

Studi Sifat Mekanik Magnesium AZ31 Hasil Proses Pengecoran Tekan (*Squeeze Casting*)

Muhammad Iqbal¹⁾, Irza Sukmana^{2)*}, Yanuar Burhanuddin³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Gedung H – Lt.2,
Jalan Prof. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung 35145

doi: 10.24843/JEM.2018.v11.i01.p01

Abstract

Magnesium forms 2% in the earth's crust, magnesium is widely used in industry. For example, industrial machinery and electronics, and many developed in the field of biomedicine, especially in the field of orthopedics. Magnesium about 60% is present in the human bones, therefore it has great potential for human body implants. However, it is necessary to increase the mechanical and chemical properties of magnesium in order to be used for bone implant materials. Production process using squeeze casting method. Through this method, Liquid metal is given hydraulic pressure, so the mechanical properties of magnesium were better. In this research use temperature parameter = 450°C, pressure = 300 MPa, duration of press 1 minute and variation of holding time 7 and 9 minutes. Magnesium AZ31 increased compared with samples without treatment. Tensile strength with holding time 7 minutes equal to 120.27 MPa, holding time 9 minutes was 128.77 MPa, and samples without treatment of was 94.63 MPa. The magnesium hardness value of AZ31 decreased at 7 minute detention was 39 VHN, compared with the sample without treatment of was 41.8 VHN. And the hardness value increased at holding time 9 minutes equal to 46.2 VHN. However, it should be noted that excessive overheating and holding time may lead to decrease in magnesium mechanical properties of AZ31.

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

Abstrak

Magnesium membentuk 2% pada kerak bumi, magnesium banyak digunakan pada industri. Misalnya, industri mesin dan elektronik, dan banyak dikembangkan pada bidang biomedik, terutama di bidang orthopedi. Magnesium sekitar 60% ada pada tulang manusia, oleh karena itu berpotensi besar untuk implan 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 hidrolik, sehingga sifat mekanik magnesium lebih baik. Dalam penelitian ini menggunakan parameter temperatur = 450°C, tekanan = 300 MPa, durasi tekan 1 menit dan variasi *holding time* 7 dan 9 menit. Magnesium AZ31 meningkat dibandingkan sampel tanpa perlakuan. Kekuatan tarik dengan *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 menurun pada *holding time* 7 menit sebesar 39 VHN, bila dibandingkan 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.

Kata Kunci: Magnesium AZ31, pengecoran tekan, *holding time*, biomaterial, sifat mekanik.

1. Pendahuluan

Magnesium (Mg) merupakan elemen terbanyak keempat (setelah besi, oksigen, silikon). Magnesium membentuk 2% kerak dari massa bumi pada saat ini (Ibrahim dkk, 2015). 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 [1].

Magnesium juga banyak digunakan dalam komponen peralatan industri, produk otomotif, maupun pertanian, dikarenakan sifatnya yang ringan [1]. Selain digunakan dalam dunia industri

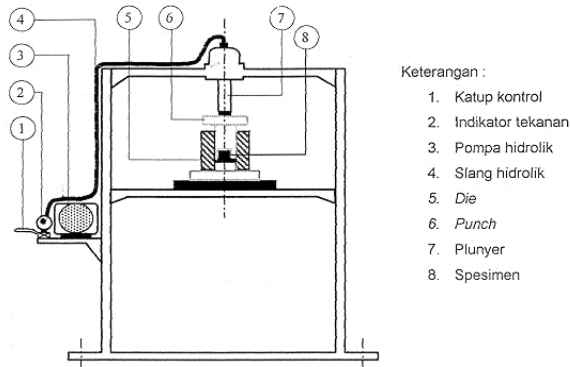
magnesium banyak diteliti dan dikembangkan untuk bidang biomaterial, khususnya dalam dunia orthopedi. Karena didalam tubuh manusia dewasa mengandung sekitar 24 gram magnesium dengan 60% berada dalam tulang. Magnesium dan paduannya memiliki potensi yang besar untuk menjadi bahan biomaterial implan [2].

Biomaterial merupakan suatu material yang berfungsi untuk memperbaiki atau menggantikan fungsi jaringan pada tubuh manusia. Syarat sebuah biomaterial yang dikatakan baik harus memiliki sifat mekanik yang baik, memiliki sifat biokompabilitas, tidak sulit dalam pembentukan atau proses manufakturnya dan tidak memiliki siat yang merugikan pada tubuh manusia dan tidak terkontaminasi racun ataupun zat-zat yang dapat

*Korespondensi: Tel./Fax.: +62 81294836432 / -
E-mail: irza.sukmana@gmail.com

bersifat karseogenik, biomaterial dapat diperoleh dari bahan alam maupun dari bahan kimiawi atau sintetis [3].

