

# PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH 35% TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN ENERGI IMPAK KOMPOSIT ALUMINIUM FLY ASH (ALFA)

Gunawan Dwi Haryadi<sup>1)</sup>

## Abstrak

Fly ash merupakan salah satu hasil sisa pembakaran batubara pada suatu power plant yang diperoleh dari penyaringan gas yang dikeluarkan melalui cerobong. Fly ash yang dihasilkan tiap tahunnya semakin menumpuk sehingga diperlukan usaha untuk mengatasinya karena fly ash ini dapat menimbulkan polusi terhadap lingkungan. Karakteristik dari fly ash ini ternyata mendukung bahan ini digunakan sebagai partikel penguat (reinforcement). Aluminium yang merupakan material yang banyak digunakan manusia dijadikan sebagai matriks bagi pemanfaatan fly ash. Penggunaan fly ash sebagai partikel penguat terhadap matriks aluminium ini diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik dari aluminium.

Dalam penelitian sebelumnya telah diteliti mengenai pengaruh fly ash terhadap sifat mekanis dari aluminium dengan persentase 5%, 10% dan 15%. Dalam tugas sarjana ini dilakukan penelitian mengenai pengaruh fly ash terhadap sifat mekanis dari aluminium dengan variasi penambahan fly ash sebesar 35%. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah pengujian tarik, uji kekerasan, dan uji dampak. Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu dibuat komposit aluminium fly ash dengan menggunakan metode stir casting.

Dari hasil pengujian mekanis didapatkan bahwa penambahan fly ash sebesar 35% dapat meningkatkan kekuatan tarik sebesar 50,4%, meningkatkan kekerasan sebesar 24,42%, dan menurunkan energi dampak sebesar 18,39% dari aluminium tanpa partikel penguat (reinforcement).

**Kata kunci** : fly ash

## PENDAHULUAN

Material merupakan komponen bahan dasar untuk membuat suatu produk. Seiring dengan perkembangan teknologi dewasa ini diperlukan beberapa inovasi baru dari suatu material agar memiliki sifat-sifat sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah *Metal Matrix Composites (MMCs)*. *Metal Matrix Composites* adalah material teknik yang dibentuk dengan mengkombinasikan dua material atau lebih, satu material sebagai logam penyusun utama (*matrix*) dan yang lain sebagai material penguat (*reinforcement*). Salah satu *Metal Matrix Composites* yang banyak dikembangkan yaitu aluminium komposit. Aluminium komposit yang sudah ada sekarang ini diproduksi dengan biaya cukup mahal sehingga penggunaannya terbatas. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menghasilkan aluminium komposit dengan biaya yang lebih murah.

Beberapa tahun terakhir ini dikembangkan penelitian tentang aluminium *fly ash*. *Fly ash* digunakan sebagai bahan penguat aluminium menggantikan penguat aluminium sebelumnya yang lebih mahal. *Fly ash* dapat digunakan sebagai komposit alternatif dari aluminium karena banyak mengandung  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , dan  $Fe_2O_3$ . *Fly ash* diperoleh dari sisa pembakaran batubara yang

dipisahkan dari gas buang pembangkit listrik dengan menggunakan *electrostatic precipitators* atau *mechanical precipitators*. 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 komposit aluminium ternyata dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik aluminium dan diharapkan dapat menjadi solusi penyelesaian masalah lingkungan yang ditimbulkan dari *fly ash* tersebut..

## TUJUAN PENULISAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan paper ini adalah untuk mengetahui pengaruh *fly ash* sebagai *reinforcement* dengan persentase 35% terhadap aluminium sebagai *metal matrix composites (MMCs)* melalui pengujian mekanik, yaitu uji tarik, uji kekerasan, dan uji dampak

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada pembuatan aluminium *fly ash matrix composite* terdapat beberapa hal yang harus dijelaskan terlebih dahulu, karena hal ini akan berpengaruh terhadap sifat-sifat mekanis dari aluminium

1. Partikel dari *fly ash* tidak dapat tercampur semua sehingga terdapat partikel dari *fly ash* yang terbuang. *Fly ash* yang tidak dapat tercampur ini dapat disebabkan oleh adanya unsur-unsur dalam

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

*fly ash* yang tidak dapat ikut larut dalam matrik aluminium dan karena densitas dari *fly ash* yang lebih kecil dari aluminium sehingga banyak *fly ash* yang mengapung di atas aluminium

2. Proses *stir casting* yang kurang baik sehingga menyebabkan adanya kerak yang terdapat pada aluminium. Pada pengadukan yang kurang sempurna akan menyebabkan campuran antara aluminium dengan *fly ash* akan mengendap dan menimbulkan kerak.

