

ANALISA KEKERASAN KOMPOSIT ALUMINIUM FLY ASH

Gustini

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Jl.Raya Palembang Prabumulih km 32, Inderalaya-Ogan Ilir (30662)
Sumatera Selatan, Indonesia
Phone: +62-711-580272, FAX: +62-711-580272, E-mail: gustini.tmunstri@Gmail.com

RINGKASAN

Komposit matrik logam aluminium dapat dibuat dengan cara metalurgi serbuk, salah satu metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu material adalah pengujian kekerasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan komposit aluminium fly ash.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk aluminium sebagai matrik dan serbuk fly ash sebagai penguat. Serbuk fly ash dikalsinasi pada temperatur 800°C selama 3 jam. Komposisi aluminium dan fly ash adalah 95% dan 5 % fraksi berat. Campuran tersebut di-mixing selama 5 jam dan dikompaksi awal dengan tekanan 50 MPa dan 100 MPa untuk memperoleh green compact. Green compact tersebut di-hot isostatic pressing dengan tekanan 120 MPa dan dengan variasi temperatur (520°C, 540°C dan 570°C) dengan waktu penahanan selama 1 jam dan di-pressureless sintering dengan variasi temperatur (520°C, 540°C dan 570°C) dengan waktu penahanan selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Vickers.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan yang optimal diperoleh pada komposit aluminium fly ash yang di-hot isostatic pressing pada temperatur 540°C, tekanan 120 MPa dengan waktu penahanan 1 jam. Komposit aluminium-fly ash dengan fraksi berat 95% dan 5% mempunyai kekerasan optimal pada kekerasan vickers sebesar 418,7 VHN. Hal tersebut terjadi karena pada spesimen terjadi reaksi in-situ dengan teroksidasinya aluminium menjadi alumina selama proses sinter yang ditunjukkan juga dengan adanya unsur matrik (Cu dan Sn) pada fase penguat fly ash yang teroksidasi.

Kata kunci: kekerasan vickers, komposit fly ash-aluminium silikat, kalsinasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Komposit merupakan salah satu jenis material yang saat ini sedang dikembangkan penggunaannya untuk berbagai hal, seperti untuk pesawat terbang, kendaraan bermotor dan berbagai macam peralatan yang membutuhkan kekuatan yang tinggi tetapi ringan. Komposit adalah gabungan material yang terdiri dari dua atau lebih komponen material penyusun, baik secara mikro maupun secara makro yang berbeda bentuk dan komposisi kimianya.

Komposit matrik logam dapat dibuat dengan metoda pengecoran ataupun dengan metoda metalurgi serbuk. Namun untuk metode pengecoran mempunyai kendala yaitu sulit membuat komposit homogen, karena partikel penguat biasanya mengendap atau mengapung yang disebabkan beda berat jenis. Sedangkan dengan metode metalurgi serbuk dapat dilakukan dengan mencampurkan serbuk matrik logam dan penguat hingga diperoleh campuran yang homogen. Campuran tersebut kemudian dikompaksi dengan tekanan tertentu dan

kemudian disinter dengan temperatur tertentu sehingga akan diperoleh penggabungan partikel serbuk dan penguat.

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.

Fly ash terbentuk pada suhu antara 920-1200°C dan berkumpul menjadi *precipitator ash* (partikel padat) dan *cenospheres* (*microspheres* yang berongga), *cenosphere* mempunyai kerapatan yang rendah sekitar 0,6 g.cm⁻³ dan dapat digunakan sebagai penyusun *ultra-light* material komposit, sedangkan *precipitator ash* mempunyai kerapatan antara 2,0-2,5 g.cm⁻³ (Bienas, dkk, 2003). Menurut Landman (2003) dan Bienas, dkk (2003) fly ash mengandung sebagian besar *silica* (SiO₂) dan *alumina* (Al₂O₃) dan sebagian kecil *calcium oxides* (CaO) dan *magnesium oxides* (MgO) yang merupakan



material keramik (Shackelford, 1992). Serbuk aluminium memiliki kerapatan $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$ dan titik lebur 660°C , beberapa keunggulan serbuk aluminium adalah : kekuatan tinggi pada suhu ruangan dan mempunyai kerapatan yang rendah (ringan) (Hatch, 1999).

