

## Studi Pengaruh *Palm Oil Fly ash* Terhadap Sifat Mekanis dan Mikrostruktur pada Pembuatan *Metal Matrix Composite* dengan Metode *Casting*

Tugiman<sup>1,a\*</sup>, Suprianto<sup>2,b</sup>

<sup>1,2</sup> Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik USU  
Jl. Almamater Kampus USU Padang Bulan Medan, SUMUT, INDONESIA  
Email: <sup>a</sup>[tugiman.karmani@gmail.com](mailto:tugiman.karmani@gmail.com). <sup>b</sup>[Suprianto.t@gmail.com](mailto:Suprianto.t@gmail.com)

### Abstrak

*Palm Oil Fly ash* merupakan limbah yang sangat banyak ditemukan di pabrik kelapa sawit dengan kandungan utama senyawa *silicon dioxide*. Pemanfaatan yang belum optimal menyebabkan *Palm Oil Fly ash* berpotensi mencemari lingkungan, oleh sebab itu perlulah kiranya dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui peluang pemanfaatan *Palm Oil Fly ash*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Palm Oil Fly ash* terhadap kekerasan, kekuatan impact dan mikrostruktur pada pembuatan *Metal Matrix Composite* (MMC) menggunakan metode *casting*. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan putaran 75,100,125,150 dan 175 rpm saat pengecoran dan penambahan *Palm Oil Fly ash* dilakukan saat aluminium telah mencair di dalam *crucible* grafit juga penambahan Mg untuk memperbaiki *wettability*. Sampel kemudian dilakukan pengujian kekerasan, impact dan mikrostruktur. Hasilnya memperlihatkan penambahan *Palm Oil Fly ash* dapat meningkatkan kekerasan sedangkan ketangguhan material cenderung stabil tidak mengalami penurunan yang signifikan dan hasil pengamatan mikrostruktur terlihat *Palm Oil Fly ash* tersebar diantara matrik aluminium.

**Kata kunci:** *Palm Oil Fly ash*, kekerasan, impact, mikrostruktur

### Latar Belakang

Pabrik kelapa sawit sangat banyak ditemui di Sumatera Utara yang mengolah Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit menjadi CPO yang sangat bermanfaat. Hasil sampingan dari pengolahan ini salah satunya limbah padat yang disebut *Palm Oil Fly ash* (POFA) diperoleh dari hasil pembakaran cangkang dan fiber di ruang bakar boiler dengan unsur penyusun utama bergantung terhadap sumber bahan bakar, umumnya mengandung SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO berturut-turut 55,2%, 4,48%, 5,44% dan 4,12% [1]. Penggunaan komposisi fly yang berbeda menghasilkan sifat mekanis yang berbeda fly ash dengan komposisi B (68,1% SiO<sub>2</sub>) menghasilkan kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan impact yang lebih baik bila dibandingkan fly ash jenis A (63,34% SiO<sub>2</sub>) [2]. Penggunaan fly ash yang mengandung 58,41% SiO<sub>2</sub> dapat, meningkatkan kekerasan, kekuatan kompresi, impact mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan persentase fly ash pada pembuatan komposit menggunakan teknik pengecoran konvensional [3]. Pengecoran konvensional merupakan salah satu cara pembuatan material komposit, dimana penyebaran fasa (partikel keramik, *sort fibre*) dicampur dengan suatu cairan logam sebagai pengikatnya,

cairan material komposit ini kemudian dicor [4]. Pendekatan yang baru dalam pengecoran *metal matrix composite* (MMC) dengan menggunakan metode *stir casting* telah terbukti berhasil. Meletakkan kedua material yang akan dicampur secara bersama-sama dalam proses peleburan merupakan proses konvensional yang dapat dilakukan [1]. Metode *stir casting* telah digunakan untuk membuat MMC dengan memvariasikan ukuran partikel fly ash dan fraksi berat hasilnya memperlihatkan penurunan kekerasan, kekuatan tarik seiring dengan kenaikan ukuran partikel dan sebaliknya kenaikan persen berat partikel meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik komposit [5]. Kekerasan suatu komposit fly ash mengalami peningkatan sedangkan densitas cenderung menurun seiring dengan kenaikan jumlah fly ash dibanding aluminium murni [6]. Penambahan partikel fly ash dan alumina ke dalam matrik aluminium memperbaiki kekuatan tarik, kompresi, kekerasan dan penambahan partikel-partikel ini akan meningkatkan keefektifan ikatan antara pemerkuat dan matrik [7].

