

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* PADA ALUMINIUM MELALUI PROSES SEPARASI *IRON OXIDE* DAN *COAL* TERHADAP KEKUATAN IMPAKNYA

Gunawan Dwi Haryadi ¹⁾

Abstrak

Fly ash adalah abu ringan yang merupakan salah satu sisa hasil pembakaran batubara yang dipisahkan dari saluran keluar instalasi pembangkit daya dengan menggunakan *electrostatic* atau *mechanical precipitators*. Berton-ton *fly ash* dihasilkan oleh instalasi pembangkit daya tiap harinya, hal ini dapat mengakibatkan masalah pencemaran terhadap lingkungan sekitarnya. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian pemanfaatan *fly ash*. Partikel utama yang terkandung dalam *fly ash* antara lain silika, alumina, besi oksida dan karbon yang tidak terbakar. Dengan mempelajari sifat-sifat komponen tersebut dimanfaatkan beberapa komponen saja sebagai penguat aluminium. Komponen yang digunakan adalah alumina dan silika. Tujuan penggunaan alumina dan silika diharapkan agar *fly ash* dapat tercampur merata pada aluminium dan sifat mekanis aluminium bisa lebih baik. Untuk itu diperlukan proses pemisahan, yaitu pemisahan besi oksida dengan menggunakan pemisahan magnetik, sedangkan pemisahan karbon yang tidak terbakar dengan cara fluidisasi. *Fly ash* sisa hasil pemisahan digunakan sebagai aluminium-fly ash metal matrix composites dengan menggunakan metode *stir casting*. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* pada aluminium dilakukan pengujian impak dengan metode *charpy*. Penambahan *fly ash* 5%, 10% dan 15% menyebabkan penurunan kekuatan impak aluminium sebesar 2,24%, 22,87% dan 38,56%. Hasil pengujian dibandingkan dengan hasil pengujian penelitian Eka Priyono (2005)

Kata kunci : Aluminium-Fly Ash Metal Matrix Composites, Proses Pemisahan, Impak.

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 kebutuhan. Salah satu satunya adalah *Metal Matrix Composites* (MMCs). MMCs adalah material teknik yang dibentuk dengan mengkombinasikan dua material atau lebih, satu material sebagai logam penyusun utama (*matrix*) dan material yang lain sebagai material penguat (*reinforcement*). *Aluminium Matrix Composites* (AMCs) merupakan MMCs yang cukup populer digunakan, namun untuk menghasilkannya diperlukan biaya yang cukup mahal. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menghasilkan aluminium komposit dengan biaya yang lebih murah.

Beberapa tahun terakhir 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 berarti dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan sekaligus memanfaatkannya sebagai material penguat (*reinforcement*). [Ref. 13 hal.6].

Pada penelitian ini digunakan metode *stir casting* untuk menghasilkan *Aluminium-Fly Ash Matrix Composites*. Dalam metode *stir casting* yang dilakukan pada penelitian sebelumnya terjadi suatu kendala yaitu *fly ash* tidak seluruhnya tercampur dalam aluminium cair, ada beberapa yang mengendap dan ada yang mengapung. Serbuk yang mengendap diperkirakan adalah senyawa *iron oxide* (Fe_2O_3) karena memiliki densitas yang lebih tinggi dari aluminium yaitu 5,3 sampai 5,4 g/cm^3 . Sedangkan serbuk yang mengapung diperkirakan *coal* (*unburned carbon*) yang densitasnya lebih rendah dari aluminium yaitu 0,64 sampai 0,93 g/cm^3 . Perbedaan densitas yang terlalu jauh menyebabkan *fly ash* tersebut tidak tercampur merata pada aluminium cair yang memiliki densitas 2,375 g/cm^3 . Maka dari itu diperlukan proses pemisahan senyawa *iron oxide* dan *coal* terlebih dahulu sebelum proses *stir casting*. Proses pemisahan *iron oxide* dengan menggunakan pemisahan magnetik (*magnetic separation*) dan pemisahan *coal* menggunakan proses pemisahan secara fluidisasi (*fluidized bed*). Hal ini bertujuan agar *fly ash* tercampur merata dalam aluminium cair. Dengan proses pemisahan senyawa *iron oxide* dan *coal* maka senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang tercampur dalam aluminium semakin banyak. Karena alumina memiliki kekerasan yang tinggi sedangkan silika

