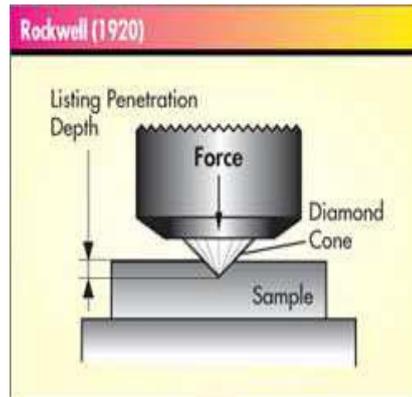
- c) Pendesakan-pendesakan dilakukan pada permukaan yang relatif lebih besar, sehingga kita tidak dapat mengukur pada permukaan yang kecil.
- d) Metodenya terlalu rumit.

#### Kelebihan

Karena ukuran pendesakannya yang relatif lebih besar, metode ini sangat baik digunakan untuk mengukur material yang tidak homogen, misalkan besi tuang atau perunggu.

#### b. Pengujian kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan *Rockwell* hampir sama dengan pengujian kekerasan *Brinell* yaitu nilai kekerasan sebagai fungsi dari kedalaman indentasi pada spesiman akibat pembebanan statis. Pada pengujian *Rockwell* beban dan indenter yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan pengujian *Brinell*. Prosedur pengujian dilakukan dengan menekan indenter pada spesimen pengujian dengan beban awal (*minor load*) 10 kg, menyebabkan kedalaman indentasi, pengaturan pada jarum penunjuk pada angka nol skala hitam, selanjutnya diberikan beban mayor 140 Hg dengan durasi 10-15 detik. Kemudian beban mayor dilepas dengan cara mengembalikan posisi pembebanan keposisi beban awal yang menyebabkan kedalaman indentasi (Muhammad dan Putra, 2014). Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7. Pengujian *Rockwell* memiliki beberapa jenis dan ukuran indenter seperti yang tercantum pada Tabel 3.



Gambar 7. Pengujian kekerasan *Rockwell* (Muhammad dan Putra, 2014).

Tabel 3. Beban dan Indentor yang digunakan pada pengujian *Rockwell* (Muhammad dan Putra, 2014).

Skala	Indentor Penekanan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut Intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola Baja 1,588 Mm (1/6")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut Intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut Intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola Baja 3,175 Mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola Baja 1,588 Mm (1/6")	10	50	60	130	Merah
G	Bola Baja 1,588 Mm (1/6")	10	140	150	130	Merah
H	Bola Baja 3,175 Mm (1/8")	10	50	60	130	Merah
K	Bola Baja 3,175 Mm (1/8")	10	140	150	130	Merah
L	Bola Baja 6,35 Mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola Baja 6,35 Mm (1/4")	10	90	100	130	Merah
P	Bola Baja 6,35 Mm (1/4")	10	140	150	130	Merah
R	Bola Baja 12,7 Mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola Baja 12,7 Mm (1/2")	10	90	100	130	Merah
V	Bola Baja 12,7 Mm (1/2")	10	140	150	130	Merah

Metode pengujian *Rockwell* memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan (Haroen, 1984), sebagai berikut:

Kekurangan

- a) Pengukuran menggunakan metode *Rockwell* terbatas pada material-material yang keras atau yang di keraskan.

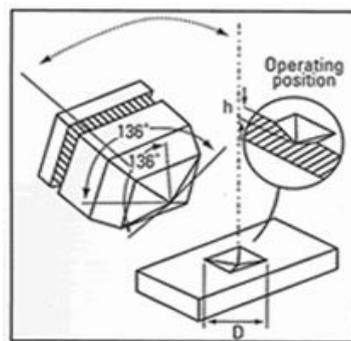
b) Metode *Rockwell* baik pada material-material dengan susunan yang homogen (besi tuang misalkan tidak homogen).

Kelebihan

Yang sangat penting adalah, bahwa pengukuran memerlukan waktu yang singkat, oleh karena pengerjaannya sangat terbatas. Jadi HRC sangat baik untuk pengontrolan dalam proses produksi.

c. Pengujian kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan sebuah intan yang berbentuk limas (piramid) dengan sudut puncak  $136^\circ$  ditekan pada material pengujian memanfaatkan suatu gaya tertentu, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8. Maka pada materialnya terdapat cetakan dari intan ini, apabila pengujian menggunakan jenis material yang lebih lunak, maka cetakan akan bertambah besar, dan apabila bebannya bertambah besar. Beban yang umumnya digunakan adalah 30 Kg (294 N) (Haroen, 1984).



Gambar 8. Pengujian kekerasan *Vickers* (Muhammad dan Putra, 2014).

Metode pengujian *Vickers* memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan (Haroen, 1984), sebagai berikut:

Kekurangan

- a) Dengan benda pendesak yang sama, baik kekerasan bahan yang keras maupun yang lunak dapat ditentukan.
- b) Pendesakan yang kecil (kira-kira 0,5 mm) pada benda kerja yang harus diukur, hanya menyebabkan kerusakan kecil.
- c) Penentuan kekerasan pada benda-benda kerja tipis adalah mungkin dengan memilih gaya yang kecil.

