

PENGARUH VARIASI FRAKSI MASSA SPACE HOLDER UREA DENGAN UKURAN MESH 16/18 TERHADAP POROSITAS DAN KUAT TEKAN ALUMINIUM FOAM

Arif Prasetyo

Jurusan Teknik Mesin

Universitas Muhamadiyah Yogyakarta

Intisari

Aluminium foam adalah logam dengan rongga atau pori-pori di dalam strukturnya. Beberapa keunggulan dari material ini diantaranya memiliki sifat peredam getaran yang baik selain itu material logam busa ini memiliki bobot yang ringan karena material ini tidak memiliki bentuk yang padat. Salah satu contohnya adalah aplikasi pada rangka mobil, Jika material rangka mobil dari logam busa, maka ketika menerima dampak atau tekanan dari luar, energi dampak diserap seluruh atau sebagian oleh logam busa ini. Oleh karena itu kerusakan yang terjadi dibagian dalam mobil dapat dikurangi.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium serbuk dan urea yang berukuran mesh 16/18. Dengan variasi perbandingan 50%, 60%, 70%, 80% fraksi massa urea. Serbuk aluminium dan urea dicampur dengan alat drum mixer selama 5 menit. Hasil pencampuran aluminium dan urea dimasukkan kedalam cetakan kemudian dikompaksi dengan parameter penekanan 300 kg/cm². Hasil dari proses kompaksi kemudian disinter pada dapur pemanas yang dilakukan dalam 2 tahap. Pada tahap pertama temperature sintering adalah 200°C dengan waktu penahanan selama 1 jam, dan dilanjutkan tahap kedua dengan temperature sintering 650°C dengan waktu penahanan selama 1 jam. Spesimen hasil sintering kemudian didinginkan di dalam dapur pemanas hingga sampai suhu kamar. Pengujian *aluminium foam* dalam penelitian ini meliputi pengujian porositas, struktur makro, struktur mikro dan kuat tekan. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat UTM, sedangkan untuk struktur makro menggunakan mikroskop optik dan untuk pengujian struktur makro menggunakan kamera Canon EOS 650D.

Hasil pengamatan struktur makro dan mikro menunjukkan pori-pori yang terdistribusi secara merata pada setiap fraksi masa urea dengan bentuk pori yang seperti bentuk *space holder*. Dari pengujian porositas dan kuat tekan menggunakan fraksi massa 50% urea menghasilkan porositas 62,68%, tegangan luluh 0,27 MPa, modulus elastisitas 0,53 MPa. Pada fraksi massa 60% urea menghasilkan porositas 72,50%, tegangan luluh 0,25 MPa, modulus elastisitas 0,40 MPa. Pada fraksi massa 70% urea menghasilkan porositas 80,81%, tegangan luluh 0,15 MPa, modulus elastisitas 0,21 MPa. Pada fraksi massa 80% urea menghasilkan porositas 80,77%, tegangan luluh 0,13 MPa, modulus elastisitas 0,21 MPa. Hasil pengujian porositas menunjukkan semakin meningkatnya fraksi massa urea nilai porositas yang didapat semakin tinggi. Sedangkan untuk pengujian kuat tekan menunjukkan semakin meningkatnya farksi massa urea nilai tegangan luluh dan modulus elastisitas semakin menurun.

Kata kunci : aluminium foam, logam busa

Perkembangan material saat ini sudah mencapai tingkat *advance* yang banyak dipublikasikan dalam hal kasus yang memerlukan modifikasi dari material

untuk kondisi tertentu. Salah satu material *advance* yang di gunakan adalah “*Metal foam*” atau “logam busa” (Effendi, 2008).

Aluminium berpori adalah logam dengan rongga atau pori-pori di dalam strukturnya. Keterkaitan adanya pori-pori pada logam ini banyak diaplikasikan dalam industri manufaktur khususnya industri komponen otomotif. Beberapa keunggulan dari material ini diantaranya memiliki sifat peredam getaran yang baik (*energy adsorbsi*).

