

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* MELALUI PROSES SEPARASI *IRON OXIDE* DAN *COAL* TERHADAP KEKERASAN ALUMINIUM *FLY ASH* MATRIX COMPOSITE

Sugiyanto¹⁾

Abstrak

Fly ash (*abu terbang*) merupakan salah satu sisa hasil pembakaran batubara yang tertangkap oleh electrostatic precipitator pada saat gas sisa hasil pembakaran dikeluarkan melewati saluran pembuangan pada suatu power plant. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa ternyata fly ash ini mempunyai sifat fisik dan kimia yang berguna dalam material konstruksi dan industri.

Penambahan fly ash sebagai partikel penguat (reinforcement) pada material aluminium sangat berguna untuk mengurangi biaya dari coran aluminium dan diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik dari Metal Matrix Composite (MMC) yang dihasilkan. Namun ketidakseragaman partikel fly ash (ukuran partikel dan komposisi kimia) menjadi permasalahan dalam pembuatan MMC ini. Untuk mengatasi masalah ini maka dilakukan proses separasi Coal dan Fe_2O_3 pada fly ash yang mempunyai perbedaan densitas yang besar dengan densitas aluminium. Proses pembuatan komposit aluminium fly ash ini menggunakan metode stir casting, dengan menggunakan variasi awal persentase berat fly ash sebesar 5 %, 10 % dan 15 %.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan fly ash yang telah disepari ini terhadap sifat mekanik aluminium maka dilakukan pengujian kekerasan dan mikrografi. Dari hasil pengujian diketahui bahwa penambahan fly ash separasi pada komposit aluminium fly ash menyebabkan naiknya harga kekerasan sebesar 12.25 % untuk Al-FA 5%, 25.76 % untuk Al-FA 10% dan 9.30 % untuk Al-FA 15 %.

Kata kunci: fly ash, separasi

PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam yang penggunaan setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja. Hal ini karena sifat aluminium yang ringan, memiliki ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik. Namun sifat mekanis yang rendah menjadi kendala dalam penggunaan aluminium ini. Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah Metal Matrix Composites (MMCs). Metal Matrix Composites adalah rekayasa material dengan cara mengkombinasikan dua atau lebih material dimana salah satu materialnya berupa material logam yang bertujuan untuk meningkatkan properties dari material tersebut. MMC mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan material logam yang berdiri sendiri (monolithic metal).

Beberapa tahun terakhir ini dikembangkan penelitian tentang aluminium fly ash. Fly ash merupakan salah satu hasil pembakaran batubara yang dipisahkan dari gas buang pembangkit listrik dengan menggunakan electrostatic atau mechanical precipitators. Fly ash digunakan sebagai bahan penguat aluminium menggantikan penguat aluminium sebelumnya yang lebih mahal. Penggunaan fly ash ini ternyata dapat menghasilkan aluminium komposit dengan sifat mekanik yang lebih baik dan biaya yang murah. Semakin banyak batubara yang dibakar semakin banyak pula fly ash yang dihasilkan, hal ini

akan menyebabkan masalah terhadap lingkungan karena fly ash merupakan limbah debu yang dapat mencemari lingkungan sekitar. Dengan pemanfaatan fly ash sebagai material penguat aluminium berarti dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

DASAR TEORI

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan yang kedua setelah besi dan baja. Material ini digunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya. Al didapat dalam keadaan cair dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85% .

Tabel 1. Sifat fisik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20 °C)	2,6989	2,71
Titik cair (°C)	660,2	653 - 657
Panas jenis (cal/g.°C) (100 °C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (/ °C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuai (20 - 100 °C)	$23,86 \times 10^{-6}$	$23,5 \times 10^{-6}$
Jenis kristal, konstanta kisi	fcc, a=4,013 kX	fcc, a=4,04 kX

Catatan: fcc: face centered cubic = kubus berpusat muka

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

Aluminium dan Paduannya

Paduan adalah kombinasi dua atau lebih jenis logam. Kombinasi ini dapat merupakan campuran dari dua struktur kristalin, atau paduan dapat berupa larutan padat dalam logam. Larutan padat dalam logam mudah terbentuk bila pelarut dan atom yang larut memiliki ukuran yang sama dan struktur elektron yang serupa.