Metode pembuatan MMC dengan cara pengecoran sangat beraneka ragam dan kualitas yang dihasilkan juga berbeda. Penambahan partikel fly ash ke dalam matrik komposit

menggunakan teknik *squeeze casting* lebih menguntungkan untuk mendapatkan struktur yang lebih homogen dengan kemungkinan terbentuknya porositas lebih sedikit bila dibandingkan dengan menggunakan metode pengecoran gravitasi [8]. Metode *compactcasting* juga dapat dilakukan untuk membuat komposit AZ91D/*fly-ash cenosphere* cara ini diperoleh distribusi *cenosphere* di dalam matrik AZ19D Mg alloy yang lebih seragam pada temperatur pemanasan 720°C, penambahan *cenospheres* pada temperatur 590°C[9].

Pemanfaatan POFA untuk pembuatan MMC menggunakan aluminium sebagai matrik telah berhasil dilakukan menggunakan metode *stir casting* hasilnya memperlihatkan penambahan kandungan POFA dapat meningkatkan kekerasan MMC [10].

Penelitian mengenai pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan pemerkuat pada pembuatan komposit telah banyak dilakukan namun pemanfaatan *fly ash* yang berasal dari limbah pabrik kelapa sawit masih sangat sedikit dilakukan untuk pembuatan komposit. Pada penelitian ini dilakukan studi mengenai pengaruh partikel *palm oil fly ash* (POFA) terhadap sifat mekanis MMC dengan matrik aluminium tipe A356.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan POFA yang berasal dari salah satu pabrik kelapa sawit di kabupaten deliserdang POFA ini dilakukan proses grinding dilanjutkan pengayakan untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Proses pembuatan MMC dilakukan dengan memvariasikan putaran pengaduk *stir casting* 75,100,125,150 dan 175 rpm komposisi POFA konstan 2,5% berat dan Magnesium 3% untuk memperbaiki *wettability* campuran. POFA ditambahkan ke dalam cairan aluminium A356 pada temperatur 735°C dengan lama pengadukan 5 menit. Cairan aluminium dituang ke dalam cetakan permanen tertutup berbentuk persegi panjang. Hasil coran ini selanjutnya dibuat sampel untuk pengujian kekerasan Brinell, dampak (model charpy) dan mikrostruktur. Pembuatan sampel uji dilakukan di laboratorium teknologi mekanik Teknik Mesin USU

Pembuatan MMC menggunakan metode pengecoran sentripugal juga telah dilakukan menggunakan jenis POFA yang sama dengan metode *stir casting* dengan memvariasikan komposisi POFA 2,5, 5, 7,5, 10 dan 12,5% dengan putaran 366 rpm, penuangan dilakukan pada temperatur 735°C ke dalam cetakan

permanen yang telah dipanasi hingga 450°C hasil coran ini selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan menggunakan metode Brinell.

### Hasil dan Diskusi

#### Hasil pengujian komposisi material aluminium dan POFA

Penelitian ini menggunakan aluminium tipe A356 dalam bentuk ingot, komposisi aluminium sebagai matrik pada pembuatan MMC seperti diperlihatkan pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Komposisi Aluminium A356

Al	Si	Fe	Cu	Mn	sat.
92	7,5	0,15	0,002	0,01	[%]
Zn	Ni	Mg	Sn	Other	sat.
0,01	0,004	0,09	0,02	balance	[%]

Tabel 1 diatas memperlihatkan matrik yang digunakan merupakan aluminium alloy dengan komposisi elemen alloy utama silikon (Si). Kandungan Si ini pada paduan aluminium dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik[11,12]. Penambahan Si meningkatkan sifat mekanis pada peleburan kembali aluminium kemasam minimum. Paduan aluminium dengan elemen alloy utama silikon sering digunakan untuk komponen-komponen automotif dikarenakan selain memiliki sifat mekanis yang baik juga sifat ekspansi termal yang baik pula. Penelitian ini menggunakan partikel pemerkuat dari POFA yang diambil dari pabrik kelapa sawit yang terdapat di kabupaten deliserdang. Komposisi POFA berbeda-beda bergantung kepada daerahnya hasil pengujian komposisi utama partikel pemerkuat seperti diperlihatkan pada tabel 2 berikut ini ;

