



Efek suhu *sintering* terhadap sifat kekerasan dan kekuatan tekan bahan campuran Al/Cu/SiC melalui proses metalurgi serbuk

Effect of sintering temperature on the hardness and compression strength properties of Al/Cu/SiC mixture material through powder metallurgy

A.A. Triadi, I.G.N.K. Yudhyadi, I.M. Suartika, N.H. Sari*

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 082235458894

*E-mail: n.herlinasari@unram.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 08 January 2019

Accepted 14 February 2019

Available online 1 July 2019

Keywords:

Powder metallurgy

Hardness properties

Sintering

Silicon carbida

Copper



This study aims to investigate the hardness and compression properties of materials made of a mixture of aluminum (Al), copper (Cu), and silicon carbide (SiC) powders. The content of Al, Cu, and SiC was 80; 15; 5 (% wt), respectively. Manufacture of the specimens was conducted using a powder metallurgy. The dimension of the specimen was 25 mm in diameter and 4 mm in thickness. The variations of the sintering temperature were 320°C, 420°C, and 520°C for 40 minutes. The hardness and compression properties have been analyzed using the Brinell method and universal testing machine (UTM). The results show that at the temperature range of 320-420°C, the hardness of the specimen increase from 6.5 BHN to 15.2 BHN; it is due to the bond of the component of between metal powders. Conversely, at 520°C the hardness number is low because most of SiC is bound weakly to other powders metal. It can be concluded that the selection of temperature and sintering time greatly influence the hardness and compression properties of materials made of powder metallurgical.

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 9, No. 2 Juli 2019, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan bahan logam bekas atau geram untuk dibuat menjadi serbuk logam yang selanjutnya dijadikan produk logam komersial menggunakan teknik metalurgi serbuk masih terus dikembangkan dan diselidiki. Hal ini dikarenakan teknik metalurgi serbuk memiliki keunggulan seperti proses pembuatan serbuk mudah, energi proses yang digunakan relatif rendah, mengurangi biaya permesinan, produk akhir dapat disesuaikan langsung dengan dimensi yang diinginkan (Brian dan Hoeganaes, 2015).

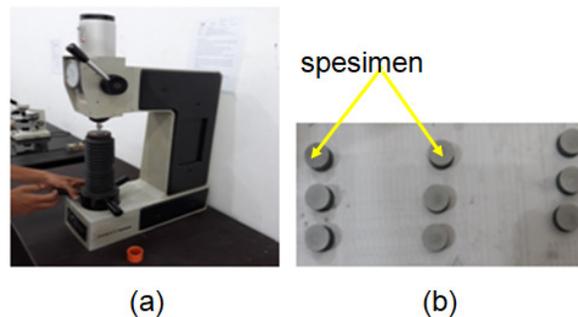
Beberapa peneliti telah mengembangkan teknik tersebut untuk menyelidiki sifat-sifat dari produk logam menggunakan bahan baku berbeda. Cristofilini dkk. (2018) telah melaporkan bahwa sifat fisik dan mekanik dari baja paduan rendah (*low alloy steel*) hasil metalurgi serbuk meningkat, dikarenakan pengikatan partikel yang halus pada baja terjadi pada suhu di bawah temperatur kritis. Montes dkk. (2018) melaporkan bahwa produk logam campuran *cobalt (Co)* dan *tungsten (W)* dengan penambahan grafit melalui proses metalurgi serbuk dapat meningkatkan ikatan partikel dan kualitas bantalan logam. Safrudin dkk. (2014) telah menyelidiki efek temperatur dan waktu tahan *sintering* terhadap sifat kekerasan *metal matrix composite* dari *tungsten (W)-cuprum (Cu)* melalui proses metalurgi serbuk. Mereka melaporkan bahwa kekerasan tertinggi sebesar 34,7 HBN diperoleh pada temperatur dan waktu *sintering* masing-masing 900°C dan 2 jam, serta kekuatan tekan paling tinggi sebesar 156,71 MPa pada temperatur dan waktu *sintering* masing-masing 800°C dan 3 jam. Sedangkan, Mustika dkk. (2011) telah membuat komposit dari serpihan AC8A cor sebagai matrik dan partikel keramik SiC sebagai penguat dengan metode metalurgi serbuk dengan *hot pressing*. Mereka melaporkan bahwa kekerasan dan kuat tekan dari ACS8/SiCP lebih tinggi dibandingkan *ingot* AC8A hasil *cor*. Studi-studi sebelumnya ini menunjukkan bahwa pengembangan penyelidikan terkait dengan kekerasan dari logam bekas dengan campuran Al/Cu/SiC belum diselidiki.

Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi sifat kekerasan dari bahan campuran Al/Cu/SiC. Efek peningkatan temperatur *sintering* dengan waktu penahanan 40 menit telah diselidiki. Sifat kekerasan dari produk telah dianalisa menggunakan uji kekerasan *Brinell*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pada peneliti dan industriwan dalam pemanfaatan bahan baru dari logam bekas dalam aplikasi industri.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran serbuk Al, Cu, dan SiC masing-masing sebesar 80%, 15%, dan 5% (% berat). Ukuran dari serbuk Al, Cu, dan SiC sebesar 12 µm.

Dalam proses ini, serbuk Al, Cu, dan SiC ditimbang dan dicampur menurut rasio komposisi yang telah ditentukan menggunakan alat *magnetic stirrer* selama 30 menit dengan teknik *wet mixing* (Safrudin dkk., 2014), hal ini disebabkan perbedaan densitas dari ketiga bahan yang digunakan. Sebelum dikenakan tekanan (dengan pembebanan tetap sebesar 5000 kg) pada temperatur ruang, cetakan spesimen diberikan *zinc stearat* (sebagai pelumas), hal ini dimaksudkan untuk memudahkan spesimen dikeluarkan dari dalam cetakan. Selanjutnya, spesimen uji dipanaskan (*sintering*) di dalam oven dengan temperatur berbeda, yaitu: 320°C, 420°C, dan 520°C selama 40 menit, kemudian diikuti dengan pendinginan udara.



Gambar 1. a) Mesin uji kekerasan *Brinell*, b) Spesimen dari uji kekerasan

Pengujian kekerasan spesimen dilakukan dengan metode *Brinell* seperti diperlihatkan dalam gambar 1a. Sebelum pengujian kekerasan, spesimen dihaluskan permukaannya menggunakan mesin *polishing* pada kertas gosok/amplas secara berturut-turut dengan grade 350, 500, 800, dan 1000. Beban penekan yang digunakan pada alat uji kekerasan yaitu beban 60 kg dan indentasi pada masing-masing spesimen sebanyak tiga titik. Spesimen uji kekerasan berukuran 18 mm dan ketebalan 7 mm, seperti disajikan dalam gambar 1b. Pengukuran diameter indentasi digunakan sebagai dasar untuk menghitung angka kekerasan permukaan spesimen dan masing-masing variasi dilakukan pengulangan tiga kali.

Analisa kekuatan tekan ditentukan dengan *Ultimate Tensile Machine* (UTM) pada sebuah *load cell* sebesar 100 kN. Semua sampel komposit diuji setelah sampel dikondisikan selama 24 jam dalam atmosfer pengujian standar yaitu 29°C dan kelembaban relatif 64%. Spesimen memiliki ukuran tinggi dan diameter yaitu 1 cm x 1 cm (Safrudin dkk., 2014).

