



EFEK WAKTU TAHAN SINTERING DAN KOMPOSISI BAHAN TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MAKRO PRODUK METALURGI SERBUK

EFFECT OF SINTERING TIME AND MATERIAL COMPOSITION ON HARDNESS AND MACROSTRUCTURE OF POWDER METALLURGICAL PRODUCTS

A.A. Alit Triadi*, M.D. Fathony, P. Pandiatmi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia

*Corresponding author

E-mail addresses: alittriadi68@unram.ac.id

ABSTRACT

The development of science and technology today is very rapid and developed in various sectors, that one is in the engineering material sector, specifically composite material. One method of composite formation is the powder metallurgy method. Powder metallurgy is a metalworking technique in which components are manufactured from metal powders. This study aims to determine the effect of holding time sintering and mixing composition on hardness and macrostructure observations. The material used in this study was aluminum waste that came from the rest of the window cutting. The specimens were made using the powder metallurgy method. In this study the variations used were the sintering holding time of 120 minutes, 180 minutes, 240 minutes, composition variations of 80% Al : 17% SiC : 3% Glass, 80% Al : 14% SiC : 6% Glass, 80% Al : 11 % SiC : 9% Glass, 80% Al : 8% SiC : 12% Glass. Some control variables are grain size 100 mesh, mixing 15 minutes, compacting 7 tons, and sintering temperature 600°C. The results obtained are the highest hardness value is found in the specimen with a sintering temperature of 600°C with a sintering holding time of 240 minutes at a material composition of 80:17:03 which is 90.33 HRF. The macrostructure observations showed that there was a smaller porosity in the specimens with high hardness values. The results of the overall mechanical properties test show that the variation of the sintering resistance time affects the specimen which will give time for the formation of stronger bonds between particles. While the more variation in the composition of the material with SiC reinforcement the more the percentage is given, and the greater the composite hardness.

Keywords: Aluminum, Composite, Waste, Powder metallurgy

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sekarang ini sangat pesat. Hal ini mendorong pemanfaatan serta penggunaan logam terus berkembang dalam berbagai sektor, khususnya dalam dunia industri. Salah satu pemanfaatan produksi logam dengan metode metalurgi serbuk yang merupakan kemajuan teknologi pengolahan logam. Terdapat berbagai metode yang dilakukan untuk pembentukan paduan, salah satu metode pembentukan komposit matrik logam yaitu metalurgi serbuk. Metalurgi serbuk merupakan proses pembentukan benda kerja komersial dari logam dengan logam dihancurkan dahulu berupa serbuk, kemudian serbuk tersebut ditekan di dalam cetakan (*mold*) dan dipanaskan

