
PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN PENAMBAHAN CaCO_3 TERHADAP SIFAT MEKANIK ALUMINIUM FOAM DENGAN METODE MELT PROSES DAN SERBUK Al_2O_3 SEBAGAI STABILIZER

Khairul Fahmi^{1,*}, Akhmad A Korda² dan Dinni N³

*email: fahmikhairul41@gmail.com

Abstrak

Aluminium Foam salah satu alternatif produk pengembangan aluminium yang memiliki densitas rendah dan penyerapan energi yang baik serta tingkat kekakuan yang tinggi. Tantangan utama untuk memproduksi *aluminium foam* 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. Tahapan penting dalam proses pembuatan *aluminium foam* adalah faktor *blowing agent* berupa penambahan CaCO_3 .

Aluminium seri 1xxx digunakan sebagai bahan baku dalam penelitian ini, serbuk Al_2O_3 sebagai *stabilizer* dan CaCO_3 sebagai *blowing agent*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan komposisi CaCO_3 terhadap dimensi, karakterisasi busa dan sifat mekanik pada *aluminium foam* seri 1xxx menggunakan Al_2O_3 sebanyak 2%, CaCO_3 1%, 3%, 5% dan 7% dari berat *aluminium foam*. *aluminium foam* yang diperoleh untuk parameter tersebut selanjutnya dilakukan pengujian densitas, SEM, kekerasan dan tekan. *Aluminium foam* dengan kadar CaCO_3 3% dan 5% memiliki distribusi pori atau sel aluminium foam yang lebih merata bila dibandingkan dengan 1% dan 7% yang memiliki pori tidak merata dan hanya tampak pada beberapa bagian.

Hasil penelitian menyatakan, Produk yang dihasilkan memiliki nilai tertinggi *foam* dengan padatan (*bulk*) sebesar 8 cm pada temperatur 750°C dengan penambahan 3% CaCO_3 . Produk yang dihasilkan memiliki nilai tertinggi *foam* tanpa padatan sebesar 3,8 cm, pada temperatur 750°C dengan penambahan 3% CaCO_3 . Produk yang dihasilkan memiliki nilai terendah *foam* tanpa padatan sebesar 1,8 cm, pada temperatur 700°C dengan penambahan 7% CaCO_3 . Densitas *foam* paling rendah terjadi pada temperatur pada penambahan 3% CaCO_3 sebesar 0,42 gr/cm³. Produk dengan nilai kekerasan dinding pori paling tinggi terjadi pada temperatur 750°C dengan penambahan 3% CaCO_3 sebesar 96,6 VHN dan Penyerapan energi terbesar dengan penambahan 3% CaCO_3 pada temperatur 750°C sebesar 3,21 MJ/m³. Sedangkan penyerapan energi terendah dengan penambahan 7% CaCO_3 pada temperatur 700°C sebesar 1,06 MJ/m³.

Kata kunci : *Aluminium foam*, densitas, penyerapan energi, uji kekerasan

Pendahuluan

Aluminium merupakan salah satu logam yang banyak diminati, Sifatnya yang tahan terhadap korosi dan ringan dibandingkan dengan besi atau logam lainnya menjadikan aluminium banyak digunakan dalam dunia perindustrian. Perkembangan aluminium pun sekarang semakin banyak salah satunya perkembangan Aluminium foam.

Aluminium foam ialah salah satu alternatif produk pengembangan Aluminium yang ringan (1/5 kali berat aluminium padat), memiliki kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) yang tinggi. Karakteristik khusus material ini adalah kemampuan menyerap energi (*dump energy*) yang tinggi dari berbagai arah pembebanan. Tantangan utama untuk memproduksi *aluminium foam* adalah mencari rute proses yang termurah namun

tetap memiliki karakteristik mekanik yang baik [1]