### Analisa Hasil Coran

Pada analisa mengenai hasil coran, yang mempengaruhi terhadap sifat mekanis dari aluminium adalah mengenai adanya porositas yang terdapat pada hasil coran. Hal ini dapat dikarenakan oleh desain dari cetakan yang kurang sempurna sehingga menyebabkan adanya udara yang terjebak dalam hasil coran yang dapat menimbulkan porositas. Selain itu proses penuangan pada cetakan yang tidak kontinu juga akan menyebabkan tidak meratanya partikel *fly ash* dalam matrik aluminium.

### Pengujian Tarik

Pengujian tarik yang dilakukan adalah pada aluminium dengan penambahan *fly ash* dengan persentase 35%. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali. Adapun data hasil pengujian ditunjukkan dalam sebagai berikut :

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tarik

Variasi Pengujian	$P_{max}$ (kN)	$\Delta L$ (mm)
Al 1	4,06	25,60
Al 2	3,34	17,16
Al 3	4,75	34,52
AL-FA 35% 1	16,79	11,95
AL-FA 35% 2	17,68	12,92
AL-FA 35% 3	16,29	11,75

Keterangan :

- 1) 1, 2, 3 = Pengujian ke-1, 2, 3
- 2) Panjang ukur awal spesimen sebelum diberi beban ( $L_0$ ) = 50 mm
- 3) Luas penampang awal Al sebelum diberi beban ( $A_0$ ) = 36 mm<sup>2</sup>
- 4) Luas penampang awal AL-FA 35% sebelum diberi beban ( $A_0$ ) = 100 mm<sup>2</sup>

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pengujian Tarik

Variasi Pengujian	$S_u$ (MPa)	<i>Elongation</i> (%)
Al 1	112,78	25,60
Al 2	92,78	17,16
Al 3	131,94	34,52
AL-FA 35% 1	167,90	23,9
AL-FA 35% 2	176,80	25,8
AL-FA 35% 3	162,90	23,5

Dari pengujian tarik yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* 35% sebagai penguat terhadap aluminium dapat meningkatkan kekuatan tarik dan menurunkan *Elongation*.
2. Pada persentase penambahan *fly ash* 35% kekuatan tarik dari aluminium tersebut naik sebesar 50,4 % dan diiringi dengan turunnya *Elongation* yaitu sebesar 5,24 % terhadap aluminium tanpa penambahan *fly ash*.
3. Dari analisa dengan menggunakan *anova single factor* menunjukkan bahwa varian dari pengujian cukup besar, hal ini disebabkan oleh penyebaran partikel *fly ash* yang tidak merata pada matriks aluminium untuk spesimen yang digunakan.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode pengujian kekerasan Brinell. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan posisi pengujian dilakukan secara acak akan tetapi jaraknya harus lebih dari 3 kali diameter penetrator. Adapun data hasil pengujian dan untuk analisa *anova single factor* ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. Hasil Harga Kekerasan Brinell Terhadap Penambahan *Fly Ash* 35%

No	Posisi	D	HBN
1.	Acak	0,95	42,5
2.	Acak	0,94	43,4
3.	Acak	0,95	42,5
		$\Sigma$	42,8

Keterangan :

1. Diameter penetrator 2,5 mm
2. Satuan pengukuran diameter injakan penetrator dalam mm.
3. Beban yang digunakan adalah 31,25 kgf.