Komposit matrik logam dengan matrik aluminium untuk penguat jenis keramik seperti SiC, SiO₂, Al₂O₃, aluminosilicates, graphite, dan *fly ash* dengan fraksi volume rendah (<10%) menghasilkan sifat mekanis yang lebih baik (Ejiofor dkk., 1997). Pengaruh fraksi volume terhadap ketahanan aus adalah dengan meningkatnya fraksi volume dapat meningkatkan densitas, kekerasan dan kekuatan material (Kobayashi, dkk., 1998). Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini akan menganalisa kekerasan komposit Al-*fly ash* yang dibuat dengan teknik metalurgi serbuk.

Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui kekerasan *vickers* komposit Al-*fly ash*.
- b. Membandingkan proses sintering secara *hot isostatic pressing* dengan *pressureless sintering* untuk mengetahui kekuatan material komposit Al-*fly ash*.

TINJAUAN PUSTAKA

Komposit matrik logam (*metal matrix composites*, MMC) dengan matrik aluminium dan menggunakan penguat berbentuk serat tidak kontinyu (*discontinuously reinforced composites*) yang dapat berupa *short fibres*, *particulates* dan *whiskers*, merupakan jenis material baru yang ringan, digunakan apabila kekuatan bukan menjadi tujuan utama, tapi ketika kekakuan tinggi, ketahanan aus yang lebih baik, terkendali diberbagai perubahan suhu dan diharapkan mampu bekerja pada suhu yang lebih tinggi (Froyen, 1994) dan (Verlinden, 1994). Komposit matrik logam yang dibuat dengan teknologi metalurgi serbuk dengan matrik aluminium dan penguat *fly ash* belum ada diteliti, tapi jenis penguat keramik lainnya telah banyak diteliti seperti SiC diteliti oleh Xu, dkk. (1997), B₄C diteliti oleh Zhang, dkk. (2004), Al₂O₃ diteliti oleh Rusianto (2004), *graphite* diteliti oleh Setyana (2005) dari semua penelitian di atas sebagian besar menunjukkan peningkatan sifat mekanis komposit seperti kekerasan, ketahanan aus dan kekuatan terhadap beban bending, dengan penguat jenis keramik, sedangkan untuk *fly ash* yang digunakan sebagai matrik yang disebut dengan komposit matrik keramik (*Ceramic matrix composites*, CMC) dengan penguat *aluminosilicate* telah diteliti oleh Ismail (2004) dan Nurzal (2004), dari pengujian struktur mikro kedua penelitian ini menunjukkan bahwa *aluminosilicate* terdistribusi merata diseluruh permukaan dan mengisi batas butir sehingga porositas bahan berkurang.

Metalurgi serbuk sebaiknya digunakan pada jenis penguat berbentuk serat dengan ukuran antara (20-60) μm yang termasuk dalam *discontinuously reinforced composites*, karena akan memerlukan waktu

pengcampuran yang pendek dibandingkan dengan penguat berbentuk serat dengan ukuran lebih kecil yaitu $< 20 \mu\text{m}$ (German, 1994) dan telah diteliti oleh Zhang dkk. (2004), penelitian ini juga menunjukkan kekuatan yang besar dengan fraksi volume penguat 5 % dibandingkan dengan fraksi volume penguat 15 % (yaitu dengan peningkatan laju pengerasan regangan pada komposit dengan matrik aluminium dan penguat keramik (B₄C) dengan fraksi volume 5 %).

Metalurgi Serbuk

Penggabungan aluminium-*fly ash* sangat dipengaruhi oleh kontrol *interface* antara matrik dan penguat. Proses pembuatan komposit dengan teknologi metalurgi serbuk ada dua hal utamanya yaitu (Froyen, 1994):

- a. Reaksi *interfacial* antara matrik dan penguat sangat terbatas, yang digunakan untuk mengurangi kekosongan pada penguat, dan formasi itu membentuk *phase* baru yang keras.
- b. Pengikatan yang baik (kuat atau lemah) ditentukan dari sifat-sifat mekanis yang diinginkan, di antaranya untuk ketangguhan patah yang tinggi atau sifat ketahanan lengkung yang baik.