Mengacu dari penelitian sebelumnya oleh (Ruben) Aboraia, et al. (2011) dalam penelitiannya yang berjudul *Production of Aluminium Foam and The Effect of Calcium Carbonate as a Foaming Agent* memvariasikan persentase pemberian kalsium karbonat (CaCO₃). Material yang digunakan sebagai bahan baku ialah aluminium murni (99,86% Al) Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa kalsium karbonat dapat menjadi foaming agent yang efisien untuk memproduksi aluminium foam jenis sel tertutup dengan sifat mekanik yang berterima. Dan Nazim Mahmutyazicioglu, et al. (2013) dalam penelitiannya yang berjudul *Effects of alumina (Al₂O₃) addition on the cell structure and mechanical properties of 6061 foams* Material yang digunakan sebagai bahan baku ialah aluminium seri 6061 dan serbuk Al₂O₃ sebagai *Stabilizer*. dengan alasan tersebut Pengaruh dari variabel-variabel seperti temperatur dan komposisi *foaming agent* akan diteliti sehingga mendapatkan hasil yang terbaik, seperti memiliki densitas yang ringan, terbentuk rongga yang homogen, dan menghasilkan produk yang memiliki sifat penyerapan energi mekanik yang baik. [9]

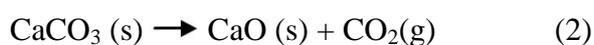
Metode Percobaan

Teori dan Experimen

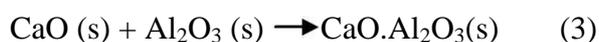
Aluminium seri 1xxx merupakan aluminium murni (99,86% Al) Selama proses peleburan aluminium terjadi reaksi lelehan aluminium dengan oksigen dan berlangsung menurut reaksi [2]



kalsium karbonat memiliki densitas 2,71 gr/cm senyawa ini akan terdekomposisi pada suhu 650-860 °C menurut reaksi



Selanjutnya, CaO dengan Al₂O₃ membentuk kalsia alumina menurut reaksi



Kalsia alumina berperan selain untuk meningkatkan viskositas juga menstabilkan rongga pori yang terbentuk oleh CO₂, yang terperangkap dalam lelehan aluminium selama proses solidifikasi. Morfologi busa yang direpresentasikan oleh bentuk dan ukuran serta distribusi rongga pori sangat tergantung dari ukuran dan distribusi CaCO₃ yang dipengaruhi oleh pengadukan dan suhu sintesa. Produk busa Al-1xxx dikarakterisasi melalui pengukuran/pengujian seperti densitas, morfologi pori, dan penyerapan energi. [5]

1. Model Kolerasi

Untuk analisis korelasi antara parameter proses peleburan dan karakteristik busa. Analisis dilakukan untuk mengetahui korelasi antar karakteristik busa dengan temperatur proses dan penambahan persentase CaCO₃. Analisis ini menjadi penting terutama untuk menentukan rentang parameter proses peleburan agar menghasilkan busa aluminium yang diinginkan.

Parameter proses peleburan mencakup suhu yang dipilih 700 °C, 725 °C dan 750 °C. Penambahan foming agent CaCO₃ sebanyak 1, 3, 5, dan 7 % berat, sedangkan berat Al₂O₃ sebanyak 2%.

2. Dimensi Aluminium foam

Aluminium foam dibelah secara horisontal, menghasilkan bagian foam dan bagian drainase. Pengukuran secara keseluruhan dan pengukuran masing-masing bagian

3. Morfologi pori

Aluminium foam dapat dilihat karakterisasi dan sifat-sifat lainnya melalui morfologi struktur pori karena logam memiliki pori. Banyaknya rongga dalam satu kubus dapat diukur dengan *software* GIMP.

4. Penyerapan energi

Dengan menghitung luas daerah bawah kurva tekanan terhadap jarak. Pendekatan yang dilakukan untuk menghitung luas daerah dengan metoda trapesium.

