

## STUDI PENGARUH MAGNESIUM TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN MIKROSTRUKTUR ALUMINIUM FOAM MENGGUNAKAN 3%CaCO<sub>3</sub> SEBAGAI *BLOWING AGENT*

Palvis Syafri<sup>1</sup>, Ikhwansyah Isranuri<sup>2</sup>, Suprianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU  
Jln.Almamater Kampus USU Medan

<sup>2,3</sup>Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU Medan

### ABSTRAK

Pada penelitian dicoba memanfaatkan CaCO<sub>3</sub> sebagai *blowing agent* pada pembuatan material aluminium foam CaCO<sub>3</sub> sangat mudah diperoleh dan harganya relatif murah bila dibandingkan dengan *blowing agent* jenis lain. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan impact dan mikrostruktur aluminium magnesium foam dengan 3%CaCO<sub>3</sub> sebagai *blowing agent*. Pembuatan aluminium foam pada penelitian ini dilakukan dengan metode *direct casting* dengan memvariasikan kadar Mg 4,6 dan 8% aluminium foam yang diperoleh untuk ketiga variasi selanjutnya dilakukan pengujian mikro dan impact. Hasil pengujian diperoleh penambahan magnesium pada aluminium foam akan menghasilkan struktur mikro yang berwarna hitam gelap berupa garis menunjukkan unsur magnesium dan warna abu-abu menunjukkan aluminium. Aluminium foam dengan kadar magnesium 4% memiliki distribusi pori atau sel aluminium foam yang lebih merata bila dibandingkan dengan 6% dan 8% yang memiliki pori tidak merata dan hanya tampak pada beberapa bagian. Pengujian impact memperlihatkan energi yang diserap dari aluminium foam dengan 4% Mg sebesar 12.40 Nm, 6% sebesar 15.59Nm dan 8% memiliki energy 16.54Nm.

*Kata Kunci* : Aluminium foam, CaCO<sub>3</sub>, aluminium, magnesium

### 1. Pendahuluan

Aluminium adalah logam berwarna putih keperakan yang lunak. Aluminium juga merupakan logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (corundum, gibbsite, boehmite, diaspor, dan lain-lain). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

Terdapat beberapa sifat penting yang dimiliki Aluminium sehingga banyak digunakan sebagai Material Teknik, diantaranya:

- Penghantar listrik dan panas yang baik (konduktor).
- Mudah difabrikasi

- Ringan (besi ± 8,1 gr/cm<sup>3</sup>)
- Tahan korosi dan tidak beracun
- Kekuatannya rendah, tetapi pepaduan (*alloying*) kekuatannya bisa ditingkatkan

*Aluminium foam* adalah material hasil rekayasa yang menjanjikan karena di samping ringan (<sup>1</sup>/<sub>5</sub> kali berat aluminium padat), memiliki kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) yang tinggi, karakteristik khusus dari material ini adalah mempunyai kemampuan menyerap energi (*dump energy*) yang tinggi dari berbagai arah pembebanan. Secara umum, karakteristik *aluminium foam* adalah sebagai berikut :

Kekakuan yang tinggi pada berat jenis yang rendah, Penyerapan energi impact yang tinggi, tanpa menghiraukan arah datangnya impact, Tantangan utama untuk memproduksi aluminium adalah mencari rute proses yang termurah namun tetap memiliki karakteristik mekanik yang baik. Dari berbagai jenis

rute, *melt based process* dinilai menjanjikan efisiensi biaya produksi dalam skala produksi yang besar. Beberapa proses seperti Alporas<sup>TM</sup>, Cymat<sup>TM</sup>, telah menjadi produk komersil yang lazim digunakan. Namun penggunaan *titanium hidryde* (TiH<sub>2</sub>) masih dinilai terlalu mahal dalam proses tersebut. Tujuan umum dari penelitian ini adalah membuat *aluminium magnesium foam* dengan CaCO<sub>3</sub> sebagai *blowing agent* serta mengamati pengaruh kadar magnesium terhadap uji impact dan uji foto mikro

