

STUDI PENGEMBANGAN KOMPOSIT Al/Al₂O₃ BERPORI DENGAN SPACE HOLDER LATEX TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK

Gunawan⁽¹⁾, Reni Sofyana⁽¹⁾ dan Amir Arifin^(1*)

⁽¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

^(*)E-mail *Corresponding Author* : amir@unsri.ac.id

Abstrak

Material komposit berpori adalah kombinasi dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi suatu material baru yang memiliki properti lebih baik dari keduanya serta stuktur materialnya mempunyai pori-pori yang dihasilkan dari material space holder. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa seberapa besar pengaruh penambahan alumina sebagai penguat logam aluminium berpori (aluminium metal foam) terhadap sifat mekanik (kekuatan tekan) dan sifat fisik (densitas dan porositas) dengan temperatur dan waktu penahanan (holding time) yang sama. Metode yang digunakan dalam fabrikasi yaitu metalurgi serbuk, dengan tekanan kompaksi 100 kg/cm² dan menggunakan parameter temperatur sintering 500⁰C dengan waktu holding time 2 jam. Pengujian dan pengamatan yang dilakukan diantaranya adalah Thermo Graviometric Analyzer (TGA) untuk mengetahui proses penurunan berat space holder, X-Ray Diffraction (XRD) untuk mengkarakterisasi fasa kristalin yang terbentuk, pengujian Densitas, pengujian tekan untuk mengetahui kekuatan mekanik serta pengamatan struktur mikro melalui pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM).

Kata Kunci: Material Komposit Berpori, Aluminium Berpori, Space Holder, SEM, TGA, XRD, Densitas dan Porositas.

Abstract

Composite materials are combinations of multiple or more ingredients that have different materials used for materials and materials that have pores produced from space holder material. This study aims to identify aluminum metal as aluminum metal (aluminum metal foam) to the mechanical properties and physical properties (density and porosity) with the same temperature and holding time. Fabrication method is powder metallurgy, with compacting of 100 kg/cm² and using a sintering temperature of 500⁰C with a holding time of 2 hours. Tests and observations made were Thermo Graviometric Analysis (TGA) to determine the process of decreasing space space holder, X-Ray Diffraction (XRD) to characterize crystalline phases formed, test Density, Scanning Electron Microscopy (SEM).

Keywords: Composite Material, Aluminium Porous, Space Holder, SEM, TGA, XRD, Density and Porosity.

1 PENDAHULUAN

Perkembangan zaman membawa pengaruh bagi kehidupan manusia maka kebutuhan akan teknologi bahan pun semakin meningkat dan beragam dalam berbagai aplikasi penggunaannya. Manusia berusaha untuk menciptakan berbagai produk yang terdiri dari gabungan lebih dari satu bahan untuk menghasilkan suatu bahan yang lebih kuat. Ketersediaan material konvensional yang kuantitas dan kualitasnya terbatas memunculkan pemikiran untuk pengembangan bahan melalui pengembangan proses pembuatan material dengan cara perlakuan permukaan, penambahan penguat material lain maupun rekayasa strukturalnya.

Material berpori (*porous materials* atau *metals foam* atau *cellular materials*) telah dikenal sebagai salah satu jenis material teknik yang memiliki kerapatan

jauh lebih rendah dari material padat (*solid materials*). Dengan struktur berpori ini material tersebut dapat menampilkan banyak fitur, seperti kapasitas menyerap energi, sifat termal, bobot dan sifat peredaman suara yang unik. Aplikasi penting yang lain adalah sebagai penyekat panas ataupun sebagai alat penukar kalor [9].

Aluminium merupakan jenis logam yang ulet, ringan dan memiliki ketahanan korosi baik. Riset mengenai metal foam terutama dengan menggunakan aluminium, telah dikembangkan pertama kali pada tahun 50-an. Akan tetapi, secara luas dan komersil mulai marak dikembangkan kembali pada tahun 90-an dan diperkirakan akan terus semakin berlanjut dan berkembang.