Tahapan pada teknologi metalurgi serbuk, terdiri dari beberapa langkah yaitu (Verlinden, 1994) :

- a. *Mixing*
- b. *Precompaction*
- c. *Hot Consolidation (Full Density Processing)*

a. *Mixing*
Penggabungan serbuk yang memiliki komposisi kimia yang berbeda sehingga diperoleh campuran yang homogen, yaitu dengan menggabungkan antara serbuk matrik dan penguat.

- b. *Precompaction*
Serbuk ditekan dengan tekanan yang rendah untuk mendapatkan bentuk *green compact*, yang memiliki kerapatan lebih besar dibandingkan sebelum mendapat proses *compacting*, tapi kekuatan dan kekerasannya relatif rendah.

- c. *Hot Consolidation (Full Density Processing)*
Hot Consolidation (Full Density Processing) yang akan dilakukan dengan cara *hot isostatic pressing*, yaitu suatu proses penekanan panas yang dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi, menggunakan tekanan *isostatic* (tekanan sama ke segala arah), dengan menggunakan serbuk alumina sebagai media tekan (Verlinden, 1994). Cetakan yang akan diisi serbuk terbuat dari pelat logam tahan panas (German, 1994), kompaksi dan sintering pada proses *hot isostatic pressing* ini dilakukan secara bersamaan. Parameter yang dikontrol adalah tekanan, temperatur dan waktu untuk menghasilkan material yang memiliki



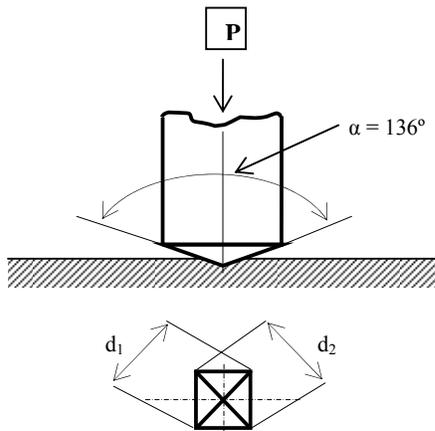
kerapatan tinggi (porositas hampir tidak ada) yang dapat meningkatkan sifat mekanis bahan (Thumler, 1993).

Kekerasan

Metode pengukuran kekerasan dilakukan dengan uji *Vickers*, dengan mengacu pada standar ASTM (E 92-82, 2003), angka kekerasan *Vickers* dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$HV = 1,8544 \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

Pengujian *Vickers*, dapat dilihat pada Gambar 1.

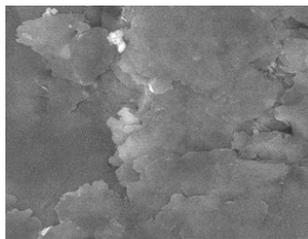


Gambar 1. Prinsip uji *Vickers* (ASTM, E 92-82, 2003).

METODE PENELITIAN

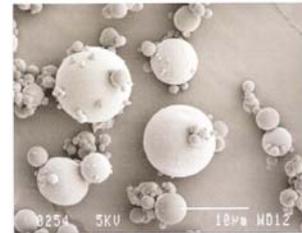
Bahan Penelitian

- a. Serbuk AK12 (AlSi12CuNiMg) aluminium silikon paduan dasar sebagai matrik. Foto struktur mikro aluminium silicon yang diamati dengan SEM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Foto serbuk aluminium yang diamati dengan SEM.

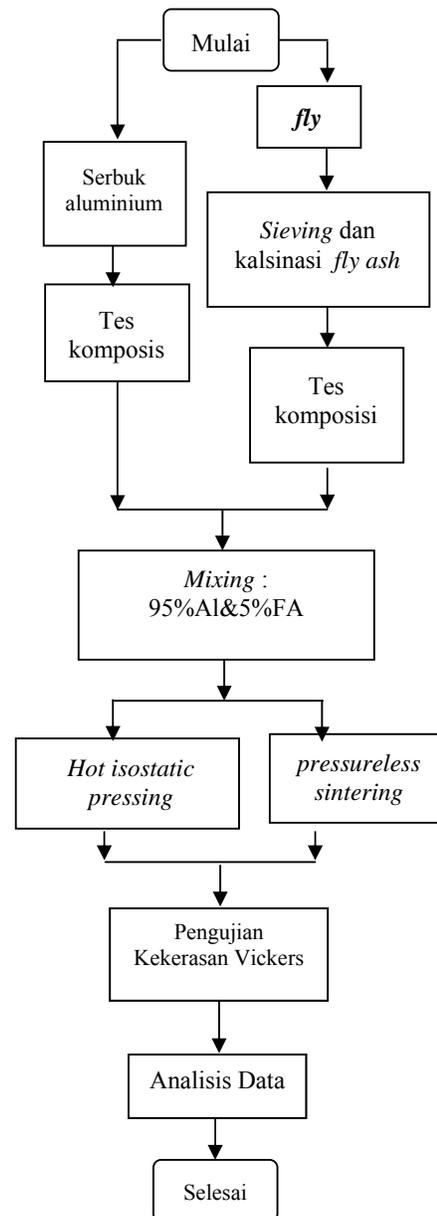
- b. *Fly ash* berbentuk serbuk dengan ukuran partikel (53-100) µm dan berwarna abu-abu, digunakan sebagai penguat. Foto struktur mikro *fly ash* yang diamati dengan SEM dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Foto *fly ash* yang diamati dengan SEM.

