



**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH %Mg DAN WAKTU TAHAN
SINTERING TERHADAP NILAI KEKERASAN DARI
MATERIAL KOMPOSIT Al-Mg DENGAN METODE
METALURGI SERBUK**

Ahmad Dani Maulana, Mastuki

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: danimaulana1393@gmail.com

ABSTRAK

Paduan berbasis aluminium memiliki banyak manfaat dalam industri. Salah satu manfaatnya adalah sebagai kelongsong elemen bakar nuklir. Ada berbagai metode yang digunakan guna mensintesis paduan, salah satunya yaitu powder metallurgi dengan penambahan Mg. Proses kompaksi dikerjakan dengan menerapkan beban 5000 Psi dan ditahan selama 5 menit. Setelah tahap pencampuran dan kompaksi, paduan ini juga mengalami proses sintering pada suhu 450°C dengan variasi waktu tahan selama 60, 90, dan 120 menit. Identifikasi material dilakukan melalui pengukuran density, kekerasan, dan struktur mikro. Ada faktor yang mempengaruhi sifat mekanik komposit aluminium magnesium, sehingga dalam penelitian ini menggunakan serbuk Aluminium dan penambahan serbuk Magnesium dengan berat 3,5%, 4,5%, dan 5,5%. Diharapkan bahwa penambahan serbuk Magnesium dapat meningkatkan struktur mikro dan sifat mekanik paduan Al-Mg dengan aluminium murni. Penelitian ini didapatkan nilai density pada tiap variasi penambahan %Magnesium dan waktu tahan sintering. Densitas terbesar terjadi pada variasi penambahan 5,5% Mg dengan waktu tahan sintering 60 menit, yaitu sebesar 2,5 gr/cm³. Sedangkan densitas terendah terjadi pada aluminium murni dengan waktu tahan sintering 60 menit, yaitu sebesar 2,33 gr/cm³. Sementara itu, nilai kekerasan terendah terjadi pada waktu tahan sintering 120 menit tanpa penambahan Mg, yaitu sebesar 46,12 HRB, dan nilai kekerasan tertinggi terjadi pada waktu tahan sintering 90 menit dengan penambahan Mg sebesar 4,5%, yaitu sebesar 49,3 HRB. Dari hal tersebut menunjukkan semakin besar penambahan Magnesium, densitas cenderung mengalami penurunan, seperti yang terlihat pada grafik 4.2. Selain itu, penambahan Mg juga menyebabkan penurunan nilai kekerasan pada paduan tersebut.

Kata kunci: Metalurgi serbuk, Paduan Al-Mg, Komposisi Mg, Waktu Tahan Sintering, Struktur Mikro

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, dengan kekhawatiran yang meningkat terhadap lingkungan, industri otomotif menghadapi tren pasca-oil, dengan perbaikan inovatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar, seperti teknologi ringan dan pemulusan motor agar ramah lingkungan kendaraan. Produk metalurgi serbuk, yang merupakan bagian penting dari sistem modern, perlu bekerja lebih baik untuk memenuhi tujuan reduksi ini. Selain itu, kemajuan item baru, seperti material yang menarik, diharapkan dapat memenuhi tren terkini dalam bisnis mobil, khususnya kendaraan listrik dan kendaraan silang. Penerimaan aplikasi canggih dalam metalurgi serbuk juga menjadi semakin penting dalam mengembangkan sektor bisnis, termasuk mesin rumah tangga, perangkat keras data, energi yang dapat dikelola, dan ilmu kehidupan. (Tsutsui 2012).

Metalurgi serbuk adalah perkembangan proses canggih yang digunakan untuk menggabungkan, berinteraksi, dan menyusun bahan yang berbeda. Metode ini telah menarik banyak perhatian sejak akhir Perang Dunia II, terutama dalam pembuatan keramik, produksi serbuk, dan konversi menjadi produk jadi (Novák 2020).

Metalurgi serbuk memiliki banyak keunggulan, salah satunya adalah kemampuannya untuk mengurangi limbah produksi. Dalam proses metalurgi serbuk, serbuk logam dibuat dari limbah yang tidak terpakai dalam proses pengolahan, sehingga mengurangi limbah yang dihasilkan dalam industri manufaktur.

Selain itu, metalurgi serbuk juga dapat menghemat biaya produksi karena tidak memerlukan pembelian bahan baku baru.

Aluminium (Al) adalah salah satu logam yang sering digunakan dalam metalurgi serbuk. Aluminium murni memiliki sifat yang baik, seperti tahan korosi tinggi, ringan, dan kegunaan yang besar. Aluminium, di sisi lain, sering digabungkan dengan logam lain untuk membentuk paduan guna meningkatkan sifat mekaniknya. Bahan struktural tradisional digantikan oleh komponen ringan berkekuatan tinggi di sektor transportasi seiring kemajuan produksi mobil hemat energi dan ramah lingkungan. Mengurangi berat kendaraan selanjutnya dapat mengembangkan ramah lingkungan dan mengurangi pembuangan bahan perusak ozon, membuatnya semakin tidak berbahaya bagi ekosistem. Amalgam dan komposit mengingat aluminium dan magnesium telah menjadi pengganti yang mungkin untuk bahan biasa dalam industri karena sifatnya yang fenomenal, termasuk ketebalan yang rendah, kekuatan dan kekokohan yang tinggi, dan kemampuan deformasi yang lebih baik. (Shahid and Scudino 2018).

Perubahan persentase berat magnesium dalam paduan aluminium-magnesium merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dan mikrostrukturnya. Mikrostruktur paduan aluminium dalam paduan Al + 5% Mg menunjukkan bahwa magnesium semakin terdispersi dalam matriks larutan padat -aluminium. Dampak terhadap sifat mekanik amalgam aluminium menunjukkan peningkatan nilai kekerasan.

Pada tekanan 150 MPa, proses sintering pada suhu 400°C dan waktu penahanan selama dua jam menunjukkan penyerbaran larutan padat Al-Mg semakin meluas (Purwaningsih dan Sholihuddin, 2013).

Mengingat landasan ini, analisis berencana untuk mengeksplorasi dampak varietas dalam tekanan pemadatan dan tingkat magnesium pada struktur mikro dan ketebalan komposit Al-Mg. Perbedaan waktu tahan sinter yang digunakan adalah 60, 90 dan 120 mnt, dengan variasi kadar magnesium 3,5%, 4,5% dan 5,5% dari massa contoh. Sepuluh menit dihabiskan untuk mensinter material pada suhu 500°C.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Penimbangan

Pada tahap ini melibatkan pengukuran pencampuran aluminium (Al) dan magnesium (Mg) menggunakan alat timbangan digital untuk memastikan hasil yang akurat. Cara penimbangan dilakukan sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan timbangan atau neraca digital.
- b. Mengkalibrasi neraca untuk memastikan hasil lebih akurat.
- c. Menimbang bahan sesuai dengan campuran yang ditetapkan yaitu 3,5%, 4,5%, dan 5,5% Magnesium dari berat total spesimen seberat 5 gram.
- d. Setelah semua bahan ditimbang, dilanjutkan dengan proses pencampuran.

Pencampuran (Mixing)

Sistem pencampuran dilakukan setelah pengukuran. Serbuk aluminium dan magnesium yang diukur dicampur menggunakan cangkir ukuran pada tempat kering (pencampuran kering).

Pencetakan

Selanjutnya, Setelah komposisi serbuk magnesium (Mg) dan aluminium (Al) telah dicampur sebelumnya, proses pencetakan dimulai. Pemadatan ini berguna meningkatkan density dan gaya ikat antar partikel. Berikut ini adalah prosedur dalam proses pencetakan:

1. Menyiapkan alat untuk mencetak dan alat pres hidrolik.
2. Merangkai cetakan menjadi kesatuan utuh.
3. Memasukkan campuran serbuk Aluminium dan Magnesium ke dalam cetakan.
4. Menempatkan cetakan di alat pres hidrolik.
5. Melakukan proses kompaksi dengan memberikan tekanan pada cetakan.

Penekanan (kompaksi)

Tekanan (pemadatan) diharapkan membingkai contoh dengan bentuk tertentu seperti yang ditunjukkan oleh bentuk. Kompaksi dalam kondisi dingin pada suhu kamar adalah pendekatan yang diambil.

Langkah-langkah kompaksi sebagai berikut:

- a. Menempatkan cetakan yang telah diisi dengan campuran serbuk Aluminium Magnesium pada alat pres.
- b. Menerapkan tekanan ke cetakan dengan mengoperasikan tuas pada alat pres hidrolik hingga mencapai tekanan yang ditetapkan, dapat dilihat di indikator alat pres hidrolik.
- c. Menggunakan penekanan sebesar 5000 psi dan waktu penahanan selama lima menit.
- d. Setelah proses penekanan selesai, mengeluarkan spesimen dari cetakan, membungkusnya, dan memberi label untuk masing-masing spesimen supaya tidak tercampur.

Sintering

Sintering dilakukan sesudah sampel dipadatkan menjadi bentuk yang sesuai dengan cetakan. Memanaskan material atau spesimen ke suhu di bawah titik lelehnya, juga dikenal sebagai sintering, menghasilkan pengikatan butir dan peningkatan densitas. Oven atau tungku dengan suhu dan waktu sintering yang telah ditentukan digunakan untuk proses sintering. Cara sistem sintering adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen untuk proses sintering.
2. Mengoperasikan furnace dan memasukkan sampel ke dalamnya.
3. Mengatur suhu dan waktu sintering sesuai dengan yang ditentukan pada furnace.
4. Setelah furnace mencapai suhu dan waktu sintering yang diinginkan, maka secara otomatis suhu dalam furnace akan turun.
5. Untuk pendinginan sampel, digunakan metode pendinginan normalisasi.
6. Setelah itu, proses ini diulangi dengan menggunakan sampel yang berbeda,

tetapi dengan suhu dan waktu sintering yang sama.



Gambar 1. Proses Sintering dan Spesimen

Uji Densitas

Melalui pengujian densitas ini, informasi tentang kepadatan atau kerapatan sampel yang sedang diuji dapat diperoleh. Pengukuran densitas dilakukan dengan mengukur berat kering sampel dan peningkatan volume air setelah sampel dimasukkan. Dari data ini, nilai densitas sampel dapat diperoleh.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- ρ = Densitas (gr/cm^3)
- m = massa (gram)
- v = volume (cm^3)

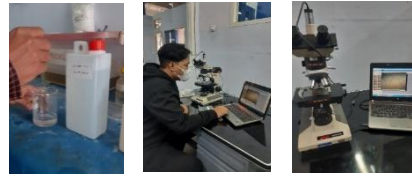
Gambar 2. Uji Densitas



Uji Struktur Mikro

Setelah pengujian densitas dilakukan Pengujian struktur mikro, digunakan untuk melihat butiran dalam uji Aluminium Magnesium dan Aluminium murni. Selanjutnya permukaan harus diratakan lalu dipoles hingga berkilau sebelum pengamatan apa pun dapat dilakukan pada permukaan atas dan bawah. Berikut adalah cara untuk menguji struktur mikro:

1. Pengamplasan
Tahap ini dilakukan untuk meratakan permukaan yang nantinya akan diuji dan menghilangkan kerak. Pengamplasan dilakukan secara bertahap menggunakan amplas dengan ukuran 800, 1000, dan 1500. Proses pengamplasan dimulai dari yang kasar hingga menjadi halus.
2. Pemolesan
Tujuan dilakukan pemolesan adalah agar mendapatkan permukaan sampel yang lebih mengkilat, sehingga meminimalkan goresan pada sampel yang akan diuji. Autosol dan kain lembut digunakan untuk memoles.
3. Pengetsaan
Prosedur etsa, yang merupakan proses korosi terkontrol yang mengikis batas butir untuk membuat struktur mikro dapat terlihat jelas, diperlukan untuk mengamati struktur mikro. Susunan gambar yang digunakan untuk struktur aluminium terdiri dari kombinasi NaOH dan air. Contoh dicelupkan pada lapisan luar susunan garukan dan dibiarkan selama 25 detik, kemudian dibersihkan dengan air. Setelah selesai, contoh tersebut dapat dilihat menggunakan lensa pembesar optik.
4. Pemotretan
Tujuan dari tahapan ini adalah untuk menghasilkan citra struktur mikro yang diinginkan. Pembesaran yang digunakan adalah 300x.



Gambar 3. Proses Uji Struktur Mikro

Uji Kekerasan

Pengujian densitas dan struktur mikro dilanjutkan dengan pengujian kekerasan. Uji kekerasan Rockwell adalah instrumen yang digunakan dalam pengujian kekerasan. Alat uji kekerasan dalam pengujian kekerasan adalah uji kekerasan Rockwell. Dalam penelitian ini, pengujian kekerasan menggunakan skala Rockwell B sesuai standar pengujian ASTM E18-15 HRB. Indentor yang digunakan adalah bola baja dengan diameter 1/16 inci dan beban uji sebesar 100 kgf agar mendapatkan gambaran sifat mekanik material.

Berikut adalah tata cara dalam pengujian kekerasan Rockwell B:

1. Luruskan dan ratakan kedua permukaan adonan dengan menggunakan amplas agar kedua permukaan tersebut rata.
2. Siapkan unit uji kekerasan Rockwell B
3. Pasang indentor bola baja dengan diameter 1/16 inci.
4. Letakkan spesimen yg akan diuji pada tempat landasan.
5. Hubungkan test ke indentor dengan memutar lingkaran searah jarum jam hingga beban test 100 kgf. Jika terasa berat, jangan dipaksakan, tapi balikkan dan ulangi.
6. selanjutnya, tunggu hingga proses pengujian kekerasan selesai.
7. Catat data yang muncul pada layar kekerasan Rockwell B.



Gambar 4. Proses Uji Kekerasan HRB

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Densitas

Hasil pengujian densitas digunakan untuk memperoleh informasi tentang sifat dan kemampuan suatu material. Seperti yang ditunjukkan oleh Regulasi Arcimedes, berat suatu barang setara dengan berat air yang dikeluarkannya.. Dengan demikian, densitas material dapat diketahui dengan cara menimbang material tersebut di udara dan di dalam cairan. Berikut adalah data hasil pengujian densitas:

Kode	Sampel	Massa (gr)	V1 (ml)	V2 (ml)	$P = \frac{m}{v_2 - v_1} = \text{gr/cm}^3$	Rata - rata
S1K3,5	1	4,86	10	12	2,43	2,45
S2K3,5	2	4,94	10	12	2,47	
S3K3,5	3	4,9	10	12	2,45	
S1K4,5	1	4,86	10	12	2,43	2,44
S2K4,5	2	4,86	10	12	2,43	
S3K4,5	3	4,92	10	12	2,46	
S1K5,5	1	5	10	12	2,5	2,453
S2K5,5	2	4,84	10	12	2,42	
S3K5,5	3	4,88	10	12	2,44	

Gambar 5. Tabel Hasil Uji Densitas

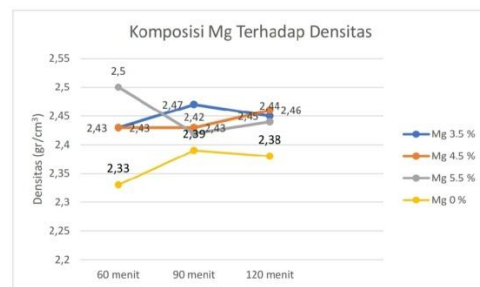
	60 menit	90 menit	120 menit
Mg 3.5 %	2,43	2,47	2,45
Mg 4.5 %	2,43	2,43	2,46
Mg 5.5 %	2,5	2,42	2,44
Mg 0 %	2,33	2,39	2,38



Gambar 6. Grafik Waktu Tahan Terhadap Densitas

Dari Gambar 6, pada waktu tahan 60 menit, densitas tertinggi diperoleh pada komposisi 3,5% dengan nilai 2,5 gr/cm³, sedangkan densitas terendah ditemukan dengan campuran Al murni dengan nilai 2,33 gr/cm³. Pada waktu tahan 90 menit, densitas cenderung menurun dari 2,47 gr/cm³ menjadi 2,43 gr/cm³ hingga 2,42 gr/cm³. Namun, pada waktu tahan 120 menit, densitas lebih stabil untuk setiap variasi komposisi kecuali untuk komposisi Al murni. Dapat disimpulkan bahwa densitas pada waktu tahan 60 dan 90 menit mengalami fluktuasi, sementara pada waktu tahan 120 menit lebih stabil.

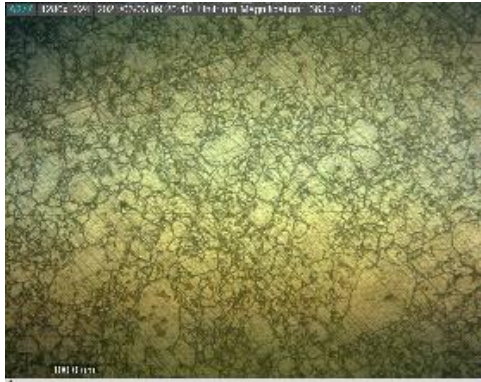
	Mg 3.5 %	Mg 4.5 %	Mg 5.5 %	Mg 0 %
60 menit	2,43	2,43	2,5	2,33
90 menit	2,47	2,43	2,42	2,39
120 menit	2,45	2,46	2,44	2,38



Gambar 7. Grafik Komposisi Terhadap Densitas

Gambar 7 menunjukkan grafik komposisi terhadap densitas. Pada komposisi 0% Mg, densitas terendah adalah 2,33 gr/cm³, sementara densitas tertinggi mencapai 2,5 gr/cm³. Ketika ditambahkan 5,5% Mg, waktu tahan sintering memiliki pengaruh yang tidak begitu signifikan terhadap densitas. Penambahan unsur magnesium lebih berpengaruh terhadap densitas, di mana densitas turun saat komposisi Mg sebesar 4,5%, namun naik saat komposisi Mg sebesar 3,5% dan 5,5%. Densitas paling rendah terdapat pada aluminium tanpa campuran.

Hasil Uji Struktur Mikro



Gambar 8. Hasil Struktur Mikro Spesimen S1K3,5a

Pada perbesaran 365,5X, hasil pengamatan mikrostruktur tergambar pada hasil uji diatas. Selama pembuatan komposit kerangka logam dengan memanfaatkan metalurgi serbuk,, distribusi yang homogen dari partikel penguat magnesium pada matrik Al sangat diharapkan, dan penggumpalan partikel harus dihindari karena dapat mengurangi sifat fisis dan mekanis komposit. Keberagaman penyebaran Al-Mg akan mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekaniknya. Selama sistem sintering, molekul akan bergerak untuk memperluas kontak antar partikel. Proses ini terus ditingkatkan pada tahap-tahap berikutnya dengan pembentukan ikatan antar butir yang mengurangi porositas antar butir selama waktu penahanan.

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada gambar, untuk setiap tekanan dan komposisi penambahan Mg, terlihat bahwa serbuk Mg dan serbuk Al belum terdistribusi dengan merata, yang mengurangi sifat fisik dan mekanik dari contoh komposit. Butiran magnesium (berwarna lebih gelap) dan aluminium (berwarna lebih terang), adanya porositas menandakan bahwa antara serbuk aluminium dan magnesium belum membentuk ikatan yg sempurna.

Hasil Uji Kekerasan (HRB)

NO	Sampel	Titik Uji Nilai Kekerasan					Rata-rata (HRB)
		1	2	3	4	5	
1	S1K3,5a	45,9	46,7	48,1	47,7	48,4	47,45 HRB
2	S1K3,5b	47,6	48,4	45,4	48,2	47,3	
3	S1K3,5c	44,7	47,2	48,6	49,9	47,7	
4	S2K3,5a	41,1	48,4	45,8	46,4	48,9	47,98 HRB
5	S2K3,5b	50,7	50,5	50,3	51,9	50,2	
6	S2K3,5c	45,5	46,9	46,4	48,7	48,1	
7	S3K3,5a	45,2	44,8	47,5	49	50,3	47,84 HRB
8	S3K3,5b	45,8	48,2	46,9	49	50,1	
9	S3K3,5c	47	48,3	49	48,9	47,6	
10	S1K4,5a	46,8	45,3	47,7	49,1	50,1	48,2 HRB
11	S1K4,5b	50	49,2	47,7	49,8	48,3	
12	S1K4,5c	47,3	45,8	48,7	48	49,2	
13	S2K4,5a	45,7	49,9	47,9	49,1	50,4	49,3 HRB
14	S2K4,5b	48,5	48,3	50	49,1	50,7	
15	S2K4,5c	52,7	49,4	49,4	49,4	49	
16	S3K4,5a	47,1	48,8	47,7	49,1	47,1	48,24 HRB
17	S3K4,5b	47,8	50,4	48,7	48,6	48,3	
18	S3K4,5c	47,8	46,5	48,6	49,6	47,5	
19	S1K5,5a	50,5	51,2	51,1	51,2	49	48,51 HRB
20	S1K5,5b	46	46,5	46,7	47,9	48,9	
21	S1K5,5c	45,7	46,2	48,9	46,9	48,6	
22	S2K5,5a	45,9	45,9	48,3	47,9	49,5	47,68 HRB
23	S2K5,5b	46,4	47,4	47,4	47,3	48,6	
24	S2K5,5c	49,5	46,9	46,9	47,1	50,2	
25	S3K5,5a	43,5	44,9	46,9	49,6	47,2	47,53 HRB
26	S3K5,5b	47,1	48,1	48,5	48,9	52,5	
27	S3K5,5c	44,1	48	46,7	47,2	49,7	

Gambar 9. Tabel Hasil Uji HRB

	60 menit	90 menit	120 menit
Mg 3.5%	47,45	47,98	47,84
Mg 4.5%	48,2	49,3	48,24
Mg 5.5%	48,51	47,68	47,53
Mg 0%	47	47,46	47,12



Gambar 10. Grafik Waktu Tahan Terhadap Kekerasan

Dari Gambar 10, pada waktu tahan 60 menit, harga kekerasan tertinggi adalah 48,51 dan harga terendahnya adalah 47. Pada waktu tahan 90 menit, variasi aluminium murni dan penambahan 3,5% dan 4,5% Mg kekerasannya meningkat, sementara variasi penambahan 5,5% Magnesium mengalami penurunan kekerasan. Pada waktu tahan 120 menit, harga kekerasan kembali mengalami penurunan. Kesimpulannya, harga

kekerasan tertinggi terdapat pada waktu tahan 90 menit dengan nilai 49,30 HRB, sedangkan harga kekerasan terendah terjadi pada aluminium murni dengan waktu tahan 60 menit, yaitu 47 HRB.

	Mg 3.5%	Mg 4.5%2	Mg 5.5%3	Mg 0%
60 menit	47,45	48,2	48,51	47
90 menit	47,98	49,3	47,68	47,46
120 menit	47,84	48,24	47,53	47,12



Gambar 11. Grafik Komposisi Terhadap Kekerasan

Gambar 11 menunjukkan grafik komposisi terhadap kekerasan. Nilai kekerasan tertinggi adalah 47,98 HRB dengan penambahan 3,5 persen Mg, dan kekerasan naik menjadi 49,30 HRB dengan penambahan 4,5 persen Mg. Namun, ketika Mg ditambahkan menjadi 5,5%, nilai kekerasannya turun menjadi 48,51 HRB. Setara dengan ini berlaku untuk aluminium murni, di mana kekerasannya sangat rendah dibandingkan dengan aluminium paduan. Pilihan magnesium mempengaruhi kekerasan contoh, di mana pilihan magnesium hingga 4,5% meningkatkan kekerasan, namun ketika magnesium ditambahkan hingga 5,5%, kekerasan berkurang. Waktu tahan sintering juga mempengaruhi kekerasan spesimen, dengan nilai kekerasan pada waktu tahan 90 menit lebih tinggi daripada nilai kekerasan pada waktu tahan 60 menit. Namun, pada waktu tahan 120 menit, nilai kekerasan menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dan pengamatan di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Komposisi magnesium (3,5%, 4,5%, 5,5%, dan Aluminium murni) pada komposit Mg paduan Al dengan strategi metalurgi serbuk berdampak pada peningkatan density dan kekerasan. Dengan waktu penahanan 60 menit, aluminium murni memiliki densitas terendah (2,3 gr/cm³), sedangkan aluminium dengan 5,5 persen Mg memiliki densitas tertinggi. Nilai kekerasan terendah terjadi pada waktu tahan 120 menit tanpa penambahan Mg (46,12 HRB), sedangkan nilai kekerasan tertinggi terjadi pada waktu tahan 90 menit dengan penambahan Mg sebesar 4,5% (49,3 HRB). Semakin tinggi penambahan paduan Mg, densitasnya menurun.
2. Pengaruh waktu tahan sintering (60, 90, dan 120 menit) pada komposit Aluminium Magnesium dan aluminium murni dengan strategi metalurgi serbuk dapat mempengaruhi nilai density dan kekerasan. densitas paling minimal terjadi pada aluminium murni, sedangkan densitas paling tinggi terjadi saat aluminium dengan ekspansi 5,5% Mg. Selain itu, nilai kekerasan terendah terjadi di aluminium tanpa campuran, sedangkan nilai kekerasan paling tinggi terjadi pada penambahan 4,5% Mg.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diajukan untuk penelitian tambahan mengenai pengaruh %Mg dan Waktu tahan sinter pada komposit Al-Mg dengan menggunakan metode powder metallurgi:

1. Perhatikan dengan baik proses pencampuran untuk meminimalkan pencampuran yang tidak merata.
2. Variasi %Mg dan peningkatan waktu tahan sinternya dapat ditingkatkan dalam penelitian selanjutnya.

PENGHARGAAN

Saya ucapkan terima kasih setinggi – tingginya kepada orang tua saya atas doa dan dukungan tanpa henti. Dan tak lupa terima kasih juga saya sampaikan kepada Dosen Mastuki S.Si., M.Si., atas arahan dan dukungannya selama penajakan tugas akhir ini.

REFERENSI

ASTM. 2004b. “Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials.”

Kutz, Myer. 2015. *Mechanical Engineers Handbook: Materials and Engineering Mechanics*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Novák, Pavel. 2020. “Advanced Powder Metallurgy Technologies.” *University of Chemistry and Technology, Prague, Department of Metals and Corrosion Engineering, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic*; 13:1–3.

Purwaningsih, Hariyati, and M. Muzakki Sholihuddin. 2013. “Analisis

Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Paduan Al-Mg Hasil Proses Metalurgi Serbuk.” Vol. 1(Jurnal POMITS):1–5.

Shahid, Rub Nawaz, and Sergio Scudino. 2018. “Microstructure and Mechanical Behavior of Al-Mg Composites Synthesized by Reactive Sintering.” *Metals* 8(10).

Thummler, T., and R. Oberacker. 1993. *An Introduction to Powder Metallurgy*. edited by J. I. and J. V. WOOD. The Institute of Materials 1 Carlton House Terrace London SW1Y 5DB.

Tsutsui, Tadayuki. 2012. “Recent Technology of Powder Metallurgy and Applications.” *Hitachi Chemical Technical Report No.54* (54):12–20.