

Analisa Pemanfaatan *Palm Oil Fly Ash* Sebagai Bahan Alternatif Pada Pembuatan *Metal Matrix Composite (MMC)* Menggunakan Metode *Stir Casting*

Tugiman¹, Suprianto², Ramadhan Daulay³

^{1,2,3} Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik USU
Jl. Almamater Kampus USU Medan
tugiman.karmani@gmail.com. Suprianto@usu.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar di dunia dengan sebaran utama di pulau Sumatera dan Kalimantan. Proses pengolahan kelapa sawit di PKS memanfaatkan sumber energi yang berasal dari cangkang dan fiber kelapa sawit dimana proses pembakaran bahan bakar cangkang dan fiber di ruang bakar boiler menghasilkan sisa hasil pembakaran berupa *fly ash* yang jumlahnya cukup banyak. *Fly ash* ini biasanya dibiarkan begitu saja di areal pabrik kelapa sawit yang tentunya dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan ketidaknyamanan terhadap para pekerja. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk melihat peluang pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan penguat pada pembuatan metal matrix composite (MMC) dengan berbagai variasi komposisi *fly ash*. *Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Pabrik kelapa Sawit (PKS) di daerah kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara dengan ukuran $74\mu\text{m}$ dan sebelum digunakan *fly ash* ini dipanaskan hingga 800°C di dalam *furnace* untuk menghilangkan *moisture* dan fraksi yang masih bisa terbakar. Pada pembuatan MMC variasi komposisi *fly ash* dilakukan mulai 2,5, 5, 7,5, 10 dan 12,5% proses pencampuran *fly ash* dilakukan pada saat aluminium telah mencair di dalam crusibel grafit diikuti proses pengadukan selama 5 menit, penambahan Mg sekitar 1,5% dilakukan pada cairan untuk memperbaiki *wettability* dari *fly ash* dan penuangan dilakukan pada temperatur 760°C . Hasil penelitian memperlihatkan penambahan *fly ash* pada pembuatan MMC dapat meningkatkan kekerasan, dimana kekerasan tertinggi 82,6 BHN diperoleh pada komposisi 10% *fly ash* dan terendah pada komposisi 2,5% *fly ash*. Hasil pengujian impak memperlihatkan secara umum penambahan *fly ash* tidak menurunkan kekuatan impak secara signifikan. Hasil pengujian mikrostruktur dapat dilihat *fly ash* terdapat diantara matrik aluminium tetapi distribusi *fly ash* tersebut belum merata pada semua bagian. Hasil penelitian diatas memperlihatkan bahwa *palm oil fly ash* dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *metal matrix composite* dengan aluminium sebagai matrix, tetapi metode pembuatan perlu disempurnakan lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih optimum karena metode *stir casting* belum dapat mencapai distribusi *fly ash* yang homogen.

Keywords: *Palm Oil Fly Ash, stir casting, MMC*

Pendahuluan

Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar di dunia dengan sebaran utama di pulau Sumatera dan Kalimantan. Proses pengolahan kelapa sawit di PKS memanfaatkan sumber energi yang berasal dari cangkang dan fiber kelapa sawit dimana *Fly Ash* merupakan sisa hasil pembakaran yang terjadi di ruang bakar boiler. Satu unit Pabrik Kelapa Sawit kapasitas 30 ton/jam paling tidak membutuhkan 3 ton bahan bakar cangkang dan fiber setiap jamnya dan menurut Borhan,dkk (2010) setelah proses pembakaran bahan bakar sekitar 5% palm oil fly ash atau abu boiler akan dihasilkan. sehingga kita