Teknik pengecoran tekan pertama kali di perkenalkan oleh Chernov pada tahun 1878 di negara Rusia, metode pengecoran tekan pada dasarnya merupakan perpaduan proses-proses antara pengecoran dan pembentukan, proses ini yang berarti dari penempaan logam cair yang diberi perlakuan tambahan sebuah tekanan beban yang berasal dari tenaga hidrolik, Seperti yang dijelaskan pada Gambar 1 [4].



Gambar 1. Perangkat pengecoran tekan

Proses ini bertujuan untuk menghasilkan sifat mekanis, permukaan, kepadatan, dan keakuratan sebuah material yang baik [5]. Mekanisme tekan dibedakan menjadi dua yaitu direct squeeze casting (DSC) dan In-direct squeeze casting (ISC) [6].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengecoran tekan, yang memanfaatkan tenaga pompa hidrolik yang menekan material. Material yang digunakan adalah magnesium paduan (AZ31), adapun penjelasan komposisi, sifat kimia dan mekanik magnesium AZ31 seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Kimia Magnesium AZ31

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

Tabel 2. Sifat Fisik Magnesium AZ31

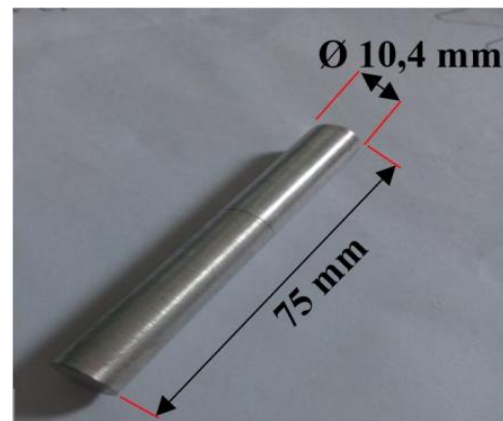
Sifat fisik	Paduan Magnesium
Titik Cair, K	922 K
Titik Didih, K	1380 K
Energi Ionisasi 1	738 kJ/mol
Energi Ionisasi 11	1450 kJ/mol
Elektronegatifitas	1,31
Kerapatan massa (ρ)	1,74 g/cm ³
Potensial reduksi standar	-2,38

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 murni memiliki kekuatan tarik 110 N/mm² dalam bentuk hasil pengecoran (*casting*).

2.1. Persiapan Penelitian.

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengecoran tekan, proses penelitian dengan dimulai dengan mempersiapkan magnesium AZ31 berbentuk silinder dengan dimensi L = 75 mm dan $\varnothing = 10,4$ mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dan menyiapkan seluruh perangkat pengecoran tekan, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Spesimen magnesium AZ31

Spesimen awal magnesium AZ31 seperti pada gambar diatas. Dibentuk dengan menggunakan proses pembubutan dan menyesuaikan standar pengujian tarik (ASTM-E8) seperti yang dijelaskan pada Tabel 3.

2.2. Pembuatan spesimen pengujian.

2.2.1. Pengujian tarik

Spesimen pengujian tarik sesuai standar ASTM-E8 atau seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Standar ASTM-E8

Bagian-bagian	Spesimen
G-Gage length	30,0 \pm 0,1 [1,250 \pm 0,005]
D-Diameter	6,0 \pm 0,1 [0.250 \pm 0,005]
R-Radius (fillet)	6 [0.188]
A-Length	36 [1,4]

2.2.2. Pengujian mikro *hardness*.

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 3.



Gambar 3. Spesimen pengujian mikro *hardness*

2.2.3. Pelaksanaan dan prosedur pengecoran tekan

Pelaksanaan pengecoran tekan menggunakan parameter dan variasi penelitian, yang dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter penelitian

No	Temperatur (°C)	Tekanan (Mpa)	Durasi penekanan (Menit)	Holding time (menit)
1	450	300	1	7
2				9

Pada penelitian yang dilakukan memiliki beberapa prosedur pengecoran tekan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