Fly Ash

Fly ash merupakan limbah padat yang tertangkap oleh *electrostatic precipitator* pada saat gas sisa hasil pembakaran batubara dikeluarkan melewati cerobong dan jumlahnya berton-ton. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengisi atau penambahan pada aluminium biasa disebut dengan *Metal Matrix Composites (MMC)*. *Fly ash* sendiri terbentuk pada suhu antara 920 – 1200 °C dan memiliki densitas berkisar antara 1.3 – 4.8 g/cm³ yang besarnya tergantung dari unsur kimia dan porositas yang terjadi di dalamnya. Komposisi *fly ash* sebagian besar mengandung silika (SiO₂) yaitu sekitar 62,57 % dan alumina (Al₂O₃) dengan jumlah sebesar 31,45 % dengan sebagian kecil dari kalsium dan magnesium oksida. Kandungan mineral di dalam batubara, suhu pembakaran batubara, jenis tungku, proses pembakaran seperti perbandingan bahan bakar dan udara, cara pengumpulan dan penyimpanan *fly ash* sebelum digunakan menyebabkan *fly ash* yang dihasilkan dari suatu *power plant* antara daerah satu dengan daerah yang lain berbeda. Jadi tidak semua *fly ash* dapat digunakan sebagai campuran. Tabel 2 berikut menunjukkan densitas senyawa-senyawa yang terkandung dalam *fly ash*.

Tabel 2. Densitas senyawa yang terkandung pada *Fly Ash* [Ref. 10 hal. 16]

Constituent	Density
SiO ₂	2.65
Al ₂ O ₃	3.4 – 3.6
CaO	3.3 – 3.4
Fe ₂ O ₃	5.3 – 5.4
Al ₆ Si ₂ O ₁₃	2.8 – 3.0
Fe ₃ O ₄	5.1 – 5.2
Coal	0.64 – 0.93

METODE PENELITIAN

Persiapan Bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah aluminium dan *fly ash*. Aluminium diperoleh dari potongan-potongan lis yang tidak terpakai lagi. Sedangkan *fly ash* diperoleh dari PLTU Suralaya Jawa Barat, yang batubaranya berasal dari Berau Kalimantan Timur. Berikut adalah hasil dari penghitungan dari penimbangan untuk aluminium dan *fly ash* yang digunakan :

$$\begin{aligned} \text{Berat aluminium (m)} &= \rho \times V \\ &= 2,70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 219,761 \text{ cm}^3 = 593,355 \text{ g} \end{aligned}$$

Asumsi kerak yang terjadi pada saat pengecoran 30% berat aluminium, maka :

- Kerak = 30 % x 593,355 g = 178,007 g
- Berat total = Berat aluminium + asumsi kerak = 593,355 g + 178,007 g = 771,361 g
- Fly ash = 5% x berat aluminium = 5% x 593.355 = 29,668 g

Untuk semua hasil perhitungan, ditabelkan pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Berat aluminium dan *fly ash*

Variasi pengujian	Aluminium (g)	Fly ash (g)
Al tanpa fly ash	771,361	
Al 5% fly ash	732,793	29,668
Al 10% fly ash	694,225	59,335
Al 15% fly ash	655,657	89,003

Proses Separasi

Separasi Iron Oxide (Fe₂O₃)

Langkah-langkah proses pemisahan secara magnetik adalah sebagai berikut:

1. Melakukan proses pemisahan *fly ash* per bagian (per 200 g). *Fly Ash* yang sudah ditimbang ditaburkan diatas magnet alat pemisah (± 10 g). Alat diposisikan dengan kemiringan sekitar 70°.
2. *Fly Ash* yang sudah ditabur diratakan dengan kuas menyebar permukaan kertas diatas magnet, kemudian alat digetar-getarkan sampai *fly ash* terjatuh dalam kertas penampung, sementara itu senyawa *iron oxide* terhenti oleh gaya tarik magnet.
3. Proses tersebut diulang 3 sampai 4 kali.
4. Menimbang *fly ash* yang tersisa dan senyawa *iron oxide* yang tertangkap.

Proses Separasi Coal

Langkah pemisahan *coal (unburned carbon)* dengan proses fluidisasi adalah sebagai berikut:

1. Menaburkan satu bagian *fly ash* kedalam tabung fluidisasi yang berisi fluida air dengan alat bantu saringan.
2. Mengaduk *fly ash* yang sudah masuk dalam air sekitar 10 menit, hal ini bertujuan agar *coal* terbawa keatas oleh gelembung udara.
3. Mematikan pompa dan menghentikan adukan, kemudian dibiarkan sampai dengan *fly ash* mengendap seluruhnya, *coal* yang sudah mengapung akan tetap berada dipermukaan air.
4. Apabila air diantara endapan *fly ash* dan *coal* sudah jernih, menambah air kedalam alat fluidisasi secara perlahan-lahan sampai dengan *coal* tertumpah keluar semuanya.
5. Endapan *fly ash* yang masih tercampur dengan air dituang dalam tempat pengering.
6. *Fly ash* yang masih tercampur air tersebut dipanaskan sampai *fly ash* kering.