#### Kelebihan

- a) Material yang tidak homogen, seperti besi tuang dan perunggu tidak dapat dipertanggungjawabkan untuk diukur dengan metode *Vickers*
- b) Dibandingkan dengan pengukuran kekerasan menurut *Rockwell*, metode ini cukup memakan waktu lama karena adanya dua penanganan yang terpisah.
- c) Permukaannya harus dikerjakan licin, sehubungan dengan pendesakan yang sangat kecil.

## F. PENGUJIAN STRUKTUR MIKRO

Analisa mikro merupakan suatu analisa mengenai bentuk struktur sebuah material melalui pembesaran menggunakan alat mikroskop khusus *metallography*. Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui dan mengamati ukuran struktur dan bentuk kristal sebuah material, kerusakan yang terjadi pada sebuah material yang disebabkan oleh proses deformasi, perbedaan kandungan komposisi, dan proses perlakuan panas. Banyaknya sifat-sifat pada sebuah logam terutama sifat mekanis dan sifat teknologis

sangat mempengaruhi dari mikro struktur logam dan paduannya. Pengamatan *metallography* dengan mikroskop optik terbagi menjadi dua yaitu, *metallography* makro dengan pengamatan struktur pembesaran 10-100 kali dan *metallography* mikro dengan pengamatan struktur dengan pembesaran diatas 100 kali (Sanjaya, 2016).

### **1. Cutting (Pemotongan)**

Pemilihan sampel yang baik dalam melakukan uji studi mikroskopik merupakan syarat penting dalam pengujian. Umumnya bahan komersil semua tidak sama, sehingga sebuah sampel yang diambil dari suatu volume besar tidak bisa dianggap representatif. Pada saat pengambilan sampel hal yang perlu diperhatikan kondisi rata-rata bahan atau kondisi suatu tempat tertentu (kritis). Struktur mikro dan struktur makro dapat dilakukan pada daerah pengujiannya saja

Sistem pemotongan material spesimen pengujian terbagi menjadi beberapa cara yang digunakan antara lain proses pengguntingan, pemotongan abrasi (*abrasive cutter*), pematahan, penggergajian, gergaji kawat, dan yang terakhir EDM (*Electric Discharge Machining*). Berdasarkan tingkat deformasi yang dihasilkan, adapun teknik dalam pemotongan sampel terbagi menjadi dua yaitu teknik pemotongan kecil menggunakan *low speed diamond saw* dan teknik pemotongan besar menggunakan gerinda.

### **2. Mounting**

Sampel pengujian yang memiliki ukuran yang relatif kecil dan bentuk yang tidak sempurna akan mempersulit dalam proses pengamplasan dan

pemolesan akhir. Seperti contoh sampel berupa kawat, sampel lembaran metal tipis, potongan yang tipis, lain-lain. Untuk memudahkan penanganan tersebut, maka sampel tersebut harus ditempatkan pada suatu media (*media mounting*).

### 3. *Grinding*

Sampel yang terpotong biasanya memiliki permukaan yang kasar, untuk melakukan pengujian permukaan tersebut perlu diratakan, sehingga pengamatan mendapatkan informasi yang baik. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas yang ukur- ukuran butir abrasifnya dinyatakan dengan mesh. Prosedur pengamplasan diawali dari mesh ukuran rendah (hingga 150 mesh) ke nomor mesh yang tinggi (180 sampai 600 mesh). Saat melakukan perubahan arah pengamplasan harus sangat diperhatikan, dimana baru yang adalah 450 atau 900 terhadap arah sebelumnya.

### 4. *Polishing (Pemolesan)*

Setelah proses *grinding*, selanjutnya sampel harus dilakukan pemolesan. Pemolesan bertujuan untuk memperoleh permukaan yang halus dan rata pada sampel pengujian. Proses pemolesan spesimen pengujian diawali dengan pemolesan amplas yang kasar terlebih dahulu kemudian diteruskan dengan pemolesan amplas halus. Bila permukaan material bergelombang dan kasar, maka pengamatan struktur mikro kurang maksimal dan sulit untuk dilakukan, karena cahaya dari mikroskop dipantulkan secara acak pada permukaan sampel.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat penelitian**

Adapun pelaksanaan waktu penelitian dimulai pada bulan September 2017 sampai dengan bulan Januari 2018.

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat, yaitu sebagai berikut:

1. Proses persiapan alat pengecoran tekan dan pembuatan spesimen pengecoran yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi Universitas Lampung, Bandar Lampung
2. Pengujian tarik dan pengujian Mikro *hardness* dilakukan di BBPT LIPI serpong dan Laboratorium material Institut Teknologi Bandung

#### **B. Alat dan Bahan**

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

1. Mesin bubut

Penelitian yang dilakukan menggunakan mesin bubut yang ada pada laboratorium terpadu, dengan merk mesin PINACHO buatan dari *Spain*, seperti yang pada Gambar 9.