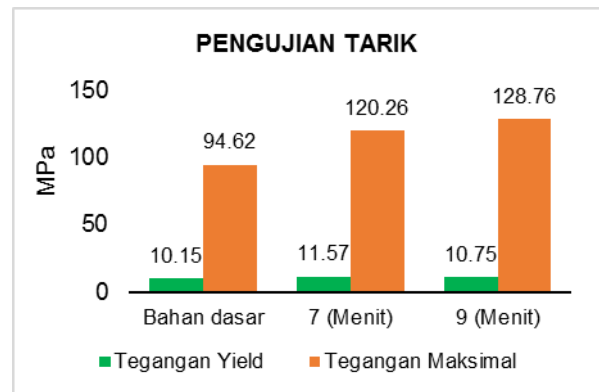
- Memasang dan mengintalasi peralatan yang diperlukan.
- Memasang ejektor pada *dies* dan mengunci ejektor pada kedudukan *dies*.
- Mengatur tekanan gas argon sebesar <1 bar pada regulator.
- Memosisikan nozel argon pada lubang *dies*.
- Menghidupkan dan mengatur temperatur 450°C
- Memasukan magnesium kedalam *dies*. Menahan dan memanaskan magnesium selama 7 dan 9 menit.
- Memompa hidrolik sampai tekanan 300 MPa
- Menahan durasi tekanan hidrolik selama 1 menit.
- Membuka pengunci ejektor dan melepaskan penutup *dies* pada bagian bawah.

- Memompa kembali hidrolik dan mengeluarkan spesimen pengujian.

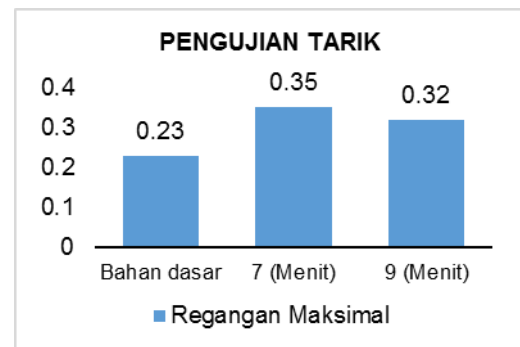
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik yang dilakukan merupakan produk proses pengecoran tekan menggunakan parameter temperatur 450°C, tekanan 300 MPa, waktu penekanan selama 1 menit dengan variasi waktu tahan pemanasan (*holding time*) 7 dan 9 menit.



Gambar 4. Hasil tegangan *yield* dan maksimal



Gambar 5. Hasil regangan maksimal

Berdasarkan hasil pengujian seperti pada Gambar 4 dan 5, pada penelitian ini menggunakan parameter temperatur 450°C, tekanan 300 MPa, waktu tahan penekanan 1 menit dan variasi *holding time* 7 dan 9 sangatlah berpengaruh pada hasil pengecoran tekan, dimana sifat mekanik pada magnesium AZ31 meningkat.

Meningkatnya seluruh hasil pengujian bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Pada variasi *holding time* 7 dan 9 menit nilai tegangan *yield* dan sifat tegangan tarik maksimal yang terbaik pada variasi 9 menit dengan nilai tegangan *yield* sebesar 10,76 MPa dan nilai tegangan maksimal sebesar 128,77 Mpa, Sedangkan pada sifat regangan maksimal sebesar 0,32.

Khususnya pada sifat tegangan tarik maksimal, dari keseluruhan hasil penelitian mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan, adapun penurunan yang terjadi pada tegangan *yield* dan regangan maksimalnya, penurunan tersebut dapat disebabkan *over heat*

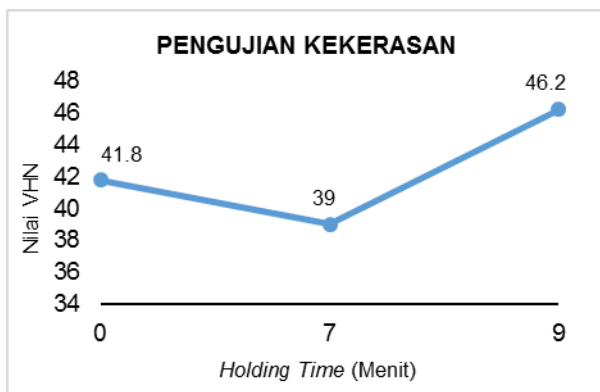
(pemanasan yang berlebih), tetapi hasil pada penelitian ini masih relatif jauh dari *over heat* dan masih batas normal. Melihat penelitian yang dilakukan oleh [7] dengan temperatur 630°C dan *holding time* 1800 detik yang berpengaruh pada penurunan tegangan tarik sebesar 545 menjadi 307 Mpa.

Selain penurunan yang terjadi disebabkan sifat *over heat*, adapun penyebab lain terjadinya penurunan tersebut adalah faktor proses penelitian yang terkendala seperti terjepit atau tersangkutnya punch pada *dies*, sehingga dapat memperlambat dan pemanasan ulang, hal tersebut terjadi karena adanya sisa-sisa magnesium AZ31 yang tertinggal pada dinding cetakan.