## 2. Tinjauan Pustaka

Pengujian impact merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan material akibat pembebanan yang tiba-tiba. Umumnya pengujian impact dapat dikategorikan ke dalam dua metode yaitu Izood dan charpy. Metode pengujian charpy yang paling luas penggunaannya. Pada uji impact ini bandul akan memukul benda uji yang diletakkan semula dengan energi yang sama. Sampel (mengacu standar ASTM) dibuatkan takikan dan dipukul pada sisi yang berlawanan dengan takikan. Energi bandul akan diserap oleh benda uji yang dapat menyebabkan benda uji patah tanpa deformasi (getas) atau pun benda uji tidak sampai putus yang berarti benda uji mempunyai sifat keuletanyang tinggi. Ulet tidaknya suatu material juga dapat diketahui dari bentuk patahan, dimana bentuk patahan sampel yang ulet cenderung berwarna buram dan berserabut, sebaliknya sampel yang getas akan terlihat lebih rata dan warna lebih terang. Sifat keuletan suatu logam juga dapat diketahui dari pengujian tarik dan pengujian impact, tetapi dalam kondisi beban yang berbeda. Beban pada pengujian impact adalah secara tiba-tiba, sedangkan pada pengujian tarik adalah perlahan-lahan. Pengujian metalografi telah dilaksanakan pada penelitian ini. Sampel uji di potong kemudian di mounting menggunakan resin dan *hardener*. Setelah mounting siap dimulai

proses pengamplasan dengan kertas pasir ukuran 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500. Kemudian sampel dipoles dengan kain panel, air dan aluminium dioksida (bubuk alumina) untuk didapat permukaan seperti cermin, kemudian sampel dietsa menggunakan HF untuk selanjutnya dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop optic dengan pembesaran 50.100,200,500 dan 800x.

## 3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan terdiri dari aluminium, magnesium, CaCO<sub>3</sub> aluminium serbuk. Semua bahan ini kemudian dicampur aluminium 300-600 gram, Magnesium, CaCO<sub>3</sub> dan aluminium serbuk. Kesemua bahan tersebut dicampur menggunakan metode *direct casting*. Material aluminium foam yang sudah diperoleh ini kemudian dilakukan pengujian impact dengan metode charpy dan mikrostruktur untuk melihat distribusi dari pori yang terbentuk pada permukaan sampel.

## 4. Hasil Pengujian

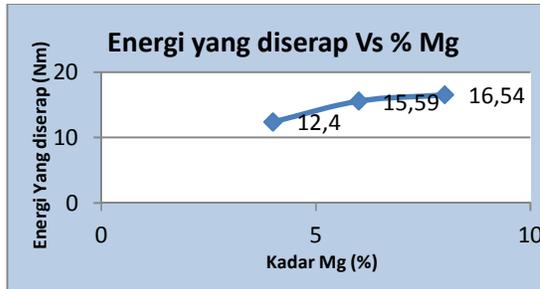
### Pengujian Impact

Hasil pengujian impact yang telah dilakukan dimana sampel yang digunakan menggunakan standar ASTM E 23 - 02a. seperti diperlihatkan pada table 1 berikut :

Tabel 1 : Hasil pengujian impact

Al foam	A (mm <sup>2</sup> )	E <sub>serap</sub> (Nm)	I <sub>e</sub> (J/mm <sup>2</sup> )
Mg 4%	100	12.4	0.124
Mg 6%	100	15.59	0.156
Mg 8%	100	16.54	0.165

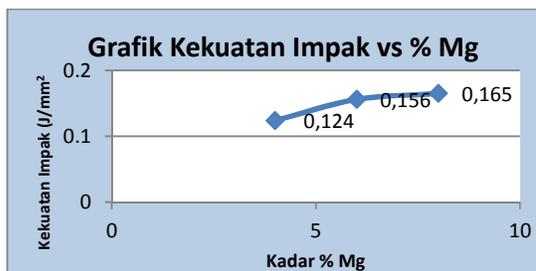
Tabel 1 diatas memperlihatkan untuk ketiga variasi komposisi magnesium menghasilkan energy impact yang berbeda. Grafik 1 dibawah ini memperlihatkan hasil pengujian impact ;



Gambar 1. Grafik kekuatan impact Vs %Mg

Gambar diatas memperlihatkan penambahan kadar Mg meningkatkan kekuatan impact aluminium foam, selain hal ini pori yang terbentuk juga akan mempengaruhi kekuatan impact dari suatu material.

Hasil pengujian impact juga dinyatakan dalam energy per luas penampang seperti diperlihatkan pada gambar 2 berikut :



Gambar 2 : Grafik kekuatan impact/luas penampang Vs %Mg.