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

bersifat sebagai pengikat maka diharapkan sifat mekanis dari aluminium komposit tersebut menjadi lebih baik. [diolah dari Ref. 19, 22 dan 33]

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* melalui proses pemisahan *iron oxide* (Fe_2O_3) dan *coal* (*unburned carbon*) terhadap kekuatan impak aluminium. Selain itu juga untuk mengetahui perbedaan energi impak aluminium *fly ash* tanpa pemisahan dengan aluminium *fly ash* yang sudah dipisahkan *iron oxide* dan *coalnya*.

Pembatasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Material yang digunakan adalah aluminium dan *fly ash*. Aluminium yang dipakai adalah aluminium dengan kemurnian 99% (Al seri 1000). *Fly ash* yang akan dicampur adalah tipe F dengan terlebih dahulu dipisahkan *iron oxide* dan *coalnya*.
2. Metode pencampurannya menggunakan metode *stir casting*, dibatasi dengan menggunakan variasi persentase berat *fly ash* yaitu 5%, 10% dan 15% dari berat aluminium yang digunakan.
3. Pemisahan *iron oxide* dari *fly ash* menggunakan pemisahan magnetik (*magnetic separation*) sedangkan pemisahan *coal* dengan cara fluidisasi (*fluidized bed*).
4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian impak dan mikrografi

METODOLOGI

Persiapan Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut :

1. Peralatan Pemisahan Secara Magnetik
2. Peralatan Pemisahan Secara Fluidisasi
3. Timbangan Digital
4. *Stir Casting*
 - a. Heater
 - b. Motor Listrik
 - c. Sabuk dan transmisi roda gigi
 - d. Poros dan *Blade* Pengaduk
 - e. Rangka
5. Dapur *Crucible*
6. *Inverter*
7. *Thermocontrol* dan *Thermocouple*
8. Cetakan
9. Kowi

Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan adalah aluminium dan *fly ash*. Aluminium diperoleh dari potongan-potongan list yang tidak terpakai lagi.

Variasi presentase berat *fly ash* hasil proses pemisahan yang akan ditambahkan sebesar 5%, 10% dan 15% dari berat aluminium sebelum dilebur, berikut proses perhitungannya:

- Volume cetakan $V = 219,736 \text{ cm}^3$
- Massa jenis aluminium $\rho = 2,71 \text{ g/cm}^3$
- Berat aluminium

$$m = \rho \times V$$

$$= 2,71 \times 219,736 = 595,485 \text{ g}$$

- Asumsi kerak yang terjadi pada saat proses peleburan aluminium sebesar 30% dari berat aluminium, maka:
Berat kerak = $30\% \times 595,485 \text{ g}$
 $= 178,645 \text{ g}$
- Berat aluminium + asumsi kerak
 $= 595,485 + 178,645 = 774,130 \text{ g}$
- Perhitungan berat aluminium & *fly ash*
Berat aluminium (Al)
 $= \% \text{ al} \times (\text{berat al} + \text{asumsi kerak})$
Berat *fly ash* (FA) = $\% \text{ fly ash} \times \text{berat al}$

Tabel 1. Hasil perhitungan berat aluminium dan *fly ash*

No.	Variasi pengujian	Berat Al (g)	Berat FA (g)
1.	Al + 5% <i>fly ash</i>	735,423	29,774
2.	Al + 10% <i>fly ash</i>	696,717	59,548
3.	Al + 15% <i>fly ash</i>	658,010	89,323
Jumlah Total		2090,150	178,645

Pemisahan *Fly Ash*

Proses pemisahan *fly ash* dibagi menjadi dua, proses yang pertama yaitu proses pemisahan secara magnetik untuk memisahkan senyawa *iron oxide* (Fe_2O_3) kemudian proses kedua adalah proses pemisahan *coal* (*unburned carbon*) dengan cara fluidisasi. *Fly ash* hasil pemisahan diatas sebagian besar mengandung senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) selanjutnya digunakan sebagai komposit aluminium menggunakan metode *stir casting*.