Pengujian Dimensi Foam

Pengujian dimensi foam dilakukan dengan menggunakan penggaris. Pengukuran secara

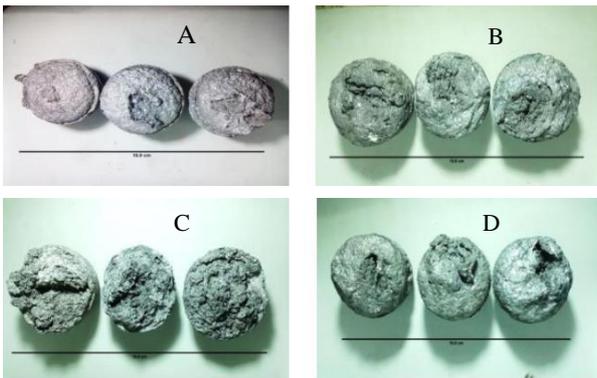
meneluruhkan dan pengukuran tiap-tiap bagian dari foam dan drainase. Pengujian dimensi foam dilakukan dengan mengacu pada percobaan sebelumnya seperti (Ruben).

Pengujian SEM

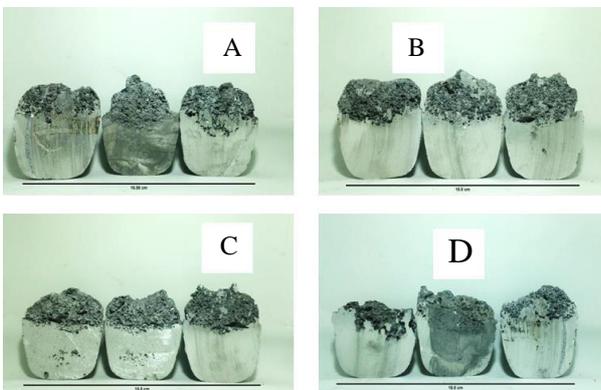
Pengujian SEM menggunakan Merk JEOL, Tipe JSM-6510 LA dilakukan di Laboratorium PT.AHM Plan Cikarang. Mesin dari fabrikasi JEOL yang digunakan dalam penelitian ini dilengkapi dengan fasilitas analisis komposisi kimia berupa detektor sinar X.

Hasil dan Analisis

Produk jadi *Aluminium foam*, hasil peleburan dari pengaruh temperatur dan penambahan persentase CaCO_3 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan produk yang telah dipotong pada Gambar 2.



Gambar 1 Produk *Aluminium Foam* Berdasarkan Komposisi CaCO_3 (A) 1% (B) 3% (C) 5% (D) 7%



Gambar 2 Produk *Aluminium Foam* Berdasarkan Komposisi CaCO_3 (A) 1% , (B) 3% , (C) 4% (D) 7%

Pengujian Dimensi Aluminium Foam

Pengujian dimensi foam dilakukan dengan menggunakan penggaris. Pengukuran secara

meneluruhkan dan pengukuran tiap-tiap bagian dari foam dan drainase. Pengujian dimensi foam dilakukan dengan mengacu pada percobaan sebelumnya seperti (Ruben). ditunjukkan pada Tabel 1.

T (°C)	CaCO_3	Al_2O_3	Tinggi Foam (cm)	Tinggi Drainase (cm)
700	1%	2%	2	5
	3%	2%	3	4,6
	5%	2%	3,2	4,5
	7%	2%	1,8	3,2
725	1%	2%	2,3	4,8
	3%	2%	2,7	4,6
	5%	2%	3,5	4,4
	7%	2%	2	3,8
750	1%	2%	2,2	4,6
	3%	2%	3,8	4,2
	5%	2%	3,6	4,3
	7%	2%	2,4	3,9

Tabel 1. Hasil pengukuran dimensi *aluminium foam* dengan pengaruh temperatur 700°C, 725°C dan 750°C serta penambahan CaCO_3 mulai dari 1%, 3%, 5% dan 7%.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa bagian foam lebih kecil dibandingkan bagian solid, Pada temperatur 700 °C volume *aluminium foam* meningkat pada penambahan 3% dan 5% CaCO_3 , sedangkan pada 7% CaCO_3 terjadi penurunan volume *aluminium foam*, karena foam tidak terbentuk dengan baik akibat besarnya tekanan gas CO_2 . Pada temperatur 725 °C *aluminium foam* lebih lama