Gambar 9. Mesin bubut

## SPESIFIKASI

<i>Merk</i>	: PINACHO	<i>Central Distance</i>	: 750-1150 mm
<i>Type</i>	: S-90/200	<i>Swing Over Bed</i>	: 400 mm
<i>Buatan</i>	: Spain, July 1999	<i>Swing Over Grap</i>	: 600 mm
<i>Pump Motor Power</i>	: 0.06 Kw	<i>Swing Over Carrriage</i>	: 370 mm
<i>Main Motor Power</i>	: 4 Kw	<i>Swing Cross Slide</i>	: 210 mm
<i>Central High</i>	: 200 mm	<i>Bed width</i>	: 300 mm

## 2. Magnesium AZ31

Bentuk magnesium AZ31 seperti Gambar 10 dan Sifat kimia dan fisik, seperti yang dijelaskan pada Tabel 4 dan Tabel 5.



Gambar 10. Magnesium AZ31

Tabel 4. Komposisi kimia Magnesium AZ31 (Horynova et al., 2013)

Element	Al	Zn	Mn	Fe	Si	Ni	Mg
Percent (%)	3.08	0.76	0.15	0.005	0,01	0,002	Bal

Tabel 5. Sifat Fisik magnesium AZ31

Sifat fisik	Paduan Magnesium
Titik Cair, K	922 K
Titik Didih, K	1380 K
Energi Ionisasi 1	738 kJ/mol
Energi Ionisasi 11	1450 kJ/mol
Elektronegatifitas	1,31
Kerapatan massa ( $\rho$ )	1,74 g/cm <sup>3</sup>
Potensial reduksi standar	-2,38
Jari-jari atom	1,60 A
Kapasitas Panas	1,02 J/gK
Potensial Ionisasi	7,646 Volt
Konduktivitas Kalor	156 W/mK
Entalpi Penguapan	127,6 kJ/mol
Entalpi Pembentukan	8,95 kJ/mol

Sifat mekanik magnesium

Kerapatan massa magnesium 1.738 gram/cm<sup>3</sup>, dan Magnesium murni memiliki kekuatan tarik 110 N/mm<sup>2</sup> dalam bentuk hasil pengecoran (*casting*).

### 3. *Press* Hidrolik

*Press* hidrolik yang digunakan seperti yang dilihat pada Gambar 11.



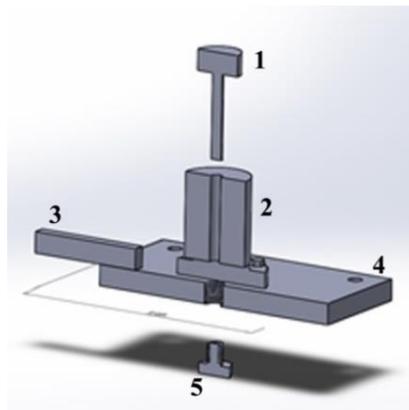
Gambar 11. *Press* Hidrolik

SPESIFIKASI :

Kapasitas tekanan : 20 Ton

## 4. Sistem perangkat pengecoran tekan

Perangkat pengecoran tekan yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



6

Keterangan:

- |                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| 1. Punch          | 4. Bantalan <i>Dies</i> |
| 2. Dies (cetakan) | 5. Pengunci Penahan     |
| 3. Penahan        | 6. <i>Heater (coil)</i> |

Gambar 12. Sistem perangkat pengecoran tekan

## SPESIFIKASI

Temperatur	: 30°-700°	Diameter <i>dies</i>	: 10,5 mm
<i>Material dies</i>	: <i>Stainless Stell</i> 304	Panjang <i>dies</i>	: 80 mm
<i>Heater</i>	: Model <i>Coil</i> (spiral)		

## 1. Mesin uji tarik

Mesin uji tarik yang digunakan seperti yang dilihat pada Gambar 13



Gambar 13. Mesin uji tarik

### SPESIFIKASI

Merk	: AG-X Plus	Tahun	: 2013
Kapasitas	: 250 Kn-300 kN	<i>Frame Capacity</i>	: 300 kN
	: 25 Ton-30 Ton	<i>Frame Weight</i>	: 920 Kg
V	: 3/ 200-230		

## 2. Alat uji *Micro Hardness*

Mesin mikro *hardness* yang digunakan dalam pengujian seperti yang di lihat pada Gambar 14



Gambar 14. Alat uji *Micro Hardness*

### C. Pelaksanaan penelitian

Dalam penelitian yang akan dilakukan perlunya beberapa persiapan beserta prosedur pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

Tabel 6. Parameter penelitian dan variasi

No	Temperatur (°C)	Tekanan (Mpa)	Durasi penekanan (Menit)	<i> Holding time</i> (menit)
1	450	300	1	5
2				7
3				9

Dari Tabel 6 menjelaskan parameter yang digunakan sebagai berikut, Temperatur (°C) adalah kalor yang digunakan, Tekanan (MPa) yang digunakan pada pengujian dan dengan variasi *holding time* merupakan lama waktu pemanasan yang digunakan pada penelitian.