Tabel 2. Komposisi POFA

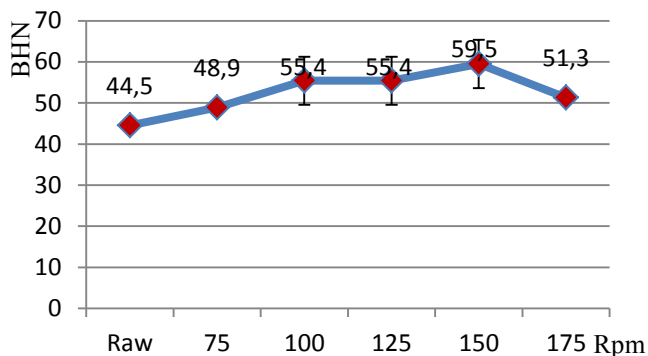
SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	sat.
70,36	3,18	10,55	1,12	0,44	[%]

Tabel 2 di atas memperlihatkan komposisi utama POFA adalah partikel SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang merupakan gabungan antara elemen logam dan non logam. Partikel ini memiliki densitas yang lebih ringan bila dibanding dengan aluminium dan *melting point* sangat tinggi diatas aluminium, copper maupun besi sifat mekanis umumnya keras dan getas. Pemanfaatan serbuk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada pembuatan komposit akan memberikan sifat fisis dan mekanis yang sangat baik dengan ukuran partikel merupakan salah satu kunci untuk

mendapatkan material komposit dengan kemampuan mekanis yang baik [13].

### Hasil Pengujian Kekerasan

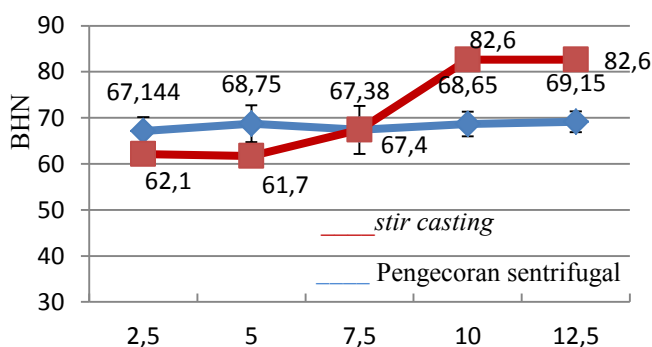
Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode brinell dengan beban 500 kg, identasi diambil sebanyak lima titik untuk masing-masing variasi putaran. Hasil pengujian kekerasan terhadap sampel MMC komposisi 2,5% POFA seperti diperlihatkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1 : Kekerasan Vs putaran pengaduk

Gambar 1 diatas memperlihatkan kekerasan yang paling rendah diperoleh pada *raw* material sebesar 44,5BHN sedangkan MMC mengalami peningkatan kekerasan seiring dengan kenaikan putaran pengaduk, putaran yang lebih tinggi ini akan mengakibatkan distribusi percampuran POFA di dalam matrik aluminium lebih baik sehingga kekerasan meningkat. Pada putaran 175rpm kekerasan sedikit menurun hal ini dikarenakan pada saat proses pengadukan terdapat POFA yang terlempar keluar *crusibel* sehingga mengurangi volume yang terdispersi ke dalam matrik aluminium.

Pengujian kekerasan sampel MMC yang dibuat menggunakan metode pengecoran sentripugal dengan variasi komposisi POFA juga telah dilakukan hasilnya seperti diperlihatkan pada gambar 2 berikut ini :