Proses Pengecoran

Langkah-langkah selama proses pengecoran adalah sebagai berikut :

1) Proses peleburan

Setelah ditimbang alumunium dimasukkan ke kowi di dalam dapur gas hingga seluruhnya mencair dan mencapai suhu penguangan.

2) Proses stir casting

Alumunium yang telah mencapai suhu penguangan (± 760 °C) dituang ke kowi dalam heater. Alumunium dituang sedikit demi sedikit dan diselingi dengan pemasukan *fly ash*. Aluminium *fly ash* tersebut kemudian diaduk selama 10 menit, dengan kecepatan pengadukan 600 rpm dan temperature pengadukannya ditahan pada range suhu 670 – 720 °C.

3) Proses pencetakan

Alumunium-*fly ash* yang telah tercampur dituang ke dalam cetakan logam yang sebelumnya telah dipanaskan (± 400 °C), kemudian dibiarkan hingga dingin pada suhu kamar. Setelah itu cetakan dibuka dan dibersihkan.

PEMBAHASAN

Jumlah spesimen yang akan dilakukan pengujian terdiri dari 3 buah, yaitu spesimen Al-FA 5%, Al-FA 10% dan Al-FA 15%. Untuk data pengujian aluminium tanpa penambahan fly ash penulis menggunakan data Adi Nugroho [2005] yang ditunjukkan pada Tabel 3. Adapun data hasil pengujian kekerasan aluminium-fly ash separasi ditunjukkan pada Tabel 4:

Tabel 3. Harga Kekerasan Brinell Aluminium tanpa *Fly ash*

No	Posisi titik	D	Harga kekerasan (HBN)
1	Acak	1.05	34.4
2	Acak	1.05	34.4
3	Acak	1.05	34.4
Σ			34.4

Tabel 4. Harga Kekerasan Brinell Aluminium-Fly Ash Separasi untuk berbagai harha Al-Fa

▪ Al-FA 5%

No	Posisi titik	D	Harga kekerasan (HBN)
1	Acak	0.98	39.8
2	Acak	0.99	39.0
3	Acak	1.01	37.4
Σ			38.7

▪ Al-FA 10%

No	Posisi titik	D	Harga kekerasan (HBN)
1	Acak	0.98	39.8
2	Acak	0.90	47.5
3	Acak	0.95	42.5
Σ			43.2

▪ Al-FA 15%

No	Posisi titik	D	Harga kekerasan (HBN)
1	Acak	1.01	37.4
2	Acak	1.01	37.4
3	Acak	1.00	38.1
Σ			37.6

Pengujian Mikrografi

Dari hasil pengujian mikrografi tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil foto mikrografi terlihat struktur yang berwarna terang merupakan matrix aluminium yang mendominasi permukaan coran, sedangkan akar-akar berwarna perak disekitar matrix aluminium merupakan unsur Si yang terkandung dalam aluminium. Banyaknya fly ash yang tidak larut dalam matrix aluminium terlihat pada gumpalan berwarna keabuan yang banyak terdapat di sekitar batas butir.
2. Distribusi yang tidak merata dari penambahan partikel-partikel terlihat jelas pada gumpalan keabuan yang terdapat pada permukaan, dan ini terjadi pada semua komposit. banyaknya gumpalan fly ash yang terjadi selama waktu fabrikasi ditunjukkan oleh panah, disini terlihat bahwa semakin besar penambahan fly ash yang terkandung maka akan semakin meningkatkan gumpalan di dalam komposit aluminium-fly ash yang dihasilkan. Gumpalan fly ash diketahui merupakan penyebab menurunnya sifat mekanis dari suatu material [Ref. 10 hal.63]
3. Hasil foto mikrografi untuk Al-FA non separasi memperlihatkan lebih banyak gumpalan fly ash pada hasil coran dibandingkan dengan Al-FA separasi. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran partikel fly ash yang telah diseparasi lebih merata karena densitasnya lebih mendekati densitas aluminium.
4. Pada foto mikro untuk Al-FA 15 % separasi terdapat lebih banyak gumpalan fly ash dan porositas dibandingkan dengan Al-FA 5% dan AL-FA 10% separasi. Banyaknya gumpalan serbuk fly ash dan porositas inilah yang menyebabkan kekerasan dari Al-FA 15% mengalami trend menurun.