Aluminium foam memiliki sifat yang sangat sesuai untuk dikembangkan pada industri otomotif. Aluminium berpori umumnya dibuat dengan proses lelehan dengan menambahkan agen pengembang seperti titanium hidrida atau zirkonium hidrida seperti yang telah dilakukan oleh Elliott. Blok aluminium berpori secara komersial telah diproduksi menggunakan jenis proses lelehan ini oleh beberapa industri seperti ALPORAS, ALCAN, CYMAT, NORSK-HYDRO dan sebagainya. Proses lelehan ini sesuai untuk produksi massal logam berpori dengan bentuk sederhana atau berupa lembaran yang umumnya diaplikasikan sebagai penyerap energi, peredam suara atau penyekat panas.

Penggunaan alumina sebagai penguat pada komposit matrik aluminium 7075 dengan proses *squeeze casting* menunjukkan peningkatan kekerasan secara linier terhadap fraksi volume alumina dan meningkatkan sifat tahan aus serta tahan terhadap korosi. Jadi jika alumina (Al_2O_3) dan aluminium digabungkan, maka akan diperoleh komposit kekuatan tinggi, ringan dan *machinability* yang baik [13].

Berdasarkan uraian diatas tersebut pada penelitian ini dilakukan studi pengaruh fraksi berat penguat pada komposit Al/ Al_2O_3 berpori menggunakan *space holder latex* terhadap sifat mekanik dan fisik menggunakan metode metalurgi serbuk.

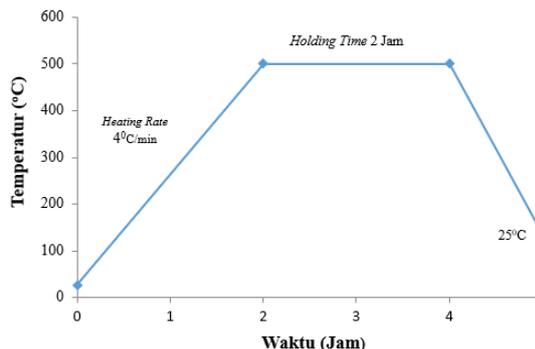
2 METODOLOGI

Pada penelitian ini, matrik atau bahan utama yang digunakan yaitu serbuk aluminium dengan tambahan penguat yaitu alumina dan di campur atau *mixing* dengan serbuk karet penghapus sebagai *space holder* yang sebelumnya diuji TGA (*Thermo Gravimetric Analyzer*) untuk mengetahui dekomposisi pada temperatur tertentu. Pada penelitian ini menggunakan 3 macam variasi komposisi penguat pada alumina yaitu 5%, 15% dan 25%.

Proses pencampuran menggunakan 2 tahap yaitu menggunakan alat ball milling selama 1 jam dan *hand mixing* selama 30 menit. Pencetakan spesimen menggunakan alat kompaksi yang sudah disiapkan. Pada proses kompaksi dilakukan penahan tekanan sebesar 100 kg/cm^2 selama 5 menit untuk setiap spesimen yang dicetak. Selanjutnya dilakukan proses sintering dengan temperatur 500°C dengan waktu tahan 3 jam dengan rata-rata kenaikan temperatur 5°C dari temperatur ruangan. Contoh specimen hasil kompaksi dan skema sintering dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 berikut ini.



Gambar 1. Spesimen Hasil Kompaksi

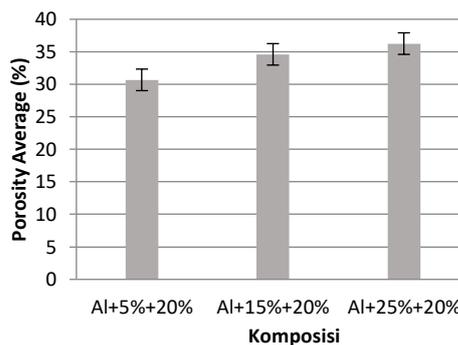


Gambar 2 Skema Grafik Sintering

Untuk melakukan pengujian sifat fisiknya, spesimen diuji densitas. Kemudian untuk mengetahui struktur mikro serta ukuran pori dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopic*). Untuk mengetahui sifat mekanik dari spesimen dilakukan pengujian mekanik uji kuat tekan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui besaran kerapatan massa material berpori yang melibatkan massa kering dan massa basah dari material berpori tersebut. Pengujian densitas dilakukan dengan cara menimbang massa benda kering dan massa benda basah. Setelah dilakukan penimbangan kemudian dilakukan perhitungan densitas. Dari hasil perhitungan didapat hasil perbandingan nilai porositas pada ketiga variasi sampel disertai dengan besaran nilai penyimpangan titik-titik data (standar deviasi) yang disajikan dalam bentuk error bar seperti yang disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengaruh penambahan alumina terhadap porositas

Dapat dilihat bahwa efek penambahan penguat (Alumina) membawa pengaruh terhadap porositas. Porositas tertinggi ada pada variasi dengan penambahan persentase penguat lebih banyak dibanding keduanya. Semakin besar persentase penggunaan penguat maka semakin tinggi porositas

yang terlihat, begitu sebaliknya semakin kecil persentase penggunaan penguat maka semakin rendah porositas yang terlihat pada spesimen.