di bawah temperatur leleh serbuk sehingga terbentuk benda kerja. Pada proses ini serbuk logam diperoleh dari hasil pengikisan limbah-limbah aluminium dikumpulkan sebanyak mungkin dan di ayak dengan *mesh* kemudian dicetak dengan beberapa bahan tambahan lainnya. Produksi metalurgi serbuk ini banyak digunakan di industri-industri besar terutama untuk komponen-komponen mesin seperti bantalan, roda gigi, block mesin, dan sebagainya. Sifat dari produk yang dihasilkan dengan metalurgi serbuk sangat tergantung dari proses pengerjaan dan karakteristik bahan serbuknya. Oleh karena itu, kualitas dari produk akhir bisa ditentukan oleh berbagai tolak ukur proses seperti material, ukuran serbuk, komposisi serbuk, tekanan kompaksi, suhu sintering, dan waktu sintering. Aluminium sebagai material teknik yang masih banyak keterbatasan sifatnya, terutama sifat kekerasan dan mekaniknya. Para peneliti mencari cara untuk merekayasa bahan aluminium agar memiliki sifat yang baik dan sesuai kebutuhan. Salah satu cara adalah dengan teknik komposit. Komposit merupakan teknik menggabungkan antara dua buah material atau lebih untuk menghasilkan material baru dengan mempertimbangkan sifat baik yang diperlukan. Komposit matrik logam dengan matrik aluminium dan penguat SiC berbasis serbuk merupakan material yang memiliki aplikasi serta pengembangan yang luas. Selain aluminium, penambahkan penguat (*filler*) yang juga banyak kita jumpai di kehidupan sehari-hari yaitu limbah kaca. Limbah kaca berasal dari botol minuman bekas, sisa kaca pembuatan *furniture*, peralatan dapur yang pecah, dan sisa kaca bangunan. Limbah kaca memakan waktu yang sangat lama agar dapat terurai yaitu dibutuhkan waktu hingga 1 juta tahun agar dapat terurai sepenuhnya [1]. Oleh karena itu, perlu adanya metode pengolahan lain agar limbah kaca tidak semakin banyak dan keasrian lingkungan tetap terjaga. Salah satu kelebihan dari proses metalurgi serbuk adalah mampu mencampur antara material logam dan material non-logam seperti aluminium dan kaca [2]. Limbah kaca adalah *amorf* (*non kristalin*) material padat yang bening dan transparan (tembus pandang) yang merupakan salah satu produk industri kimia gabungan dari berbagai oksidasi anorganik yang tidak mudah menguap yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah pasir serta berbagai penyusun lainnya [3]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu tahan (*holding time*) *sintering* dan pengaruh komposisi antara serbuk aluminium, silikon karbida, limbah aluminium, silikon karbida, dan limbah kaca terhadap sifat mekanik (kekerasan) komposit dan struktur makro. Penelitian tentang efek komposisi dan perlakuan *sintering* pernah dilakukan [4] menggunakan aluminium sebagai matrik, penguat silikon karbida, dan alumina terhadap kehausan. Pada penelitian tersebut menggunakan komposisi (80% Al : 17% SiC : 3% Alumina, 80% Al : 14% SiC: 6% Alumina, 80% Al : 11% SiC : 9% Alumina) dan variasi temperatur 500°C, 550°C, dan 600°C dengan *holding time* 1 jam dan 3 jam. Pada penelitian ini menentukan karakteristik komposit dalam penentuan densitas dan kehausan. Hasil penelitian ini menyatakan densitas tertinggi $\rho = 2,589 \text{ gr/cm}^3$ dengan komposisi 80% Al : 11% SiC: 9% Alumina dan *holding time* 3 jam dengan temperatur *sintering* 600°C [4]. Penelitian terkait efek suhu *sintering* dan komposisi bahan terhadap karakteristik mekanik komposit berbahan limbah aluminium dan kaca. Penelitian [5] menggunakan metode metalurgi serbuk. Penelitian ini menyatakan bahwa kekerasan tertinggi sebesar 55,67 HRF diperoleh pada temperatur dan waktu *sintering* 590°C dan 1 jam dengan komposisi 80% Al : 20% kaca, serta kekuatan tekan paling tinggi sebesar 235,59 Mpa pada temperature dan waktu *sintering* 590°C dan 1 jam dengan komposisi 90% Al : 10% kaca [5].

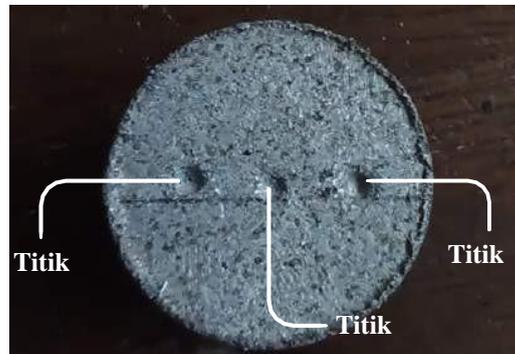
Penelitian tentang uji kekerasan dan foto mikro material komposit aluminium-silikon dengan metode metalurgi serbuk [6]. Hasil pengujian kekerasan (metode *Vickers*) menunjukkan material dengan komposisi Al 100% : 0% Si memiliki kekerasan 28,78 HVN, komposisi Al 80%:20% Si memiliki kekerasan 36,04 HVN, dan komposisi Al 70%:30% Si memiliki kekerasan 46,74 HVN. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh bahwa kekerasan komposit paduan Al-Si akan meningkat seiring peningkatan kadar penambahan SiC, dan dalam pengamatan struktur mikro aluminium terlihat gumpalan berwarna putih, sedangkan silikon terlihat memanjang berwarna abu-abu [6]. Penelitian bahan campuran Al/Cu/SiC melalui proses metalurgi serbuk. Dalam penelitian ini, dilakukan pemanasan spesimen pada suhu 320°C, 420°C, dan 520°C selama 40 menit. Didapatkan hasil bahwa spesimen memiliki tingkat kekerasan paling tinggi pada suhu 420°C sebesar 15,2 BHN dan kekuatan tekan yang paling tinggi pada suhu 420°C sebesar 110,34 MPa. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut terhadap suhu yang lebih tinggi di atas 520°C dengan durasi sintering yang lebih lama untuk mengetahui apakah sifat mekaniknya dapat ditingkatkan lagi [7].