Pemisahan Secara Magnetik

Langkah-langkah proses pemisahan secara magnetik adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penimbangan *fly ash* menjadi lima bagian, masing-masing $\pm 200 \text{ g}$.
2. Melakukan proses pemisahan *fly ash* per bagian (per 200 g) untuk kelima bagian tersebut.
3. *Fly Ash* yang sudah ditimbang ditaburkan diatas magnet alat pemisah ($\pm 10 \text{ g}$).
4. Alat diposisikan dengan kemiringan sekitar 70° .
5. *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.
6. Senyawa *iron oxide* yang terhenti tersebut ditumpahkan pada kertas tempat penampung tersendiri, tetapi sebelumnya magnet harus dilepas terlebih dahulu.
7. Proses 3 sampai dengan 6 diulangi beberapa kali untuk *fly ash* yang tertampung dalam kertas penampung, sampai dengan senyawa *iron oxide* benar-benar tertangkap seluruhnya oleh magnet (sekitar 3 sd 5 kali pengulangan).

8. Menimbang *fly ash* yang tersisa dan senyawa *iron oxide* yang tertangkap.



Gambar 1. Hasil pemisahan magnetik

Proses Pemisahan Secara Fluidisasi

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

1. Alat Fluidisasi (*Fluidized Bed*) diisi air sampai dengan 5 cm dibawah tinggi maximum alat, kemudian menyalakan pompa.
2. Menaburkan satu bagian *fly ash* sisa pemisahan magnetik diatas air dengan alat bantu saringan.
3. Mengaduk *fly ash* yang sudah masuk dalam air sekitar 10 menit, hal ini bertujuan agar *coal* terbawa keatas oleh gelembung udara.
4. Mematikan pompa dan menghentikan adukan, kemudian didiamkan sampai dengan *fly ash* mengendap seluruhnya, *coal* yang sudah mengapung akan tetap berada dipermukaan air.
5. Apabila air diantara endapan *fly ash* dan *coal* sudah jernih, menambah air kedalam alat fluidisasi secara perlahan-lahan sampai dengan *coal* tertumpah keluar semuanya.
6. Menguras air yang ada didalam *fluidized bed* dengan cara meletakkan alat pada posisi agak tinggi kemudian melepas selang pompa aquarium. Dengan cara ini air dalam *fluidized bed* akan terkuras sementara itu endapan *fly ash* tidak akan ikut keluar karena posisi selang dalam alat lebih tinggi dari endapan *fly ash*.
7. Endapan *fly ash* yang masih tercampur dengan air dituang dalam tempat pengering.
8. *Fly ash* yang masih tercampur air tersebut dipanaskan sampai *fly ash* kering.
9. Menghaluskan kembali *fly ash* yang sudah kering kemudian ditimbang.
10. Melakukan kembali sembilan proses diatas untuk empat bagian lainnya.



Gambar 2. *Coal (unburned carbon)*

Proses Pengecoran

Langkah proses pengecoran yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Proses peleburan
Aluminium yang telah dipotong kecil-kecil dan ditimbang sesuai variasi presentase dimasukkan ke kowi di dalam dapur gas hingga mencair seluruhnya dan mencapai suhu penguangan. Peleburan berlangsung selama ± 30 menit.
2. Proses *stir casting*
Aluminium yang telah mencapai suhu penguangan (sekitar 760°C) dituang ke dalam kowi dalam heater. Penguangan aluminium diselingi dengan penguangan *fly ash*. *Al-fa* diaduk selama 10 menit dengan kecepatan pengadukan 600rpm pada temperatur sekitar 720°C .
3. Proses pencetakan

Aluminium *fly ash* yang telah tercampur dituang ke dalam cetakan logam, kemudian dibiarkan sampai dingin pada suhu kamar. Setelah itu cetakan dibuka dan dibersihkan.