dapatkan begitu banyaknya *fly ash* yang dihasilkan

Fly ash sebagai hasil sampingan dari proses pembakaran cangkang dan fiber di dalam boiler. Menurut Abdullah K, dan Hussin,M (2000) *fly ash* yang berasal dari kelapa sawit banyak mengandung Silicon Dioksida (SiO_2), Aluminium Oxide (Al_2O_3), Ferric Oxide (Fe_2O_3), Calcium Oxide (CaO), Magnesium Oksida (MgO), Sodium Oksida (Na_2O) Potasium Oksida (K_2O) Sulphur Oxide (SO_2) Loss On ignition (LOI) tentunya komposisi ini bisa berubah untuk tiap daerah yang berbeda. Dapat kita lihat bahwa *fly ash* yang dihasilkan merupakan partikel-partikel keramik. Partikel keramik dapat

dimanfaatkan sebagai bahan pemerkuat pada pembuatan metal matrix composite (MMC). Biasanya sifat mekanis dari MMC memperlihatkan beberapa kekhususan, baik itu yang diharapkan atau yang tidak diharapkan seperti modulus elastis, tegangan yield, maupun sifat mekanis lainnya. Kebanyakan dari sifat-sifat ini mengalami peningkatan dengan perlakuan memasukkan partikel atau fiber dalam suatu matrik logam yang memiliki sifat mekanis dan thermal yang cukup berbeda menghasilkan ketidakteraturan dalam regangan dan panas yang terjadi didalam MMC (Vincent,A.,dkk,1996). Penambahan fly ash pada matrik aluminium akan memperbaiki sifat mekanis, secara eksperimen kekerasan Al6063 fly ash komposit meningkat dengan peningkatan persentase fly ash tetapi kekuatan fatiq cenderung menurun (Verma,A.S., dkk, 2012).

Proses pembuatan metal matrik komposit dapat dilakukan dengan berbagai metode. Metode *squeeze casting* yang digunakan dalam proses penambahan partikel fly ash sebagai pemerkuat pada pembuatan MMC lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan metode pengecoran gravitasi dalam hal untuk memperoleh struktur yang lebih homogen dan kecil kemungkinan porosity terjadi (Bienias,J.,dkk, 2003). Selain kedua proses tersebut pembuatan MMC dengan aluminium sebagai matrik telah berhasil dilakukan pada Al 7075 ditambah *Fly Ash* menggunakan metode *stir casting* dan penambahan Mg dilakukan untuk memperbaiki wettability dari partikel fly ash dengan cara menurunkan tegangan permukaannya (Singla, D. dan S.R. Mediratta, 2013). Penambahan fly ash dan SiC memperbaiki kekerasan dari komposit pada pembuatan komposit dengan Al-4.5%Cu alloy menggunakan metode *stir casting* (Lokesh,dkk.,2013).

Penelitian ini bertujuan untuk melihat peluang pemanfaatan *palm oil fly ash* sebagai bahan pemerkuat pada pembuatan *Metal Matrix Composite (MMC)* untuk berbagai komposisi dan dilakukan pengujian kekerasan, impak serta mikrostruktur.

Metodologi Penelitian

Fly ash yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Pabrik kelapa Sawit (PKS) di daerah kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara untuk selanjutnya dilakukan grinding dan pengayakan untuk mendapatkan ukuran fly ash yang diinginkan. Ukuran fly ash yang digunakan 74 μ m dan sebelum digunakan *fly ash* ini dipanaskan hingga 800°C di dalam *furnace* untuk menghilangkan *moisture* dan fraksi yang masih bisa terbakar. Pada pembuatan MMC variasi komposisi fly ash dilakukan mulai 2.5, 5, 7.5, 10 dan 12,5% proses pencampuran *fly ash* dilakukan pada saat aluminium telah mencair di dalam crusibel grafit diikuti proses pengadukan selama 5 menit, penambahan Mg sekitar 1,5% dilakukan pada cairan untuk memperbaiki *wettability* dari *fly ash* dan penuangan dilakukan pada temperatur 760°C untuk semua komposisi. Proses pembuatan MMC ini menggunakan cetakan permanen yang terbuat dari baja.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Sampel *Metal Matrix Composite (MMC)* yang telah dibuat selanjutnya dilakukan beberapa pengujian seperti densitas, kekerasan, impak dan mikrostruktur seperti diperlihatkan berikut ini ;