Pengujian tekan bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan sampel. Proses pengujian tekan menggunakan alat uji Hydraulic Universal Material Tester. Setelah dilakukan pengujian tekan maka didapatlah nilai besaran gaya tekan, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan rumus dibawah ini.

$$\sigma_R = F/A \quad (1)$$

Perhitungan uji kuat tekan diatas dilakukan pada delapan sampel lainnya, kemudian didapat hasil yang seperti yang terusun pada Tabel 1 berikut ini.

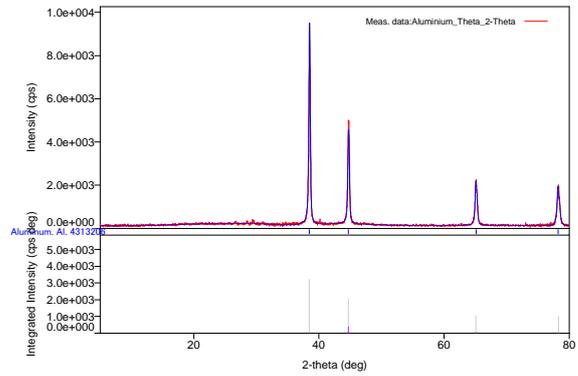
Tabel 1. Hasil pengujian kuat tekan

Komposisi Bahan (wt %) Aluminium + Alumina + Latex	σ_R (MPa)	Rata-Rata σ_R (MPa)	Standar Deviasi (%)
Al + 5% + 20%	15,21	15,03	0,16
	14,99		
	14,90		
Al + 15% + 20%	17,37	16,96	0,40
	16,57		
	16,93		
Al + 25% + 20%	19,48	19,35	1,61
	20,89		
	17,68		

Dari Tabel 1 Terlihat bahwa spesimen material berpori dengan variasi persentase penguat lebih banyak memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan penguat yang jumlahnya sedikit.

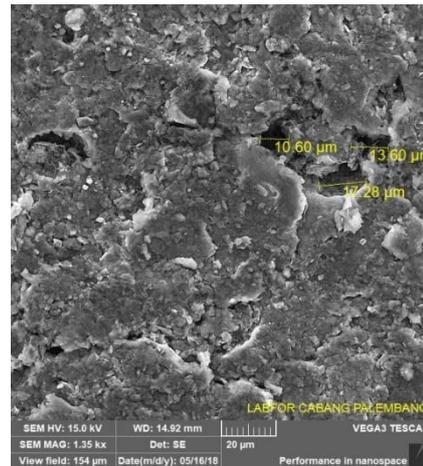
Proses pengujian XRD dilakukan di menggunakan alat uji XRD Rigaku MiniFlex 600. Pada Gambar 4 menunjukkan pola spektrum serbuk aluminium murni sebelum di sintering hasil uji XRD beserta perbandingan dengan pola spektrum aluminium murni Database International For Diffraction Data (ICDD) (JCPDS Card No. 09-432) sebagai pola spektrum acuanya.

Dari Gambar 4 terlihat adanya kesamaan pola spektrum yang terbentuk dari hasil pengujian dengan pola spektrum acuan untuk material aluminium.