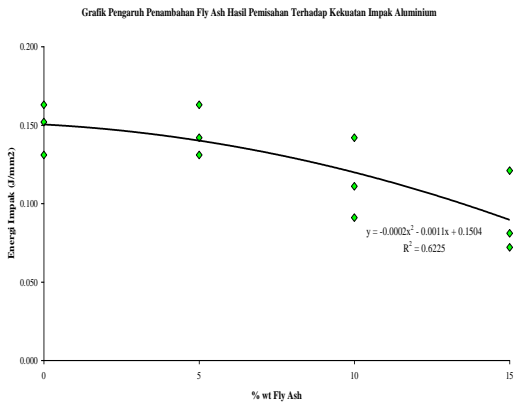
PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan energi impact ditabelkan pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil perhitungan impact (Penambahan *fly ash* melalui proses pemisahan)

Variasi Pengujian	Energi Terserap ΔEP (J)	Harga Impact K (J/mm^2)
A1	12.2	0.152
A2	13.0	0.163
A3	10.5	0.131
B1	11.3	0.142
B2	13.0	0.163
B3	10.5	0.131
C1	7.3	0.091
C2	11.3	0.142
C3	8.9	0.111
D1	5.8	0.072
D2	6.5	0.081
D3	9.7	0.121

Grafik 3 berikut menunjukkan pengaruh penambahan *fly ash* hasil pemisahan terhadap energi impact aluminium.



Gambar 3. Grafik pengaruh penambahan *fly ash* hasil pemisahan terhadap energi impact aluminium

Tabel 3 sampai dengan 5 adalah anova untuk nilai energi impact per satuan luas.

Tabel 3. Hasil anova impact untuk A dan B

	Rata2	Varian	F hitung	F kritis	P value
A	0.14867	0.00026433	0.06305	7.70865	0.814108
B	0.14533	0.00026433			

Tabel 4. Hasil anova impact untuk A dan C

	Rata2	Varian	F hitung	F kritis	P value
A	0.14867	0.00026433	3.75054	7.70865	0.12486
C	0.11467	0.00066033			

Tabel 5. Hasil anova impact untuk A dan D

	Rata2	Varian	F hitung	F kritis	P value
A	0.14867	0.00026433	10.439	7.70865	0.031947
D	0.09133	0.00068033			

Dari Tabel 3 dan 4 terlihat bahwa untuk penambahan *fly ash* 5% dan 10%, nilai F hitung < F kritis dan nilai P > 0,05 maka H₁ diterima dengan kata lain rata-rata nilai hasil pengujian impact karena penambahan *fly ash* tidak berbeda (sama) untuk penambahan 5% dan 10%. Sedangkan pada Tabel 5 untuk penambahan *fly ash* 15% cukup mempengaruhi penurunan energi impact aluminium, dimana terlihat bahwa nilai F hitung > F kritis dan nilai P < 0,05 atau hipotesis H₂ diterima. Untuk hasil keseluruhan pengujian impact, terlihat nilai variannya cukup kecil.

Keterangan grafik dan analisa data *anova single factor* dari hasil pengujian impact diatas adalah sebagai berikut :

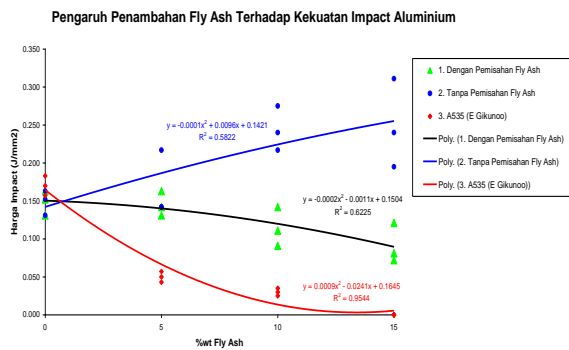
1. Dari hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* hasil pemisahan menyebabkan penurunan energi impact aluminium.
2. Adanya proses pemisahan senyawa *iron oxide* (Fe₂O₃) dan *unburned carbon* menyebabkan