Solid foam sering kali disebut dengan *cellular foam* karena fase gas yang terdispersi dalam solid membentuk konstruksi sel, jika solid foam berasal dari material logam (metal) maka dinamakan metal foam (Banhart, 1999). Logam berongga atau yang dikenal dengan istilah metal foam merupakan advance material yang memiliki struktur berongga pada material berongga yang solid dengan volume porositas 75% - 95%. (Kennedy, 2012)

Dilihat dari struktur porinya, Metal foam memiliki dua jenis struktur pori yaitu *closed-cell foam* dan *open-cell foam*. *Closed-cell foam* adalah cellular material yang tiap cell-nya tertutup dengan lebar cell-nya dan memiliki kekuatan yang baik, sedangkan *open-cell foam* adalah cellular material yang tiap cell-nya terhubung dengan lebar cell-cellnya sekitar dalam banyak kasus jenis pori *open-cell* memiliki kekuatan yang lemah (Kennedy, 2012).

Proses pembuatan Metal foam melalui fase cair umumnya menggunakan suatu bahan pembentuk pori (*foaming agent*). Bahan pembentuk pori dipilih yang dapat mengisap gas saat dipanaskan bersamaan dengan logam yang akan dijadikan Metal foam. *Foaming agent* yang umum di gunakan adalah TiH₂ dan ZrH₂ (Frantisek, 2001).

Selain menggunakan *foaming agent*, pembuatan Metal foam melalui jalur cair juga bias di lakukan dengan metode dissolve gas dan external gas. Pada metode ini pembuatan Metal foam dibentuk oleh gas-gas yang terlarut dalam logam cair. Pada saat solidifikasi gas tersebut meninggalkan logam sehingga

terbentuk pori. Gas yang digunakan pada metode ini adalah hydrogen dan oksigen untuk dissolve gas dan nitrogen dan argon untuk external gas. Proses sinter dan pelarutan atau sintering-dissolution process (SDP) merupakan teknik pembuatan logam busa dari bahan baku serbuk merupakan eksperimen (Zhao, 2001). Pada penelitian ini proses pembuatan aluminium foam dengan proses metalurgi serbuk. Beberapa kelebihan dari proses ini adalah bentuk, ukuran, jumlah pori yang dihasilkan dapat dikontrol melalui pemilihan material yang digunakan. Kelebihan lain dari proses ini adalah produksi yang dihasilkan hampir mendekati yang sebenarnya sehingga proses machining sangat sedikit.

Aluminium foam dibuat dengan metode metalurgi serbuk dan dihasilkan jenis busa closed cell. Beberapa penggunaan aluminium foam di antaranya adalah untuk industri otomotif, aplikasi mesin, komponen kapal laut (Ashby, 2000)

1. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini pembuatan logam busa adalah aluminium serbuk merk *fine powder, stabilized* m=26,98 gram/mol dengan spesifikasi assay (90%), heavy metals (0,03%), As (0,0005%), Fe (1,0%), Fat (2,0%). Dan bahan yang digunakan sebagai *foaming agent* adalah urea dengan ukuran partikel serbuk 1,7mm. Alatan cetakan yang digunakan berdiameter 12mm.

Penyiapan sampel berat aluminium yang digunakan pada eksperimen menyesuaikan urea yang digunakan sebagai *space holder*. Sebelum proses pencampuran serbuk urea disaring dengan ayakan dengan ukuran 1,7mm (12 mesh) urea dan aluminium ditimbang dengan timbangan digital dengan ketelitian 0,01. Setelah itu pencampuran urea dengan serbuk aluminium menggunakan metode *dry powder mixing* menggunakan drum

mixer. Perhitungan masing-masing serbuk dalam setiap spesimen dapat dilihat pada Tabel 1 :

Table 1 Hubungan berat spesimen dengan space holder

Spesimen	Al (g)	Urea (g)
50%	50	50
60%	40	60
70%	30	70
80%	20	80

Setelah serbuk aluminium dan urea dimasukkan dalam cetakan (dies) proses selanjutnya adalah penekanan dengan mesin kompaksi, Metode penekanan yang diberikan yaitu satu arah (*single end compaction*) dan *punch* berada pada bagian atas dan bergerak dari atas ke bawah. Parameter penekanan yang diberikan pada sampel aluminium serbuk yaitu 300kg/cm^2 . proses sintering dilakukan didalam dapur pemanas (*Naberterm furnace*), parameter yang digunakan sebesar 200°C dan penahanan selama 60 menit lalu temperature ditingkatkan menjadi 650°C dengan waktu penahanan 60 menit.

Untuk pengamatan mikroskop optik, sampel dipoles dengan menggunakan amplas 400, 800, dan 1000 secara bertahap. Proses etsa dilakukan dengan menggunakan larutan etsa (etsa reagent) dengan komposisi campuran cairan 85% aquades, 5ml HNO_3 , 3ml HCL , 2ml HF dan direndam selama 10-15 menit dan setelah itu dibersihkan dengan alcohol 90% kemudian dikeringkan.

