

PENGARUH PENAMBAHAN *BLOWING AGENT* CaCO₃ TERHADAP POROSITAS DAN KEKUATAN TEKAN ALUMINUM FOAM DENGAN CARA *MELT ROUTE PROCESS*

Dhani Setya Pambudi Nugroho¹, Aris Widyo Nugroho², Budi Nur Rahman³
Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiah Yohyakarta,
Yogyakarta 55183, Indonesia.
ghanin89@gmail.com

INTISARI

Aluminum foam banyak diaplikasikan dalam bidang otomotif, pesawat terbang, kapal, konstruksi dan bangunan. Karena sifatnya yang ringan, mampu menyerap energi, dan tahan terhadap korosi. Metode *melt route* dengan menggunakan CaCO₃ telah mendapat perhatian dari para peneliti karena lebih efektif dan efisien. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa CaCO₃ terhadap porositas, struktur morfologi dan kekuatan tekan *aluminum foam*.

Proses fabrikasi *aluminum foam* dimulai dengan memanaskan aluminium 6061-T651 hingga 850°C. CaCO₃ dengan variasi fraksi massa 3%, 5%, 8% dan 10% di tambahkan ke aluminium cair dan diaduk. Setelah keduanya tercampur, kemudian dituang ke dalam cetakan yang sudah berisi NaCl sebanyak 2 gram dan diaduk dengan kecepatan pengadukan sebesar 2500-3000 rpm selama 5-10 detik. Proses *foaming* akan berlangsung dan didapat *bulk material* setelah didinginkan. Kemudian, dilakukan proses *machining* untuk membentuk spesimen berukuran diameter 15mm dan panjang 25mm. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian porositas dengan perhitungan, pengujian struktur morfologi dengan microscope dan pengujian tekan dengan UTM.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa porositas yang didapat pada penambahan 3%, 5%, 8% dan 10% fraksi massa CaCO₃ masing-masing adalah 31,84%, 36,66%, 38,88%, 52,22% dan memiliki kekuatan tekan masing-masing sebesar 79,22 MPa, 16,97 MPa, 37,56 MPa dan 28,29 MPa. Penambahan CaCO₃ meningkatkan jumlah pori pada *aluminum foam*. Dari pengamatan struktur morfologinya bentuk pori cenderung bulat dan ukurannya tidak unifoam.

Keywords: *aluminum foam, foaming agent, CaCO₃*.

PENDAHULUAN

Aluminium foam adalah suatu bahan logam yang sangat berpori yang mempunyai struktur selular dengan volume pori mencapai 70%-95% dari total volume. Material ini dapat diaplikasikan dalam dunia otomotif, pesawat terbang, kapal, kontruksi dan bangunn, alat rumah tangga dan *furniture* dan alat-alat teknik (Kammer, 1999). Alumunium banyak dipakai karena sifatnya yang ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi menjadi sebab banyaknya penggunaan material alumunium.

Cara pembuatan aluminium foam dapat dibuat dengan dua cara yaitu *melt route process* dan *solid route process* dan *powder metallurgy*. Pembuatan aluminium foam dengan *solid route process* lebih rumit