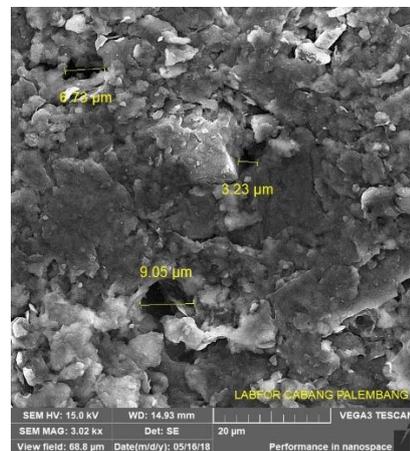


Gambar 4. Perbandingan pola spektrum XRD serbuk aluminium murni dengan standar ICDD (JCPDS No. 1204-17-0)

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengamati struktur mikro yang ada pada spesimen material berpori. Selain itu pengujian ini juga dapat membuktikan keberadaan pori yang telah terbentuk. Proses pengujian SEM dilakukan menggunakan alat uji TESCAN VEGA 3. Pengujian dilakukan pada 2 sampel uji dengan variasi komposisi aluminium+5% Alumina+20% karet dan variasi komposisi aluminium+25% Alumina +20% karet masing-masing 2 titik. Hasil pengamatan SEM bisa dilihat pada gambar berikut ini.

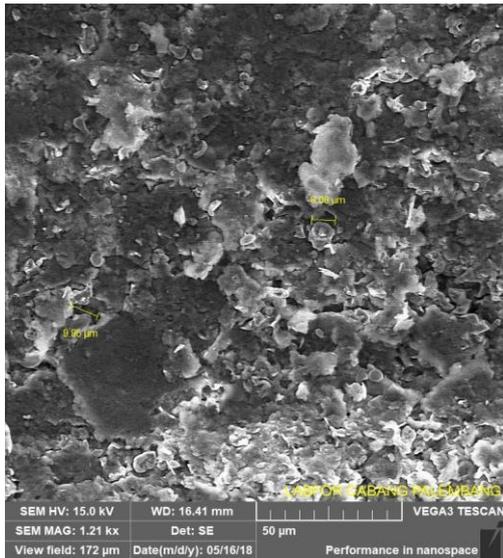


Gambar 5. Hasil pengamatan SEM pada sampel A1

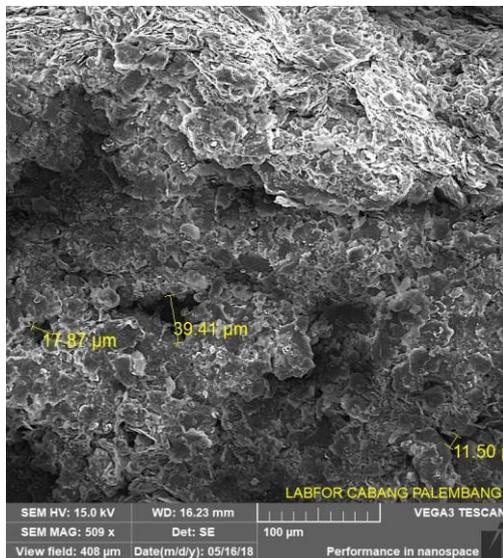


Gambar 6. Hasil pengamatan SEM pada sampel A2

Dari hasil pengamatan di 2 titik dengan pembesaran yang berbeda pada sampel yang sama sudah terlihat dan terbentuk pori namun dengan ukuran yang beragam. Ukuran pori berkisar antara 10,60 μm hingga 17,28 μm pada pembesaran 1350x dan pada pembesaran 3020x memiliki ukuran pori berkisar antara 3,23 μm hingga 9,05 μm . Hasil pengamatan SEM ini membuktikan bahwa *space holder* yang terbakar pada saat proses sintering pada temperatur 500°C telah menyisakan ruang kosong dan pori terbuka.



Gambar 7. Hasil pengamatan SEM pada sampel B1



Gambar 8. Hasil pengamatan SEM pada sampel B1

Dari hasil pengamatan di 2 titik dengan pembesaran yang berbeda pada sampel yang sama sudah terlihat dan terbentuk pori namun dengan ukuran yang beragam. Ukuran pori berkisar antara 8,68 μm hingga 9,95 μm pada pembesaran 1210x dan pada pembesaran 509x memiliki ukuran pori berkisar antara 11,50 μm hingga 39,41 μm . Hasil pengamatan SEM ini membuktikan bahwa *space holder* yang

terbakar pada saat proses sintering pada temperatur 500°C telah menyisakan ruang kosong dan pori terbuka.