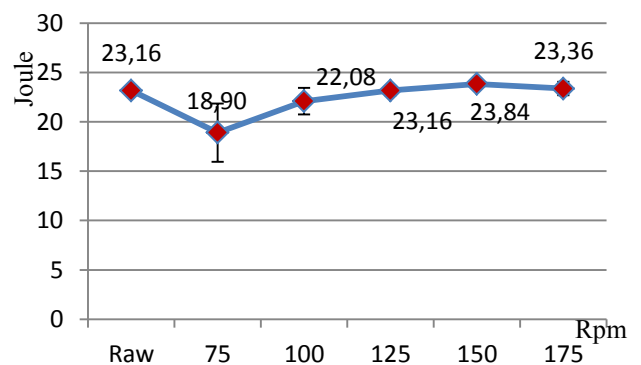


Gambar 2 : Kekerasan Vs komposisi POFA

Gambar 2 diatas memperlihatkan pengaruh komposisi POFA terhadap kekerasan material MMC. Proses pembuatan MMC menggunakan metode *stir casting* dengan cetakan terbuka memperlihatkan kekerasan yang lebih signifikan hingga 82,6 BHN bila dibandingkan dengan metode pengecoran sentripugal cetakan permanen tertutup kekerasan mencapai 69,2BHN. Secara umum dari gambar 2 memperlihatkan untuk kedua metode pembuatan MMC memperlihatkan kenaikan komposisi POFA akan meningkatkan kekerasan material MMC. Peningkatan kekerasan MMC oleh partikel *fly ash* di dalam matrik aluminium disebabkan adanya dispersi penguatan juga oleh partikel penguat [14,15]. Penelitian lainnya memperlihatkan penambahan *fly ash* dan alumina ke dalam matrik aluminium tipe 6061 menggunakan metode *stir casting* telah memperbaiki kekutan tarik, kekuatan tekan dan kekerasan [16].

### Hasil Pengujian Impak

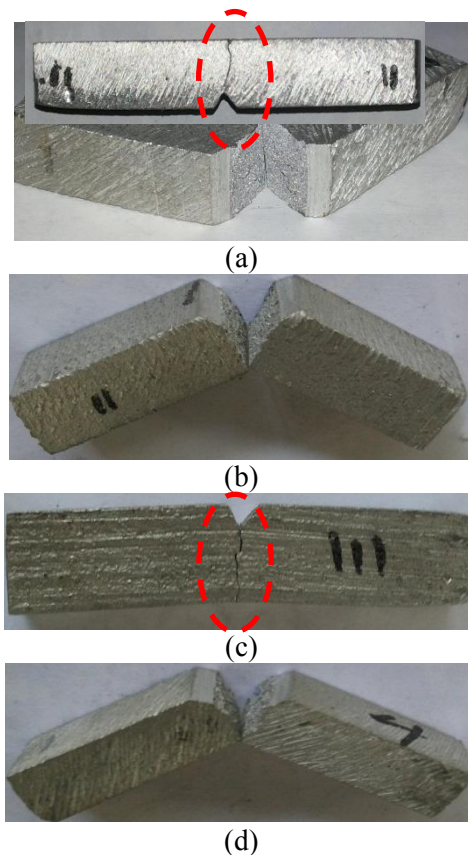
Pengujian impak dengan metode charpy juga telah dilakukan terhadap MMC dengan variasi putaran. Hasil pengujian impak dinyatakan dalam satuan joule untuk jumlah energi yang diserap spesimen saat pengujian seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut ini :



Gambar 3 : Energi yang diserap Vs Putaran

Gambar 3 diatas memperlihatkan penambahan POFA sebanyak 2,5% dengan variasi putaran memperlihatkan kekuatan impak MMC tidak mengalami penurunan secara drastis, rata kekuatan impak berkisar 18,9 hingga 23,4 joule. Energi impak paling rendah diperoleh pada putaran 75rpm hal ini bisa disebabkan oleh distribusi POFA yang kurang merata dibanding dengan putaran yang lebih tinggi. Energi impak juga dipengaruhi oleh ukuran partikel *fly ash* dimana diketahui bahwa keberadaan *void* dan perambatan tegangan lebih besar untuk partikel yang dimensinya lebih besar [17].