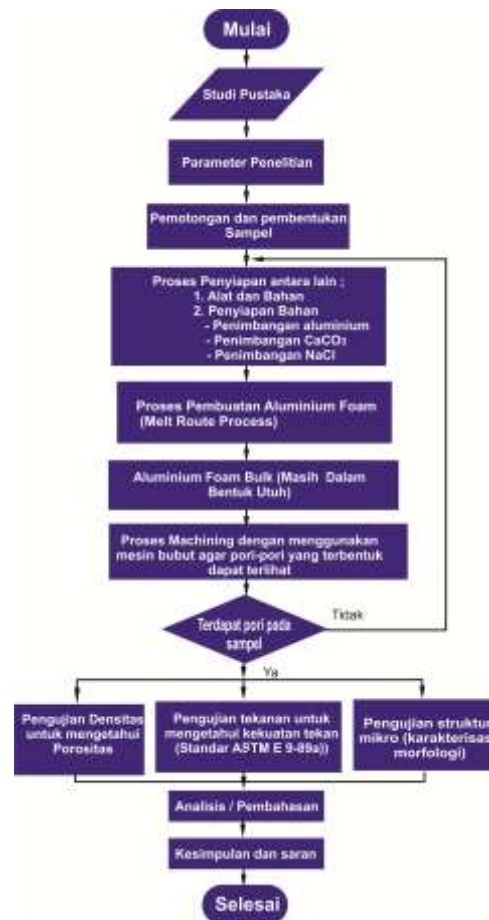
karena mencampurkan serbuk aluminium dengan bahan kimia berupa serbuk yang berfungsi sebagai penghasil gelembung gas atau dikenal sebagai *foaming agent* atau *blowing agent* kemudian campuran dipadatkan atau dikompaksi dan kemudian dilakukan proses sintering hingga titik lebur aluminium dan di atas suhu dekomposisi *foaming agent*. Sedangkan pembuatan aluminium foam dengan cara *melt route process* lebih sederhana dengan mencairkan logam aluminium ditambahkan *foaming agent* dan dilakukan pengadukan agar *foaming agent* dapat tercampur secara merata sehingga terbentuk pori-pori ang merata pula.

Dalam pembuatan aluminium foam ada beberapa bahan kimia yang bisa digunakan sebagai *foaming agent* seperti titanium hidrida (TiH_2), zirkonium hidrida (ZrH_2), dan magnesium hidrida (MgH_2) (Banhart, 2000). Selain bahan tersebut, kalsium karbonat ($CaCO_3$) dan NaCl juga biasa digunakan sebagai foaming agent oleh para peneliti (Curran, 2003) menggunakan $CaCO_3$ sebagai *blowing agent* sebagai pengganti TiH_2 menggunakan metode melt route. Fida (2008) juga memanfaatkan $CaCO_3$ sebagai *blowing agent* untuk pembuatan *aluminium foam* yang memvariasikan temperatur.

Akhyari (2012) meneliti pengaruh penambahan $CaCO_3$ sebagai *blowing agent* terhadap porositas dan kekuatan tekan pada *aluminium foam*. Porositas yang dihasilkan pada setiap prosentase berat $CaCO_3$ yaitu 5,69% pada 0%, 64,94% pada 1%, 62,61% pada 3%, dan 61,24% pada 5%.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan $CaCO_3$ sebagai *foaming agent*.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Parameter Proses Pembuatan Aluminium Foam

sampel	Fraksi massa			Temperatur
	CaCO ₃	NaCl	Al	
A	0	2	55	850
B	3	2	53	850
C	5	2	50	850
D	8	2	49	850
E	10	2	47,5	850

Dapat dilihat pada gambar 1. Proses pembuatan *aluminium foam* dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Kemudian menimbang $CaCO_3$, NaCl dan aluminium yang telah dipotong sesuai parameter menggunakan timbangan digital. Proses diawali dengan melebur aluminium batang menjadi cair, setelah mencair dilakukan pengukuran temperatur

dilakukan proses pencampuran serbuk CaCO_3 setelah itu proses pengadukan 5-10 detik. Kemudian menuang aluminium cair yang sudah tercampur CaCO_3 kedalam *casting* yang telah diisi NaCl, kemudian dilakukan pengadukan kembali pada *casting*. Diamkan pada suhu ruangan kemudian proses foaming akan berlangsung selama sekitar 10-60 detik. Setelah dingin aluminium dikeluarkan dari *casting* dari proses tersebut didapat hasil *aluminium foam* utuh (*bulk material*). Proses dilakukan hingga didapat sampel *aluminium foam* masing-masing variasi CaCO_3 .

Semua sampel yang masih berbentuk utuh (*bulk material*) kemudian dibubut menggunakan mesin bubut di Laboratorium Proses Produksi Universitas Muhamadiyah Yogyakarta untuk membuat sampel/spesimen uji. Spesimen uji dibubut dengan diameter 1,5 cm dan tinggi 2,5 cm setelah didapat semua sampel uji, sampel tersebut direndam didalam air panas sekitar 80°C . Hal ini dilakukan untuk melarutkan sisa-sisa yang masih menempel pada terdapat pada sampel, kemudian sampel dikeringkan setelah kering maka siap untuk dilakukan pengujian pada masing-masing sampel.

Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi CaCO_3 terhadap persentase porositas masing-masing sampel. Porositas sampel dapat diketahui dengan persamaan-persamaan berikut:

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

V = Volume sampel (cm^3)

d = Diameter sampel (cm)

h = Tinggi sampel (cm)

$$\rho_E = \frac{W_D}{V} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

ρ_E = Densitas sampel (g/cm^3)

W_D = Massa kering sampel (g)

V = Volume sampel (cm^3)

Pengujian tekan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi CaCO_3 terhadap kekuatan tekan sampel *aluminium foam*. pengujian dilakukan menggunakan mesin

UTM(*Universal Testing Machining*) di Laboratorium Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negri Sebelas Maret.

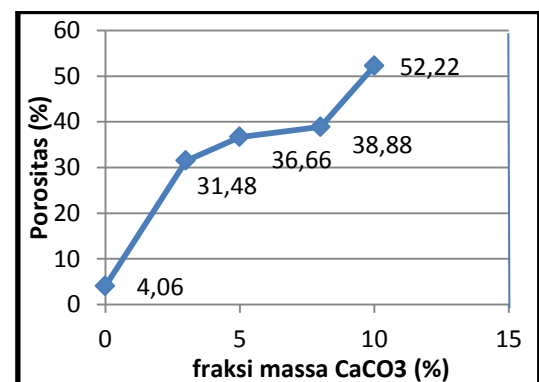
Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optilab (*Metalurgical Microscope Inverted Type*) dengan merek Olympus di Laboratorium Bahan Teknik Program Diploma Teknik Mesin Vokasi Universitas Gadjah Mada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Hasil Pengujian Porositas

Sampel	CaCO_3	Densitas	Porositas
A	0	2,59	4,07
B	3	1,85	31,48
C	5	1,71	36,66
D	8	1,65	38,88
E	10	1,26	52,22

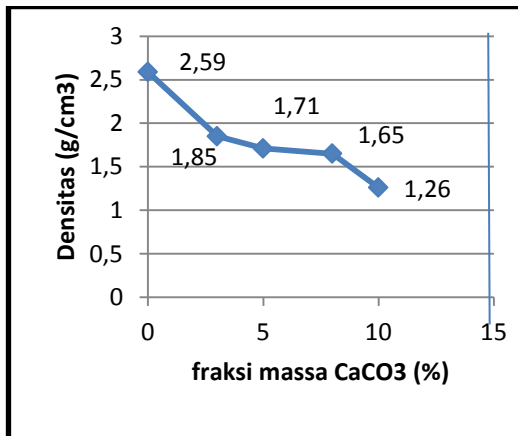
Pada tabel 2 terlihat porositas terendah didapat 4,07% pada penambahan 0% fraksi massa CaCO_3 dan porositas tertinggi yang didapat adalah 52,22% pada penambahan 10%. Sedangkan densitas terendah yang didapat adalah $1,26 \text{ g}/\text{cm}^3$ pada penambahan 10% fraksi massa CaCO_3 dan densitas tertinggi adalah $2,59 \text{ g}/\text{cm}^3$ pada penambahan 0% fraksi massa. Jika hasil pada tabel dibuat dalam graafik maka dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Hubungan Fraksi massa CaCO_3 Terhadap Porositas

Jika dilihat dari grafik hubungan antara fraksi massa CaCO_3 terhadap porositas (Gambar 2) maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan fraksi massa CaCO_3 akan meningkatkan porositas. Hal ini terjadi karena semakin besar persentase CaCO_3 berarti semakin banyak CaCO_3 yang akan dimasukkan kedalam cairan aluminium

dan akan terdistribusi pada saat proses *stirring* berlangsung, sehingga semakin banyak pula gelembung gas yang akan keluar dari partikel-partikel CaCO_3 tersebut yang akhirnya akan menghasilkan *foam* atau pori.