Dari pengujian kekerasan Brinell tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari data hasil pengujian dapat diketahui bahwa penambahan *fly ash* 35% terhadap aluminium dapat meningkatkan harga kekerasan Brinell dari aluminium tersebut. Hal ini sesuai dengan data hasil pengujian tarik.
2. Pengaruh penambahan *fly ash* 35% terhadap aluminium adalah dapat meningkatkan Harga Kekerasan Brinell sebesar 24,42%. Hal ini dikarenakan unsur yang terkandung dalam *fly ash* terutama silika yang tercampur dapat meningkatkan kekerasan dari aluminium.
3. Dari analisa varian (*anova single factor*) diperoleh bahwa nilai varian yang cukup kecil pada data hasil pengujian disebabkan karena adanya penyebaran partikel *fly ash* yang tercampur cukup baik pada matriks aluminium di spesimen yang diujikan.

Pengujian impak yang dilakukan adalah pada Al dengan penambahan *fly ash* 35%. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali sehingga dapat dianalisa hasil datanya. Adapun data hasil pengujian impak ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Impak

Variasi Pengujian	$\alpha$ (°)	$\beta$ (°)
AL-FA 35%	151	145
AL-FA 35%	151	143,5
AL-FA 35%	151	145

Keterangan :

- 1) Berat palu pendulum (m) = 20 kg
- 2) Panjang lengan ayun (R) = 0,8 m
- 3) Percepatan gravitasi (g) = 10 m/dt<sup>2</sup>
- 4) Luas penampang awal spesimen ( $A_0$ ) = 80 mm<sup>2</sup>

Tabel 5. Hasil Perhitungan Impak

Variasi Pengujian	$\Delta EP$ (J)	K (J/mm <sup>2</sup> )
AL-FA 35%	8,9	0,111
AL-FA 35%	11,3	0,142
AL-FA 35%	8,9	0,111

Dari pengujian impak dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* sebesar 35% dapat menurunkan energi impak aluminium. Pada penambahan *fly ash* sebesar 35% besarnya energi impak adalah 0,12133 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini sesuai dengan data hasil pengujian tarik dan data hasil pengujian kekerasan di atas.
2. Dari analisa varian (anova *single factor*) diperoleh bahwa nilai varian yang cukup kecil pada data hasil pengujian disebabkan karena adanya penyebaran partikel *fly ash* yang tercampur cukup baik pada matriks aluminium di spesimen yang diujikan.

### Analisa Komparasi

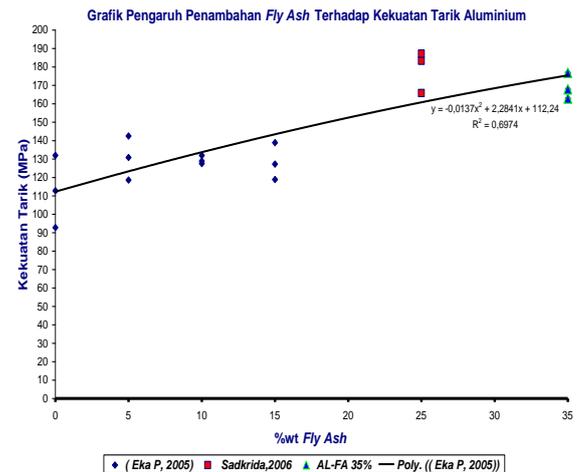
#### Komparasi Pengujian Tarik

Dari nilai rata-rata komparasi hasil pengujian tarik dapat diperoleh bahwa kekuatan tarik adalah sebagai berikut :

- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan naiknya kekuatan tarik dari aluminium tanpa penambahan *fly ash* sebesar : 50,4 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan naiknya kekuatan tarik dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 5% sebesar : 29,5 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan naiknya kekuatan tarik dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 10% sebesar : 30,72 %

- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan naiknya kekuatan tarik dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 15% sebesar : 31,85 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya kekuatan tarik dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 25% sebesar: 5,35 %