Sehingga bila dihubungkan pengaruh parameter dan variasi *holding time* dengan sifat mekanik material khususnya kekuatan tarik material, pengaruh tersebut dapat meningkatkan sifat mekanik material magnesium AZ31, namun perlu diperhatikan adalah temperatur dan lama waktu pemanasan (*over heat*) dapat menurunkan sifat tegangan tarik sebuah material tersebut.

3.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan merupakan hasil proses pengecoran tekan dengan menggunakan parameter temperatur 450°C, tekanan 300 MPa, waktu penekanan selama 1 menit dengan variasi waktu tahan pemanasan (*holding time*) 7 dan 9 menit



Gambar 6. Hasil pengujian Kekerasan

Keseluruhan hasil pengujian *micro hardness* yang sudah dilakukan terhadap magnesium AZ31 tanpa perlakuan pengecoran tekan dan magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan dengan variasi *holding time* 7 dan 9 menit, sehingga diketahui nilai kekerasan dan diubah dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 6. Setelah mengetahui hasil pengujian kekerasan dan selanjutnya dapat menarik pembahasan yaitu terjadi penurunan hasil kualitas nilai rata-rata kekerasan pada 7 menit sebesar 39 VHN dan membandingkan dengan hasil magnesium AZ31 tanpa perlakuan dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 41,8 VHN.

Apabila membandingkan hasil pengujian tanpa perlakuan dengan hasil pengecoran tekan variasi *holding time* 9 menit terjadinya peningkatan kekerasan pada material magnesium AZ31 tersebut, dari nilai kekerasan material awal tanpa perlakuan sebesar 41,8 VHN menjadi 46,2 VHN. Peningkatan tersebut terjadi karena pemberian temperatur dan waktu tahan pemanasan keseluruhan material magnesium AZ31 secara cukup sehingga material magnesium AZ31 tersebut mencapai kondisi *semi-solid* atau material tersebut mulai dalam kondisi meleleh.

Menyikapi dari hasil penurunan nilai kekerasan pada *holding time* 7 menit tersebut. Dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain seperti kurang tingginya temperatur dan kurangnya waktu tahan pemanasan, sehingga temperatur belum terdistribusi merata pada material magnesium AZ31 pada saat pengujian penelitian. Selain faktor-faktor tersebut, ada sisa-sisa material magnesium AZ31 yang menempel pada ruang cetakan dapat mengakibatkan *punch* tersangkut, hal tersebut juga memperlambat proses pengeluaran material dan dapat mempengaruhi kualitas hasil pengecoran tekan.

4. Simpulan

Hasil pengujian sifat mekanik khususnya kekuatan tarik magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan mengalami peningkatan yang cukup signifikan bila dibandingkan dengan tanpa perlakuan sebesar 94,63 MPa, pada variasi 7 menit sebesar 120,27 MPa dan pada variasi 9 sebesar 128,77 MPa. Hasil pengujian kekerasan magnesium AZ31 hasil pengecoran tekan mengalami penurunan nilai kekerasan pada variasi 7 menit sebesar 39 VHN, bila dibandingkan dengan nilai kekerasan magnesium AZ31 tanpa perlakuan sebesar 41,8 VHN, selanjutnya terjadi peningkatan kekerasan pada variasi 9 menit sebesar 46,2 VHN.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristekdikti atas pendanaan Hibah Penelitian tahun anggaran 2018.

Daftar Pustaka

- [1] Song, G. 2007. *Control of biodegradation of biocompatible magnesium alloys* CAST Cooperative Research Centre, School of Engineering, The University of Queensland, Australia.
- [2] 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. Jurnal Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV). Departemen Universitas Indonesia, Depok.

- [3] 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.
- [4] Hu, H. 1998. *Squeeze Casting Of Magnesium Alloys And Their Camposites*. Jurnal *materials of science* 33. Institute Of Magnesium Technology (ITM). Canada.
- [5] Dianegara, M.A. 2010. *Squeeze Casting*. Jurnal *overview*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- [6] Tjitro, S dan Firdaus. 2001. *Pengecoran Squeeze*. Makalah. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.
- [7] Meng, Y. Fukushima, S. Sugiyama, S and Yanagimoto, J. 2014. *Cold formability of AZ31 wrought magnesium alloy undergoing semisolid spheroidization treatment*. Jurnal homepage: Materials Science & Engineering A 624 (2015) 148–156, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan.
- [8] 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.