Gambar 3. Grafik Hubungan Fraksi Massa CaCO_3 Terhadap Densitas

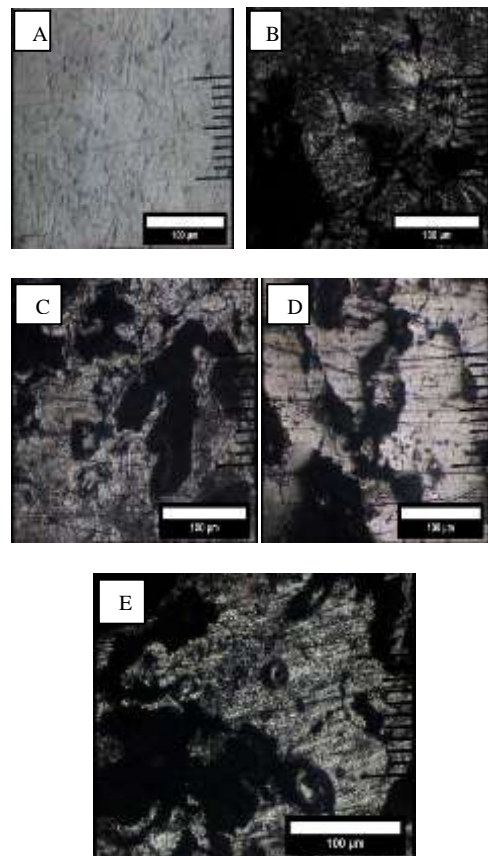
Jika dilihat pada grafik hubungan antara fraksi massa CaCO_3 terhadap densitas (Gambar 3) maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan persentase CaCO_3 sebagai *foaming agent* akan menurunkan densitas *aluminium foam*. Hal ini terjadi karena semakin banyak CaCO_3 yang diberikan akan membuat gelembung gas yang keluar dari partikel CaCO_3 semakin banyak pula. Dengan banyaknya gelembung maka akan semakin banyak pula pori yang muncul. Jika pori semakin banyak maka volume sampel semakin kecil. Hal inilah yang menyebabkan menurunnya nilai densitas.

Pada Gambar 6 terlihat perbedaan kurva akan semakin landai seiring bertambahnya fraksi massa CaCO_3 . Seperti yang terlihat pada grafik 3%, 8% dan 10%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi porositas maka kekuatan tekan yang diterima pada setiap sampel akan semakin rendah. Pada fraksi massa CaCO_3 5% mengalami kenaikan hal ini disebabkan karena porositas terbanyak hanya terdapat pada permukaan spesimen. Pada penambahan 10% jauh perbedaannya hal ini disebabkan porositas pada 10% CaCO_3 paling besar sehingga kuat tekan yang didapat paling rendah hal ini dikarenakan saat runtuhnya pori pada saat terkena pembebanan yang terjadi pada spesimen, ditandai dengan menurunnya kurva

uji tekan. Jika dilihat spesimen 10% lebih landai dibandingkan 3%, 5% dan 8%.



Gambar 4. Hasil Sampel *Aluminium Foam* dengan Variasi Fraksi Massa CaCO_3 Hasil Pengujian Struktur Mikro



Gambar 5. Foto Mikro Sampel 0%, 3%, 5%, 8% dan 10% fraksi massa CaCO_3

Pada Gambar 5 adalah hasil foto mikro sampel dengan pembesaran 100x pada sampel 0% fraksi massa masih terdapat sedikit pori, pada 3% fraksi massa terdapat pori yang cenderung berbentuk lingkaran, tetapi lebih banyak tidak berbentuk lingkaran. Pada spesimen 5% fraksi massa cenderung berpori namun bentuknya tidak beraturan dan

didominasi dengan pori yang bergabung menjadi satu. Pada spesimen 8% fraksi massa terlihat berporidan merata disetiap sisi namun pori tidak berbentuk sama atau seragam. Pada spesimen 10% fraksi massa cenderung berpori dan merata disetiap sisi namun pori yang terbentuk ukuran tidak beraturan atau seragam.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (pamungkas, 2015) juga menyatakan hal yang sama tentang pengaruh penambahan fraksi massa, semakin banyak penambahan fraksi massa pada *aluminium foam* akan meningkatkan porositas pada aluminium foam dan seiring dengan meningkatnya porositas pada aluminium foam maka akan menurunkan kekuatan tekan pada material tersebut.