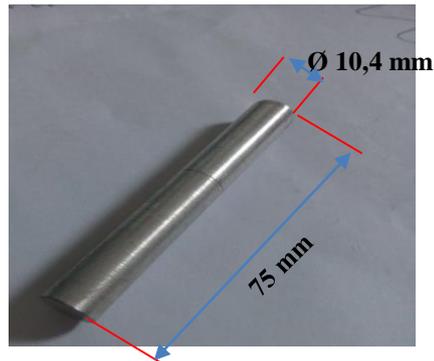
#### 1. Prosedur persiapan awal

- a. Menyiapkan magnesium spesimen uji, seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Pemotongan magnesium

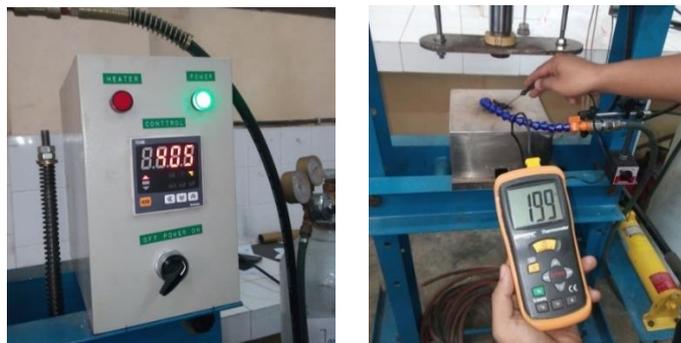
- b. Memotong dan membentuk magnesium menjadi batang silinder dengan diameter 10,5 mm dan tinggi 75 mm, seperti Gambar 16.



Gambar 16. Magnesium silinder

2. Prosedur pengecoran tekan.

- a. Memasang dan mengintalasi peralatan yang diperlukan dalam penelitian.
- b. Mengatur tekanan gas argon sebesar 1 bar pada regulator.
- c. Pada Gambar 17. Cara menghidupkan dan mengatur temperatur *dies*.



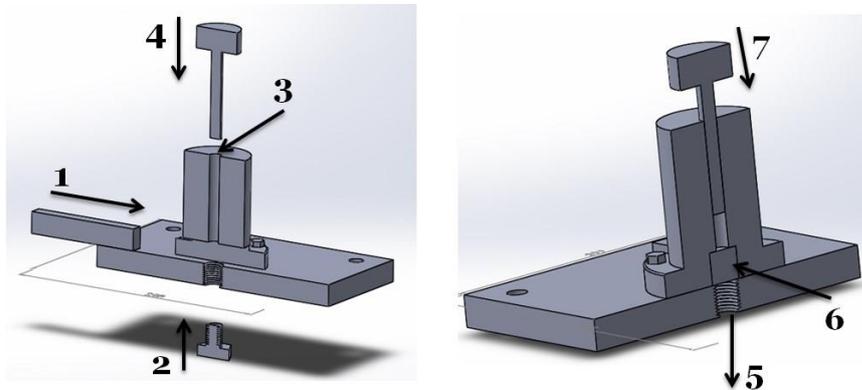
Gambar 17. Mengatur temperatur

- d. Memposisikan nozel argon pada lubang dies, seperti Gambar 18



Gambar 18. Posisi selang nozel

- e. Memproses pengecoran tekan di dalam (cetakan), seperti yang di jelaskan pada Gambar 19.



Gambar 19. Alur pelakuan di dalam cetakan

1. Memasang penahan pada dies (Cetakan)
2. Memasang pengunci penahan pada dudukan cetakan
3. Memasukan magnesium kedalam dies, seperti Gambar 20.



Gambar 20. Pemasukan logam magnesium

4. Menekan pompa hidrolik sebagai salah satu parameter penelitian seperti yang diperlihatkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Proses penekanan logam

5. Membuka baut pengunci dan melepaskan tutup *dies* bagian bawah.
  6. Mengeluarkan penahan dies (Cetakan).
  7. Memompa kembali hidrolik sampai spesimen keluar dari *dies*.
3. Pembuatan spesimen pengujian

Selanjutnya mempersiapkan spesimen yang akan dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik material magnesium AZ31 setelah proses pengecoran tekan.

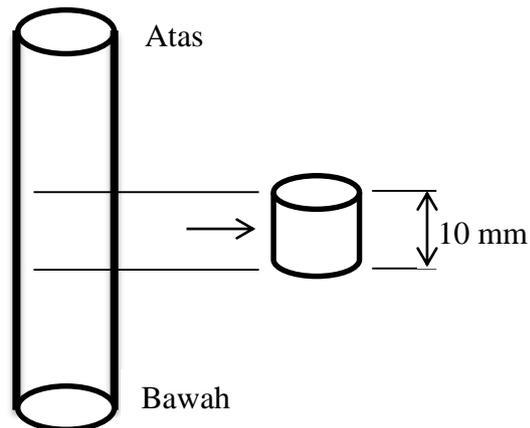
- a. Pembubutan pada spesimen pengujian tarik sesuai standar ASTM-E8, seperti yang terlihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Pembubutan pada spesimen uji tarik

