

P-47

**PENGARUH FRAKSI BERAT FLY ASH PADA KOMPOSIT Matrik SERBUK
LIMBAH ALUMINIUM TERHADAP SIFAT KEKERASAN**

**EFFECT OF FLY ASH WEIGHT FRACTION ON THE COMPOSITE OF
ALUMINUM WASTE POWDER TO THE HARDNESS PROPERTIES**

Muh.Sadat Hamzah^{1*}, Alimuddin Sam², Irvan Mukkas³

^{1,2}Teknik Mesin Universitas Tadulako, Kampus Tondo Palu

³Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Tadulako, Kampus Tondo Palu

*Email: muh.sadathamzah_untad@yahoo.co.id

Diterima 20-10-2018	Diperbaiki 29-11-2018	Disetujui 27-12-2018
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi berat fly ash terhadap sifat kekerasan komposit aluminium/fly ash. Penelitian ini menggunakan serbuk fly ash dan serbuk limbah aluminium diproses melalui metode atomisasi air. Serbuk fly ash sebanyak 10%; 20%; dan 30% fraksi berat dicampur dengan serbuk dari limbah aluminium (ukuran $\leq 53 \mu\text{m}$). Setiap campuran diaduk menggunakan alat mixer selama 2 jam. Campuran serbuk fly ash dan serbuk dari limbah aluminium dikompaksi secara uniaksial dengan tekanan 120 MPa dan sintering pada lingkungan atmosfer dengan temperatur 525 °C, 550 °C dan 575 °C, kemudian dilakukan pengujian kekerasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan fraksi berat fly ash pada temperatur yang sama nilai kekerasan menurun dan nilai kekerasan meningkat pada temperatur yang lebih tinggi. Nilai kekerasan tertinggi pada temperatur sintering 525 °C dengan fraksi berat fly ash 10% sebesar 32,83 BHN, sedangkan nilai kekerasan terendah pada temperatur 575 °C dengan fraksi berat fly ash 30% sebesar 17,55 BHN.

Kata kunci: limbah aluminium, fly ash, temperatur sintering

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of weight fraction of fly ash on the hardness properties of composite aluminum/fly ash. This research uses fly ash powder and aluminum waste powder is processed through water atomization method. Fly ash powder as much as 10%, 20%, and 30% of the weight fraction was mixed with powder from aluminum waste (size $\leq 53 \mu\text{m}$). Each mixture is stirred using a mixer for 2 hours. A mixture of fly ash powder and powder from aluminum waste is uniaxially compressed at a pressure of 120 MPa and sintering in atmospheric environments with temperatures of 525 °C, 550 °C and 575 °C, then hardness testing. The test results show that along with the increase in the weight fraction of fly ash at the same temperature the hardness value decreases and the hardness value increases at a higher temperature. The highest hardness value is at sintering temperature of 525 °C with a weight fraction of 10% fly ash of 32.83 BHN, while the lowest hardness value is at a temperature of 575 °C with a weight fraction of 30% fly ash of 17.55 BHN.

Keywords: aluminum waste, fly ash, sintering temperature

PENDAHULUAN

Komposit adalah dua bahan atau lebih yang berbeda digabung atau dicampur secara makroskopis. Pada umumnya komposit terdiri dari dua unsur utama yaitu penguat (*reinforcement*) dan bahan pengikat yang disebut matrix [1]. Penguat adalah bahan utama yang menentukan karakteristik dari

komposit seperti kekakuan, kekuatan, dan ketahanan terhadap aus. Sedang matrix bertugas melindungi dan mengikat serat agar bekerja dengan baik [2].

Aluminium merupakan material yang banyak digunakan pada berbagai komponen mesin terutama dalam bentuk paduan karena berbagai keunggulan sifatnya dibanding material lain. Beberapa keunggulannya adalah

tahan korosi, ringan, konduktifitas listrik baik, konduktifitas panas baik dan sifat dekoratif. Aluminium adalah salah satu jenis material yang banyak dibutuhkan dan digunakan dalam berbagai bidang yaitu bidang penerbangan, otomotif, konstruksi dan lain-lain. Aluminium mempunyai densitas yang rendah dibandingkan dengan baja, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, ulet dan tahan korosi [3]. Dalam penelitian ini serbuk aluminium diperoleh dari limbah aluminium yang diproses melalui atomisasi air. Untuk meningkatkan sifat mekanis aluminium biasanya dipadukan dengan unsur atau partikel sebagai penguat seperti *fly ash*.