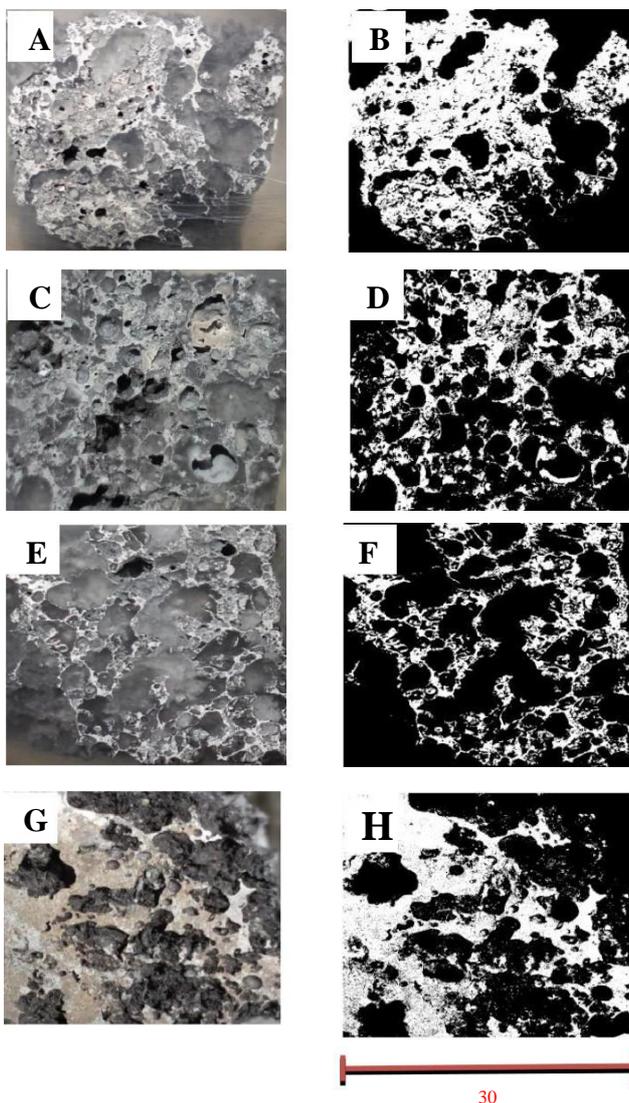
mengembang dibandingkan dengan temperatur 700 °C karena temperatur proses cukup tinggi dari temperatur solidifikasi. Pada penambahan 3% dan 5% CaCO_3 volume *aluminium foam* meningkat, sedangkan pada 7% CaCO_3 terjadi penurunan. Akibatnya foam tidak terbentuk dengan baik, karena besarnya tekanan gas CO_2 yang sangat kuat ingin keluar dari leburan aluminium. Pada temperatur 750 °C *aluminium foam* lebih lama

mengembang dibandingkan dengan temperatur 725°C dan 700°C, karena temperatur proses cukup tinggi dari

temperatur solidifikasi. Sedangkan tiap-tiap penambahan persentase CaCO_3 pada temperatur 750°C nilai volume *aluminium foam* lebih tinggi, dibandingkan temperatur 725°C dan 700°C dan yang paling efektif dalam penambahan CaCO_3 3% dengan temperatur 750°C .

Pengujian Morfologi

Aluminium foam dapat dilihat karakterisasi dan sifat-sifat lainnya melalui morfologi struktur pori karena logam memiliki pori. dapat dilihat pada Gambar 3.



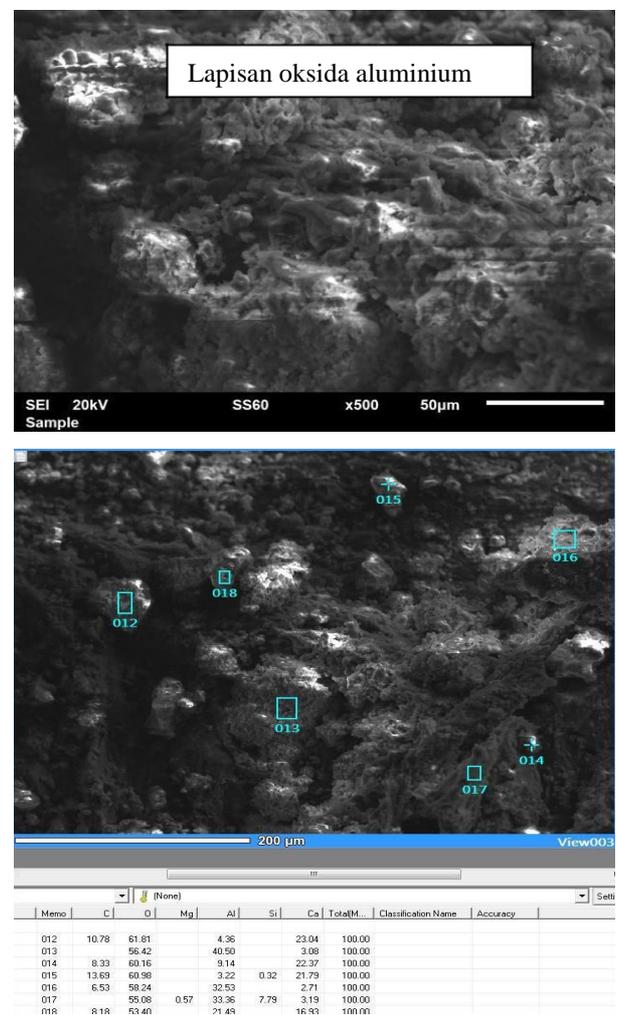
Gambar 3 Morfologi Sel Spesimen Kubus Pada Suhu 750°C A&B) 1%, C&D) 3%, E&F) 5%, G&H) 7%.

Gambar 3 menunjukkan bahwa temperatur 750°C dengan penambahan 3% dan 7% CaCO_3 menghasilkan % rongga yang tinggi dalam dinding pori yang paling besar. Dinding pori terkecil didapatkan pada temperatur 750°C dengan penambahan 3%

CaCO_3 . Untuk tiap-tiap temperatur dengan penambahan

3% dan 5% CaCO_3 menghasilkan % foam yang tinggi, karena terdistribusinya pori dengan merata. Sedangkan untuk tiap-tiap temperatur penambahan 7% CaCO_3 mengalami penurunan, karena tekanan gas CO_2 yang keluar dari lelehan *aluminium foam* sangat kuat. Hal itu mengakibatkan terjadinya kerusakan menyeluruh pada dinding pori dan cenderung kembali ke bahan dasar pembuatan *aluminium foam* yaitu aluminium seri 1xxx.

Pengujian SEM



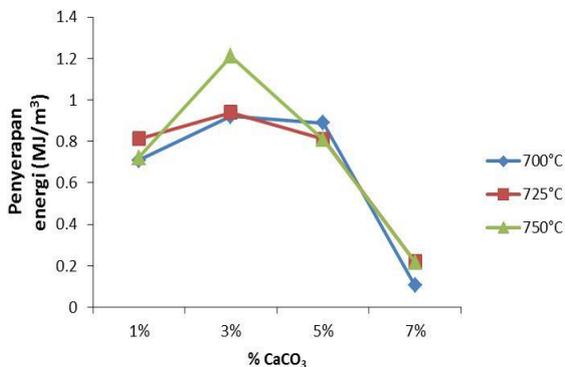
Gambar 4 Hasil Pengujian SEM-EDS

Gambar diatas memperlihatkan hasil SEM untuk permukaan sel sampel dengan $T=750^\circ\text{C}$ dengan penambahan CaCO_3 3%. pada sampel $T=750^\circ\text{C}$ terbentuk oksida Al_2O_3 yang berbentuk pori dan tidak nampak terdapat kerutan. Hal ini menandakan bahwa lapisan

oksida cukup kuat dan tebal untuk menahan laju pembesaran sel. Dari hasil EDS yang diambil terlihat komposisi *foaming agent* dan *stabilizer*.^[7]

Penyerapan Energi

Analisis penyerapan energi merupakan hasil perhitungan luas dibawah kurva pada tahap deformasi plastis (*plateau curve*) dengan cara mendekati kurva dengan persamaan polynomial, lalu diintegrasikan dengan batas bawah 0 dan batas atasnya adalah regangan saat densifikasi mulai terjadi. Dapat dilihat pada Gambar 5.^[7]



Gambar 5 Hasil Penyerapan Energi

hasilnya cenderung naik pada setiap temperatur dengan penambahan 3% CaCO₃. Hal ini dimungkinkan terjadi karena idealnya campuran CaCO₃ dengan Al₂O₃ mengakibatkan menguatnya dinding sel. Kecenderungan pada *foam* temperatur 700°C menunjukkan hasil penyerapan energi mekanik mengalami kenaikan seiring bertambahnya CaCO₃, karena tidak adanya *foam* yang terbentuk. Namun, hasil yang ditunjukkan pada temperatur 725°C dan 750°C menurun. Hal ini dimungkinkan dengan ketebalan dinding pori yang tidak stabil. Penyerapan energi terbesar dengan penambahan 3% CaCO₃ pada temperatur 750°C sebesar 1,21 MJ/m³. Sedangkan penyerapan energi terendah dengan penambahan 7% CaCO₃ pada temperatur 750°C sebesar 0,21 MJ/m³.

Kesimpulan

Produk *aluminium foam* berhasil diperoleh dengan metode pembuatan *direct foaming* menggunakan *foaming agent* CaCO₃ dan Al₂O₃ sebagai *stabilizer*. Produk yang dihasilkan memiliki nilai tertinggi *foam* dengan padatan sebesar 8 cm, pada temperatur 750°C dan penambahan % CaCO₃. Produk yang dihasilkan memiliki nilai tertinggi *foam* tanpa padatan sebesar 3,8 cm, pada temperatur 750°C dengan penambahan 3% CaCO₃. Produk yang dihasilkan memiliki nilai terendah *foam* tanpa padatan sebesar 1,13 cm, pada temperatur 700°C dengan penambahan 8% CaCO₃. Densitas *foam* paling rendah terjadi pada temperatur pada penambahan 3%

CaCO₃ sebesar 0,42 gr/cm³. Penyerapan energi terbesar dengan penambahan 3% CaCO₃ pada temperatur 750 °C sebesar 3,21 MJ/m³. Sedangkan penyerapan energi terendah dengan penambahan 7% CaCO₃ pada temperatur 750 C sebesar 1,06 MJ/m³.

Referensi

- [1] Agustian, W. I. 2013. *Pengaruh Kadar Magnesium Terhadap Ketangguhan Aluminium Alloy Foam Yang Menggunakan CaCO₃ Sebagai Blowing Agent Dengan Uji Impak dan Foto Mikro*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [2] Matijasevic, B. 2006. *Characterisation and optimisation of Blowing Agent for Making Improved Metal Foams*. PhD Dissertation. TU Berlin.
- [3] Banhart, J. 2001. *Manufacture, Characterisation and Application of Cellular Metals and Metal Foams*. Progress in Materials Science.46 (2001): 559–632.
- [4] Matijasevic, B. 2006. *Characterisation and optimisation of Blowing Agent for Making Improved Metal Foams*. PhD Dissertation. TU Berlin.
- [5] Srivastava, V. C dan Sahoo, K. L. 2007. *Processing, Stabilization and Applications of Metallic Foams*. Materials Science-Poland. Vol. 25, No. 3: 733-751.
- [5] Wadley, H.N.G. 2002. *Cellular Metals Manufacturing*. Advanced Engineering Materials. Vol.4, No.10: 726-733.

- [6] Banhart, J., Lefebvre, L. P. & Dunand, D. C. 2008. *Porous Metals and Metallic Foams: Current Status and Recent Developments*. *Advanced Engineering Materials*.10 (9): 775–787.
- [7] Helmi, M.F., 2008. *Pembuatan Aluminium Foam Dengan Foaming Agent CaCO₃ Untuk Aplikasi Penyerap Energi Mekanik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [8] Banhart, J. 1995. *Powder Metallurgical Technology for the Production of Metallic Foams*. Jerman: Fraunhofer-Institute for Applied Materials Research Bremen.
- [9] Nazim Mahmutyazicioglu, Mehmet Ipekoglu, Sabri Altintas. Effects of alumina (Al₂O₃) addition on the cell structure and mechanical properties of 6061 foams. *Department of Mechanical Engineering*. 2013. Volume 28, Issue 17