bertambahnya senyawa alumina dan silika pada *fly ash* yang dicampur dengan aluminium. Semakin banyak alumina dan silika (*aluminosilicates*) yang tercampur menyebabkan kenaikan kekerasan aluminium, kekuatan tarik dan kekakuan aluminium tetapi sebaliknya energi impactnya menurun. [Ref. 4 hal. 511]

Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.1 terjadi penurunan energi impact seiring penambahan *fly ash*.

3. Dari analisa varian (*anova single factor*) diperoleh bahwa rata-rata energi impact pada penambahan *fly ash* 5% dan 10% tidak berbeda (sama), artinya bahwa penambahan *fly ash* 5% dan 10% tidak terlalu signifikan pengaruhnya terhadap energi impact aluminium. Adapun penambahan *fly ash* sebesar 15% diperoleh hasil rata-rata energi impact yang berbeda, artinya bahwa penambahan *fly ash* 15% mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap penurunan energi impact aluminium.
4. Nilai varian yang cukup kecil pada data hasil pengujian disebabkan karena adanya penyebaran partikel *fly ash* yang cukup merata pada matriks aluminium di spesimen yang diujikan.
5. Penyebaran *fly ash* yang cukup merata dipengaruhi karena adanya proses pemisahan *fly ash* sebelum dilakukan proses *stir casting*. Dengan pemisahan senyawa Fe₂O₃, (dengan pemisahan magnetik) dan *unburned carbon* (dengan pemisahan fluidisasi) maka kandungan senyawa dalam *fly ash* yang ditambahkan pada aluminium cair memiliki densitas yang tidak terlalu jauh dengan densitas aluminium cair tersebut. Densitas *fly ash* sebelum proses pemisahan antara 0,64 g/cm³ sampai dengan 5,4 g/cm³, sedangkan densitas *fly ash* setelah proses pemisahan berkisar antara 2,65 g/cm³ sampai dengan 3,6 g/cm³. [Ref 13 hal.10] Untuk densitas aluminium cair sendiri adalah 2,375 g/cm³. [Ref. 33]
6. Selain pengaruh dari proses pemisahan, penyebaran *fly ash* yang merata juga dipengaruhi oleh pengadukan pada proses *stir casting* yang cukup baik dan proses penuangan yang kontinyu.

Grafik 4 merupakan perbandingan grafik pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kekuatan impact aluminium melalui proses pemisahan Fe₂O₃ dan *unburned carbon* dengan grafik pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kekuatan impact aluminium tanpa proses pemisahan Fe₂O₃ dan *unburned carbon*.



Gambar 4. Grafik perbandingan pengaruh penambahan fly ash

Keterangan Gambar 4 diatas adalah sebagai berikut:

1. Pada grafik pengaruh penambahan fly ash tanpa pemisahan terhadap kekuatan impact aluminium terjadi peningkatan energi impact aluminium seiring dengan penambahan fly ash sebesar 5%, 10% dan 15%. Peningkatan signifikan terjadi pada saat penambahan fly ash sebesar 10% dan 15%. [Ref. 27 hal. 57]
2. Pada grafik pengaruh penambahan fly ash melalui proses pemisahan Fe_2O_3 dan *unburned carbon* terhadap kekuatan impact aluminium terjadi penurunan energi impact aluminium seiring penambahan fly ash sebesar 5%, 10% dan 15%. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada saat penambahan 15% fly ash.
3. Pada grafik pengaruh penambahan fly ash terhadap kekuatan impact aluminium seri A535 terjadi penurunan energi impact aluminium seiring dengan penambahan 5% dan 10% fly ash, sedangkan pada penambahan 15% fly ash energi impactnya tidak bisa terukur karena energi impactnya terlalu kecil. [Ref. 13 hal. 82 dan 116]
4. Perbandingan grafik 1 dan 2 adalah nilai varian grafik 1 lebih besar dari nilai varian grafik 2, hal ini menunjukkan bahwa pencampuran fly ash pada matriks aluminium lebih merata yang menggunakan proses pemisahan *iron oxide* (Fe_2O_3) dan *unburned carbon* terlebih dahulu. Karena nilai R^2 pada grafik 2 lebih besar dari grafik 1 maka hubungan penambahan fly ash dengan peningkatan energi impact aluminium lebih sempurna grafik 2.
5. Pada grafik 2 dan 3 terjadi kesesuaian penurunan, yaitu terjadi penurunan energi impact seiring penambahan fly ash. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian impact aluminium fly ash pada penelitian ini sesuai dengan hasil pengujian impact aluminium fly ash pada penelitian Emmanuel Gikunoo (2004).