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan dari aluminium foam, pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin *united testing machine*, pengujian kuat tekan dilakukan dengan kecepatan sama di masing masing specimen, yaitu 1.270 mm/menit. Sedangkan untuk penghitungan porositas dilakukan dengan rumu:

$$\text{Porositas} = \left(1 - \left(\frac{\text{density}}{\rho_{Al}}\right)\right) \times 100 \dots (1)$$

Penelitian ini dilakukan untuk membuat aluminium foam dengan metode metalurgi serbuk dan urea sebagai *space holder*, dimana variabel terikat adalah porositas, densitas, kuat tekan, struktur makro, struktur mikro dan modulus elastisitas. *Foaming agen* urea divariasikan dengan massa 50%, 60%, 70%, dan 80% dengan suhu sinter yang sama dan penekanan kompaksi yang sama.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap persiapan serbuk dilakukan penimbangan masing-masing serbuk aluminium dan urea . fraksi massa aluminium dan urea adalah 50%, 60%, 70%, 80% dengan jumlah total 10 gram untuk masing-masing spesimen *aluminium foam*.

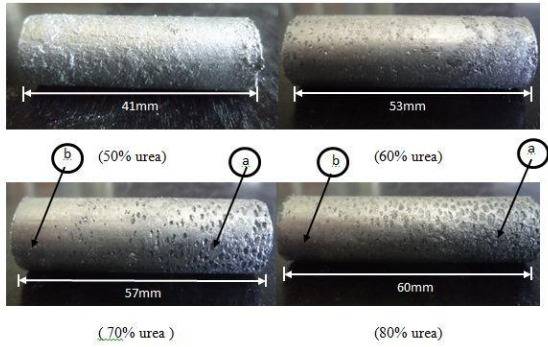
3.1 Hasil kompaksi aluminium foam

Pada tahapan kompaksi, tekan (*pressure*) merupakan parameter yang sangat penting dalam menuntukan hasil spesimen (*green compact*). Semakin besar *Space Holder* yang diberikan maka densitas bakalan akan semakin meningkat dan persentase porositas akan menurun.

Table 1 Hubungan berat spesimen dengan tinggi green compact

Spesimen	Tinggi green compact(mm)	Massa urea(gram)
50%	41	50
60%	53	60
70%	57	70
80%	60	80

Pada Table 1 dapat dilihat perbedaan ketinggian setiap *green compact* ini disebabkan perbedaan pemasukan serbuk kedalam cetakan (dies) yang berbeda-beda sehingga densitas untuk setiap variabel akan berbeda

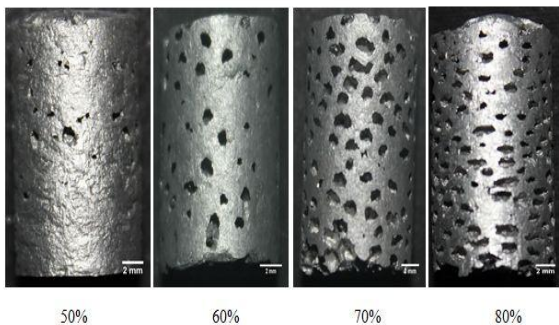


Gambar 1 Spesimen hasil kompaksi

Dapat dilihat pada Gambar 1 hasil kompaksi yang didapat dalam penelitian ini yang berupa tidak meratanya urea dalam aluminium atau terjadi segregasi dalam hasil kompaksi Gambar 1(a) bagian yang menunjukkan terdapat banyak pori, Gambar 1(b) menunjukkan bagian yang sedikit terdapat pori. Segregasi ini disebabkan oleh perbedaan berat jenis serbuk yang besar antara urea dengan aluminium sehingga dalam proses penuangan serbuk dalam dies tidak terjadi pengaturan serbuk yang merata karena berat jenis yang lebih berat aluminium akan lebih dahulu sampai ke dasar dies dibanding serbuk yang berat jenisnya rendah (urea).

3.2 Hasil sinter proses sinter aluminium foam

Dalam penelitian yang dilakukan, temperature sinter yang digunakan adalah 200°C penahanan selama 1 jam dan 650°C penahanan selama 1 jam. Dengan tekanan 300 kg/cm^2 .