Fly ash (abu terbang) merupakan salah satu hasil sisa (limbah) batu bara yang diperoleh dari penyaringan gas yang dikeluarkan dari saluran pembuangan pada suatu *power plant*. *Fly ash* yang semakin menumpuk setiap tahunnya dibiarkan begitu saja sehingga menimbulkan polusi bagi lingkungan bahkan manusia. Produksi *fly ash* menyebabkan polusi terhadap lingkungan yang berdampak terhadap pencemaran udara. *Fly ash* mempunyai titik lebur sekitar 1300°C [4] dan berdasarkan uji komposisi kimia *fly ash* mengandung CAS ($C_aO-Al_2O_3-SiO_2$) dalam jumlah besar yang merupakan pembentuk utama *network glass*. *Fly ash* mempunyai precipitator dengan kerapatan massa massa (densitas) antara 2,0 – 2,8 g/cm^3 yang mempunyai kandungan silika dan alumina, sehingga dapat meningkatkan sifat mekanis dari material yang digunakan yaitu aluminium, di antaranya kekuatan, kekakuan dan ketahanan aus. Pemanfaatan *fly ash* juga sangat menguntungkan dilihat dari sudut pandang lingkungan, karena banyaknya abu yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara akibat kecenderungan industri mulai mengalihkan sumber energi dari minyak ke batubara, sehingga akan menyebabkan polusi lingkungan berupa pencemaran udara dan air tanah.

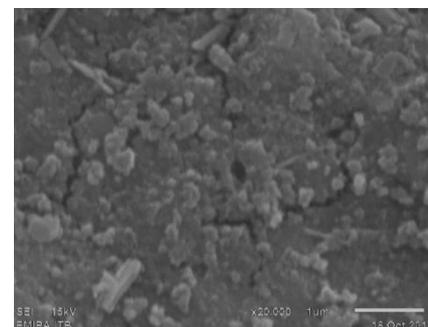
Penelitian dengan matrik aluminium telah banyak dilakukan [5] meneliti pengaruh kandungan serbuk alumina terhadap kekerasan dan kekuatan bending komposit paduan Al-Si/Alumina. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa penambahan partikel Al_2O_3 menurunkan densitas dari komposit paduan Al-Si/ Al_2O_3 . Kekerasan dan kekuatan bending akan optimal pada 6% berat Al_2O_3 dan akan menurun bila kandungan Al_2O_3 lebih dari 6% berat.

Suarsana [6] meneliti tentang studi eksperimen pembuatan komposit metal matrik aluminium penguat SiC *wisker* dan Al_2O_3 partikel sebagai material alternatif komposisi aluminium : 90% wt, 80% wt dan 70% wt dengan variasi penguat 10% wt, 20% wt dan 30% wt. Hasil penelitian adalah penambahan komposisi persen berat SiC dan alumina memberikan pengaruh pada sifat fisik dan mekanik komposit.

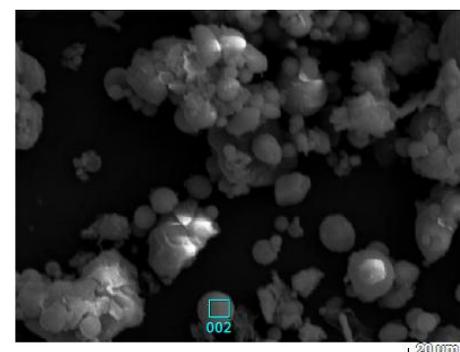
Berdasarkan uraian di atas maka kami melakukan penelitian yaitu Pengaruh fraksi berat *fly ash* terhadap serbuk aluminium dengan tujuan mengetahui pengaruh penambahan serbuk partikel *fly ash* terhadap nilai kekerasan dan morfologinya.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk aluminium yang diproduksi dari bahan limbah aluminium berupa kaleng minuman kemudian diolah dengan metode metalurgi serbuk dan *fly ash* sebagai penguat berasal dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang ada di Sulawesi Tengah. Bentuk serbuk aluminium dan *fly ash* dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Foto serbuk aluminium yang diamati dengan SEM (perbesaran 20000x pada saat ambil gambar)