Skema Penelitian

Jalannya penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.

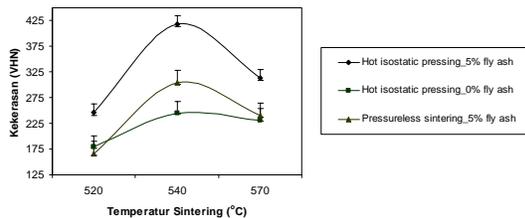


Gambar 5. Diagram alir penelitian



HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Vickers* pembebanan 153,2 N pada spesimen yang berbentuk silindris yang terlebih dahulu diampelas dan diautosol agar permukaannya rata dan mengkilap, untuk memudahkan melihat hasil injakannya. Hasil injakan indenter yang berbentuk diagonal diamati dengan mikroskop optik dengan pembesaran 50x dimana pembacaan 19 strip = 1 mm. Harga kekerasan *Vickers* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1), hasil pengujian *Vickers* yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan antara kekerasan dengan temperatur sintering.

Hasil pengujian pada Gambar 6 menunjukkan kekerasan *Vickers* pada komposit aluminium dengan penambahan 5% fraksi berat *fly ash* yang dibuat dengan *hot isostatic pressing* lebih tinggi bila dibandingkan dengan komposit aluminium dengan penambahan 5% fraksi berat *fly ash* yang dibuat dengan *pressureless sintering*. Kekerasan *Vickers* optimum terjadi pada temperatur *hot isostatic pressing* 540°C yaitu sebesar 418,7VHN dengan tekanan 120 MPa selama 1 jam pada 5% fraksi berat. Hal tersebut terjadi karena densitasnya juga optimal, jika dibandingkan dengan temperatur *hot isostatic pressing* 570°C yaitu sebesar 313VHN dan akan turun pada temperatur *hot isostatic pressing* 520°C yaitu sebesar 245,8VHN yang ditunjukkan juga dengan penurunan densitas sehingga menyebabkan kekerasan bahan juga menurun. Hal tersebut juga berlaku untuk komposit 0% *fly ash* yang dibuat dengan *hot isostatic pressing* dan 5% *fly ash* yang dibuat dengan *pressureless sintering* yang suhu optimalnya juga pada temperatur 540°C yaitu sebesar 304,3 VHN dan 245,3 VHN. Kekerasan tersebut juga turun pada temperatur 570°C yaitu sebesar 240,5VHN dan 232,0VHN dan paling lunak pada temperatur 520°C yaitu sebesar 165,8VHN dan 179,4VHN.

Komposit yang dibuat dengan *hot isostatic pressing* memiliki kekerasan yang lebih tinggi yaitu sebesar 418,7VHN yang hampir dua kali dari kekerasan material komposit yang dibuat dengan *pressureless sintering* 245,3VHN. Hal tersebut disebabkan oleh densitas material yang dibuat dengan *hot isostatic pressing* juga lebih besar dari *pressureless sintering*.

Peningkatan kekerasan juga disebabkan karena adanya oksidasi dari aluminium membentuk alumina pada matrik karena reaksi *in-situ* dari hasil pengujian dengan EDX. Hal lainnya ditunjukkan juga dengan adanya unsur matrik (Cu dan Sn) pada fase penguat *fly ash* yang teroksidasi. Seperti dilaporkan Setyana dan Tarmono (2005) peningkatan kekerasan selain dengan penambahan TiO₂ juga disebabkan oleh adanya alumina yang terbentuk karena reaksi *in-situ*, yang ditunjukkan dari hasil pengujian EDX.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan penguat *fly ash* sebesar 5% pada *hot isostatic pressing* meningkatkan sifat mekanis komposit aluminium-*fly ash* yaitu dengan meningkatnya kekerasan *vickers* dibandingkan dengan *pressureless sintering*.
2. Pada partikel matrik terjadi reaksi *in-situ* yaitu teroksidasinya aluminium membentuk alumina, yang terjadi hanya pada *interface* aluminium dan *fly ash*.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengambil variasi penguat sebagai variabel penelitian agar didapat hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM., 2003, "Annual book of ASTM Standards", Section 3, Volume 03.01, pp. 234-235, Baltimore, MD, U.S.A.
- [2] Bienias, J., Walczak, M., Surowska, B., dan Sobezak, J., 2003, "Microstructure and corrosion behaviour of aluminum fly ash composites", Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol.5, No.2, June 2003, pp. 493-502.
- [4] Ejiolor, J.U. dan Reddy R.G., 1997, "Developments in the processing and properties of particulate Al-Si composites", Journal JOM, 49 (11), pp. 31-37.
- [5] Filho, A.L., Atkinson, H., dan Jones, H., 1998, "Hot isostatic pressing of metal reinforced metal matrix composites", Journal of Materials Science 33, pp. 5517-5533.
- [6] Froyen, L. dan Verlinden, B., 1994, "Aluminium Matrix Composites Materials", Training in Aluminium Application Technologies (TALAT) Lecture 1402, pp. 12.
- [7] German, R.M., 1994, "Powder metallurgy science", 2nd Edition, pp. 318-321, Metal powder industries federation, New Jersey.



- [8] Hatch, J.E., 1999, “*Aluminum properties and physical metallurgy*”, 9th Edition, American society for metals, Metal park, Ohio.
- [9] Ismail, I., Jamasri, Wildan, M. W., 2004, “*Pengaruh komposisi fly ash dan aluminium silikat terhadap sifat fisis dan mekanis fly ash glass-ceramics*”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Piping Engineering, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, pp. 43-47.
- [11] Kobayashi, M., Funami, K., Suzuki, S., dan Ouchi, C., 1998, “*Manufacturing process and mechanical properties of fine TiB dispersed Ti-6Al-4V alloys composites obtained by reaction sintering*”, Materials Science and Engineering A 243, pp. 279-284.
- [12] Landman, A.A., 2003, “*Aspects of solid-state chemistry of fly ash and ultramarine pigments*” University of Pretoria etd.
- [13] Miyajima, T., dan Iwai, Y., 2003, “*Effects of reinforcements on sliding wear behavior of aluminum matrix composites*”, Wear 255, pp. 606-616.
- [14] Nurzal, Jamasri, Wildan, M. W., 2004, “*Pengaruh komposisi fly ash dan aluminium silikat terhadap sifat fisis dan mekanis fly ash glass-ceramics*”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Piping Engineering, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta pp. 48-52.
- [16] Setyana, L.D. dan Wildan, M. W., 2004, “*Pengaruh tekanan kompaksi dan kandungan grafit terhadap sifat fisis dan mekanis pada komposit al/grafit*”, Proceeding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di bidang Industri, Yogyakarta.
- [17] Surappa, M.K., 2003, “*Aluminium matrix composites: Challenges and opportunities*”, Sadhana, Vol. 28, Parts 1 & 2, February/April 2003, pp. 319–334, India.
- [18] Thumler, F. dan Oberacker, R., 1993, “*An Introduction to Powder Metallurgy*”, Book 490, The Institute of Materials, London.
- [19] Verlinden, B. dan Froyen, L., 1994, “*Aluminium Matrix Composites Materials*”, Training in Aluminium Application Technologies (TALAT) Lecture 1401.
- [20] Xu, Z.M., Loh, N.L. dan Zhou, M. 1997, “*Hot isostatic pressing of cast SiCp-reinforced aluminium-based composites*”, Journal of Materials Processing and Technology, USA, Vol. 67, Nos. 1-3, pp. 131-136.