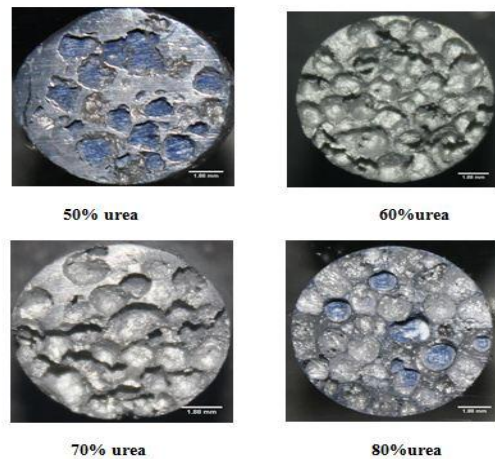


Gambar 2 Foto dengan berbagai variasi urea tampak samping

Dari Gambar 2 terlihat bahwa spesimen yang terdapat kandungan urea tinggi seperti spesimen 80% urea mempunyai bentuk pori yang tidak beraturan di banding dengan spesimen 50%, ini dikarenakan perbedaan massa urea yang semakin tinggi massa urea maka pori yang terbentuk juga semakin merata .

3.3 Hasil Pengamatan Struktur Makro

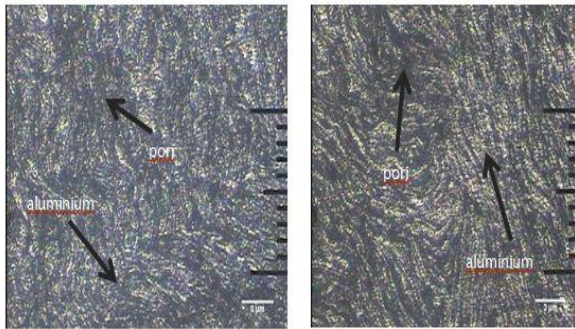
Foto makro di ambil dengan pembesaran 7X sehingga terlihat jelas bagian dalam yang berpori.



Gambar 3 Struktur makro dari berbagai variasi urea.

Dari Gambar 3 diatas terlihat perbedaan jarak antar pori dimana pada persentase berat 50% dan 60% urea memiliki jarak antar pori yang lebih besar dibanding persentase 70% dan 80% urea. Jarak pori atau dinding pori yang lebih kecil akan mudah hancur dibanding jarak pori yang lebih besar ketika suatu material terkena beban. Jarak antar pori ini akan mempengaruhi perilaku *aluminium foam* dalam pengujian tekan sehingga menyebabkan energi yang diserap pada *aluminium foam* dengan variabel persentase berat 50% dan 60% lebih besar dibanding *aluminium foam* dengan variabel persentase berat 70% dan 80%.

3.4 Hasil Pengamatan Struktur Mikro



Gambar 4 Foto struktur mikro spesimen 50% dan 60%

Pada spesimen 50% dihasilkan pori yang tidak seragam tetapi pori-pori tersebut terdistribusi secara merata. Sedangkan untuk spesimen 60% terlihat pori-pori yang sangat kecil dan jarak antar rongga berdekatan. Pori-pori tersebut akan mengalami pengumpulan sehingga membentuk pori yang lebih besar. Jarak antar pori sangat mempengaruhi kekuatan tekan suatu material. Semakin dekat jarak antar pori maka konsentrasi tegangan pada setiap pori lebih besar sehingga kekuatan tekan menjadi lebih rendah. Oleh karena itu diharapkan jarak antar pori yang optimal sehingga beban (energi) yang diterima dapat didistribusikan secara merata ke setiap pori dan kekuatan tekan spesimen lebih optimal.

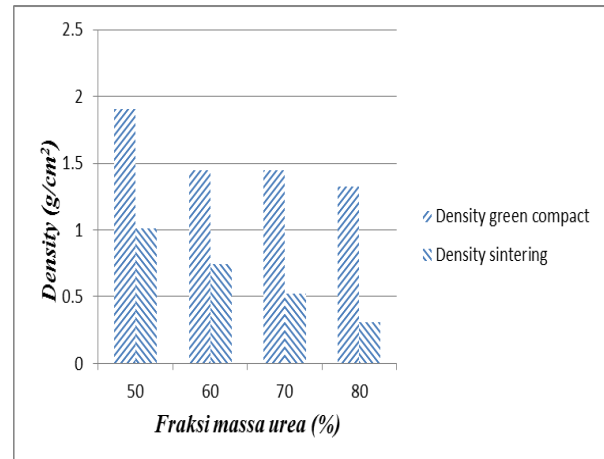
3.5 Hubungan massa urea terhadap Density