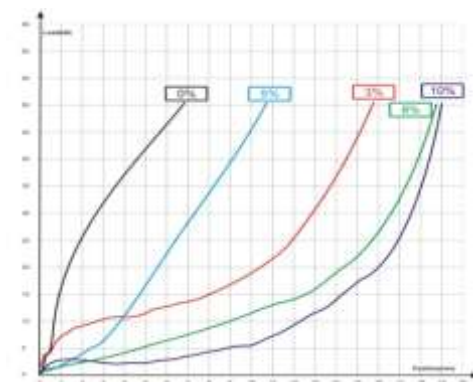
Tabel 3. Hasil Pengujian Tekan

Sampel	CaCO ₃	Tegangan luluh
A	0	282,94
B	3	79,22
C	5	16,97
D	8	73,56
E	10	28,29

Pada Tabel 3 terlihat nilai tegangan luluh pada masing-masing spesimen cenderung mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena semakin besar persentase fraksi massa CaCO₃ akan meningkatkan porositas. Semakin besar porositas berarti semakin banyak pori pada sampel *aluminium foam*. pada dasarnya ketiak sampel menerima pembebanan maka beban tersebut akan disalurkan ke semua pori-pori sehingga beban akan terpusat pada dinding pori sehingga beban akan terpusat pada dinding pori dan menyebabkan sampel berpori mudah mengalami deformasi. Semakin banyak pori pada sampel mengakibatkan semakin cepat pula daerah pori yang terdeformasi, sehingga kekuatan tekan semakin menurun.

Tabel 4. Data Kurva Tegangan

Sampel	Fraksi Massa CaCO ₃ (% wt)	Kuat Tekan σ (MPa)	Warna Garis
A	0	285,37	—
B	3	284,41	—
C	5	285,19	—
D	8	283,71	—
E	10	284,89	—



Gambar 6. Kurva Tegangan Regangan

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin besar persentase fraksi massa CaCO₃ yang ditambahkan maka akan meningkatkan porositas dan menurunkan densitas pada *aluminium foam*. Porositas yang diperoleh adalah 4,07%, 31,48%, 36,66%, 38,88% dan 52,22% pada penambahan 0%, 3%, 5%, 8% dan 10% fraksi massa CaCO₃. Densitas yang diperoleh pada penelitian ini adalah 2,59 g/cm³, 1,85 g/cm³, 1,71 g/cm³, 1,65 g/cm³ dan 1,26 g/cm³ pada penambahan 0%, 3%, 5%, 8% dan 10% fraksi massa CaCO₃.
2. Semakin besar persentase penambahan fraksi massa CaCO₃ sebagai *blowing agent* pada pembuatan *aluminium foam* maka akan meningkatkan jumlah pori pada struktur *aluminium foam*. Namun bentuk dan ukuran pada *aluminium foam* yang dibuat tidak seragam dan sulit diprediksi. Hal ini dikarenakan pada saat proses *stirring* berlangsung CaCO₃ tidak terdistribusi secara merata dan akhirnya

berpengaruh pada struktur mikro yang terbentuk.

3. Penambahan CaCO_3 berpengaruh terhadap kekuatan tekan *aluminium foam* hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin banyak penambahan CaCO_3 maka kekuatan tekan semakin menurun. Menurunnya kekuatan tekan disebabkan oleh semakin tinggi penambahan CaCO_3 sebagai *blowing agent* maka porositas yang terbentuk akan semakin banyak. Ketika aluminium diberi penekanan maka beban tersebut akan diterima dan disalurkan ke seluruh pori sehingga beban akan terpusat pada dinding pori yang menyebabkan daerah pori mudah mengalami deformasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Banhart 2000. *Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams*. Fraunhofer-Institute for Manufacturing and Advanced Materials. Bremen, Germany.
- pamungkas, 2015. *Pengaruh Fraksi Massa NaCl Sebagai Foaming Agent Terhadap Porositas, Kekuatan Tekan, dan struktur Mikro Aluminium Foam dengan cara Melt Rout Process*. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Curran, David C. 2003. *Aluminium Foam Production using Calcium Carbonate as a Foaming Agent*. Cambridge:University of Cambridge.
- Kammer, C. 1999. *Aluminium Foam*. Goslar: TALAT.