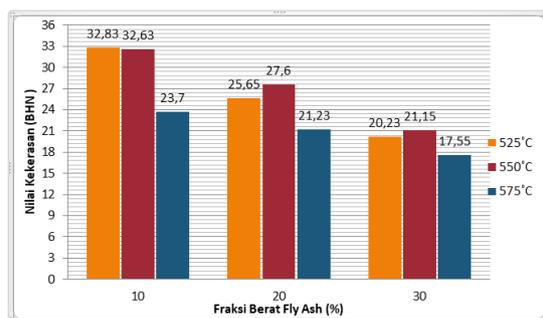
Gambar 2. Foto serbuk *fly ash* yang diamati dengan SEM (perbesaran 2000x pada saat ambil gambar)

Aluminium dan *fly ash* yang digunakan dengan ukuran serbuk $\leq 53\mu\text{m}$. Serbuk *fly ash* ditambahkan pada serbuk aluminium dengan variasi 10%, 20%, dan 30% fraksi berat kemudian di mixer selama 2 jam. Sebelum dimixing, serbuk ditambahkan alkohol agar terjadi campuran homogen. Hasil campuran tersebut dibuat *green body* dengan tekanan uniaxial 120 Mpa. Setelah *green body* terbentuk dilanjutkan dengan proses sinter pada temperatur 525 °C, 550 °C dan 575 °C, selama 30 menit di dalam *furnace*. Spesimen yang terbentuk dilakukan pengujian kekerasan *Brinell* dan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan

Pada pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Brinell* yang didasarkan penekanan pada spesimen dengan gaya tekan tertentu ke permukaan rata dari spesimen benda uji. Uji kekerasan *Brinell* berupa pembentukan lekukan pada permukaan material dengan memakai bola baja berdiameter 2,5 mm dan diberi beban 15,625 kgf. Beban diterapkan selama waktu tertentu dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop, setengah beban tersebut di hilangkan. Kemudian dicari harga rata-rata dari 3 buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah tegak lurus, pengaruh fraksi berat *fly ash* terhadap sifat kekerasan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh fraksi berat terhadap kekerasan

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan untuk fraksi berat *fly ash* 10%, 20%, 30% dengan temperatur 525 °C terus menurun seiring bertambahnya fraksi berat *fly ash*, dengan nilai kekerasan 32,83 BHN, 25,65 BHN, 20,23 BHN. Pada temperatur 550 °C nilai kekerasannya 32,63 BHN, 27,60 BHN, 21,15 BHN, dan pada temperatur 575 °C nilai kekerasannya berturut turut 23,70 BHN, 21,23

BHN, 17,55 BHN. Pada temperatur 525 °C dengan fraksi berat *fly ash* 10% memiliki nilai kekerasan tertinggi. Hal ini disebabkan temperatur *sintering* mendekati tahap final stagesehingga ikatanpartikel masih kuatdan penambahan *fly ash* masih sedikit sehingga porositas yang ditimbulkan sedikit.

Untuk fraksi berat *fly ash* 20%, 30% pada temperatur 550 °C. Pada fraksi ini kekerasannya semakin menurun seiring penambahan *fly ash* ini disebabkan ikatan partikel tidak sempurna.

Pada temperatur 575 °C dengan penambahan fraksi berat *fly ash* 30% nilai kekerasannya rendah, disebabkan kurang homogen pada saat proses mixing sehingga terjadi gumpalan partikel *fly ash* yang memungkinkan tidak terjadi ikatan antara partikel akibat proses sinter belum sempurna.

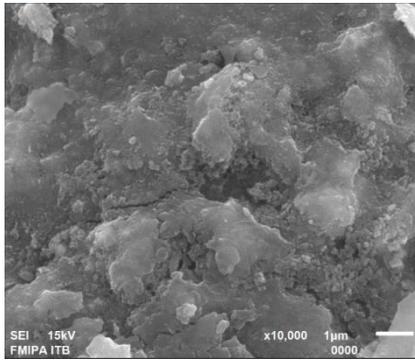
Kekerasan sebuah komposit AMC sangat ditentukan oleh kekerasan partikel penguat dan proses pembuatan komposit yang dipilih [7,8]. Partikel seperti *fly ash* yang terikat baik oleh matrik aluminium akan membentuk suatu daerah dengan kekerasan yang lebih tinggi dibanding dengan daerah yang mendapatkan sedikit penguat atau tanpa penguat sama sekali. Interaksi yang baik antara matrik dan penguat akan menyebabkan kekerasan komposit meningkat [9].