Tabel 2 fraksi massa urea terhadap density green compact dan density sintering

Sampel	Density green compact (g/cm ³)	Density sintering (g/cm ³)
(50%)	1.904	1.007
(60%)	1.444	0.742
(70%)	1.445	0.518
(80%)	1.325	0.303

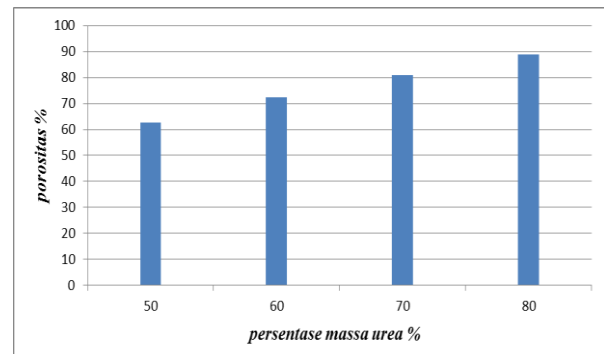
Terlihat dari Table 3 dapat disimpulkan dengan meningkatnya fraksi volume urea *density green compact* dan *density sintering* semakin meningkat.

Jumlah pori-pori yang terbentuk ditentukan oleh proses disolasi urea. Semakin banyak urea yang larut, maka pori yang terbentuk semakin banyak. Jika dilihat dari penurunan densitas.



Gambar 5 Gambar fraksi berat garam terhadap densitas aluminium foam

3.6 Hubungan massa urea terhadap porositas

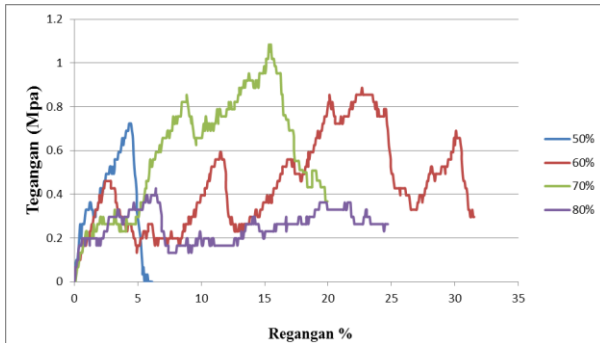


Gambar 6 Gambar hubungan fraksi berat urea terhadap porositas

Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui pengaruh rasio persentase aluminium dan urea terhadap porositas yang dihasilkan aluminium foam. Gambar 6 terlihat hubungan persentase berat urea dengan porositas terlihat semakin tinggi persentase urea yang terkandung dalam aluminium foam maka porositas akan semakin tinggi dengan nilai porositas. Hal ini disebabkan oleh pori-pori yang ada dalam aluminium foam bukan hanya dihasilkan pada saat proses

kompaksi namun pori-pori dalam jumlah yang banyak juga disebabkan oleh proses pelarutan urea (*dissolution*). Penggunaan banyaknya urea akan mempengaruhi jumlah porositas yang dihasilkan aluminium foam.

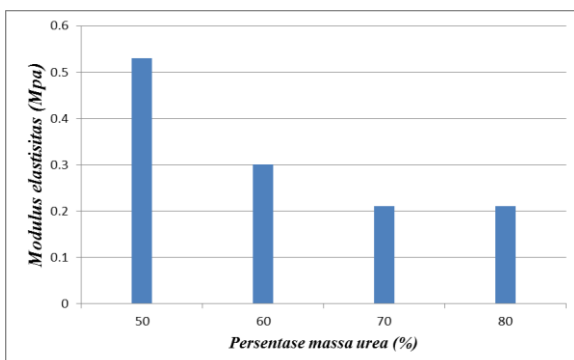
3.7 Hubungan massa urea terhadap tegangan dan regangan



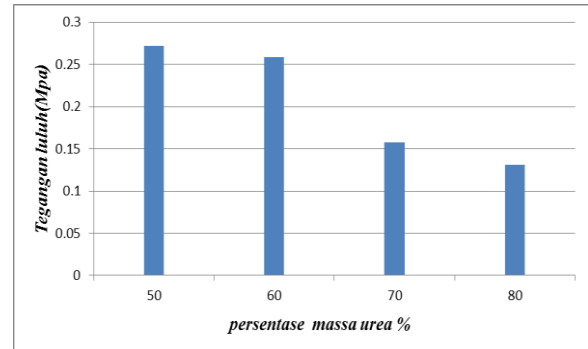
Gambar 7 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan dari pengujian tekan

Adanya porositas dalam aluminium foam akan mempengaruhi sifat mekanis aluminium foam. Gambar 7 terlihat semakin kecil persentase berat urea dalam sampel aluminium foam maka energi yang diserap semakin kecil. Porositas dalam material merupakan suatu kerugian jika material tersebut terkena beban.