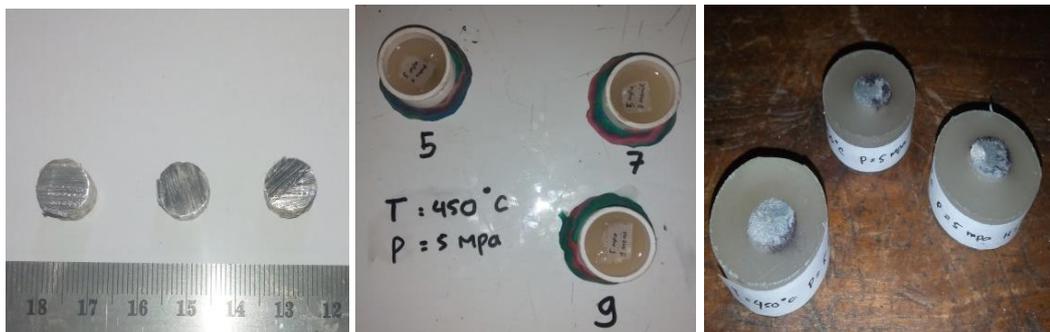
- b. *Cutting* spesimen pengujian mikro *hardness*

Sampel pengujian yang memiliki panjang awal sebesar 75 mm dan pengujian, hasil pengecoran tekan yang berbentuk silinder dengan panjang rata-rata 67-71 mm dengan diameter 10,5 mm. Spesimen di potong dengan panjang 10 mm dengan diameter 10,5 mm, pemotongan spesimen pada sisi bagian tengah dari material hasil pengecoran tekan dari seluruh masing-masing spesimen pengujian seperti pada Gambar 23.



Gambar 23. Skema *cutting* bagian spesimen pengujian kekerasan.

c. Proses persiapan *mounting* dan *grinding* seperti pada Gambar 24



Gambar 24. *Mounting* dan *grinding* spesimen pengujian kekerasan

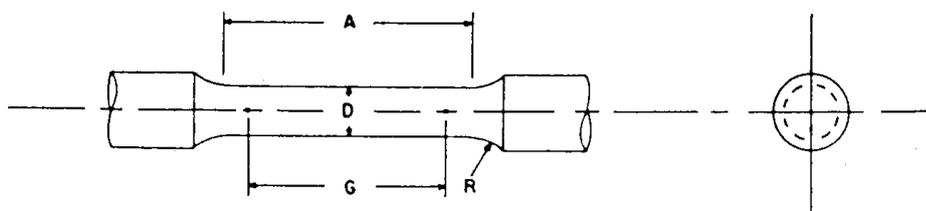
#### D. Pengujian kualitas pengecoran tekan

Adapun beberapa pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

##### 1. Pengujian tarik

Pengujian tarik yang dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (*UTM*) yang bertujuan memperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) sehingga menyampaikan informasi berupa data Modulus Elastisitas bahan ( $\epsilon$ ) dan *Ultimate* ( $\sigma_{ult}$ ). Pengujian menggunakan standar ASTM E-

8 seperti pada Gambar 25 dan pada Tabel 7. Kemudian spesimen pengujian dijepitkan pada pencekam mesin uji tarik, selanjutnya mengukur spesimen uji dengan menggunakan tenaga hidrolik yang dimulai dari beban 0 kg sehingga benda putus pada beban maksimum. Setelah spesimen uji putus kemudian pengukuran besar penampang dan panjang spesimen setelah putus, dan mencatat beban dan gaya maksimum spesimen uji. Setelah memperoleh semua data yang diperlukan, kemudian menghitung tegangan-regangan maksimal, tegangan luluh dan melampirkan pada Tabel 8.



Gambar 25. Standart ASTM E-8

Tabel 7. Standart ASTM E-8

Bagian-bagian	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	Spesimen 5
G-Gage length	62,5 ± 0,1 [2.500 ± 0,005]	45,0 ± 0,1 [1,750 ± 0,005]	30,0 ± 0,1 [1,250 ± 0,005]	20,0 ± 0,1 [0,800 ± 0,005]	12,5 ± 0,1 [0,565 ± 0,005]
D-Diameter	12,5 ± 0,2 [0.500 ± 0,010]	9,0 ± 0,1 [0.350 ± 0,007]	6,0 ± 0,1 [0.250 ± 0,005]	4,0 ± 0,1 [0.160 ± 0,003]	2,5 ± 0,1 [0.113 ± 0,002]
R-Radius (fillet)	10 [0,375]	8 [0,25]	6 [0,188]	4 [0,156]	2 [0,094]
A-Length	75 [3,0]	54 [2,0]	36 [1,4]	24 [1,0]	20 [0,75]

Tabel 8. Pengujian tarik

No	Parameter	Holding (menit)	UTS (MPa)	Yield Point (MPa)	Regangan (%)
1	Temperatur 450°C Tekanan 300 MPa Durasi penekanan 1 Menit	5			
2		7			
3		9			