Bentuk patahan pengujian impak seperti diperlihatkan pada gambar 4 di bawah ini :

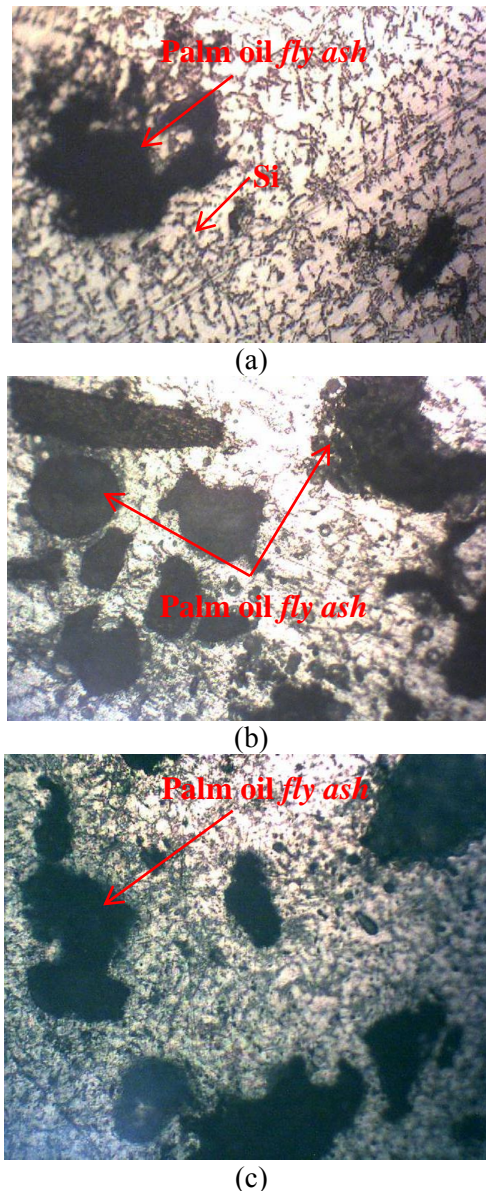


Gambar 4 : Bentuk patahan sampel sampel uji impak : (a) 75,( b) 100, (c) 125 dan (d) 150rpm

Gambar 4 diatas memperlihatkan bentuk patahan sampel hasil pengujian impak dimana patahan terlihat tidak rata, proses terjadinya patahan melalui proses perambatan tegangan tidak melalui garis lurus dan permukaan patahan cenderung berserabut berwarna gelap hal ini mengidentifikasi bahwa material ini masih memiliki kekuatan impak yang cukup baik.

### Hasil photo mikro sampel MMC

Pengujian mikrostruktur dilakukan di laboratorium metalurgi Departemen Teknik Mesin USU dengan pembesaran 200x untuk melihat distribusi POFA pada masing-masing sampel MMC hasilnya seperti diperlihatkan pada gambar 5 berikut ini :



Gambar 5 : Mikrostruktur metal matrix composite pembesaran 200x ; a)75 , b)125 dan c)175rpm.

Gambar 5 diatas memperlihatkan mikrostruktur MMC terdiri dari silikon jelas terlihat pada gambar (a) terdistribusi diantara matrik aluminium dengan ukuran partikel yang halus, sementara itu POFA yang digunakan sebagai penguat terlihat lebih banyak menyebar diantara matrik aluminium pada putaran yang lebih tinggi, distribusi partikel penguat inilah yang akan mempengaruhi kekerasan dari material MMC. Pembuatan komposit dengan *fly ash* sebagai penguat distribusi partikel dan *interface* antara penguat dan matrik merupakan hal yang sangat penting, pada pembuatan komposit menggunakan sistem pengecoran gravitasi selalu terjadi aglomerasi dan porositas selalu terdapat di dekat *interface* akibat dari dekohesi partikel-matrik yang terlalu cepat selama proses kristalisasi [8].



## Kesimpulan

Hasil penelitian mengenai pengaruh *Palm Oil Fly ash* terhadap sifat mekanis dan mikrostruktur ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Kenaikan putaran pengaduk *stir casting* akan menaikkan kekerasan material MMC yang diperkuat POFA.
2. Kekerasan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan komposisi POFA yang digunakan untuk kedua metode *stir casting* dan pengecoran sentripugal, kekerasan tertinggi 69,2BHN komposisi POFA 12,5% untuk pengecoran sentripugal dan 82,6BHN komposisi POFA 12,5% untuk *stir casting* menggunakan cetakan terbuka.
3. Kekuatan impak tidak mengalami penurunan untuk komposisi POFA 2,5% dengan variasi putaran hingga 175rpm dan MMC memiliki ketangguhan yang relatif baik dengan bentuk patahan sampel uji impak yang tidak rata.
4. Mikrostruktur MMC terlihat distribusi POFA lebih merata untuk putaran pengaduk *stir casting* yang lebih tinggi.