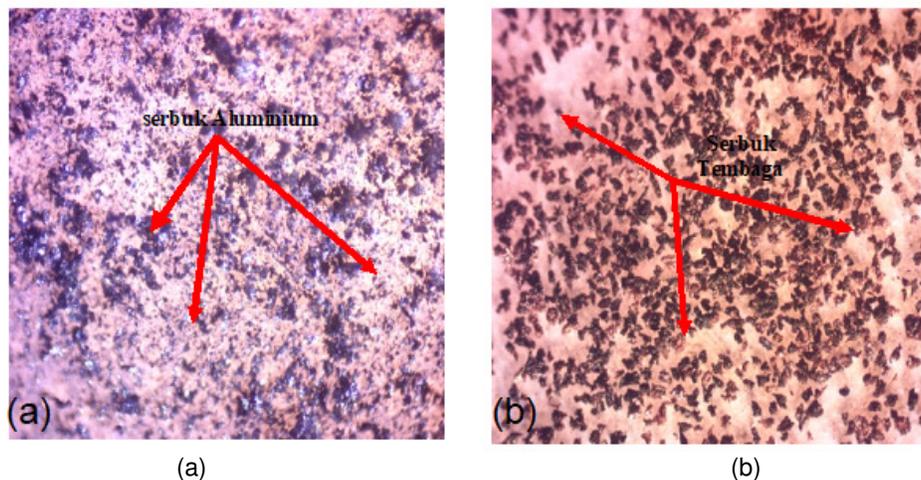


Gambar 2. *Universal Testing Machine* (UTM) untuk pengujian tekan

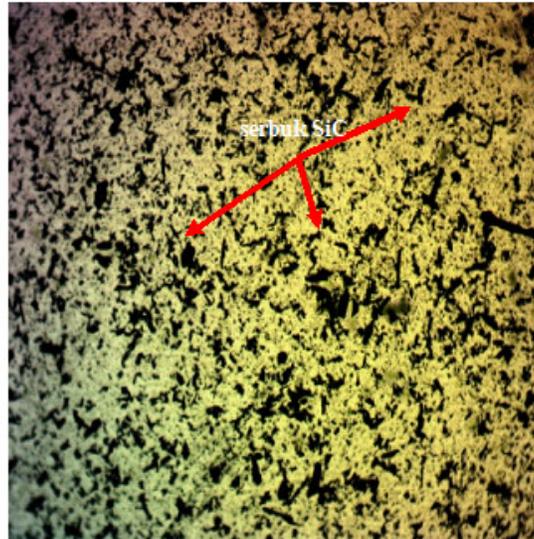
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa struktur mikro dari serbuk Al, Cu, dan SiC

Gambar 3a, 3b, dan 4 menunjukkan foto struktur mikro dari bahan baku serbuk Al, Cu, dan SiC. Foto struktur mikro dari serbuk Al (warna putih) memperlihatkan sejumlah pori-pori (warna hitam) yang cukup banyak terlihat seperti disajikan dalam gambar 3a. Sejumlah pori-pori juga terlihat dalam serbuk Cu dan SiC seperti ditunjukkan pada gambar 3b dan 4. Adanya sejumlah besar pori-pori tersebut diduga berkaitan dengan densitas dari masing-masing serbuk. Saprudin dkk. (2014) menyatakan bahwa densitas sebuah bahan akan rendah ketika porositas dari bahan tinggi. Hal ini juga menjawab alasan mengapa jumlah porositas dari serbuk Al terlihat lebih banyak daripada dua bahan serbuk lainnya, dikarenakan densitas serbuk Cu lebih rendah daripada dua bahan yang lainnya. Foto struktur dari serbuk SiC seperti disajikan pada gambar 4 ditemukan memiliki pori-pori yang lebih sedikit dibandingkan dengan dua bahan lainnya, hal ini disebabkan serbuk SiC kuat dan keras. Sari (2018) menyatakan bahwa adanya unsur SiC di dalam logam berkontribusi pada kekuatan dan kekerasan bahan logam.



Gambar 3. (a) Serbuk aluminium (Al), perbesaran 40x, (b) Serbuk tembaga (Cu), perbesaran 40x.



Gambar 4. Serbuk campuran silikon karbida (SiC) (perbesaran 40X)

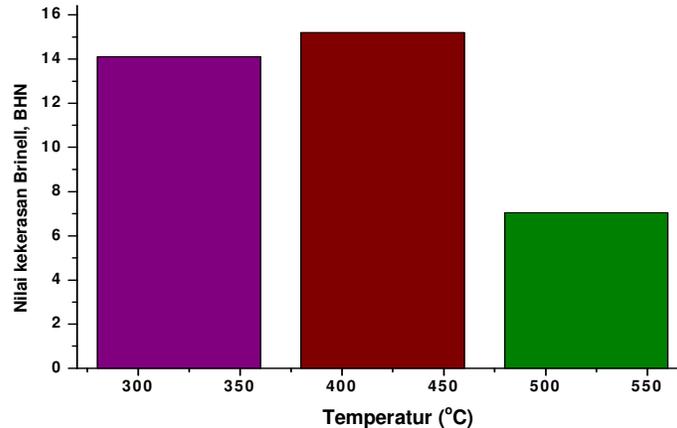
3.2 Analisa kekerasan bahan campuran Al/Cu/SiC

Nilai kekerasan dari bahan Al/Cu/SiC ditunjukkan pada gambar 5. Harga kekerasan bahan meningkat pada temperatur *sintering* kisaran 320-420°C dibandingkan bahan dengan *sintering* pada 520°C. Nilai kekerasan paling tinggi diperoleh dari bahan pada temperatur *sintering* 420°C sebesar 15,2 BHN, kemudian diikuti oleh bahan Al/Cu/SiC pada temperatur 320°C dan 520°C masing-masing sebesar 14,1 BHN dan 6,5 BHN. Peningkatan ini diduga terjadi karena partikel-partikel dari serbuk logam terikat satu sama lain dalam kondisi padat yang disebabkan kompaksi dan pemanasan, sehingga kekerasan bahan menjadi tinggi. Hasil penelitian yang sama tetapi berbeda bahan juga telah dilaporkan oleh Safrudin dkk. (2014) yang menyatakan bahwa interaksi antara partikel *tungsten-tembaga* menjadi kuat dikarenakan kompaksi dan *sintering*.