## 2. Pengujian kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Micro Hardness Testing Machine* di Laboratorium Pengujian dan Karakterisasi Metalurgi ITB dengan skala mikro *Vickers*. Uji kekerasan *Vickers* menggunakan indenter piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Dilakukan sebanyak 5 titik untuk tiap masing-masing spesimen dengan beban indenter 300 gram dan lama indentasi selama 15 detik. Hasil data pengujian selanjutnya dihitung nilai kekerasan rata-rata dilampirkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Kekerasan

Parameter	<i>Holding time</i> (menit)	Titik indenter					Angka kekerasan rata-rata
		1	2	3	4	5	
Temperatur 450°C	5						
Tekanan 300 MPa	7						
Durasi penekanan 1 Menit	9						

## 3. Pengujian Strukur Mikro

Pengujia struktur mikro bertujuan untuk mengamati bentuk struktur mikro pada sebuah material. Proses awal pengujian ini melakukan *mounting* menggunakan media abrasif (autosol), selanjutnya untuk melihat karakteristik struktur mikro di berikan larutas etsa, yang bereaksi serta melarutkan bagian material, sehingga permukaan secara mikro mengalami pengkorosian, dan pada proses akhir *polishing* membersihkan permukaan tersebut menggunakan alkohol dan dikeringkan sesaat dan pengambilan gambar bentuk struktur material tersebut.

### E. Rencana kegiatan penelitian

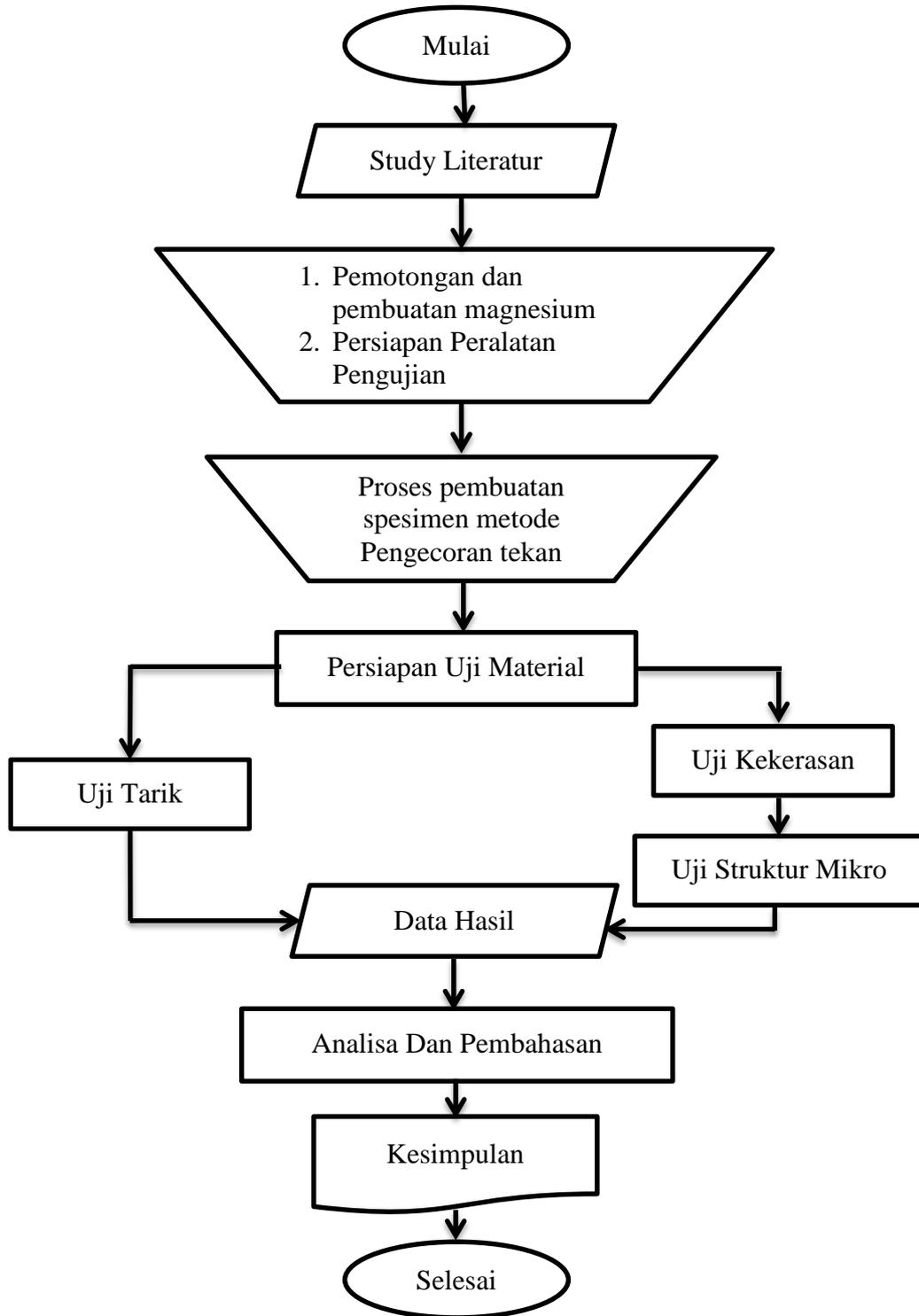
Adapun rencana waktu pelaksanaan kegiatan penelitian, seperti yang terlihat pada Tabel 10