4 KESIMPULAN

Dari data hasil pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Fabrikasi Aluminium Berpori dapat dilakukan menggunakan proses metalurgi serbuk dengan bantuan *space holder* terkhususnya serbuk karet.
2. Dari ketiga variasi sampel uji perbedaan persentase porositas yang terbentuk tidak jauh beda hanya saja porositas terbesar terdapat pada sampel dengan penambahan persentase penguat alumina yang lebih banyak, porositas yang dihasilkan yaitu 36,26%.
3. Kekuatan mekanik terbaik juga dimiliki oleh sampel dengan penambahan persentase penguat alumina yang lebih banyak dibanding dengan dua variasi lainnya, kekuatan mekanik terbaik yang dihasilkan yaitu 19,35 MPa.
4. Dapat dinyatakan bahwa semakin banyak penambahan persentase penguat pada sampel maka porositas akan semakin tinggi begitu juga dengan kekuatan mekaniknya, sebaliknya semakin sedikit penambahan persentase penguat pada sampel maka porositas akan semakin rendah begitu juga dengan kekuatan mekaniknya
5. Pada hasil pengamatan SEM sudah dapat dibuktikan pula bahwa *space holder* yang terbakar pada saat proses sintering pada temperatur 500°C telah menyisakan ruang kosong dan pori terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM. *Powder Metal Technologies and Applications* (Volume 7). United States: ASM International. (1998).
- [2] ASM. *Mechanical Testing and Evaluation* (Volume 8). United States: ASM International. (2000).
- [3] ASM. *Metallography and Microstructures* (Volume 9). United States: ASM International. (2004).
- [4] ASM. *Properties and Selection Irons, Steels, and High Performance Alloys* (Volume 1). United States: ASM International. (2005).
- [5] Blackley, D. C. *Polymer Latices Sciences and Technology*. London: Chapman & Hall. (2013).
- [6] Capral Ltd. *Capral's Little Green Book*. Volume 4. Australia Capral's Ltd. (2013).
- [7] Gibson, R. F. *Principles Of Composite Material Mechanics* (J. J. Corrigan & E. Castellano Eds. International Edition ed.). New York McGraw-Hill Inc. (1994).
- [8] Gumilar, G. Pengaruh Volume Fraksi 5%, 7,5%

- dan 10% Alumina (Al_2O_3) Dengan Ukuran Partikel 140, 170 dan 200 Mesh Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Matriks Al-4,5% Cu-4%Mg. (2002).
- [9] Nugroho, A. W. Fabrikasi Aluminium Foam Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk Dengan memanfaatkan Pupuk Urea ($(NH_2)_2CO$) Sebagai Bahan *Space Holder*. Laporan Penelitian Strategis, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. 11-12. (2013).
- [10] Nugroho, A. W. Pengembangan Material *Porous* Aluminium Menggunakan Teknik Metalurgi Serbuk Dengan Space Holder Paduan Pb-Sn, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. (2014).
- [11] Nugroho, G. E. Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan NaOH Dengan Fraksi Volume 4%, 6%, dan 8%. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma. (2017).
- [12] Ramadhonal, S. Pembuatan Komposit Matriks Logam Berpenguat Keramik (Al/SiC) Dicampur Kayu Dengan Metode Metalurgi Serbuk. 47-48. (2010).
- [13] Suarsana, K. Efek Temperature Sintering pada Penambahan Penguat SiCw dan Al_2O_3 Partikel terhadap Karakteristik Aluminium Matrik Komposit. SENATEK 2015. (2015).
- [14] Suprpto, I. W. L. Efek Komposisi dan Perlakuan Sintering Pada Komposit Al/(SiCw+ Al_2O_3) Terhadap Sifat fisik dan Keausan. *METTEK*, 3, 36-43. (2017).
- [15] Surdia, T. & SAITO, S. Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta: Pradnya Paramitha. (1999).
- [16] Totten, G. E. & Mackenzie, D. S. *Handbook of Aluminium Volume 1 Physical Metallurgy and Processes*. YUnited States of America Marcel Dekker, Inc. (2003).
- [17] Totten, G. E. & Mackenzie, D. S. *Handbook of Aluminium Volume 2 Alloy Prodyuction and Materials Manyufacturing*. New York-Basel: Marcel Dekker, Inc. (2003).
- [18] Zhou, Z., Wang, Z., Zhao, L. & Shu, X. Uniaxial and biaxial failure behaviors of aluminum alloy foams. *Composites Part B: Engineering*, 61, 340-349. 2014.