Grafik di atas memperlihatkan kadar Mg 4% memiliki  $I_s = 0.124 \text{ J/mm}^2$  dan untuk kadar Mg 6% memiliki  $I_s = 0.156 \text{ J/mm}^2$  dan juga pada kadar Mg 8% memiliki  $I_s = 0.165 \text{ J/mm}^2$ . Hasil ini memperlihatkan semakin kecil persentase penambahan magnesium maka semakin rendah Kekuatan Impact ( $I_s$ ). Artinya ketangguhan impact semakin menurun. Hal ini juga menunjukkan bahwa spesimen mengalami patah getas / rapuh.

Energi impact Charpy dipengaruhi oleh mekanisme perpatahan. Logam biasanya patah dengan gabungan rongga mikro (*Microvoid Coalescence*) dimana regangan plastik menyebabkan rongga pengintian di sekitar inklusi penggabungan ini tumbuh dan bergandengan sampai terjadi

kegagalan. Kegagalan dapat juga terjadi oleh pembelahan (*cleavage*) pada tegangan kritis, sebagaimana peningkatan kekuatan peluluhan logam tegangan pada zona plastis dapat menjadi cukup besar untuk terjadinya pembelahan. Perpatahan pada spesimen yang telah di uji dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3 : Bentuk patahan uji impact

Bentuk patahan yang terjadi relatif rata, walaupun pada beberapa bagian ada bentuk patahan yang tidak rata. Jika dilihat dari energi yang diserap sampel aluminium Mg foam ketangguhannya tidak begitu tinggi. Dan secara umum dapat dikatan perpatahan pada spesimen adalah perpatahan getas yang memiliki permukaan rata dan mengkilap, apabila potongan ini disambung kembali maka kedua potongan ini akan menyambung dengan baik dan rapat. Hal ini disebabkan pada saat proses patahnya, spesimen tidak mengalami deformasi. Bahan yang memiliki jenis patahan ini mempunyai kekuatan impact yang rendah.

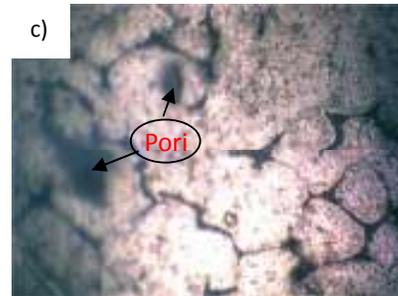
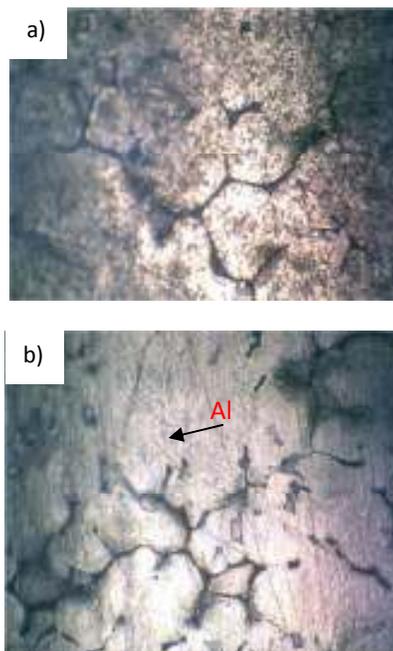
#### Analisa Proses Foaming

Hasil penelitian ini memperlihatkan kalsium karbonat dapat digunakan sebagai blowing agent untuk membuat aluminium foam dari bahan aluminium yang ditambahkan kadar Mg. Dari pengamatan yang dilakukan pada sampel aluminium foam terlihat bahwa kadar magnesium 4% memiliki pori yang tersebar merata, berbeda dengan 6%Mg dan 8%Mg yang memiliki pori tidak merata dan hanya tampak pada beberapa bagian sementara masih terdapat bagian yang tidak memiliki pori. Dalam penelitian ini pesentase kadar

kalsium karbonat sebagai blowing agent sebesar 3% dari berat aluminium alloy. Nilai ini merupakan nilai optimal untuk campuran *blowing agent* yang pernah diteliti (Varužan Kevorkijan; 2010). Penambahan magnesium pada campuran aluminium juga mempengaruhi titik lebur, dalam hal ini, temperatur juga sangat mempengaruhi pendispersian kalsium karbonat terhadap aluminium cair. Apabila temperatur lebur aluminium menurun, maka akan mengurangi viskositas dari aluminium cair, hal ini mempengaruhi proses dispersi antara aluminium dengan kalsium karbonat dan mengakibatkan tidak terjadinya proses foaming.

#### Hasil Uji Metallography

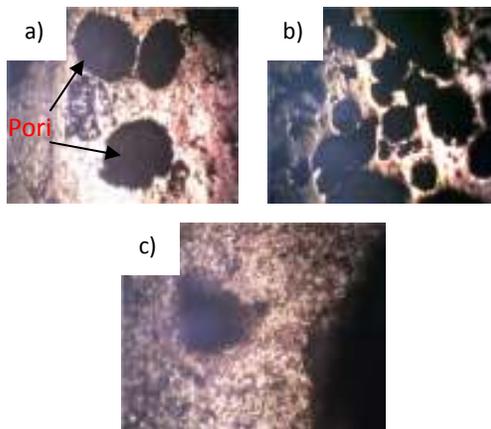
Pengujian mikrostruktur menggunakan "Reflected Metallurgical Microscope" dengan type Rax Vision No.545491, MM -10A,230V-50Hz. Pengujian mikrostruktur ini dilakukan untuk aluminium foam yang dipadu dengan unsur Mg. Hasil photomikro seperti diperlihatkan pada gambar 4 berikut :



Gambar 4 : photo mikro a)4%Mg, b) 6%Mg, c) 8%Mg.

Struktur mikro aluminium foam setelah dilakukan penambahan magnesium sebanyak 4% hasilnya memperlihatkan bahwa magnesium dalam bentuk serpihan-serpihan. Porositas yang tidak diinginkan pada struktur mikro aluminium foam terlihat sedikit. Dari gambar 5. dapat dilihat aluminium berwarna ke abu-abuan, sedangkan partikel Mg berupa garis-garis yang berwarna hitam dan sebagian telah berhasil menyatu dalam. Penambahan magnesium sebanyak 6% hasilnya menunjukkan warna kehitaman pada partikel Mg yang telah tercampur dengan aluminium. Pada komposisi 8%Mg memperlihatkan struktur mikro aluminium berwarna keabu-abuan tersebar kedalam aluminium. Penambahan mg pada aluminium sangat sulit dilakukan dikarenakan berat jenis mg dan titik cair yang relatif rendah sehingga dalam pencampurannya perlu dilakukan dengan cara yang khusus.

Pengujian mikrostruktur ini juga melihat pori-pori pada spesimen melalui pembesaran 500x menggunakan mikroskop optik. Hasilnya memperlihatkan perbedaan kandungan magnesium dengan variasi 4%, 6%, dan 8% akan menghasilkan pori yang berbeda pula. Hasil foto mikro seperti diperlihatkan pada gambar 5 berikut :



Gambar 5 : photo mikro a)4%Mg, b) 6%Mg, c) 8%Mg pembesaran 500x.

Gambar 5 memperlihatkan kadar magnesium 4 % memiliki distribusi pori atau sel aluminium foam yang memiliki bentuk lebih *sphere*, bentuk dan sebaran pori ini akan mempengaruhi sifat mekanis dari *aluminium foam*.

#### Analisa pembentukan struktur foam

Pada 4% Mg memiliki struktur pori yang relatif kecil namun cenderung merata, hal ini disebabkan  $\text{CaCO}_3$  terdispersi dengan baik pada aluminium cair saat proses foaming, sehingga difusi gas dan proses pertumbuhan struktur sel berjalan dengan baik. Pada 6% Mg struktur pori tampak lebih besar namun persebarannya tidak merata dan masih terdapat bagian yang pejal diantara pori-pori yang terbentuk hal ini dikarenakan pertumbuhan sel terhambat pada saat proses foaming yang diakibatkan oleh viskositas aluminium cair yang cukup tinggi sehingga hanya sebagian sel terbentuk dari sel-sel yang terdekomposisi. pada 8% Mg viskositas aluminium cair sangat rendah dibandingkan dengan aluminium cair 4% Mg dan 6% Mg sehingga proses foaming terjadi sangat cepat namun pengempasan juga sangat cepat. Hal ini berakibat sel yang sudah terbentuk tertutup kembali karena tidak cukup waktu untuk pembentukan pori pada saat *holding time* (pendinginan) Pada proses foaming dengan menggunakan  $\text{CaCO}_3$ , terdapat

beberapa faktor yang mempengaruhi penggabungan sel terjadi. Faktor utama tentunya keberadaan *surface tension* dan tekanan yang dihasilkan oleh gas saat dekomposisi. Kedua faktor tadi didukung oleh viskositas aluminium cair dan terbentuknya oksida pada dinding sel. Viskositas berpengaruh pada tingkat *surface tension*, sedangkan oksidasi selain berpengaruh pada *surface tension* juga menjadi limitasi terjadi pembentukan gas lanjutan.

## 5. Kesimpulan

1. Penggunaan *blowing agent*  $\text{CaCO}_3$  sebesar 3% pada penelitian ini telah berhasil digunakan untuk pembuatan aluminium foam telah berhasil dilaksanakan.
2. Hasil dari pengujian impak memperlihatkan 4%Mg memiliki  $E_s$  12,4 Nm, 15,69 Nm untuk 6%Mg dan 8% Mg memiliki  $E_s$  terbesar 16,54 Nm. Perpatahan pada specimen adalah perpatahan getas yang memiliki permukaan rata dan mengkilap
3. Hasil dari foto mikro pada penambahan magnesium 4 % memiliki distribusi pori atau sel aluminium foam yang tersebar merata, berbeda dengan specimen kadar magnesium 6% dan 8% yang memiliki pori tidak merata dan hanya tampak pada beberapa bagian tidak memiliki pori.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annual Book ASTM, "*Mechanical Testing; Elevated and Low-Temperature Tests; Metallography*", Vol.3
- [2] Degischer, 2002, Hans-Peter; BrigitteKrizt, "*Handbook of Cellular Metal*" Weinheim : Willey-VCH.
- [3] Brown, J.R., 1999, "*Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook*", Butterworth

- Heinemann, Eleventh Edition, Oxford.
- [4] Omotoyinbo, J., A dan Oladele, I., O, 2010, "The Effect of Plastic Deformation and Magnesium Content on the Mechanical Properties of 6063 Aluminium Alloys", Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol.9, No.6, pp.539.546, USA.
- [5] Purnomo., 2004, "Pengaruh pengecoran ulang terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak pada paduan Aluminium tuang 320", Proceedings, Komputer dan system intelijen, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- [6] Smith, W.F., 1993, "Structure and Properties of Engineering Alloys", McGraw-Hill inc, Second Edition.
- [7] Surdia, T. dan Saito, S., 1992, "Pengetahuan Bahan Teknik", P.T Pradnya Paramitha, Jakarta.
- [8] Ashby, M.F.; A.G. Evans, 2000, "Metal Foams: A Design Guide", Boston : Butterworth-Heinemann.
- [9] Augusta, Andri. 2008, "Pembuatan Aluminium Foam dengan  $\text{CaCO}_3$  Sebagai Senyawa Penghasil Gas Melalui Tahapan Prekursor", Bandung : ITB.
- [10] Banhart, J, 2005, "Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams". Bremen : Elsevier.
- [11] Banhart, J., 2005, "Aluminium foams for light vehicles" Berlin Hahn-Meitner-Institute.
- [12] Curran, David C., 2005, "Aluminium Foam Production using Calcium Carbonate as a Foaming Agent". Cambridge : University of Cambridge.
- [13] Effendi, A., 2008, "Pembuatan Aluminium Busa Melalui Proses Sinter dan Pelarutan Garam", Jakarta: Universitas Indonesia.
- [14] Gergely, V; D.C. Curran; T.W. Clyne, 2003, "The FOAMCARP process: foaming of aluminium MMCs by the chalk-aluminium reaction in precursors", London : Department of Materials Science & Metallurgy, University of Cambridge.
- [14] Miyoshi, T, Masaotoh, S, Shigeru A, 2000, Akira Kitahara "ALPORAS Aluminium Foam: Production Process, Properties, and Applications". Tokyo : Advanced Engineering Material,
- [15] Nakamura, T; Svyatoslav V. Gnyloskurenko; 2002, "Development of New Foaming Agent for Metal Foam". Kyiv : National Technical University of Ukraine.
- [16] Šimančík, František; Jaroslav Jerz; Jaroslav Kováčik; Pavol Minár. 2008, "Aluminium foam - a new light weight structural material" Bratislava : Institute of Materials and Machine Mechanics, SAS.
- [17] Article : "Characteristics of Closed Cell Aluminium Foams"
- [18] Article : "Metallic Foams". by Pinca, Maejar Grenl Anne; Cherwin Ayapana; Jaime Tan jr.