Gambar 5 juga menyajikan bahwa spesimen dengan temperatur *sintering* 520°C memiliki nilai kekerasan lebih rendah dibandingkan dengan spesimen lainnya yang dipelajari. Penurunan ini terjadi dikarenakan ikatan antara partikel atau serbuk kurang kuat dan kurang padat yang menyebabkan retakan pada bahan. Mustika dkk. (2011) menyatakan bahwa retakan pada bahan dapat terjadi dikarenakan terlepasnya serbuk SiC pada saat proses kompresi dan *sintering* disebabkan serbuk SiC bersifat rapuh. Selain itu, Asghar dkk. (2018) melaporkan bahwa pencampuran yang kurang sempurna dan waktu yang digunakan untuk pencampuran partikel paduan Al-6061/B4C juga dapat menyebabkan menurunnya nilai kekerasan dan kekuatan tekan dari bahan paduan.

Lebih lanjut, Supriyadi (2017) melaporkan bahwa ukuran partikel juga mempengaruhi nilai kekerasan serbuk logam dan nilai kekerasan terendah dapat diperoleh dari serbuk dengan ukuran 250 µm sebesar 43 HV dan paling tinggi dengan ukuran serbuk 56 µm sebesar 63 HV. Fenomena serupa juga disampaikan oleh Anggria dkk. (2016) bahwa ukuran serbuk kaca berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan keausan pada kampas rem sepeda motor dengan pengisi serbuk piston bekas dan matrik resin *fenolic* melalui proses metalurgi serbuk. Pemilihan lamanya waktu (*holding time*) selama 40 menit dan temperatur *sintering* 520°C memberikan efek rendahnya nilai kekerasan dari bahan Al/Cu/SiC yang menyebabkan ketidakhomogenan campuran dan akibatnya perpindahan panas antara *strand* dan dinding cetakan tidak terjadi secara merata (Davari dkk., 2017). Alasan ini juga menjawab mengapa bahan campuran Al/Cu/SiC dengan suhu *sintering* 520°C memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah.

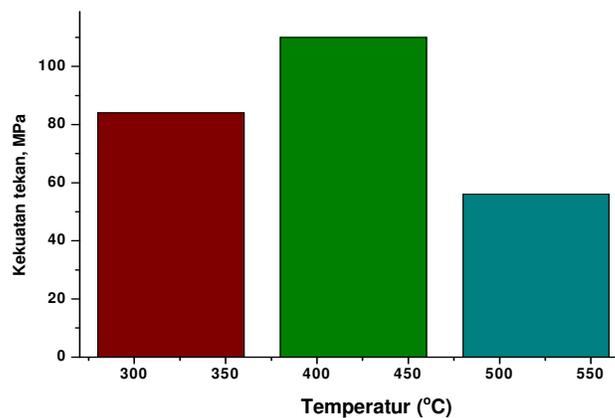
Nilai kekerasan yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai kekerasan dari magnesium AZ31 yang telah dilaporkan oleh Supriyadi dkk. (2014). Ia melaporkan nilai kekerasan magnesium AZ31 sebesar 43 HV. Namun, dengan pertimbangan pemanfaatan limbah logam dengan biaya murah dan mengurangi pencemaran lingkungan maka bahan logam Al/Cu/SiC dapat menjadi alternatif pengganti Mg AZ31 dan dapat diaplikasikan untuk soket dan baut.



Gambar 5. Kekerasan rata-rata dari bahan campuran Al/Cu/SiC terhadap temperatur *sintering*

3.3 Analisa kekuatan tekan bahan campuran Al/Cu/SiC

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada temperatur *sintering* 320-420°C kekuatan tekan dari bahan mengalami peningkatan dibandingkan bahan dengan temperatur sintering 520°C mencapai 110,34 MPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa temperatur *sintering* memberikan efek terhadap nilai kekuatan tekan dari bahan Al/Cu/SiC. Nilai kekuatan tekan tertinggi dimiliki oleh bahan Al/Cu/SiC dengan temperatur *sintering* 420°C sebesar 110,34 MPa. Ikatan *interface* antara serbuk aluminium-tembaga-silikon karbida terbentuk cukup kuat, menghasilkan kekuatan tekan yang cukup tinggi. Fenomena serupa juga dinyatakan oleh Safrudin dkk. (2014) bahwa *interface* sebagai media transmisi tegangan dengan *interface* yang kuat pada W-Cu menyebabkan proses transmisi tegangan semakin baik, sehingga kekuatan yang dihasilkan semakin tinggi.