2. Bahan dan Metode

Pada penelitian ini digunakan bahan berupa limbah aluminium, silikon karbida, dan limbah kaca yang diambil dari salah satu tempat pembuatan etalase di daerah Lombok Barat. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi set peralatan penghancur bahan menjadi serbuk, set peralatan pembuat spesimen, dan peralatan pengujian spesimen. Peralatan pengujian spesimen meliputi alat uji kekerasan berupa *universal hardness tester* dengan beban uji 3-187,5 kgf dan alat pengamatan struktur makro berupa set mikroskop optik cahaya. Penelitian ini menggunakan variasi waktu tahan (*holding time*) sintering yaitu 120 menit, 180 menit, dan 240 menit serta variasi komposisi bahan antara aluminium (A), silikon karbida (B), dan kaca (C) yaitu A(80%) : B1(17%) : C1(3%), A(80%) : B2(14%) : C2(6%), A(80%) : B3(11%) : C3(9%), dan A(80%) : B4(8%) : C4(12%) yang merupakan variabel bebas. Beberapa variabel yang dikontrol yaitu ukuran serbuk *mesh* 100, durasi *mixing* selama 15 menit, beban kompaksi sebesar 7000 kg, dan *sintering* 600°C. Pengulangan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap spesimen.



Gambar 1 Spesimen uji kekerasan dan struktur makro



Gambar 2 Titik identasi pengujian kekerasan spesimen

2.1 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode *Rockwell* dengan skala kekerasan *Rockwell F*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram. Alat uji *Universal Hardness tester* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Alat uji kekerasan

2.2 Pengamatan struktur makro

Pengamatan struktur makro dilakukan untuk melihat tampilan permukaan dalam skala makro. Digunakan mikroskop optik cahaya untuk melakukan pengamatan yang dilengkapi dengan kamera pada mikroskop. Hasil dari pengamatan spesimen ditampilkan pada monitor yang terkoneksi pada kamera mikroskop. Alat untuk pengamatan struktur makro ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Alat pengamatan struktur makro

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengujian, didapatkan hasil nilai kekerasan spesimen seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian kekerasan

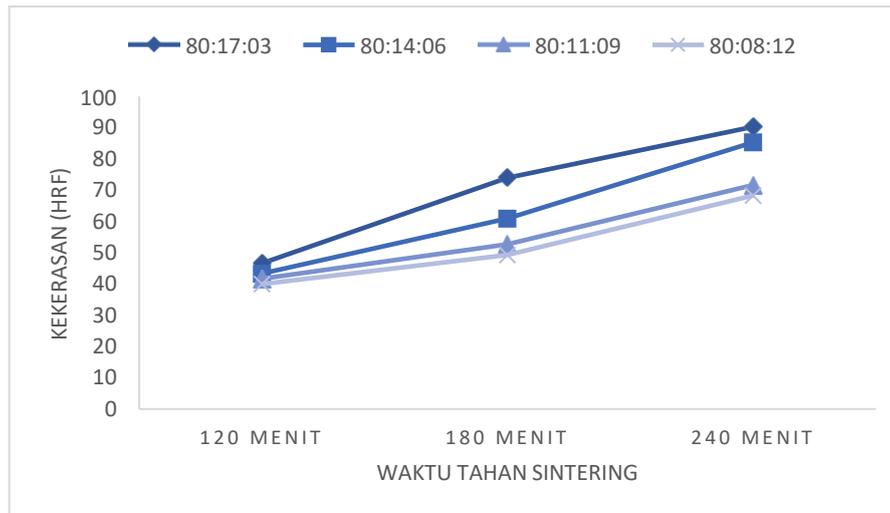
Waktu tahan <i>sintering</i> (Menit)	Komposisi (Al: SiC: aca) (%)	Kekerasan (<i>hardness</i>) (HRF)
120	80 : 17 : 3	46,67
	80 : 14 : 6	43,33
	80 : 11 : 9	41,67
	80 : 08 : 12	40
180	80 : 17 : 3	74
	80 : 14 : 6	61
	80 : 11 : 9	52,67
	80 : 08 : 12	49,33
240	80 : 17 : 3	90,33
	80 : 14 : 6	85,33
	80 : 11 : 9	71,67
	80 : 08 : 12	68,33

Visual bentuk butir dari serbuk aluminium, silikon karbida, dan kaca pada spesimen uji.