Tabel 10. Rencana waktu pelaksanaan penelitian

No	Nama Kegiatan	September		Oktober				November				Desember				Januari	
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Study literatur	■	■														
2	Persiapan alat bahan pengujian		■	■	■	■											
3	Pengujian dan pengambilan data					■	■	■	■								
4	Pengolahan data									■	■	■	■	■			
5	Pembuatan laporan akhir													■	■	■	■

## F. Diagram alur penelitian

Penjelasan diagram alur seperti yang di tunjukan pada Gambar 26



Gambar 26. Diagram Alur Penelitian

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Setelah melakukan penelitian sesuai dengan prosedur yang ada dan pengolahan data, maka dalam penelitian ini dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah dilihat dari hasil penelitian telah dilakukan, sifat mekanik khususnya pada kekuatan tarik magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan mengalami peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan dengan tanpa perlakuan, pada variasi 5 menit sebesar 133,78 MPa, pada variasi 7 menit sebesar 120,27 MPa serta pada variasi 9 sebesar 128,77 MPa dan bila dibandingkan dengan pengujian tarik magnesium AZ31 tanpa perlakuan sebesar 94,63 MPa.

Sedangkan pada hasil pengujian kekerasan magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 35 VHN pada variasi 5 menit, 39 VHN pada variasi 7 menit, bila dibandingkan dengan nilai kekerasan magnesium AZ31 tanpa perlakuan sebesar 41,8 VHN, sedangkan terjadi peningkatan kekerasan pada variasi 9 menit sebesar 46,2 VHN.

2. Magnesium AZ31 mengalami peningkatan nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan, setelah mengalami proses pengecoran tekan  $T = 450^{\circ}\text{C}$  ,  $P = 300\text{ MPa}$ , Durasi tekan 1 Menit dengan variasi 5, 7 dan 9 Menit, namun yang perlu diperhatikan pemanasan dan waktu tahan yang berlebih dapat mengakibatkan penurunan sifat mekanik magnesium AZ31 tersebut.
3. Pengaruh parameter dan variasi terjadi perubahan pada hasil penelitian, pengaruh temperatur, tekanan dan *holding time* yang sangat terlihat adalah pada bentuk dan susunan butir struktur mikro yang terlihat homogen, parameter tersebut menyebabkan perubahan butir yang semakin rapat seperti yang diperlihatkan pada hasil pengujian.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil dan simpulan penelitian yang telah didapat, adapun saran yang perlu disampaikan pada penelitian ini:

1. Pada saat proses pengecoran tekan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti, pemberian pelumas pada cetakan, memperbaiki sistem pengembalian pompa hidrolik.
2. Penambahan durasi penekanan saat pengecoran tekan, maka sangat berpengaruh saat memaksimal pemanasan, perpindahan susunan atom yang semakin rapat.
3. Pengujian kekerasan dilakukan pada keseluruhan bagian material hasil pengecoran, sehingga nilai rata-rata dari keseluruhan bagian material dapat diketahui.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriyansyah. 2013. *Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Dalam Pengefreisan Magnesium Tersuplai Udara Dingin*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Badeges, A. 2012. *Analisis Proses Biodegradasi Magnesium Yang Telah Melalui Proses Equal Channel Angular Pressing (ECAP) Dalam Cairan Fisiologis (In Vitro)*. Tesis. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Cahyanto, A. 2009. *Biomaterial*. Makalah. Univeritas Padjadjaran. Bandung.
- Diannegara, M.A. 2010. *Jurnal Review Squeeze Casting: An Ovierview*. Universitas Indonesia.
- Dewantara, T. 2015. *Pengaruh temperatur awal terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur makro alumunium 5083 pada pengelasan friction stir welding*. Skripsi. Universitas lampung. Lampung.
- Djalmiko, E dan Budianto. 2011. *Analisis Sifat Mekanis Dan Struktur mikro Pada Produk Paduan Al<sub>78</sub>Si<sub>22</sub> Metode Squeezing Casting*. Universitas pancasila. Pusat Pengembangan Energi Nuklir, Badan Teknologi Nuklir Nasional, Jakarta.