Gambar 6. Kekerasan bahan dari campuran Al/Cu/SiC terhadap temperatur *sintering*

Abbaszadeh dkk. (2012) menyatakan bahwa peningkatan kekuatan mekanik dikaitkan dengan meningkatnya densitas sebuah bahan. Semakin tinggi densitas maka kekuatan mekanik semakin tinggi. Hal ini boleh jadi merupakan alasan kekuatan tekan bahan Al/Cu/SiC meningkat pada kisaran temperatur *sintering* 320°C – 420°C. Sebaliknya, penggunaan temperatur *sintering* pada suhu 520°C telah menurunkan ikatan *interface* antara serbuk Al-Cu-SiC. *Interface* yang lemah menyebabkan proses transmisi tegangan juga lemah dan akibatnya kekuatan tekan yang dihasilkan menjadi rendah (Safrudin dkk., 2014; Setiawan dkk., 2012).

4. KESIMPULAN

Kekerasan bahan campuran Al/Cu/SiC telah diselidiki secara eksperimen. Sifat kekerasan dan kekuatan tekan bahan meningkat dengan meningkatnya temperatur *sintering* pada kisaran 320-420°C mencapai 15,2 BHN daripada bahan yang disinter pada suhu 520°C. Kekerasan bahan menurun ketika temperatur *sintering* 520°C dikarenakan lepasnya SiC dari partikel lainnya, sehingga menimbulkan keretakan pada bahan. Selanjutnya, penelitian ini perlu dikembangkan lagi untuk menyelidiki efek temperatur menggunakan suhu tinggi diatas 520°C dan waktu tahan *sintering* yang lebih lama.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mataram atas bantuan dana penelitian melalui program penelitian PNBPN tahun 2018. Yang ketiga penulis mengapresiasi Jurusan Teknik Mesin (JTM) UNRAM atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaszadeh H., 2012, Investigation on the characteristics of micro – and nano –structured W –15 wt% Cu composite prepared by power metallurgy route, International Journal Refractory Metal Hard Materials, 30,145-151.
- Anggria F., Nawangsari P., Masnur D., 2016, Analisis pengaruh ukuran serbuk kaca pada pembuatan kampas rem sepeda motor dengan pengisi serbuk piston bekas, Jom F Teknik, 3.2.
- Asghar Z., Latif M.A., Rafiuddin, Nazar Z., 2018, Effect of distribution of B₄C on the mechanical behavior of Al–6601/B₄C composite, Powder Metallurgy Journal, 61(4), 293-300.
- Brian J.W., Hoeganaes C., 2015, Powder metallurgy methods and applications, ASM Hand Book Powder Metallurgy, 7.
- Cristofilini I., Molinari A., Pederzini J., Rabelli A., 2018, From experimental data, the mechanics relationships describing the behaviour of four different low alloyed steel powders during uniaxial cold compaction, Powder Metallurgy Journal, 61(1), 10-20.
- Davari H.M., Gholamzadeh H., Dehghan S.H., Paydar M.H., 2017, Effect of sintering parameters (time and temperature) upon the fabrication process of organic binder–based metallic hollow sphere, Powder Metallurgy Journal, 60(5), 363-370.
- Montes J.M., Cuevas F.G., Cintas J., Ternero F., Cabalero S., 2018, On the compressibility of metal powder, Powder Metallurgy Journal, 61(3), 219-230.
- Mustika T.B., Sugiyono I.N., Jujur., 2011, Pembuatan komposit AC8A/SICP dengan metode hot press metalurgi serbuk, Majalah Metalurgi, 26, 3.
- Safrudin M., Yafiedan, Widyastuti, 2014, Pengaruh variasi temperatur sintering dan waktu tahan sintering terhadap densitas dan kekerasan pada MMC W–Cu melalui proses metalurgi serbuk, Jurnal Teknik Pomits, 3(1), 2337–3539.
- Sari N.H., 2018. Material teknik, Edisi pertama, Deepublish, Yogyakarta. ISBN 9786024536718.
- Setiawan I., Pramono A., Irawan M.B., 2012, Analisa cacat pengaruh kompaksi proses metalurgi serbuk komposit Al/Al₂O₃ dari pemanfaatan limbah kaleng soft drink, Sainstek, 176-180.
- Supriyadi S., 2017, Pengaruh ukuran serbuk logam hasil permesinan terhadap kualitas sintering magnesium AZ31 untuk aplikasi baut tulang, skripsi, Universitas Lampung.