Gambar 5 Bentuk butir dari aluminium (A), silikon karbida (B), dan kaca (C)

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada spesimen dengan komposisi 80:17:03 dan suhu *sintering* 600°C dengan waktu tahan *sintering* 240 menit yaitu 90,33 HRF. Hal yang sama berlaku pada komposisi bahan lainnya, waktu tahan *sintering* lama mempunyai nilai kekerasan tinggi. Nilai kekerasan terkecil dari semua spesimen terdapat pada spesimen dengan komposisi 80:08:12 dan suhu *sintering* 600°C waktu tahan *sintering* 120 menit yaitu 40 HRF. Lebih jelas terkait hubungan antara waktu tahan *sintering* dan komposisi bahan dengan nilai kekerasan dapat dilihat pada Gambar 6.

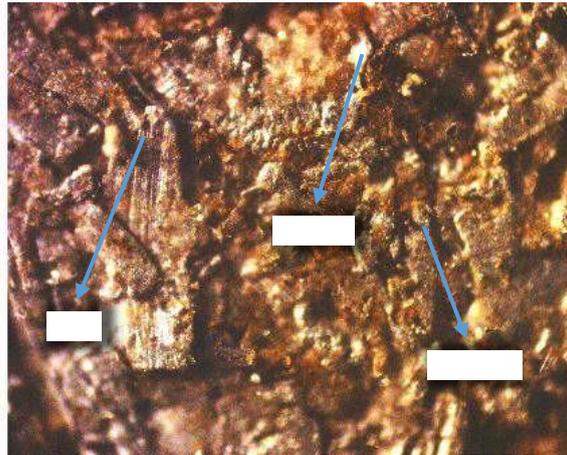


Gambar 6 Hubungan antara waktu tahan *sintering* dan komposisi bahan dengan nilai kekerasan

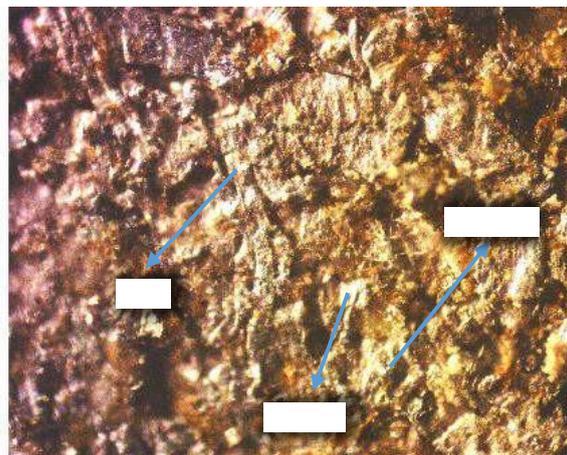
Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa waktu tahan *sintering* berpengaruh terhadap nilai kekerasan spesimen. Waktu tahan *sintering* semakin tinggi memberikan nilai kekerasan yang lebih besar terhadap spesimen uji. Hasil pada penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh [8] yang mendapatkan nilai tinggi dengan waktu tahan yang lebih lama dengan penambahan paduan Al-Fly ash. Penambahan waktu penahanan suhu *sinter* (*holding time*) maka nilai yang dihasilkan oleh spesimen akan naik. Peristiwa tersebut terjadi karena peningkatan tersebut disebabkan oleh sifat aluminium sebagai matrik yang bersifat ulet dan memiliki sifat plastis yang mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk. Semakin lama penahanan suhu *sinter* (*holding time*) maka densitas akan naik. Hal ini disebabkan dengan lamanya *holding time* akan memberikan waktu untuk terbentuknya ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap kurangnya porositas yang mengakibatkan nilai rapatan meningkat [8].

Komposisi bahan memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan. Semakin banyak penambahan silikon karbida semakin besar nilai kekerasan. Berbanding terbalik dengan penambahan kaca, semakin sedikit penambahan kaca semakin besar nilai kekerasan. Hasil pada penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh [9] yang mendapatkan nilai kekerasan seiring dengan penambahan silikon karbida paduan Al-SiC. Bahwa silikon karbida sebagai elemen kekuatan dan kekerasan pada komposit sangat berpengaruh oleh fasa penyusun, komposisi, serta geometri dari fasa penguat. Semakin banyak penguat SiC yang diberikan maka kekuatan dan kekerasan komposit akan semakin besar. Kemudian penambahan kaca berbanding terbalik jika dilihat dari persentase serbuk kaca. Semakin sedikit persentase kaca diberikan semakin besar nilai kekerasan dari komposit [9].