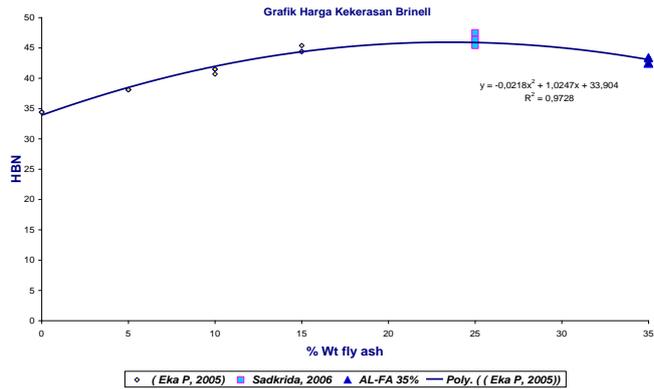
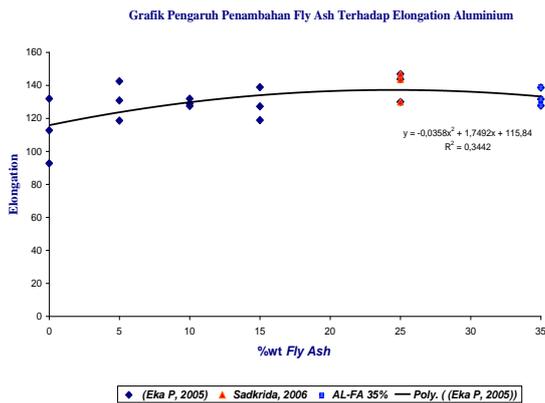
Pada gambar di bawah menunjukkan grafik dari kekuatan tarik antara aluminium tanpa penambahan *fly ash*, dengan penambahan *fly ash* 5, 10, 15, 25, dan 35% sebagai berikut:



Untuk *Elongation*(%) aluminium yang didapatkan dari data hasil komparasi diperoleh sebagai berikut :

- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya *Elongation* dari aluminium tanpa penambahan *fly ash* sebesar : 5,24 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya *Elongation* dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 5% sebesar : 28,94 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya *Elongation* dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 10% sebesar : 30,91 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya *Elongation* dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 15% sebesar : 35,22 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya *Elongation* dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 25% sebesar : 18,74 %

Grafik untuk pengaruh penambahan *fly ash* terhadap *Elongation* dari aluminium ditunjukkan pada gambar berikut :



1. Dari grafik kekuatan tarik dapat diketahui bahwa pada penambahan *fly ash* 5% sampai dengan 25% kekuatan tarik dari aluminium tersebut cenderung naik akan tetapi untuk penambahan *fly ash* 35% sudah mulai terlihat adanya penurunan kekuatan tarik jika dibandingkan terhadap kekuatan tarik dari penambahan *fly ash* 25%.
2. Dari grafik elongation dapat diketahui bahwa pada penambahan *fly ash* 5% sampai 15%, *Elongation*nya cenderung untuk naik sedangkan mulai dari 25% terdapat kecenderungan *Elongation*nya turun dan pada persentase penambahan *fly ash* 35%, *Elongation* dari aluminium turun di bawah *Elongation* dari aluminium tanpa penambahan *fly ash*.

### Komparasi Pengujian Kekerasan

Dari nilai rata-rata komparasi pengujian kekerasan tersebut dapat diperoleh bahwa kekerasan Brinell dari aluminium adalah sebagai berikut :

- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan naiknya harga kekerasan Brinell dari aluminium tanpa penambahan *fly ash* sebesar : 24,42 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan naiknya harga kekerasan Brinell dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 5% sebesar : 12,33 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan naiknya harga kekerasan Brinell dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 10% sebesar : 3,88 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya harga kekerasan Brinell dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 15% sebesar : 4,25 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan turunnya harga kekerasan Brinell dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 25% sebesar : 7,76 %

Untuk grafik komparasi harga kekerasan Brinell ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Dari komparasi pengujian kekerasan Brinell ini dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa seiring dengan meningkatnya jumlah penambahan persentase berat dari *fly ash*. Akan tetapi hal tersebut tidak terjadi pada semua penambahan *fly ash* karena untuk persentase penambahan *fly ash* 35% terdapat adanya penurunan harga kekerasan jika dibandingkan dengan pada penambahan *fly ash* 15 dan 25%.
2. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa mulai dari aluminium yang tanpa diberi *reinforcement* berupa *fly ash* mempunyai harga kekerasan Brinell sebesar 34,4. Kemudian setelah ditambah *fly ash* sebesar 5%, kekerasannya menjadi 38,1 dan selanjutnya 41,2 untuk penambahan *fly ash* 10% dan 44,7 untuk *fly ash* sebesar 15%, serta 46,4 untuk penambahan *fly ash* 25%. Namun untuk penambahan *fly ash* 35% harga kekerasan Brinell mulai turun yaitu sebesar 42,8.
3. Jika dibandingkan dengan aluminium tanpa penambahan *fly ash* maka kekerasan Brinell dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 35% naik sebesar 24,42%, dengan AL-FA 5% maka naik sebesar 12,33%, dengan AL-FA 10% maka naik sebesar 3,88%, sedangkan dengan AL-FA 15% dan AL-FA 25% maka kekerasan Brinell turun masing-masing sebesar 4,25% dan 7,76%.

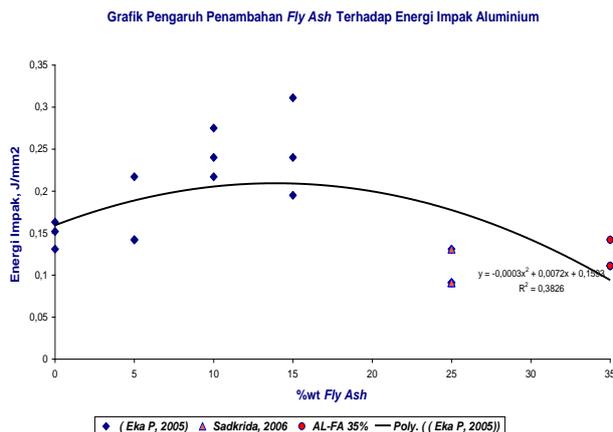
### Komparasi Pengujian Impak

Dari nilai rata-rata hasil pengujian impak Charphy dapat diketahui perbandingan energi impak sebagai berikut :

- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan energi impak dari aluminium tanpa penambahan *fly ash* turun sebesar : 18,39 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan energi impak dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 5% turun sebesar : 27,34 %
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan energi impak dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 10% turun sebesar : 50,27 %

- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan energi impact dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 15% turun sebesar : 51,21%
- Penambahan *fly ash* 35% menyebabkan energi impact dari aluminium dengan penambahan *fly ash* 25% naik sebesar : 16,29%

Grafik mengenai pengaruh penambahan *fly ash* terhadap energi impact dari aluminium ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



Dari komparasi pengujian impact tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa untuk penambahan *fly ash* sebesar 5% sampai dengan 15% maka energi impact dari aluminium tersebut akan cenderung naik akan tetapi pada penambahan *fly ash* sebesar 25% dan 35%, energi impact dari aluminium cenderung untuk turun. Dimana penurunan energi impact ini sesuai dengan data hasil pengujian tarik dan kekerasan Brinell yang telah dilakukan.
2. Pada penambahan *fly ash* 35% energi impact dari aluminium turun sebesar 18,39%, dengan AL-FA 5% maka energi impactnya turun sebesar 27,34%, dengan AL-FA 10% maka energi impactnya akan turun sebesar 50,27%, dengan AL-FA 15% maka energi impactnya akan turun sebesar 51,21% akan tetapi apabila dibandingkan dengan penambahan *fly ash* 25% maka energi impact akan naik sebesar 16,29%.

## KESIMPULAN

Dari pengolahan dan analisa data pengujian mekanik yang berupa uji tarik, keras, dan impact serta foto mikro spesimen aluminium *fly ash* 35% hasil proses *stir casting* dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

### Pengujian Tarik

1. Kekuatan tarik dari aluminium naik sebesar 169,20 Mpa atau naik sebesar 50,4 % terhadap aluminium tanpa penambahan *fly ash*.

2. Hal tersebut diikuti dengan penurunan % perpanjangan sebesar 5,24% terhadap aluminium tanpa penambahan *fly ash*.
3. Akan tetapi jika dibandingkan dengan persentase penambahan *fly ash* 25% kekuatan tarik dari aluminium ini mulai terjadi penurunan.

### Pengujian Kekerasan Brinell

1. Harga Kekerasan Brinell dari aluminium menjadi 42,8 atau naik sebesar 24,42% terhadap aluminium tanpa penambahan *fly ash*.
2. Akan tetapi jika dibandingkan dengan persentase penambahan *fly ash* 25% kekerasan Brinell dari aluminium ini mulai terjadi penurunan.

### Pengujian Impact

1. Energi impact dari aluminium menjadi 0,121333 J/mm<sup>2</sup> atau turun sebesar 18,39% terhadap aluminium tanpa penambahan *fly ash*. Hal ini sesuai dengan pengujian tarik dan kekerasan di atas.
2. Akan tetapi jika dibandingkan dengan persentase penambahan *fly ash* 25% energi impact dari aluminium ini mulai terjadi kenaikan.

## SARAN

Penelitian yang dilakukan masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki dan disempurnakan pada penelitian selanjutnya. Untuk itu penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dalam mempelajari *fly ash* sebagai *reinforcement*, sebaiknya perlu dikaji yang lebih mendalam mengenai unsur-unsur yang terkandung dalam *fly ash*.
2. Dalam pengujian lebih lanjut, perlu adanya variasi pada parameter-parameter dalam melakukan stir casting misalnya adalah holding time, putaran pengadukan dan suhu yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. American Coal Ash Association. 1996. "Coal Combustion Product-Production and Use". Alexandria, Virginia.
2. "Coal Ash Beneficiation and Utilization in Coal Separation Process". China.
3. D. Callister, William. 1994. *Materials Science and Engineering 4<sup>th</sup> ed.* Canada: John Wiley and Sons, Inc.
4. Departement of Defense. 2002. "Metal Matrix Composites: Composite Materials Handbook". United States of America.
5. E. Davis, Harmer; Earl Tooxell, George and T. Wiskocil, Clement. 1964. *The Testing and Inspection of Engineering Materials 3<sup>rd</sup> ed.* New York: McGraw-Hill Book Company.
6. E. Dieter, George. 1987. *Metalurgi Mekanik 3<sup>rd</sup> ed jilid 1.* Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.

7. "Fly Ash Metal Matrix Composites". WE Energies Coal Combustion Products Utilization Handbook.
8. Froyen, L and Virilinden, B. 1994. "Aluminium Matrix Composites Materials". Belgium: University of Leuven.
9. F. Smith, William. 1996. *Principles of Materials Science and Engineering 3<sup>rd</sup> ed.* New York: McGraw-Hill, Inc.
10. Gikunoo, Emmanuel. 2004. "Effect of Fly Ash Particles on the Mechanical Properties and Microstructure of Aluminium Casting Alloy A535". Thesis. Canada: University of Saskatchewan Saskatoon.
11. H.S. Bawa.1986. *Materials and Metalurgy* . McGraw-Hill Book Company
12. H. Van Vlack, Lawrence. 1989. *Ilmu dan Teknologi Bahan edisi 5*. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
13. Indian Energy Sector. 2003. "Managing Fly Ash". India.
14. Kalpakjian, Seoropo. 1995. *Manufacturing Engineering and Technology 3<sup>rd</sup> ed.* Addison Wesley Publishing Company.
15. Mustafid. 2003. "Statistika Elementer". Diklat Kuliah. Semarang: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Undip.
16. 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.
17. Adi S.N , Sadkrida. 2006. *Pengaruh Penambahan Fly Ash 25% Terhadap Sifat Mekanik Aluminium*. Laporan Tugas Akhir. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
18. Paneltech International LLC. "Fly Ash in Concrete". Paneltalk.
19. Priyono, Eka. 2005. "Pengujian Tarik dan Impak pada Metal Matrix Composites (MMC) Aluminijm Fly Ash". Laporan Tugas Akhir. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
20. Rohatgi, P.K. and Weiss, D. "Energy and Materials Savings Through Cast Aluminum - Fly Ash Composites". Milwaukee. Materials Departement, University of Wisconsin.
21. *Standard Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminium and Magnesium Alloy Products, ASTM Designation E 8M.*
22. *Standard Methods for Notched Bar Impact of Mettalic Materials.* ASTM E23.
23. Surappa, M K. 2003. "Aluminium Matrix Composites: Challenges and Opportunities". India: Department of Metallurgy, Indian Institute of Science.
24. Surdia, T dan Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.