- Djaprie, S. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi Lima. Erlangga. Jakarta.
- Doni, A.R. 2015. *Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Paduan Magnesium AZ31 Yang Dibubut Menggunakan Pahat Potong Berputar*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Duskriadi dan Tjitro, S. 2002. *Pengaruh Tekanan Dan Temperatur Die Proses Squeeze Casting Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Material Piston Komersial Lokal*. Universitas Bung Hatta Padang. Universitas Kristen Petra.
- Elfendri. 2010. *Pencegahan Terjadinya Retak Panas Pada Proses Pengecoran Squeeze Benda Tipis Al-Si*. Universitas Pasir Pangairan. Riau.
- Firdaus. 2002. *Analisis Parameter Proses Pengecoran Squeeze Terhadap Cacat Porositas Produk Flens Motor Sungai*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Hakim, F. 2012. *Biomaterial Mampu Luruh Alami Fe-Mn-C Diproduksi Melalui Metalurgi Serbuk Ferromangan, Besi Dan Karbon Dengan Perlakuan Canai Dingin Dan Re-Sinter*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
- Hariyanto, B. 2015. *Kajian suhu pemotong pemesinan bubut menggunakan pahat potong berputar pada material paduan magnesium AZ31*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Haroen, 1984. *Teknologi Untuk Bangunan Mesin Bahan-Bahan 1*. Erlangga. Jakarta

- Harynova, M. Zapletal, J. Dolazel, P and Gedjos, P. 2012. *Evaluation of fatigue life of AZ31 magnesium alloy fabricated by squeeze casting*. Institute of Material Science and Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology, Czech Republic.
- Hu, H. 1998. *Squeeze Casting Of Magnesium Alloys And Their Composites*. Institute Of Magnesium Technology (ITM). Canada.
- Ibrahim, G.A. Harun, S dan Doni, A.R. 2015. *Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Paduan Magnesium AZ31 Yang dibubut Menggunakan Pahat Potong Berputar*. Jurnal SNTTM XIV, Universitas lampung. Bandar lampung.
- Karayan, A. Pratesa, Y. Ashari, A. Fadli, E and Nurjaya, D. *Corrosion Resistance Improvement Of ECAP-Processed Pure Magnesium In Ringer's Solution*. Departement Of Metalurgy Engineering, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kleiner, S. Beffort, O. Wahlen, A and Uggowitzer, P.J. 2002. *Microstructure and mechanical properties of squeeze cast and semi-solid cast Mg–Al alloys*. Jurnal of light metal, Jurnal Institute of Metallurgy, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, Zurich, Switzerland
- Marya, M. Hector, L.G. Verma, R and Tong, W. 2005. *Microstructural Effects Of AZ31 Magnesium Alloy On Its Tensile Deformation And Failure Behaviors*. Jurnal Materials Science & Engineering, Metallurgical and Materials Engineering Department. United States.

- Meng, Y. Fukushima, S. Sugiyama, S and Yanagimoto, J. 2014. *Cold formability of AZ31 wrought magnesium alloy undergoing semisolid spheroidization treatment*. Jurnal Materials Science & Engineering, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan.
- Muhammad dan Putra, R. 2014. *Bahan Teknik*. Universitas Malikussaleh. Aceh
- Prasetyo, Y. 2012. *Biomaterial Luruh Berbasis Fe-Mn-C Diproduksi Melalui Proses Metalurgi Serbuk Besi, Mangan Dan Karbon*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
- Purwanto, H. Suyitno dan Iswanto, P.T. 2011. *Pengaruh Temperatur Cetakan Pada Pengecoran Squeeze Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Aluminium Daur Ulang (Al-6,4%Si-1,93%Fe)*. Universitas Wahid Hasyim. Universitas Gadjah Mada.
- Respati, S.M.B. Purwanto, H dan Mauluddin. M.S. 2010. *Pengaruh Tekanan Dan Temperatur Cetakan Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Hasil Pengecoran Pada Material Aluminium Daur Ulang*. Jurnal, Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang, Semarang.
- Sanjaya, E.I. 2016. *Analisa Uji tarik dan struktur mikro pada hasil pengecoran ulang aluminium (remelting)*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Saputra, A.A. 2017. *Analisis Pengelasan Friction Welding Magnesium AZ31 Menggunakan Aplikasi Thermografi*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.

- Setiawan, F. 2013. *Karakterisasi Penyalaan Magnesium AZ31 Pada Proses Bubut Menggunakan Aplikasi Thermografi*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Solihin. 2016. *Pengaruh Waktu Kontak Friction Welding Magnesium AZ31 Terhadap Kualitas Sambungan Las*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Song, G. 2007 . *Control of biodegradation of biocompatible magnesium alloys*. CAST Cooperative Research Centre, School of Engineering, The University of Queensland, Australia.
- Surdia, T dan Chijiwa, K. 1996. *Teknik Pengecoran Logam*. P.T Pradnya Paramita. Jakarta.
- Supriadi, S. Latief, B.S. Sulistyani, L.D. Rahayu, E.F. Rhaka, S.M. Kahari, A.R dan Didi, S. 2015. *Simulasi Fabrikasi Bio-Degradable Implant Untuk Aplikasi Tulang Wajah Dengan Menggunakan Material Magnesium*. Departemen Universitas Indonesia, Depok.
- Syaflida, R 2012. *Analisis Sifat Mekanis Megnesium Stelah Proses Equal Channel Angular Pressing (ECAP) Melalui Uji Tarik Dan Kekerasan Dalam Cairan Fisiolisis (In Vitro)*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Tjitro, S dan Firdaus. 2001. *Pengecoran Squeeze*. Universitas Kristen Petra. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Www [://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnesium)