

Article_Ulin_Yusuf

By Irza Sukmana

WORD COUNT

3260

TIME SUBMITTED

04-AUG-2021 06:11AM

PAPER ID

75185147

Pengaruh Variasi Temperatur Sinter Terhadap Kualitas Produksi Magnesium AZ31 Dengan *Tube Furnace*

¹⁹ Herlina^a, Muhammad Yusuf^b, Ika Kartika^c, Yanuar Zulardiansyah Arif^d, dan Irza Sukmana^{b,*} ¹⁶

^aBalai Pengolahan Teknologi Mineral – LIPI, Jl. Ir. Sutami Km. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan, Indonesia

^bJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung, Indonesia

^cLusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI, Kawasan PUSPIPTEK, Kec. Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten 15314, Indonesia

^dDepartment of Electrical and Electronic Engineering, Universiti Malaysia Sarawak, Samarahan 94300, Malaysia

* E-mail korespondensi: ¹irza.sukmana@eng.unila.ac.id

ARTICLE INFO

Article History

Received
Revised
Accepted
Available online

Kata kunci:

Magnesium AZ31;
temperatur sinter;
tube furnace;
densitas.

Keyword:

Magnesium AZ31;
sintering temperature;
tube furnace;
density.

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, pengaruh variasi temperatur sinter terhadap sifat fisik dan mekanik magnesium AZ31 diujikan. Bahan dasar dibentuk dari geram bubuk Magnesium AZ31 dan dikompaksi sebelum akhirnya dilakukan proses sintering dengan alat *tube furnace*. Proses sintering dilakukan pada berbagai temperatur yang dipilih, yaitu: 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C. Suhu sinter 400°C menghasilkan densitas tertinggi sebesar 1,82 gram/cm³ dan porositas terendah 0,54%, sedangkan suhu sinter 550°C menghasilkan densitas terendah sebesar 1,70 gram/cm³ dan porositas tertinggi 6,88%. Selanjutnya, angka kekerasan tertinggi adalah 41,49 kgf pada suhu sinter 400°C dan terendah 21,74 pada suhu sinter 550°C. Angka densitas dan kekerasan suhu 400°C tersebut disebabkan oleh ukuran butir paduan magnesium yang relatif besar dan memanjang dengan kerapatan yang baik dibanding ¹¹ yang lain, sesuai pengamatan gambar struktur mikro sample. Berdasarkan hasil uji *scanning electron microscopy* (SEM) dan *energy dispersive X-Ray analysis* (EDX), ditemukan adanya retakan produk hasil sinter pada suhu 550°C. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin tinggi suhu sinter, semakin kecil dan banyak pori yang terbentuk sehingga menyebabkan nilai densitas dan kekerasan yang menurun. Berdasarkan hasil yang didapat, selanjutnya dapat dilakukan pengujian menggunakan alat cor tekan (*squeeze casting*) untuk meningkatkan kualitas sifat mekanik dan fisik produk pengecoran magnesium AZ31.

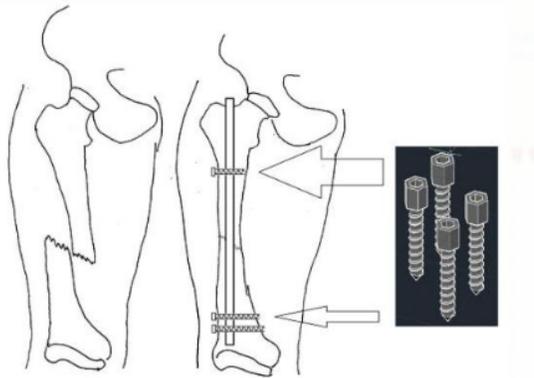
ABSTRACT

²³ In this research, the effect of sintering temperature variations on the physical and mechanical properties of magnesium alloy AZ31 have been studied. First, chip from lathe process of magnesium AZ31 was ball-milled to get powder, then mashed, filtered and compacted, before sintered at various temperatures, i.e.: 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C. The density of magnesium AZ31 sintered at sintering temperature of 400°C produced the highest density with a value of 1.82 grams/cm³ while the smallest was at 550°C, which is 1.70 grams/cm³. Also, smallest porosity valued of 0.54% was obtained at sintering temperature of 400°C, while the highest number of 6.88% was from temperature 550°C. The hardness test shows the highest hardness value was obtained from sintering temperature of 400°C with value of 41.49 kgf, while the lowest value 21.74 kgf one once sample were sintered at temperature of 550°C. Optical microscope test shows that at a temperature of 400°C the grain size was larger and longer in shape with dense and closer distance between one to another ¹¹, when compare to other samples, based on the optical microscopy pictures. The results from *scanning electron microscopy* (SEM) dan *energy dispersive X-Ray analysis* (EDX) show that the cracks formed on sample sintered at temperature of 550°C. Based on these results, it is suggested ³² further analyze the potential use of *squeeze casting* technique on producing Magnesium AZ31 in order to increase the mechanical and physical properties of the product.

1. PENDAHULUAN

Magnesium mempunyai keunggulan seperti nilai kepadatan yang rendah, keuletan yang baik, kekuatan yang menengah serta sifat ketahanan terhadap korosi yang baik, bila dipadukan dengan logam aluminium, magnesium mampu memperbaiki sifat pengelasan pada logam aluminium [1]. Dalam bidang Kesehatan, penggunaan material logam dengan sifat tahan karat seperti titanium memiliki kelebihan dalam keseimbangan yang maksimal pada tulang yang mengalami patah, namun disisi lain memiliki kekurangan yaitu kesulitan pengambilan gambar sinar-X dan MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) dan juga adanya operasi kedua dengan tujuan pengambilan baut tulang yang diimplan kedalam tubuh namun tidak mampu luruh [2]. Dalam hal bedah implant dibutuhkan logam yang ringan tapi kuat, magnesium yang mempunyai berat sepertiga dari bahan titanium yang biasa dipakai dalam implan tulang mempunyai potensi sebagai material dikarenakan sifat ringan yang dimiliki [3].

Metode terbaik yang digunakan para ahli bedah menangani kasus fiksasi tulang yang mengalami patah adalah dengan pemasangan alat penyangga pada struktur tulang yang disebut dengan pelat kompresi dinamik. Metode pelat penyangga ini sendiri adalah jenis metode yang menggunakan dua bagian komponen utama dalam prosesnya yaitu bagian pelat yang berlubang dan bagian baut tulang yang berfungsi untuk mengikatkan pelat dengan tulang, sebagaimana gambar 1.



Gambar 1. Fiksasi fraktur tulang

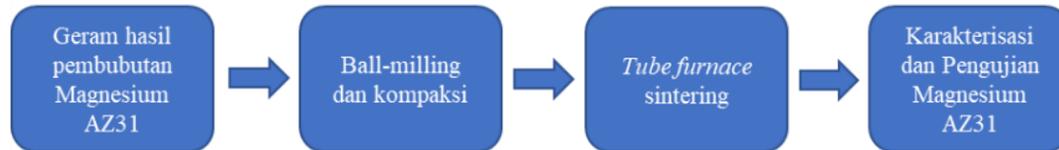
Logam magnesium dan paduannya mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 40 hingga 50 GPa, sangat mirip dengan tulang manusia yaitu 10-40 GPa [3]. Magnesium memiliki sifat yang mudah terdegradasi dalam tubuh jadi dinilai sangat cocok sebagai bahan dasar logam yang dapat digunakan sebagai bahan implant dalam dunia medis [4]. Mengacu pada nilai densitas magnesium yang rendah, kekurangan ini dapat ditingkatkan dengan penambahan logam lain seperti aluminium dan zinc menggunakan proses sinter. Untuk proses sinter, beberapa teknologi dapat digunakan seperti *tube furnace* dan *squeeze casting* yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Tube furnace mempunyai kelebihan pada keseragaman temperatur, sedikitnya gas pengotor dan juga dimungkinkannya penambahan gas yang hanya diperlukan selama proses sinter berlangsung, kekurangannya yaitu perlakuan secara fisik berupa penekanan, penambahan unsur paduan tidak dapat dilakukan, pengoperasian alat lebih susah dan prosesnya tidak kontinyu. Sedangkan proses sinter dengan *squeeze casting* mempunyai kelebihan dimungkinkannya perlakuan secara fisik berupa penekanan, penambahan unsur paduan, prosesnya bisa kontinyu ataupun tidak dan pengoperasiannya lebih mudah, akan tetapi mempunyai kekurangan dari ketidakseragaman temperature dan besarnya faktor gas dari luar masuk kedalam ruang pemanasan.

Dalam penelitian ini menggunakan bahan paduan Magnesium AZ31 sebagai bahan uji, tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perlakuan sinter terhadap perubahan sifat mekanis pada bahan Magnesium AZ31 dengan variasi temperature sinter 400°C, 450°C 500°C, dan 550°C.

2. BAHAN DAN METODE

Dalam pembuatan bahan uji Magnesium AZ31, geram hasil bubut logam paduan AZ31 dikumpulkan dan dihancurkan menggunakan *ball mill* selama 3 menit dengan putaran 650 RPM, dilakukan 10 kali pengulangan dengan waktu jeda 2 menit. Setelah serbuk disaring dengan ayakan, serbuk halus yang lolos pada ayakan dimasukkan kedalam cetakan mesin kompaksi berdiameter 10 mm. Proses kompaksi dilakukan selama 3 menit dengan tekanan 300 psi dan ditambah 2 menit dengan tekanan 400 psi. Bahan uji Magnesium AZ31 hasil kompaksi dimasukkan kedalam *tube furnace*. Secara umum, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagaimana gambar 2.



Gambar 2. Diagram Proses Penelitian dan Pengujian

Pada *tube furnace*, kenaikan temperatur di tentukan 5°C/menit dengan penahanan selama 45 menit pada setiap temperatur yang diinginkan. Variasi temperatur pada proses sinter ditentukan sebesar 400°C, 450°C 500°C, 550°C untuk setiap bahan uji. Selama proses sinter, gas argon diinjeksikan kedalam tube furnace untuk menjaga agar magnesium tidak teroksidasi. Bahan uji setelah dingin disimpan untuk dilakukan karakterisasi.

Karakterisasi yang di lakukan meliputi uji densitas dengan menggunakan persamaan (1), uji porositas dengan menggunakan persamaan (3), uji kekerasan menggunakan mesin Vickers AFFRI/206 RTD, uji struktur mikro menggunakan Mikroskop optik MEIJI MT 7000, uji SEM dan EDX menggunakan SEM-EDX Zeiss Evo ® MA 10.

Pada uji densitas dilakukan dengan metode Archimedes, yaitu dengan cara menimbang paduan logam pada udara bebas (m_{udara}) kemudian membandingkanya dengan berat material logam yang ditimbang didalam air aquades (m_{fluida}). Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai densitas dari suatu material logam.

$$\rho_{aktual} = \left(\frac{m_{kering}}{m_{basah}} \right) \times \rho_{air} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- ρ_{aktual} : densitas pengujian (gram/cm³)
- m_{kering} : massa ditimbang di udara (gram)
- m_{basah} : massa ditimbang di air (gram)
- ρ_{air} : 0,97471 gram/cm³

Nilai porositas didapatkan dari hasil perbandingan antara nilai densitas sebenarnya dan nilai densitas teoritik dari spesimen bahan dasar serbuk metal yang digunakan. Standar pengujian porositas memakai standar uji ASTM 378-88. Perhitungan untuk mendapatkan nilai densitas teoritik dapat menggunakan metode Archimedes yaitu dengan persamaan berikut :

$$\rho_{teoritik} = (\rho_{Mg} \cdot VMg + \rho_{Al} \cdot VAl + \rho_{Zn} \cdot VZn) \dots\dots\dots (2)$$

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan diatas, kemudian dapat dihitung nilai porositas suatu material dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Phi = 1 - \left(\frac{\rho_{rata-rata\ aktual}}{\rho_{teoritik}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Densitas

Berikut adalah data yang dihasilkan dari proses uji densitas terhadap material uji magnesium AZ31 yang mengalami beda perlakuan pada suhu sinter.

Tabel 2. Data uji densitas

Temperatur Sinter (°C)	Spesimen 1		Spesimen 2		Densitas Aktual (Gram/cm ³)
	m _{kering}	M _{basah}	m _{kering}	M _{basah}	
400	1,443	0,750	1,405	0,777	1,82
450	0,820	0,47	0,91	0,475	1,78
500	1,400	0,75	1,5	0,864	1,76
550	1,500	0,86	1,5	0,857	1,70

Nilai densitas tertinggi terdapat pada material uji dengan temperatur sinter 400°C dan terendah pada material uji dengan suhu sinter 550°C. Hal ini disebabkan karena pemanasan yang dialami material logam, dimana semakin tinggi temperatur, atom penyusun yang ada pada material logam akan semakin membesar.

Dapat disimpulkan untuk proses sinter pada logam magnesium AZ31 temperatur paling aman digunakan untuk menghasilkan nilai densitas yang baik adalah menggunakan besar temperatur sinter yang tidak melewati titik leleh yang dimiliki dari masing-masing unsur pepadu, seperti pada penelitian ini temperatur terbaik yang hasilkan nilai terbesar pada uji densitas adalah temperatur sinter 400°C.

3.2 Porositas Bahan

Tabel 3 di bawah ini adalah data yang dihasilkan dari proses uji porositas yang telah dilakukan terhadap material uji magnesium AZ31 yang mengalami beda perlakuan pada suhu sinter.

Tabel 3. Data uji porositas

Temperatur Sinter (°C)	Densitas Aktual (Gram/cm ³)	Densitas Teoritik	Porositas (%)
400	1,82	1,8288	0,54
450	1,78	1,8288	2,45
500	1,76	1,8288	3,99
550	1,70	1,8288	6,88

Porositas terjadi diantara partikel serbuk logam yang disebabkan oleh adanya sisa pelumas yang menempel dan tidak menguap dengan sempurna saat proses pemanasan. Juga disebabkan oleh proses penyimpanan yang kurang baik. Banyaknya pori yang terdapat pada suatu material uji berakibat berkurangnya nilai tekan yang dihasilkan oleh material uji tersebut.

Proses pemanasan awal yang bertujuan untuk menghilangkan adanya kandungan oksigen juga pelumas dan unsur lainnya yang mungkin dapat mengganggu material tidak dilakukan, sehingga menyebabkan masih banyaknya oksigen dan pelumas yang masih terperangkap diantara partikel serbuk logam yang tidak mampu menguap serta berdifusi dengan sempurna sehingga ikatan antar partikel tidak terjadi dengan baik.

Hasil pengujian tertinggi pada material uji dengan suhu sinter 550°C bernilai 6,88%, porositas terendah didapatkan dari material dengan perlakuan sinter 400°C yaitu 0,54%. Kenaikan porositas terjadi seiring dengan kenaikan temperature sintering [5]. Menurut Yang dkk, semakin tinggi temperature sintering maka semakin tinggi laju pelepasan gas CO ke dalam paduan sehingga menimbulkan peningkatan porositas [6].

3.3 Uji Keras

Tabel 4 berikut adalah data yang dihasilkan dari proses uji keras menggunakan metode vickers yang dilakukan terhadap material uji magnesium AZ31 yang mengalami beda perlakuan pada suhu sinter.

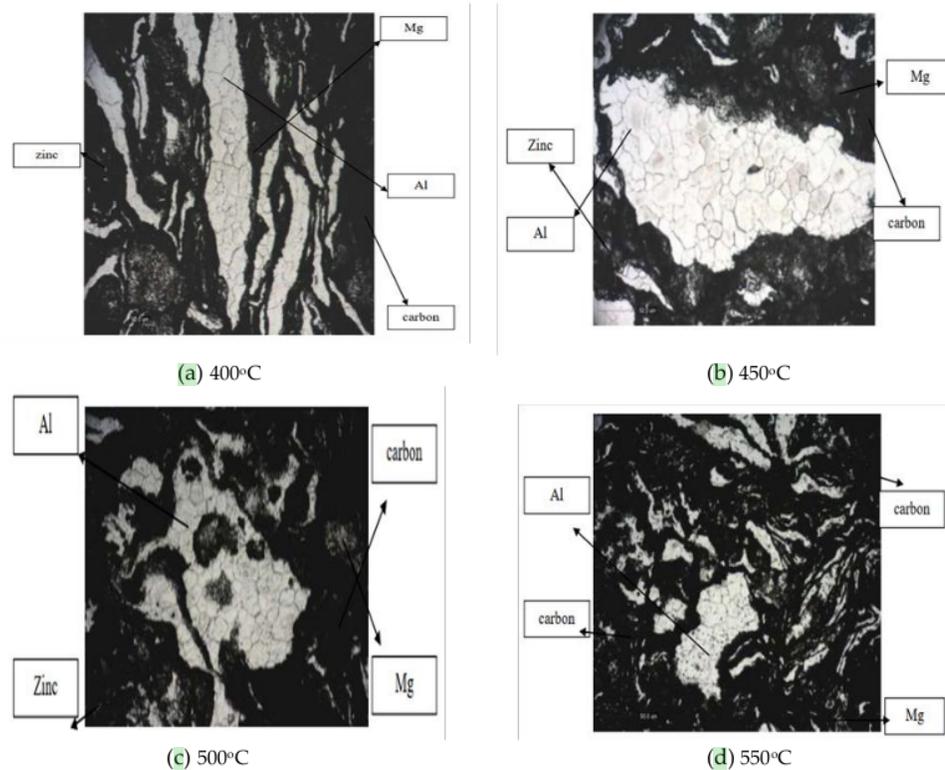
Tabel 4. Data uji kekerasan Vickers

Temperatur Sinter (°C)	Titik Uji kekerasan			Nilai rata-rata uji Vickers (kgf)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
400	32,08	37,53	54,85	41,49
450	32,08	32,08	32,08	32,08
500	30,26	32,08	27,09	28,65
550	22,01	23,18	20,04	21,74

Pengujian kekerasan merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan yang dimiliki oleh suatu material uji. Dimana nilai kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai kemampuan ketahanan suatu material terhadap deformasi. Dari data tabel 4 diatas ditampilkan hasil uji kekerasan terhadap logam magnesium AZ31 yang telah dibedakan dalam perlakuan sinter. Suhu 400°C yaitu sebesar 41,49 kgf. Kemudian data uji kekerasan terendah didapat dari material logam magnesium AZ31 yang diberi perlakuan sinter 550°C yaitu 21,74 kgf. Data tersebut menguatkan pendapat penelitian sebelumnya bahwa dengan semakin tingginya temperatur sinter yang digunakan maka hasil nilai uji keras yang didapatkan juga akan semakin kecil, hal ini disebabkan karena material uji mengalami overheating atau terlalu panas sehingga material uji yang dihasilkan menjadi turun kemampuan uji kerasnya [7].

3.4 Struktur Mikro

Berikut ini adalah gambar struktur mikro Mg AZ31, sebagaimana Gambar 3.



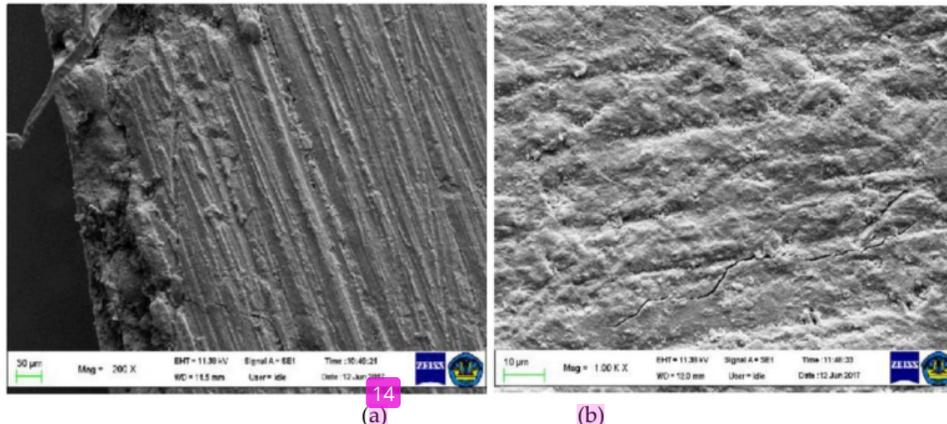
Gambar 3. Struktur mikro Magnesium AZ31 pada berbagai temperature sinter

Berdasarkan gambar struktur mikro diatas, dapat diketahui semakin banyak carbon yang terbentuk dalam bahan uji yang dipakai, dengan semakin tingginya temperatur, aluminium ukurannya mengecil dan tersebar. Munculnya karbon pada bahan uji disebabkan adanya pengotor yang terbakar, menguap dan meninggalkan pori. Walaupun karbon bisa dipakai untuk membuat pori seperti yang dilakukan oleh Guo-jun Li [8], akan tetapi pori yang banyak tidak diinginkan dalam percobaan ini. Dengan kenaikan temperatur mendekati titik didih bahan maka pori-pori ini dapat mengecil dikarenakan bahan mencair dan mengisi pori-pori tersebut.

Gambar 3 di atas juga menunjukkan bahwa temperatur sintesis yang semakin meningkat akan mengakibatkan pori antar batas butir menyusut kemudian terjadi pertumbuhan grain serta peningkatan ikatan antar partikel yang berdekatan [9].

3.5 Pengujian SEM

Hasil pengujian SEM ditampilkan pada Gambar 4, dimana temperatur di atas merupakan hasil pengujian SEM yang dilakukan pada spesimen uji yang diberikan perlakuan sinter 400°C dan suhu 550°C. Berdasarkan gambar (a) diatas tidak banyak kita lihat adanya retakan atau pori yang membuat spesimen ini memiliki nilai uji keras tertinggi, sifat keras disebabkan karena tingginya nilai densitas dan kecilnya nilai porositas yang dimiliki bahan uji.



Gambar 4. Hasil uji SEM pada suhu 400°C (a) dan suhu 550°C (b)

Berikutnya adalah gambaran uji SEM pada material uji yang mengalami pemanasan dengan suhu sinter 550°C. Material uji yang dihasilkan memiliki nilai kekerasan dengan nilai terendah yaitu 21,74 kgf. Kecilnya nilai uji kekerasan yang dihasilkan disebabkan besarnya nilai uji porositas serta kecilnya nilai densitas material uji. Adanya porositas yang terjadi dapat dilihat menggunakan metode pengamatan yang disini dilakukan dengan metode SEM.

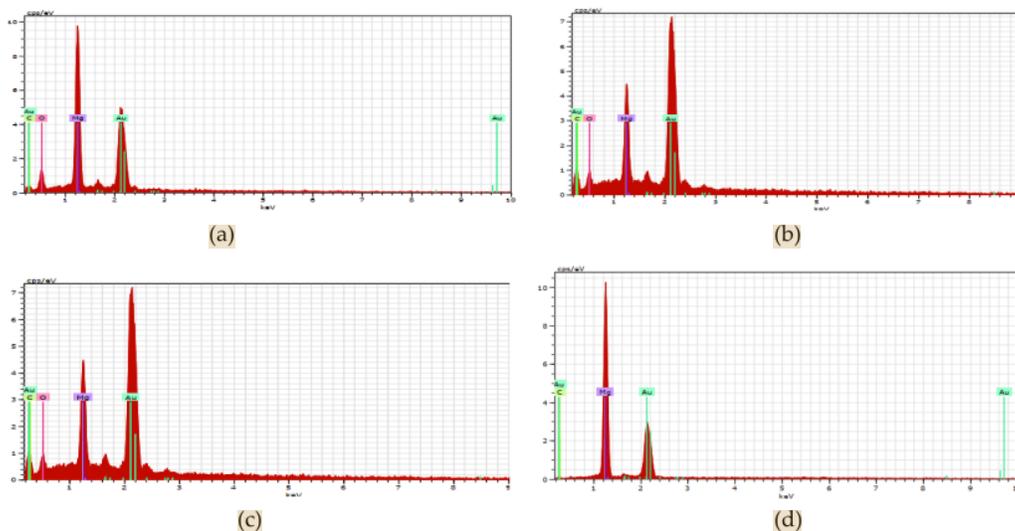
Pada gambar 4 (b) diatas terlihat dengan jelas adanya pori sehingga terjadinya retakan pada material dan berakibat turunya nilai uji keras. Dari kedua gambar hasil uji diatas dapat disimpulkan dari variasi suhu sinter yang dilakukan terhadap material uji magnesium AZ31 suhu sinter terbaik yang dapat digunakan yaitu pada temperatur sinter 400°C dimana gambar permukaan yang dihasilkan tanpa adanya retakan atau porositas yang tinggi.

3.6 Analisa EDX

Pada gambar 4, tampak adanya unsur Magnesium, Aurum, Oksigen dan Carbon. Unsur magnesium terlihat dalam hasil uji EDX karena magnesium merupakan unsur utama dalam bahan uji. Unsur Au tampak pada hasil EDX karena Au sebagai lapisan konduktif tipis yang berfungsi untuk merangsang generasi elektron sekunder pada permukaan bahan uji [10]. Unsur Carbon dimungkinkan terjadi karena panas geram yang terbakar. Kemudian peningkatan kandungan karbon dapat disebabkan juga dari jalanya

proses ballmill, dimana ada logam magnesium dan kandungan lain yang terbakar yang kemudian tercampur pada serbuk metal. Hal ini disebabkan tidak adanya pemanasan awal untuk menghilangkan air dan pengotor seperti sisa-sisa oli bahan uji yang membuat material teroksidasi.

Kandungan oksigen tampak di hasil EDX diasumsikan karena kondisi kurang vakum pada saat proses sinter sehingga Mg berikatan dengan oksigen [11]. Kandungan oksigen bisa juga disebabkan karena gas argon tidak sempurna melindungi bahan uji sehingga bahan uji mengalami proses oksidasi [12]. Kandungan oksigen yang ada pada paduan magnesium dinilai sangat berbahaya³⁰. Dilihat dari sifat mekaniknya, kandungan oksigen ini dapat menyebabkan kerapuhan pada material [13].



Gambar 4. Hasil EDX sampel pada berbagai suhu sinter: (a) 400°C, (b) 450°C, (c) 500°C, dan (d) 550°C

Jika paduan magnesium tersebut digunakan sebagai material implant, material implan yang teroksidasi dapat bereaksi dengan cairan yang ada ditubuh manusia terutama air yang terkandung dalam darah sehingga menyebabkan terbentuknya gelembung hydrogen yang akan menumbuhkan kantong gas pada material implant yang dapat memperlambat jalanya proses penyembuhan dan menghambat aliran darah. Adanya kandungan gelembung oksigen yang tinggi pada system sirkulasi darah dapat berikan resiko terburuk pada pasien yaitu terjadinya kematian pada pasien. Selain itu, oksigen yang berikatan dengan magnesium dan membentuk fasa MgO akan meningkatkan laju korosi material Mg [14].

15 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pada bahan uji Magnesium AZ31, semakin tinggi temperature sinter maka semakin rendah densitasnya yang disebabkan oleh semakin banyaknya pori yang terbentuk akibat pengotor pada geram magnesium AZ31. Selain itu, seiring dengan tinggi temperature sinter, maka semakin besar nilai porositasnya. Hal ini menunjukkan banyak pori yang terbentuk akibat unsur pengotor yang terjebak. Semakin rendah nilai densitas akibat kenaikan temperatur, semakin rendah nilai kekerasan pada Magnesium AZ31, hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan benda uji menahan beban yang diberikan pada saat penekanan akibat banyaknya pori di dalam benda uji. Hasil uji struktur mikro menunjukkan adanya peningkatan prosentase unsur carbon dan aluminium yang tersebar seiring dengan kenaikan temperatur. Hal tersebut menyebabkan ikatan antar struktur magnesium semakin berkurang dan menyebabkan penurunan nilai kekerasannya produk. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa semakin tingginya temperature sinter maka semakin banyak struktur pori pada bahan yang terbentuk dari ikatan unsur pengotor carbon dan aluminium sehingga menyebabkan timbulnya patahan pada produk hasil pengecoran pada temperatur sinter 550°C. Semakin tingginya temperature sinter, unsur pengotor

karbon semakin banyak terbentuk. Berdasarkan hasil di atas, maka dapat disarankan untuk dilakukan analisa kandungan unsur awal terhadap bahan uji sebelum dilakukan sinter untuk mengetahui semua unsur yang terkandung didalamnya, bahan uji di masukan ke dalam tempat penyimpanan yang kedap agar tidak mudah teroksidasi, perlunya memakai bahan uji yang mempunyai kemurnian tinggi dan bebas pengotor, dibutuhkan pemanasan awal (*pre-heating*) di atas temperature leleh pengotor untuk mengurangi kontaminasi bahan dengan pengotor. Selanjutnya juga disarankan untuk dapat melakukan pengujian selanjutnya menggunakan teknik pengecoran tekan (*squeeze casting*) untuk dapat meningkatkan densitas dan dalam waktu yang sama juga kekerasan bahan sehingga memiliki potensi aplikasi yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini diucapkan terimakasih atas support finansial DIPA FT Unila melalui Penelitian Kerja Sama Internasional FY 2021 nomor kontrak 4062 /UN26.15/LK.072021. Support atas fasilitas peralatan dan kerja sama penelitian juga disampaikan terima kasih kepada Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI, PUSPIPTEK Tangerang.

REFERENSI

- [1] B. Buldum and A. Sik, "Investigation of machining alloy machinability.," *International Journal of Electronic: Mechanical and Mechatronics Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 216-268, 2011.
- [2] F. Witte, *Application use of magnesium in medical application*, 342-345: Woodhead Publishing Limited, 2013.
- [3] J. Black, *Orthopaedic Biomaterials in Research and Practice*, New York, 1988.
- [4] C. Blawert and N. Hort, "Automotif aplication of magnesium and its alloy," *Trans Indian Ins. Met*, vol. 27, no. 4, pp. 397-408, 2004.
- [5] I. Kartika, A. M. Ashari, A. Trenggono, F. P. Lestari and A. Erryani, "Analisis Struktur Pori dan Sifat Mekanik Paduan Mg-0,5Ca-4Zn Hasil Proses Metalurgi Serbuk dengan Variasi Komposisi Foaming agent CaCO₃ dan Temperatur Sintering," *Jurnal Teknik*, vol. 40, no. 3, pp. 142-148, 2019.
- [6] D. Yang, W. Chen, J. Lu, Z. Hu, Y. Feng, J. Chen, J. Jiang, A. Ma, L. Wang and H. Wang, "Fabrication of Cellular Mg Alloy By Gas Release Reaction Via Powder Metallurgi Approach," *Metal Powder Report*, vol. 72, no. 2, pp. 124-127, 2017.
- [7] A. Hermanto, Y. Burhanuddin and I. Sukmana, "Peluang dan Tantangan Aplikasi Baut Tulang Tempam Terdegradasi Berbasis Logam Magnesium," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 6, pp. 93-98, 2016.
- [8] G.-j. Li, Z.-r. Sun, H. Zhao and R.-m. R. Chun-huan Chen, "Effect of temperature on the porosity, microstructure, and properties of porous La_{0.8}Sr_{0.2}MnO₃ cathode materials," *Ceramics International*, vol. 33, p. 1503-1507, 2007.
- [9] D. Ratnasari and H. Purwaningsih, "Pengaruh Variasi Kecepatan Stirring dan Temperatur Sintering terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Fase Material Sensor Gas TiO₂," *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 3, no. 1, 2014.
- [10] N. E. Setyaningsih, R. Muttaqin and I. Mar'ah, "Optimalisasi Waktu Pelapisan Emas-Palladium pada Bahan Komposit Alam untuk Karakterisasi Morfologi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX)," *Physics Communication*, vol. 1, no. 2, pp. 36-40, 2017.
- [11] H. Nurrohman, "Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Holding Sintering Terhadap Sifat Mekanik Dan Morfologi Biodegradable Material Mg-Fe-Zn Dengan Metode Metalurgi Serbuk Untuk Aplikasi Orthopedic Devices," *Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya*, 2016.
- [12] Kusharjanto, Sutarno and R. H. Mulyani, "Pengaruh Temperatur Semi-solid Casting pada Paduan Magnesium AZ91D terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro," *SNIPS*, Bandung, 2016.
- [13] F. P.L., D. Annur, I. N. G. P.A., A. Erryani and I. Kartika, "Proses Sintering Logam Berpori Paduan Magnesium Dengan Kalsium Hidrida Sebagai Agen Pengembang," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*, Jakarta, 2017.

- [14] S. Gonzalez, Pellicer, S. S. E., M. Baro and J. Sort, "Biodegradable and Mechanical Integrity of Magnesium and Magnesium Alloys Suitable for Implants," InTech. Biodegradation - Engineering and Technology, 2013.

Article_Ulin_Yusuf

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.lppm.unila.ac.id Internet	84 words — 2%
2	ejournal.undip.ac.id Internet	72 words — 2%
3	jurnal.fmipa.unila.ac.id Internet	48 words — 1%
4	repository.its.ac.id Internet	39 words — 1%
5	utpedia.utp.edu.my Internet	33 words — 1%
6	"Instructions For Authors", Journal of the American College of Cardiology, 2015. Crossref	32 words — 1%
7	eprints.undip.ac.id Internet	30 words — 1%
8	eprints.umm.ac.id Internet	27 words — 1%
9	www.scribd.com Internet	27 words — 1%

10	journal.unnes.ac.id Internet	24 words — 1%
11	scholar.unand.ac.id Internet	22 words — 1%
12	Mark A. Atwater, Laura N. Guevara, Kris A. Darling, Mark A. Tschopp. "Solid State Porous Metal Production: A Review of the Capabilities, Characteristics, and Challenges", <i>Advanced Engineering Materials</i> , 2018 Crossref	20 words — 1%
13	Repository.umy.ac.id Internet	19 words — 1%
14	es.scribd.com Internet	17 words — < 1%
15	pt.scribd.com Internet	17 words — < 1%
16	www.mesin.itb.ac.id Internet	17 words — < 1%
17	text-id.123dok.com Internet	16 words — < 1%
18	Hyun-Woo Shin. "A feasibility study to replace steel made hood panels by magnesium alloy made hood panels", <i>International Journal of Precision Engineering and Manufacturing</i> , 2012 Crossref	15 words — < 1%
19	ejurnalmaterialmetalurgi.com Internet	14 words — < 1%
20	repo.unand.ac.id	

Internet

14 words — < 1%

21 Hadi Perdana, Moch Syaiful Anwar, Andinnie Juniarsih, Efendi Mabururi. "Pengaruh Suhu dan Waktu Tempering Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, dan Laju Korosi Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr3Mo3Ni [The Influence of Time and Temperature Tempering on Hardness, Microstructure and Corrosion Rate of 13Cr3Mo3Ni Stainless Steel]", Metalurgi, 2017
Crossref

22 garuda.ristekbrin.go.id
Internet 12 words — < 1%

23 Franciska Pramuji Lestari. "Fabrikasi Paduan Magnesium Berpori dengan Partikel Garam NaCl sebagai Space Holder [Fabrication of Magnesium Alloy Porous by Using NaCl Salt Particle as a Space Holder]", Metalurgi, 2019
Crossref

24 journal.utm.edu.my
Internet 11 words — < 1%

25 link.springer.com
Internet 10 words — < 1%

26 uad.portalgaruda.org
Internet 10 words — < 1%

27 id.123dok.com
Internet 9 words — < 1%

28 lppm.unjani.ac.id
Internet 9 words — < 1%

29 widyariset.pusbindiklat.lipi.go.id

Internet

9 words — < 1%

30 adoc.pub
Internet

8 words — < 1%

31 fkm.uho.ac.id
Internet

8 words — < 1%

32 sig3.ecanews.org
Internet

8 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF