

# PENGARUH VARIASI PENGADUKAN SERBUK ALUMINIUM (AL), MAGNESIUM (MG), DAN SENG (ZN) TERHADAP SIFAT MEKANIK LOGAM DENGAN METODE METALURGI SERBUK

Mahadi S.T., M.T<sup>1)</sup>, Rayhan Novri<sup>2)</sup>,

<sup>1)</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

<sup>2)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

Jl. Politeknik, Gedung J17 Kota Medan, Sumatera Utara

Email: [dtm@usu.ac.id](mailto:dtm@usu.ac.id) Telp: 081360766774

## ABSTRACT

*The use of aluminum is often found The mechanical properties of aluminum that are lightweight and rust resistant are among the reasons aluminum is often used for certain raw materials. However, the mechanical properties of aluminum if the levels are pure will not be suitable for the purpose of use, because the value of hardness is very small. Therefore aluminum to add mechanical properties need to be added to other alloy compounds. This study focused on the addition of magnesium (Mg) and Zeng (Zn) alloys with 3 variations, namely the first variation of aluminum 100%, the second variation of aluminum 95%, magnesium 2.5%, zinc 2.5%, third variation of aluminum 90%, magnesium 5%, 5% zinc. From the results of the hardness test, tensile test and impact test, the highest value is found in the third variation. Whereas for the third specimen metallographic test porosity occurs slightly due to the uniformly distributed filler and matrix*

**Keyword:** Powder Metallurgy; Mechanical property; Aluminum; Magnesium; Zinc;

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan *aluminum* sering dijumpai Sifat mekanik *aluminium* yang ringan dan tahan karat menjadi salah alasan *aluminium* sering digunakan untuk bahan baku tertentu. Namun sifat mekanik *aluminium* jika kadarnya murni akan tidak sesuai dengan tujuan penggunaan, karena nilai kekerasannya sangat kecil. Maka dari itu aluminium untuk menambah sifat mekaniknya perlu ditambahkan senyawa senyawa paduan lainnya

Pada penelitian sebelumnya *Mugiono*[1] meneliti pengaruh penambahan mg terhadap sifat kekerasan dan kekuatan impak serta struktur mikro pada paduan aluminium berbasis piston bekas. Penelitian tersebut bervariasi antara Mg(0%,5%, 10%, 15%). Penelitian tersebut membuktikan bahwa terjadi peningkatan hasil uji kekerasan dan hasil impak setiap penambahan magnesium. Hasil uji membuktikan bahwa semakin bertambahnya magnesium struktur semakin rata sehingga sifat mekaniknya meningkat.

Penambahan unsur seng (Zn) yang dilakukan oleh *Bondan*[2] pada Al-Zn-6Mg mempengaruhi sifat mekanik. Penambahan Zn dari 5 wt% menjadi 9 wt% menghasilkan peningkatan kekerasan dan terjadi proses pengerasan pengendapan sehingga akan meningkatkan ketangguhan impak komposit[2]

Berdasarkan senyawa unsur kimia magnesium dan seng yang dapat meningkatkan sifat mekanik *aluminium* maka penulis mencoba melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Campuran Serbuk *Aluminium* (Al), *Magnesium* (Mg), Dan Seng (Zn) Terhadap Sifat Mekanik Logam Dengan Metode Metalurgi Serbuk”

## II. TEORI DASAR

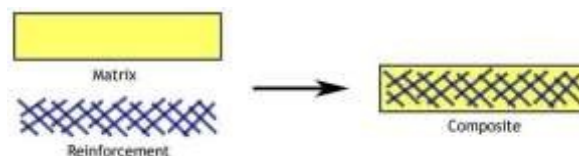
### 2.1 Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk adalah metode yang terus dikembangkan dari proses manufaktur yang dapat mencapai bentuk komponen akhir dengan mencampurkan serbuk secara bersamaan dan dikompaksi dalam cetakan, dan selanjutnya disinter di dalam furnace (tungku pemanas)[3]

Prinsip ini adalah memadatkan serbuk logam menjadi bentuk yang diinginkan dan kemudian memanaskannya di bawah temperatur leleh. Sehingga partikel-partikel logam memadu karena mekanisme transportasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Metode metalurgi serbuk memberikan kontrol yang teliti terhadap komposisi dan penggunaan campuran yang tidak dapat difabrikasi dengan proses lain. Sebagai ukuran ditentukan oleh cetakan dan penyelesaian akhir Proses pemanasan yang dilakukan harus berada di bawah titik leleh serbuk material yang digunakan. Setiap proses dalam pembuatan metalurgi serbuk sangat mempengaruhi kualitas akhir produk yang dihasilkan

### 2.2 Komposit

Material komposit didefinisikan sebagai campuran makroskopik antara serat dan matrik yang bertujuan untuk menghasilkan suatu material baru yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dari unsur penyusunnya.



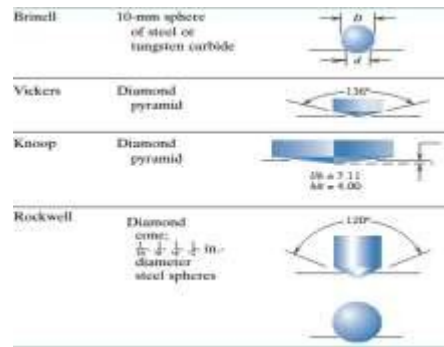
**Gambar 2.1** Komposit

### 2.3 Pengujian

#### 2.3.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan pengujian yang mengukur ketahanan suatu material terhadap adanya deformasi plastis pada suatu titik tertentu. Pengujian kekerasan adalah sederhana, sehingga banyak dilakukan dalam pemilihan bahan. Ada beberapa macam alat penguji kekerasan sesuai dengan: bahan, kekerasan, ukuran, dan lain – lain. Ada beberapa macam alat penguji kekerasan yang dipergunakan sesuai dengan: bahan, kekerasan, ukuran,

dan lain – lain. Cara – cara pengujian kekerasan adalah sebagai berikut.



**Gambar 2** Teknik pengujian kekerasan[4]

Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni:

1. *Brinell* (HB/BHN)
2. *Vickers* (HV/VHN)
3. *Knoop*(HK/VHN)
4. *Rockwell* (HR/RHN)

### 2.3.2 Pengujian Tarik

Untuk mengetahui sifat dari suatu *material* maka diperlukan suatu pengujian, salah satu pengujian yang paling sering dilakukan yaitu uji tarik (*tensile test*). Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui tingkat kekuatan suatu *material* dan untuk mengenali karakteristik pada *material* tersebut. Prinsipnya, uji tarik ini dilakukan menggunakan mesin yang dapat memberikan gaya tarik yang cukup kuat pada *material* dan juga memberikan cengkaman yang kencang sehingga *material* tidak terlepas ketika diberikan gaya tarik. Ada banyak hal yang bisa didapatkan dari uji tarik, dengan memberikan gaya tarik pada *material* sampai putus maka semua susunan struktur *material* bisa diketahui dengan jelas sehingga dapat menentukan kualitas dari *material* tersebut. Bahan atau *material* yang sering dijadikan objek untuk uji tarik adalah *rubber* dan logam. Kedua bahan ini memiliki sifat yang berbeda dari setiap prosesnya. Misalkan, sifat *rubber* dan logam sebelum dipanaskan pasti memiliki perbedaan ketika sudah dipanaskan. Penggunaan Hukum *Hooke* (*Hooke's Laws* pada Uji Tarik). Uji tarik memiliki prinsip dasar dari hukum *hooke* (*hooke's law*) dimana regangan (*strain*) dan rasio tegangan (*stress*) adalah konstan. Sehingga hubungan dari strain dan stress dapat dirumuskan menjadi[5] :

$$E = \sigma / \epsilon \dots (2.3)$$

### 2.3.3 Pengujian Impact

Adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Dalam Pengujian Mekanik, terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada

*material*. Uji tarik, uji tekan, dan uji punter adalah pengujian yang menggunakan beban statik. Sedangkan uji dampak (*fatigue*) menggunakan jenis beban dinamik. Pada uji dampak, digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Perbedaan dari pembebanan jenis ini dapat dilihat pada *strain rate*. Pada pembebanan cepat atau disebut dengan beban dampak, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Proses penyerapan energi ini, akan diubah dalam berbagai respon material seperti deformasi plastis, efek histerisis, gesekan, dan efek inersia[6].

#### 2.3.4. Pengujian Metalografi

Struktur mikro merupakan struktur yang dapat diamati dibawah mikroskop optik. Meskipun dapat pula diartikan sebagai hasil dari pengamatan menggunakan scanning *electron microscope*(SEM). Mikroskop optik dapat memperbesar struktur hingga 1500 kali. Struktur mikro suatu logam dapat diramalkan melalui diagram fasanya. Dengan melihat diagram fasa, kita dapat mengetahui komposisi daripaduan, dan juga mengetahui pada temperatur berapa butir akan tumbuh. Setelah benda uji struktur mikro mengalami proses deformasi dan perlakuan panas, butir-butiran mengalami perubahan bentuk dan ukuran[7] Melakukan pemolesan secara bertahap hingga lebih halus dari 0,5 mikron. Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan ampelas secara bertahap dimulai dengan grid yang kecil (100) hingga grid yang besar (2000). Dilanjutkan dengan pemolesan oleh mesin poles dibantu dengan larutan pemoles[8].

### III. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Prosedur Penelitian



**Gambar 4** Tahapan Penelitian & Pengujian

Keterangan:

1. Proses Pengadukan Serbuk
2. Proses Pencetakan (kompaksi)
3. Hasil Setelah dicetak
4. Proses Pemanasan (sintering)
5. Spesimen
6. Pengujian Impak
7. Pengujian Tensil
8. Pengujian Kekerasan
9. Pengujian Metalografi

### 3.2 Prosedur Pengujian

#### 3.2.1 Proses penimbangan serbuk

Bahan yang digunakan untuk proses pembuatan metal *matrix composite* pada eksperimen ini terdiri dari serbuk aluminium, serbuk *magnesium*, serbuk seng. Masing-masing bahan tersebut akan ditimbang dengan menggunakan timbangan digital yang telah disediakan. Berikut prosesnya:

- a. Timbang bahan *aluminium* 100 %.
- b. Timbang bahan *aluminium* 95%, *magnesium* 2.5%, seng 2.5%.
- c. Timbang bahan *aluminium* 90%, *magnesium* 5%, seng 5%.

#### 3.2.2 Proses Pengadukan Serbuk

Proses pengadukan serbuk ini dilakukan di Laboratorium Foundri, Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara. Adapun prosedur yang dilakukan pada proses pengadukan serbuk ini adalah sebagai berikut:

- 1 Siapkan mesin pengaduk untuk proses pencampuran serbuk aluminium, serbuk *magnesium* dan serbuk seng yang sudah ditimbang sesuai kadar yang diinginkan.
- 2 Siapkan bahan yang sudah di timbang dan masukan ke wadah pengaduk untuk dicampur.
- 3 Hidup kan mesin pengaduk dengan waktu kurang lebih 30 menit, dan proses ini dilakukan sebanyak serbuk yang diinginkan
- 4 Setelah sudah tercampur masukkan kedalam wadah masing – masing sesuai variasi.

#### 3.2.3. Proses Kompaksi

Spesimen akan di cetak dengan menggunakan mesin kompaksi. Campuran *Aluminium*, *Magnesium* dan Seng (100:0:0,95:2.5:2.5 ,90:5:5%) dituangkan ke dalam cetakan, kemudian dilakukan proses compacting selama 10 menit dengan beban 10 ton. Kemudian setelah 10 menit cetakan diangkat dan dipindahkan dari mesin *press*. Dan serbuk

yang sudah ditekan dikeluarkan dari cetakan dengan perlahan, agar bentuk tidak hancur karena masih bersifat rapuh tidak terlalu keras. Selanjutnya akan dilakukan proses sintering dengan suhu 570 derajat *celcius* dan selanjutnya akan dilakukan proses pengujian. Tekanan pemadatan yang diperlukan tergantung pada jenis serbuk yang digunakan, dalam hal ini *aluminium* memiliki nilai yang berkisar antara 70 – 275 Mpa (5 – 20 ton- *force*).

### 3.2.4 Proses Sintering

Serbuk yang telah dicetak pada mesin kompaksi dengan tekanan 10 ton selanjutnya akan disintering. Suhu sintering yang digunakan pada penelitian ini adalah 90 % dari titik leleh *aluminium* yaitu pada suhu 570 derajat *celcius* dengan waktu penahanan sintering dilakukan selama 2 jam menggunakan *furnace*. Setelah 2 jam *specimen* dikeluarkan dari *furnace* dan *specimen* dibiarkan hingga suhu ruangan, pada tahap ini *specimen* sudah mengeras dengan baik, selanjutnya akan dilakukan proses *machining*, untuk menyesuaikan ukuran dengan ASTM untuk dilakukan pengujian.

Untuk material komposit, temperature sinter yang digunakan adalah temperatur sinter dari matriks sebesar 70%-90% dari titik lebur bahan, dalam hal ini untuk bahan aluminium dengan titik lebur 660°C, temperatur sinternya berkisar antara 460°C hingga 590°C.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Uji kekerasan, Hasil Uji Tarik dan Hasil Uji

Variasi	Titik	F(kgf)	D(mm)	d(mm)	BHN	Avg
Al 100%	1	500	5	3,7	44,9	46,5
	2	500	5	3,8	42,4	
	3	500	5	3,5	50,3	
	4	500	5	3,5	50,3	
	5	500	5	3,7	44,9	
Al 95% Mg 2,5 % Zn 2,5%	1	500	5	3,2	60,5	51,4
	2	500	5	3,7	44,9	
	3	500	5	3,5	50,3	
	4	500	5	3,7	44,9	
	5	500	5	3,3	56,8	
Al 90% Mg 5% Zn 5%	1	500	5	3,0	69,1	64,2
	2	500	5	3,2	60,5	
	3	500	5	2,9	74,1	
	4	500	5	3,2	60,5	
	5	500	5	3,3	56,8	

Tabel 1 Hasil Uji kekerasan

Variasi	Dimensi (L x w x t) (mm)	Ultimate Force (kgf)	Kekuatan tarik (kgf/mm <sup>2</sup> )	Avg
Al 100%	25 x 6,3 x 3	156,14	8,26	8,41
	25 x 6,3 x 3	166,50	8,81	
	25 x 6,3 x 3	147,23	7,79	
	25 x 6,3 x 3	161,02	8,52	
	25 x 6,3 x 3	164,05	8,68	
Al 95% Mg 2,5 % Zn 2,5%	25 x 6,3 x 3	191,07	10,11	10,12
	25 x 6,3 x 3	198,82	10,52	
	25 x 6,3 x 3	187,48	9,92	
	25 x 6,3 x 3	192,40	10,18	
	25 x 6,3 x 3	186,54	9,87	
Al 90% Mg 5% Zn 5%	25 x 6,3 x 3	249,48	13,20	13,2
	25 x 6,3 x 3	264,97	14,02	
	25 x 6,3 x 3	239,08	12,65	
	25 x 6,3 x 3	249,48	13,20	
	25 x 6,3 x 3	244,37	12,93	

Tabel 2 Uji Tarik



Variasi	Dimensi (L x w x t) (mm)	Sudut Awal (°)	Sudut Akhir (°)	Energy Impact (E)	Avg
Al 100%	55 x 10 x 10	147	146	1.5	1.8
	55 x 10 x 10	147	146	1.5	
	55 x 10 x 10	147	145	3.1	
	55 x 10 x 10	147	146	1.5	
	55 x 10 x 10	147	146	1.5	
Al 95% Mg 2.5 % Zn 2.5%	55 x 10 x 10	147	145	3.1	2.7
	55 x 10 x 10	147	145	3.1	
	55 x 10 x 10	147	145	3.1	
	55 x 10 x 10	147	146	1.5	
	55 x 10 x 10	147	145	3.1	
Al 90% Mg 5% Zn 5%	55 x 10 x 10	147	144	4.8	3.1
	55 x 10 x 10	147	145	3.1	
	55 x 10 x 10	147	145	3.1	
	55 x 10 x 10	147	145	3.1	
	55 x 10 x 10	147	146	1.5	

Tabel 3 Hasil Uji Impact

#### 4.2 Hasil Pengujian Metalografi



Gambar 5 Struktur mikro dengan variasi komposisi 1



Gambar 6 Struktur mikro dengan variasi komposisi 2



Gambar 7 Struktur mikro dengan variasi komposisi 3

Dapat dilihat pada gambar 7 tersebut memperlihatkan hasil pengujian mikrostruktur pada pembesaran 100x yaitu campuran aluminium yang mengandung SiC dan 5% *magnesium* dan 5% seng. Dari gambar tersebut, terlihat perbedaan pada matriks dan *filler*, terlihat *filler* semakin banyak dibandingkan dengan gambar 5 dan 6 dan juga semakin banyak terjadi penumpukan. Nilai porositas pun lebih baik dari variasi 1 dan variasi 2

Porositas merupakan persentase perbandingan *volume* kosong (rongga) dengan *volume* benda padatnya. Ada dua jenis porositas, yakni porositas terbuka dan porositas tertutup. Pada porositas tertutup, rongga di dalam suatu benda tidak dapat ditembus oleh air, sehingga pengukuran porositas tertutup sulit dilakukan. Sedangkan porositas terbuka mempunyai akses dengan permukaan luar meskipun rongga berada di tengah-tengah benda. Pada pengujian mikrostruktur, dari gambar diatas dapat dilihat penyebaran pada penguat SiC, Mg dan Zn di setiap spesimen *Metal Matrix Composite* (MMC). Dari setiap variasi komposisi yang berbeda, semakin banyak pada campuran penguat Mg dan Zn maka semakin banyak penyebaran serbuk penguat terlihat pada foto mikrostruktur, sehingga nilai porositas semakin kecil

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1 Adapun hasil uji kekerasan, uji tarik dan uji impak setiap variasi spesimen diuraikan sebagai berikut:

- a. Nilai kekerasan yang diperoleh paling tinggi secara rata rata adalah *specimen* dengan variasi 3 (Al 90%: Mg 5%:Zn5%) sebesar 64.2 BHN dan nilai kekerasan terendah didapat pada spesimen variasi 1 (Al:100% Mg 0%:Zn0%) sebesar 46,5 BHN .
- b. Nilai uji tarik yang diperoleh paling tinggi secara rata rata adalah *specimen* dengan variasi 3 (Al 90%: Mg 5%:Zn5%) sebesar 13.2 Kgf/mm<sup>2</sup> dan nilai kekerasan terendah didapat pada spesimen variasi 1 (Al:100%:Mg 0%:Zn0%) sebesar 8,4 Kgf/mm<sup>2</sup>.
- c. Nilai uji impak yang diperoleh paling tinggi secara rata rata adalah *specimen* dengan variasi 3 (Al 90%: Mg 5%:Zn5%) sebesar 3,1J dan nilai kekerasan terendah didapat pada spesimen variasi 1 (Al:100%:Mg 0%:Zn0%) sebesar 1,8J

2. Dari hasil penelitian pembuatan komposit matriks logam berpenguat keramik Al dan *silicon carbide* melalui metode metalurgi serbuk, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Pada pengujian mikrostruktur didapat sebagai berikut :
  - a. Pada pengujian mikrostruktur dengan perbandingan komposisi variasi 1 (Al:100%:Mg0%:Zn0%) dilihat pada gambar nampak perbedaan antara *matrix* dan *filler* tersebar dan juga terjadi porositas gambar
  - b. Pada pengujian mikrostruktur dengan perbandingan variasi 2 (Al 95%: Mg 2,5%:Zn 2,5%) dilihat pada gambar nampak perbedaan antara *matrix* dan *filler* tersebar dan porositas yang terjadi lebih sedikit di bandingkan dengan variasi 1 (Al:100%:Mg0%:Zn0%)



c. Pada pengujian mikrostruktur dengan perbandingan komposisi variasi 3 (Al 90%: Mg 5%:Zn5%) dilihat pada gambar nampak perbedaan antara *matrix* dan *filler* tersebar dan porositas yang terjadi lebih sedikit bandingkan variasi 2 (Al 95%: Mg 2,5%:Zn 2,5%) dan variasi 1 variasi 1 (Al:100%:Mg0%:Zn0%)

## 5.2 Saran

Pada penelitian yang sudah dilakukan, terdapat saran untuk proses penelitian lebih lanjut dalam pembuatan komposit matriks logam (MMC) *aluminium* menggunakan campuran *magnesium* dan seng disarankan :

1. Karena keterbatasan alat uji melaografi yang disediakan, diharapkan selanjutnya dapat menggunakan alat uji *microscope test* dengan pembesaran *grid* yang lebih baik.
2. Diharapkan penilitian ini menjadi tahap awal dari penilitian selanjutnya tentang pengembangan sifat mekanik paduan alumunium

## REFERENSI

- [1] Mugiono, Lagiyono, Rusnoto. Pengaruh Penambahan Mg Terhadap Sifat Kekerasan Dan Kekuatan Impak Serta Struktur Mikro Pada Paduan Al-Si Berbasis Material Piston Bekas.  
Jurnal Teknik Mesin, 2013 :1-6
- [2] Bondan Tiara Sofyan dkk. Pengaruh Penambahan Unsur Paduan Zn Terhadap Kinerja Balistik Komposit Matriks Al-Zn-6mg Berpenguat Partikel Silikon Karbida.Departemen Teknk Metalurgi dan material, Fakultas Teknik Universitas Indonesia 2012
- [3] Nurun Nayiroh. “Metalurgi Serbuk” . [http://nurun.lecturer.uinmalang.ac.id/wpcontent/uploads/sites/7/2013/03/METALURGI- SERBUK.pdf](http://nurun.lecturer.uinmalang.ac.id/wpcontent/uploads/sites/7/2013/03/METALURGI-SERBUK.pdf) (diakses 15/06/2019 pukul 17.00)
- [4] Suresh, S., Mortensen A. dkk N..*Fundamentals of Metal Matrix Composites, London: Butterworth – Heinemann;1993.*
- [5] William D. Callister. *Materials Science and Engineering An Introduction 6th edition.*  
*Singapore: Example Product Manufacturer;2003*
- [6] Smallman & Bishop. *Materials Science and Engineering 1st edition .*  
*Singapore: Butterworth-Heinemann;1995.*
- [7] Alamsyah, M. F. Laporan Praktikum Struktur Dan Sifat Mekanik,,Universitas Diponegoro, Semarang;2008.
- [8] Randall M German.*Sintering Theory and Practice.New York: Wiley-Interscience;1996*