## Referensi

- [1] J. Hashim, The Production Of Cast Metal Matrix Composite By A Modified Stir Casting Method, jurnal Teknologi,35(A) (2001) 9-20.
- [2] A.K.Senapati, P.C.Mishra dan B.C.Routara, Use of Waste Flyash in Fabrication of Aluminium Alloy Matrix Composite, International Journal of Engineering and Technology (IJET), vol.6, No.2 (2014) 905-912.
- [3] K.V.Mahendra dan K.Radhakrisna, Fabrication of Al-4.5% Cu alloy with *fly ash* metal matrix composites and its characterization, Materials Science-Poland, Vol. 25, No. 1 ( 2007) 57-68.
- [4] S.Sarangi dan D.Kumar, Fabrication and Characterisation of Aluminium-*Fly ash* Composite Using Stir Casting Method, A Thesis, Departement of Metallurgy & Materials Engineering National Institute of Technology Rourkel (2009) 16-17.
- [5] H.C.Anilkumar, H.S.Hebbar dan K.S.Ravishankar, Mechanical Properties Of *Fly ash* Reinforced Aluminium Alloy (Al6061) Composites, International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME), Vol.6 (2011) 41-45.
- [6] J.Babu Rao, D.Venkata Rao dan N.R.M.R.Bhargava, Development of light weight ALFA composites, International Journal of Engineering, Science and Technology Vol. 2, No. 11 (2010) 50-59
- [7] P.Gadade dan L.R.Arun, Characterisation Of Aluminium – Flyash -Alumina Composite For Piston Analysis By Cae Tools, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, Issue 12 (2013) 8047-8060.
- [8] J.Bienias, M.Walczak, B.Surowska dan J.Sobczak, Microstructure And Corrosion Behaviour Of Aluminum *Fly ash* Composites, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials Vol. 5, No. 2 (2003) 493 – 502.
- [9] H.Zhiqiu, Y.Sirong, L.Muqin dan L.Hongli, 2011, Microstructure of *Fly ash* Cenosphere/AZ91D Composite During Solution Treatment at 380-420°C, China Foundry, Vol.8, No.1 (2011) 117-120.
- [10] Tugiman,Suprianto dan R.Daulay, Analisa Pemanfaatan Palm Oil *Fly ash* Sebagai Bahan Alternatif Pada Pembuatan Metal Matrix Composite (MMC) Menggunakan Metode Stir Casting, Proseding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII, Bandar Lampung, Oktober (2013).
- [11] Suhariyanto, Perbaikan Sifat Mekanik Paduan Aluminium (A356.0) dengan Menambahkan TiC, Jurnal Teknik Mesin, Vol.3,No.1 (2003) 20-24.
- [12] A.Biswas dan D.Bhalla, Mechanical Properties Of Silicon Based Aluminium Alloy 22.92, VSRD International Journal of Mechanical, Automobile and Production Engineering, Vol. 2 No. 9 (2012) 313-319.
- [13] D.K.Koli, G.Agnihotri dan R.Purohit, Properties and Characterization of Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composites Processed by Casting and Powder Metallurgy Routes (Review), International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET), Vol.2, issue 4 (2013) 486-496.
- [14] M.Vivekananthan dan .Senthamarai, Experimental Evaluation Of Aluminium - *Fly ash* Composite Material to Increase the Mechanical & Wear Behaviour by Stir Casting Method, CARE Journal of Applied Research, (ISSN 2321-4090) 14-16.
- [15] G.N.Lokesh, M.Ramachandra, K.V.Mahendra dan T.Sreenith, Effect of

- Hardness, Tensile and Wear Behavior of Al-4.5wt%Cu Alloy/*Fly ash*/SiC Metal Matrix Composite, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), Vol.3, issue 1 (2013) 381-385.
- [16] P.Gadade dan Arun L.R, Characterisation Of Aluminium-Fly Ash-Alumina Composite For Piston Analysis By Cae Tools, International Journal of Innovative Research in Science,Engineering and Technology, Vol.2, Issue 12 (2013) 8047-8060.
- [17] R.Satheesh Raja, K.Manisekar dan V.Manikandan, Effect of *fly ash* filler size on mechanical properties of polymer matrix composites, International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME), Vol.1, Issue 1 (2013) 34-37.