3.8 Pengaruh persentase urea terhadap modulus elastisitas aluminium foam



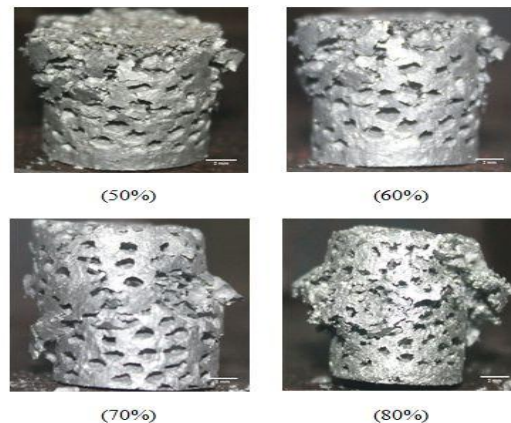
Gambar 8 Hubungan antar persentase urea terhadap modulus elastisitas



Gambar 9 Hubungan antar persentase urea terhadap tegangan luluh

Dari Gambar 7 dan 8 terlihat bahwa semakin tinggi persentase urea maka nilai modulus elastisitasnya dan tegangan luluh semakin kecil. Menurunnya nilai modulus elastisitas ini disebabkan tingkat porositas yang semakin tinggi seiring dengan bertambahnya persentase urea.

Foto hasil pengujian tekan



Gambar 10 Foto hasil uji tekan dari berbagai variasi urea

Keseragaman dan jumlah pori yang lebih banyak sangat mempengaruhi deformasi spesimen, seperti ditunjukkan pada spesimen 50% dan 60% jumlah pori lebih banyak terjadi pada bagian atas sehingga deformasi terkonsentrasi pada bagian atas berbeda pada spesimen 70% dan 80% yang konsentrasi pori terjadi pada bagian tengah dan pada bagian hamper keseluruhan bagian spesimen

Kesimpulan

Aluminium foam dengan urea sebagai *space holdernya* telah berhasil difabrikasi dengan metode metalurgi serbuk

Pada penelitian pembuatan aluminium foam dihasilkan persentase porositas pada fraksi massa 50% sebesar 62,68%, fraksi massa 60% sebesar 72,50%, fraksi massa 70% sebesar 80,81%, fraksi massa 80% sebesar 88,77%, dapat disimpulkan semakin tinggi fraksi massa semakin tinggi nilai porositas yang dihasilkan.

Hasil pengujian tekan didapatkan tegangan luluh pada fraksi massa 50% urea sebesar 0,27 Mpa, fraksi massa 60% urea sebesar 0,25MPa, fraksi massa 70% urea sebesar 0,15MPa, fraksi masa 80% urea sebesar 0,13MPa sedangkan untuk modulus elastisitas pada fraksi massa 50% urea sebesar 0,53MPa, fraksi massa 60% urea sebesar 0,30MPa, fraksi massa 70% urea sebesar 0,21MPa, fraksi massa 80% urea sebesar 0,21MPa. Hasil ini menyimpulkan semakin tinggi fraksi massa yang digunakan untuk *aluminium foam* maka semakin rendah nilai tegangan luluh dan modulus elastisitas dan mengakibatkan kuat tekan *aluminium foam* semakin menurun.

Daftar Pustaka

- Ashby, M.F; A.G. Evans, "Metal Foams: A Design Guide", Boston : ButterworthHeinemman, 2000
- Kennedy,A,. 2012 "*porous metal and metal foams made from powders*" university of Nottingham, UK
- Banhart, J. 1999. Manufacture, characterization and application of cellular metals and metal foams. *Progress in Materials Science*, 46, 559-632.
- Efendi, A., 2008, *pembuatan aluminium busa melalui proses sinter dan pelarutan*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Frantisek simancik, et al., "*alulight-highly porous foamed aluminium panel with outstanding propertis at low density*", alulight international GmbH, Rans hofen, Austria. 2001.

Zho, y.y., sun D.X., 2001. A noval sintering-dissolution process for manufacturing Al foams. *Scripta materia*