Pada pengujian mikrografi spesimen yang telah dipolish dan dietsa, kemudian difoto mikro dengan menggunakan mikroskop Olympus yang dilengkapi dengan kamera perbesaran 500 dan 1000 kali. Adapun spesimen yang difoto mikro berjumlah 3

buah, yaitu aluminium fly ash 5 %, 10 % dan 15 % dengan proses pemisahan. Sedangkan foto aluminium tanpa fly ash dan foto aluminium fly ash tanpa pemisahan menggunakan foto mikro hasil pengujian mikrografi penelitian Eka Priyono (2005

Dari gambar foto mikro spesimen aluminium, aluminium fly ash tanpa pemisahan dan aluminium fly ash dengan pemisahan diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur yang berwarna terang yang mendominasi adalah matriks aluminium, sedangkan struktur yang berwarna lebih gelap dan berbentuk seperti akar tidak beraturan merupakan fasa Si. Sedangkan gumpalan-gumpalan yang berwarna keabuan tersebar tidak merata dapat dimungkinkan sebagai fly ash yang menggumpal yang tidak larut dalam matriks aluminium. Dan lubang warna hitam merupakan porositas. [Ref. 28 hal. 7]
2. Dari keseluruhan hasil foto mikro aluminium fly ash dengan pemisahan terlihat bahwa penambahan fly ash mengakibatkan semakin bertambahnya fasa Si dan batas butir semakin jelas.
3. Hasil foto mikro aluminium fly ash tanpa pemisahan terdapat gumpalan fly ash yang lebih banyak daripada aluminium fly ash dengan pemisahan pada batas butirnya. Berarti bahwa fly ash hasil pemisahan yang digunakan sebagai *reinforcement* menyebar merata dalam matriks aluminium, karena fly ash yang dicampur densitasnya mendekati densitas aluminium.
4. Hasil foto mikro aluminium fly ash dengan pemisahan terlihat adanya gumpalan fly ash yang lebih banyak pada penambahan 15% fly ash daripada penambahan 5% dan 10% fly ash. Selain gumpalan fly ash juga terdapat porositas. Dengan adanya gumpalan fly ash lebih banyak dan porositas menyebabkan penurunan yang signifikan energi impact aluminium fly ash tersebut, hal ini sesuai dengan grafik 4.1 terjadi penurunan signifikan pada penambahan fly ash 15%. [Ref. 28 hal.7]

Hasil pemisahan *iron oxide* (Fe_2O_3) secara magnetik diperoleh data pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Data hasil pemisahan *iron oxide* (Fe_2O_3)

Percobaan	Fly Ash Awal (g)	Fly Ash Tersisa (g)	Fe_2O_3 (g)	Fly Ash Hilang (g)
1	200.050	181.841	13.576	4.633
2	201.576	182.145	14.814	4.617
3	199.146	173.998	17.541	7.607
4	200.284	176.730	18.062	5.492
5	201.700	179.918	14.887	6.895
Total	1002.756	894.632	78.880	29.244
Rata-rata	200.551	178.926	15.776	5.849
Presentase	100	89.217	7.866	2.916

Pemisahan secara magnetik dengan menggunakan alat tersebut berhasil memisahkan *iron oxide* dari *fly ash* sebesar $\pm 8\%$. Sementara itu dari data hasil pemisahan diatas terdapat 29,244 g (3%) *fly ash* yang tidak diketahui atau hilang hal ini dikarenakan pada waktu proses pemisahan terdapat beberapa *fly ash* yang keluar dari alat pemisah saat alat digetarkan.

Tabel 7. Data hasil pemisahan *coal (unburned carbon)*

Percobaan	<i>Fly Ash</i> Awal (gram)	<i>Fly Ash</i> Sebelum Fluidisasi (gram)	<i>Fly Ash</i> Setelah Fluidisasi (gram)	Senyawa Hilang (gram)
1	200.050	181.841	174.168	7.673
2	201.576	182.145	170.031	12.114
3	199.146	173.998	160.565	13.433
4	200.284	176.730	161.195	15.535
5	201.700	179.918	162.826	17.092
Total	1002.756	894.632	828.785	65.847
Rata-rata	200.551	178.926	165.757	13.169
Presentase	100	89.217	82.651	6.567

Dari data hasil pemisahan *coal (unburned carbon)* terdapat 65,847 g senyawa yang hilang, senyawa tersebut sebagian besar adalah *coal (unburned carbon)* yang terbawa keluar oleh air dan sebagian kecil senyawa lainnya. Pemisahan secara Fluidisasi dapat memisahkan *unburned carbon* sekitar 6,5%. Untuk *fly ash* kelas F memiliki lebih dari 2% *unburned carbon*, dari hasil uji LOI (*Loss On Ignation*) dan maximal 6,0% LOI, untuk kelas F *pozzolan* maximal 12,0% LOI. [Ref. 13 hal 16 dan Ref. 2 hal. 2]

Berikut adalah sifat-sifat dari alumina dan silika:

1. Alumina [Ref. 22]
 - Keras dan tahan aus
 - Konduktifitas thermal yang baik
 - Kekuatan dan kekakuan yang tinggi
 - Cocok untuk penggunaan pada temperatur tinggi
2. Silika [Ref. 19]
 - Meningkatkan jumlah ikatan yang dibentuk dengan matriks sehingga meningkatkan kekuatan material.
 - Meningkatkan ketahanan terhadap korosi asam.
 - Menurunkan kemungkinan bereaksi membentuk garam.

Dari sifat-sifat alumina dan silika tersebut apabila ditambahkan pada matriks aluminium maka muncul sifat baru dari komposit tersebut yaitu meningkatnya ketahanan terhadap aus, kekuatan tarik dan kekerasannya serta meningkatkan kekakuan. Apabila kekakuan meningkat maka energi dampak dari material tersebut menurun. Hal ini sesuai dengan grafik

hasil pengujian dampak, aus tarik dan kekerasan pada penelitian tugas akhir ini.

KESIMPULAN

Dari pengolahan dan analisa data proses pemisahan *fly ash*, data pengujian dampak serta foto mikro spesimen aluminium *fly ash* hasil proses *stir casting* dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pemisahan secara magnetik dapat digunakan untuk memisahkan *iron oxide* dari *fly ash* sampai dengan 8%, sedangkan proses fluidisasi dapat digunakan untuk memisahkan *coal (unburned carbon)* yang terkandung didalam *fly ash* sampai dengan 6,5%.
2. Hasil pengujian dampak menunjukkan kecenderungan penurunan kekuatan aluminium seiring dengan penambahan *fly ash*. Penambahan *fly ash* 5, 10 dan 15% menyebabkan penurunan kekuatan dampak rata-rata sebesar 2,24%, 22,87% dan 38,56%. Penurunan yang signifikan terjadi pada penambahan *fly ash* sebesar 15%.
3. Kekuatan dampak menurun akibat adanya alumina dan silika (*aluminosilikates*) yang tercampur semakin banyak dalam matriks aluminium. Dilihat dari sifat alumina dan silika maka kedua partikel senyawa tersebut dapat mengakibatkan peningkatan kekakuan (*stiffness*) komposit sehingga berpengaruh pada penurunan kekuatan dampaknya. Penurunan energi dampak yang signifikan pada penambahan *fly ash* 15% dipengaruhi karena adanya *fly ash* yang berlebih pada matriks aluminium sehingga membentuk gumpalan-gumpalan.

SARAN

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

1. Melakukan variasi pada parameter proses pembuatan aluminium *fly ash*. Variasi parameter proses tersebut diantaranya yaitu variasi presentase *fly ash* yang ditambahkan, variasi putaran motor dan waktu penahanan pada saat *stir casting* agar diperoleh hasil yang optimum.
2. Mendesain peralatan *stir casting* yang lebih efisien sehingga setelah proses pengadukan logam cair dapat langsung dituang dalam cetakan.
3. Mendesain cetakan dan melakukan proses penuangan logam cair yang cepat dan kontinyu agar tidak terjadi porositas.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Johnson, Cornelis. *Metallography Principles and Procedures*. Leco Corporation.
2. "Coal Fly Ash And Raw or Calcined Natural Pozzolan For Use as a Mineral Admixture In Concrete". ASTM C618.
3. "Coal Fly Ash, Materials Descriptions".
4. D. Callister, William. 1994. *Materials Science and Engineering 4th ed.* Canada: John Willey and Sons, Inc.
5. "Dealing With Outlying Observations". ASTM E178.
6. Departement of Defense. 2002. "Metal Matrix Composites: Composite Materials Handbook". United States of America.
7. E. Davis, Harmer; Earl Tooxell, George and T. Wiskocil, Clement. 1964. *The Testing and Inspection of Engineering Materials 3rd ed.* New York: McGraw-Hill Book Company.
8. E. Dieter, George. 1988. *Metallurgi Mekanik 3rd ed jilid 2.* Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
9. Fan, Maoming and Friends. "Coal Ash Beneficiation and Utilization in Coal Separation Process". China.
10. "Fly Ash Metal Matrix Composites". WE Energies Coal Combustion Products Utilization Handbook.
11. Froyen, L and Vir Linden, B. 1994. "Aluminium Matrix Composites Materials". Belgium: University of Leuven.
12. F. Smith, William. 1996. *Principles of Materials Science and Engineering 3rd ed.* New York: McGraw-Hill, Inc.
13. 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.
14. H. Perry, Rober and Green, Don. 1984. *Chemical Engineering Hand Book*. New York: McGraw-Hill, Inc.
15. H. Van Vlack, Awrence. 1989. *Ilmu dan Teknologi Bahan edisi 5.* Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
16. Hwang, J. Y. "Beneficial Use of Fly Ash". Houghton, Michigan: Institute of Materials Processing, Michigan Technological University.
17. 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.
18. Indian Energy Sector. 2000. "Managing Fly Ash". India.
19. Industrials Chemicals Division. "Soluble Silicates in Waste Treatment". The PQ Corporation.
20. J. Bienia, M. Walczak, B. Surowska, and J. Sobczaka. 2003. "Microstructure And Corrosion Behaviour of Aluminum Fly Ash Composites". Poland: Department of Materials Engineering, Lublin University of Technology.
21. Kalpakjian, Seoropo. 1995. *Manufacturing Engineering and Technology 3rd ed.* Addison Wesley Publishing Company.
22. "Materials-Aluminium Oxide (Al_2O_3)". 2002.
23. *Metal Test Methods and Analytical Procedures*. 1996. Annual Book of ASTM Standards 3rd Section.
24. Mustafid. 2003. "Statistika Elementer". Diklat Kuliah. Semarang: Jurusan Matematika Fakultas MIPA Undip.
25. Ozdemir, Orhan; Ersoy, Bahri and S. Celik, Mehmet. 2001. "Separation of Pozzolonic Material from Lignit Fly Ash of Tuncbilek Power Station". Turkey: Coal and Minerals Processing Section, Istanbul Technical University.