Terdapat perbedaan visualisasi antara spesimen dengan nilai kekerasan tinggi dan spesimen yang nilainya rendah. Berikut adalah tampilan dari spesimen dengan nilai kekerasan tinggi dan rendah yang terdapat pada spesimen dengan suhu 600°C waktu tahan *sintering* 240 menit dengan komposisi 80:17:03 (A:B1:C1) dan spesimen dengan suhu 600°C waktu tahan *sintering* 120 menit dengan komposisi 80:08:12 (A:B4:C4). Menggunakan bantuan dari software pengelolah tampilan grafis didapatkan tampilan yang lebih tajam dari hasil pengamatan struktur makro. Terlihat bahwa spesimen (A:B4:C4) memiliki porositas yang lebih besar dibandingkan spesimen (A:B1:C1). Hal ini terjadi karena spesimen (A:B1:C1) memiliki kerapatan lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen (A:B4:C4).



Gambar 7 Struktur makro spesimen A:B1:C1 perbesaran 40x



Gambar 8 Struktur makro spesimen A:B4:C4 perbesaran 40x

Kerapatan yang tinggi dihasilkan dari tekanan akan mendorong serbuk-serbuk mengisi ruang kosong dan waktu penahanan suhu sintering maka densitas akan naik. Lamanya *holding time* akan memberikan waktu untuk terbentuknya ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap kurangnya porositas yang mengakibatkan nilai rapatan meningkat [8].

4. Kesimpulan

Variasi waktu tahan (*holding time*) sintering memiliki pengaruh yang berbanding lurus dan signifikan terhadap nilai kekerasan. Semakin lama waktu tahan (*holding time*) sintering semakin besar nilai kekerasan komposit. Variasi komposisi bahan memiliki pengaruh dan signifikan terhadap nilai kekerasan. Semakin banyak penambahan silikon karbida semakin besar nilai kekerasan dan berbanding terbalik dengan penambahan kaca, semakin sedikit penambahan kaca semakin besar nilai kekerasan.

Daftar Pustaka

- [1] N. Sylvia, N.L. Mahmudah, Tinjauan proses dan teknik flameworking pada limbah kaca, *Narada Jurnal Desain dan Seni*, 5 (2) (2018) 28.
- [2] T. Surdia, S. Saito, *Pengertian Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2005.
- [3] I. Sepriyani, F. Khairani, Penggunaan limbah keramik dan serbuk kaca sebagai bahan stabilisasi tanah rawa, *Jurnal Forum Mekanika*, 5 (2) (2016) 83-90.

- [4] I.W.L. Suprapta, K. Suarsana, I.G.N. Santhhiarsa, Efek komposisi dan perlakuan sintering pada komposit Al/(SiCw+Al₂O₃) terhadap sifat fisik dan kehausan, *Jurnal METTEK*, 3 (1) (2017) 36-43.
- [5] A.A.A. Triadi, K.G.K. Wangi, P.D. Setyawan, Efek suhu sintering dan komposisi bahan terhadap karakteristik mekanik komposit berbahan limbah aluminium dan kaca menggunakan metode metalurgi serbuk, *Dinamika Teknik Mesin*, 12 (1) (2022) 19-28.
- [6] W.P. Aji, A. Supriyanto, Studi eksperimen uji kekerasan dan foto mikro material komposit aluminium – silikon metode metalurgi serbuk, *Jurnal Teknik*, 7 (2) (2021) 93-98.
- [7] A.A.A. Triadi, I.G.N.K. Yudhayadi, I.M. Suartika, N.H. Sari, Efek suhu sintering terhadap sifat kekerasan dan kekuatan tekan bahan campuran Al/Cu/SiC melalui proses metalurgi serbuk, *Dinamika Teknik Mesin*, 9 (2) (2019) 80-85.
- [8] D. Seprianto, Pengaruh komposisi dan holding time terhadap densitas paduan aluminium /fly ash yang dibuat dengan metalurgi serbuk, *Jurnal Autenit*, 2 (1) (2010) 1-7.
- [9] D. Rahmalina, B.T. Sofyan, B. Suharno, E.S. Siradj, Pengaruh fraksi volume penguat silikon karbida terhadap karakteristik balistik komposit matriks aluminium, *Majalah Pengkajian Industri*, 6 (1) (2012) 51-56.