Setelah penambahan fraksi berat *fly ash* semakin meningkat, kekerasan komposit Al-*fly ash* akan cenderung konstan/turun. Penurunan ini disebabkan oleh semakin banyaknya *porous* yang terbentuk dalam komposit akibat jumlah partikel penguat yang tidak tersinter semakin besar [10]. Selain itu partikel penguat yang tadinya diharapkan akan mengisi *porous* dan terikat oleh matriknya ternyata berukuran terlalu kecil, sehingga hanya mengisi/menempati dasar *porous* (Gambar 4.c).

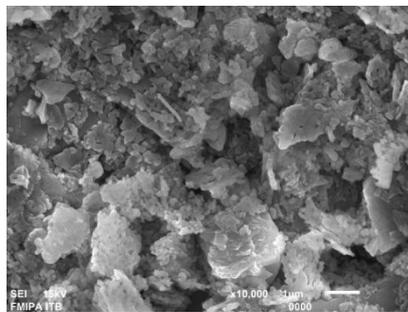
Pengamatan struktur mikro

Perbedaan struktur mikro pada spesimen yang telah disinter antara komposit paduan Al-*Fly ash* dapat dilihat pada Gambar 4.a dan 4.b. Pada Gambar 4.a dapat dilihat pada temperatur yang sama batas antar partikel aluminium masih terlihat jelas. Hal ini menunjukkan bahwa sinter belum sepenuhnya terjadi. Pada spesimen dengan fraksi berat 10% *fly ash* pada temperatur 575 °C (Gambar 4.c) dapat dilihat *porous* berukuran besar tetapi jumlahnya relatif sedikit *porous* sedangkan pada spesimen dengan fraksi berat 10% *fly*

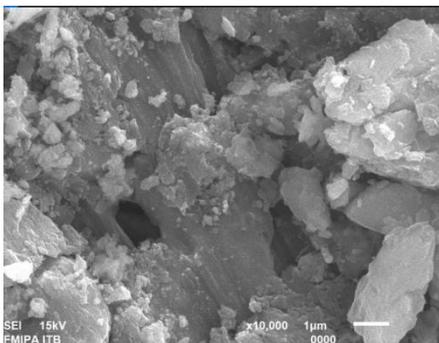
ash pada temperatur 550 °C (Gambar 4.b) terlihat bahwa *porous* berukuran kecil tetapi jumlah relatif lebih banyak. Disitu juga terlihat batas tepi serbuk aluminium. Hal itu menunjukkan bahwa sinter pada spesimen dengan penambahan penguat bahan belum sepenuhnya sempurna.



a. Fraksi berat Fly ash 10 % 525 °C



b. Fraksi berat Fly ash 10 % 550 °C

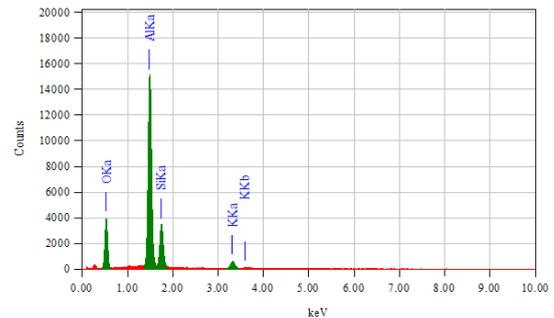


c. Fraksi berat Fly ash 10 % 575 °C

Gambar 4. Foto mikro komposit Al/Fly ash pembesaran 10.000x (pada saat pengambilan gambar)

Berdasarkan tahapan proses sinter, sinter yang terjadi masih berada pada tahap *intermediate stage*, di mana terjadi penyusutan porous. Sinter yang terjadi pada komposisi tanpa penguat terjadi lebih cepat dibandingkan dengan adanya penguat. Sehingga agar dapat dicapai sinter yang lebih baik perlu dilakukan sinter dengan waktu yang lebih lama dan temperatur yang lebih tinggi. Dengan waktu

yang lama diharapkan akan terdapat energi yang mencukupi untuk terjadinya proses sinter secara lebih sempurna. Sedangkan temperatur yang lebih tinggi diberikan karena berdasarkan pengujian EDX jumlah Al dan O dalam serbuk aluminium cukup tinggi (Gambar 5) yang dapat membentuk senyawa Al_2O_3 . Keberadaan Al_2O_3 yang tinggi ini akan menyebabkan energi panas yang diterima oleh serbuk aluminium berkurang. Hal ini karena Al_2O_3 yang mempunyai temperatur lebur tinggi akan melapisi permukaan serbuk aluminium. Dari analisa diatas dapat diketahui bahwa penambahan *fly ash* fraksi berat akan menghambat terjadinya proses sinter, sehingga proses sinter tidak dapat mencapai tahap akhir (*final stage*). Proses sinter antar partikel yang tidak berlangsung dengan baik/semurna, akan berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan [11].



Gambar 5. Hasil pengujian EDS komposit Al/fly ash

KESIMPULAN

Pada hasil pengujian kekerasan *brinell*, kekerasan tertinggi terdapat pada hasil temperatur *sintering* 525 °C dengan fraksi berat Al 90%, Fly Ash 10% yaitu sebesar 32,83 BHN, sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu pada temperatur 575 °C dengan fraksi berat Al 70%, Fly Ash 30% sebesar 17,55 BHN.

SARAN

Pencampuran partikel Al dan *fly ash* sebaiknya dilakukan pada temperatur tinggi (>80 °C) atau pada ruang dengan kelembaban terkontrol supaya tidak terjadi penggumpalan (*aglomerasi*).

Dalam pembuatan komposit dengan metode metalurgi serbuk, sebaiknya penekanan dan pemanasan dilakukan secara bersamaan (*hot pressing/hot extrusion*). Dengan mengaplikasikan panas dan tekanan secara simultan, diharapkan densitas komposit akan lebih baik. Diharapkan dengan densitas yang

lebih baik, sifat fisik dan mekanik komposit akan lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang tak terhingga pada kementerian Ristek Dikti dengan fasilitas yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gibson, R.F., 1994, "*Principles of Composite Material Mechanics*", Mc Graw Hill Book Co New York
- [2] Subarmono, Jamasri, M.W. Wildan dan Kusnanto., 2008, "*Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Sebagai Penguat Aluminium Matrix Composite*", Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra Surabaya Vol. 10 No. 2: 109-114
- [3] Callister Jr, William D, 2009, "*Materials Science And Engineering An Introduction*" 8th Edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- [4] Erol M., Genc A., Overcoglu M.L., Yucelen U., Kucukbayrak S., dan Taptik Y, "*Characterization of Glass Ceramic Produced from Thermal Power Plant Fly Ash*" Journal of the European Ceramic Society, 20, 2209-2214, 2000
- [5] Wildan, W.M., Rusianto, T., dan Rochardjo, B.S.H, "*Pengaruh Kandungan Serbuk Alumina Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Bending Komposit Paduan Al-Si/Alumina*", Jurnal Mesin dan Industri, Volume 2 (1), 2005
- [6] Suarsana K., Rudy S., A Suprpto., Anindito P., dan Wijaya S., "*Pengaruh Komposisi Penguat SiC Wisker dan Al₂O₃ pada Aluminium Matrix Composite (AMC) terhadap Kekerasan Setelah Proses Sintering*", Prosiding Konferensi Nasional Perhotelan, Universitas Udayana Bali, Nomor 1. Volume 3. ISSN 2338 – 414X, 2015
- [7] Barsoum, M.W., 1997, "*Fundamental of Ceramics*", Mc Graw-Hill Book Co New York
- [8] German, R.M., 1994, "*Powder Metallurgy Science*", Metal Powder Industries Federation, Princeton New Jersey
- [9] Warren, R., 1992, "*Ceramic-Matrix Composite*", Published in the USA by Chapman and Hall, New York
- [10] Rusianto, T., 2004, "*Sifat fisis dan mekanis komposit paduan Al-Si/Al₂O₃ yang dibuat dengan metode metalurgi serbuk*", Tesis Program Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin UGM
- [11] Wang, H., Rui Z., Xing H., Chang-An W., dan Yong H., 2008, "*Characterization of a powder metallurgy SiC/Cu-Al composite*", Journal of Materials Processing Technology Vol. 197: 43-48