KESIMPULAN

1. Aluminium tanpa fly ash mempunyai nilai rata-rata kekerasan Brinell sebesar 34,4 HBN. Nilai kekerasan mengalami kenaikan sebesar 12.25 % untuk Al-FA 5% menjadi 38.7 HBN dan meningkat sebesar 25.76 % untuk Al-FA 10% menjadi 43.26 BHN, untuk Al-FA 15% kekerasan dari komposit naik sebesar 9.3 % menjadi 37.63 BHN . Nilai kekerasan pada Al-FA 15 % mengalami trend menurun, hal ini disebabkan banyaknya porositas dan gumpalan fly ash yang terjadi pada coran.
2. Setelah melalui proses separasi *Iron Oxide* dan *Coal* pada *Fly Ash*, harga rata-rata kekerasan dari Al-FA separasi mengalami peningkatan dibandingkan Al-FA non separasi, berikut adalah perbandingannya :
 - Harga kekerasan untuk Al-FA 5 % non separasi sebesar 38.1 BHN sedangkan Al-FA 5 % separasi sebesar 38.7 BHN.
 - Harga kekerasan Al-FA 10 % non separasi sebesar 41.2 BHN sedangkan harga kekerasan Al-FA 10 % separasi meningkat menjadi 43.2 BHN
 - Al-FA 15% non separasi harga kekerasannya sebesar 44.7 BHN, sedangkan harga kekerasan Al-FA 15% separasi mengalami penurunan sebesar 37.6 BHN.
3. Dari keseluruhan hasil foto mikro terlihat masih ada gumpalan yang berwarna keabuan, ini menunjukkan masih ada *fly ash* yang tidak menyebar merata dalam matriks aluminium.

DAFTAR PUSTAKA

1. Surdia, T dan Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
2. B. C. Agrawal and S. P. Jain, 1982, *A Textbook Of Metallurgical Analysis* , 4th edition, Delhi, Khanna.
3. H. Van Vlack, Awrence. 1989. *Ilmu dan Teknologi Bahan edisi 5*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
4. F. Smith, William. 1996. *Principles of Materials Science and Engineering 3rd ed*. New York: McGraw-Hill, Inc.
5. Emmanuel, Gikunoo. 2004. *Effect of Fly Ash Particles on the Mechanical Properties and Microstructure of Aluminium Casting Alloy A535*. University of Saskatchewan. Saskatoon: Canada.
6. American Coal Ash Association. 1996. *Coal Combustion Product-Production and Use*. Alexandria, Virginia.
7. Indian Energy Sector. 2003. *Managing Fly Ash*. India.
8. "Coal Fly Ash, Materials Descriptions".
9. C. Hower, James and Mastalerz, Maria. 2003. "Petrographic Characterization of Fly Ash". Indiana Geological Survey: Indiana University
10. Gikunoo, Emmanuel. 2004. "Effect of Fly Ash Particles on the Mechanical Properties and Microstructure of Aluminium Casting Alloy A535". Thesis.
11. Can Oxtoby, Gilis." *Principles Of Modern Chemistry*. Harcourt.1999. University of Saskatchewan Saskatoon.
12. Ceramaret. AZoM.com
13. Paneltech International LLC. "Fly Ash in Concrete". Paneltalk.
14. Matthews, F.L and Rawling, R.D. 1999. *Composite Materials : Engineering and Science*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
15. Robert, M.Janes. 1975. *Mechanics of Composite Materials*. Dallas, Texas, International Student Edition.
16. Froyen, L and Virlinden, B. 1994. "Aluminium Matrix Composites Materials". Belgium: University of Leuven.
17. Dieter, George E. 1986. *Mechanical Metallurgy*. McGraw-Hill Book Company. New York.
18. H.S. Bawa. 1986. *Materials and Metalurgy* . McGraw-Hill Book Company
19. Hwang, J.Y; Sun, X and Li, Z. 2002. "Unburned Carbon from Fly Ash for Mercury Adsorption: I. Separation and Characterization of Unburned Carbon". Houghton, Michigan: Institute of Materials Processing, Michigan Technological University.
20. Rohatgi, P.K. and Weiss, D. "Energy and Materials Savings Through Cast Aluminum - Fly Ash Composites". Milwaukee. Materials Departement, University of Wisconsin.
21. Mustafid. 2003. "Statistika Elementer". Diktat Kuliah. Semarang: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Undip.
22. Fly Ash Metal Matrix Composites. *We Energies Coal Combustion Products Utilization Handbook*.
23. Nugroho, Adi. 2005. *Uji Kekerasan Dan Densitas Pada Metal Matrix Composite(MMC) Aluminium-Fly Ash* . Laporan Tugas Akhir. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
24. D. Callister, William. 1994. *Materials Science and Engineering 4th ed*. Canada: John Willey and Sons, Inc.
25. Bongso, Ilham. 2006. *Pengaruh Penambahan Fly Ash Melalui Proses Separasi Iron Oxide Dan Coal Terhadap Kekuatan Tarik Aluminium* . Laporan Tugas Akhir. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.