Hasil Uji Komposisi Raw Material

Material yang digunakan sebagai matrik pada pembuatan Metal Matrix Composite (MMC) ini berasal dari aluminium A356 dengan komposisi sebagai berikut ;

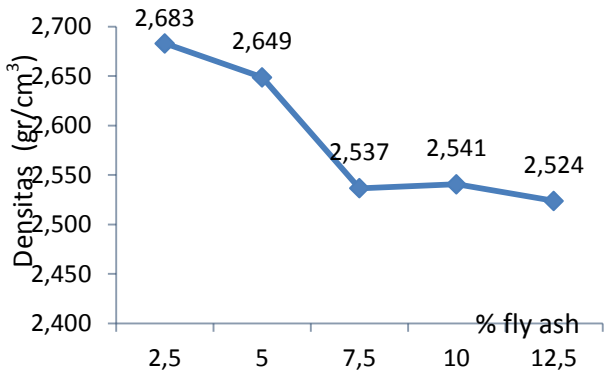
Tabel 1. Komposisi matrik aluminium

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
92	7,5	0,15	0,002	0,01	0,09
Zn	Ni	Pb	Sn	Other	
0,01	0,004	0,001	0,02	balance	

Dari komposisi terlihat bahwa material tersebut menggunakan alloy utama Si sekitar 7,5% termasuk ke dalam golongan *hypoeutectic Al-Si alloy* yang banyak digunakan pada komponen-komponen *automotive*.

Hasil Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan terhadap kelima variasi komposisi *palm oil fly ash* tersebut, hasilnya seperti diperlihatkan pada gambar 1 berikut ;



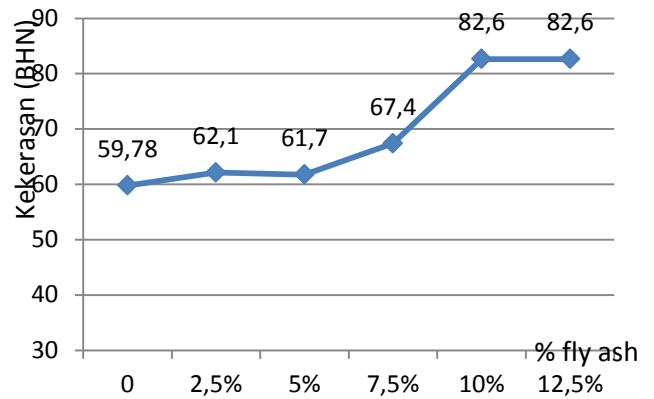
Gambar 1 ; Densitas paduan metal matrix composite (MMC)

Gambar 1 diatas memperlihatkan penambahan fly ash pada aluminium akan menurunkan densitas dari metal matrik komposit, dimana densitas aluminium berkisar 2,7 gr/cm³ dan fly ash 2-3 gr/cm³ bergantung kepada sumber dimana *palm oil fly ash* tersebut diambil.

Penurunan densitas komposit ini sejalan dengan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan densitas menurun seiring dengan kenaikan persentase *fly ash* untuk berbagai variasi (suresh,N. dkk.,2010). Menurut Mahendra,K.V. dan Radhakrishna (2007) fluiditas dan densitas dari komposit turun, dimana kekerasan meningkat dengan meningkatnya persentase partikel *fly ash*.

Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap sampel *Metal Matrix Composite (MMC)* untuk semua variasi *palm oil fly ash* menggunakan metode pengujian Brinnel dengan beban sebesar 500 kg Hasil pengujian kekerasan yang diperoleh seperti diperlihatkan pada gambar 2 berikut ;



Gambar 2 ; Kekerasan Vs Komposisi *palm oil fly Ash* temperatur 760°C

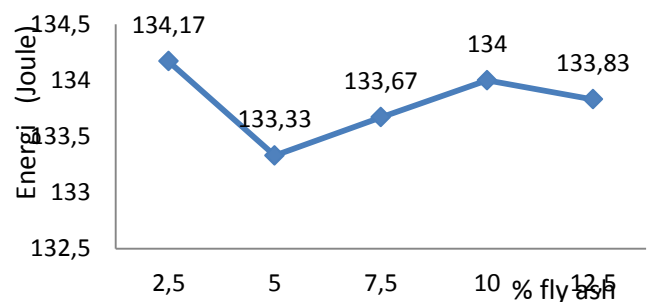
Gambar 2 diatas memperlihatkan bahwa penambahan fly ash pada aluminium A356 pada pembuatan Metal Matrix Composite (MMC) dapat meningkatkan nilai kekerasan hal ini terlihat pada komposisi 2,5% hingga 12,5% fly ash.

Pada penelitian ini nilai kekerasan maksimum dicapai pada komposisi 10% fly ash sebesar 82,6 BHN.

Menurut Chaudhury,dkk (2004) kekerasan komposit lebih besar dari alloy dasarnya, yang dapat ditujukan kepada keberadaan densitas dislokasi yang lebih tinggi di dalam matrik yang diakibatkan perbedaan sifat thermal diantara matrik dan *dispersoid*.

Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan pada sampel uji dengan menggunakan metode charpy, pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketangguhan material MMC yang dinyatakan dalam energy (joule) yang diserap sampel uji pada saat pengujian. Hasil pengujian impak seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut ;

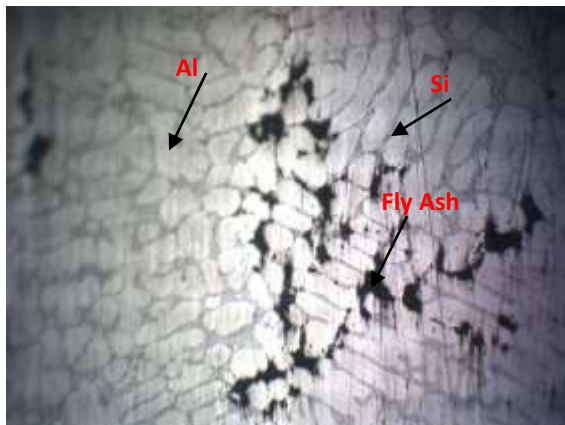


Gambar 3. grafik energy yang diserap vs komposisi *palm oil fly Ash*.

Hasil pengujian impak memperlihatkan bahwa penambahan *palm oil fly ash* akan menurunkan kekuatan impak pada material MMC, penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan karena hasil yang diperoleh berkisar antara 133-134 joule dari energi yang diserap. Pada setiap material tren penurunan *energy* impak ini tidaklah konstan hal ini kemungkinan disebabkan distribusi *palm oil fly ash* yang terdapat pada material MMC kurang homogen sehingga menghasilkan grafik seperti diperlihatkan pada gambar 3 diatas.

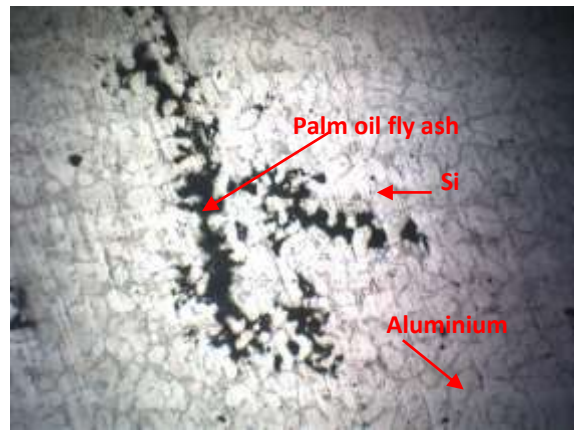
Hasil Pengujian Photo Mikro

Pengujian mikrostruktur dilakukan pada sampel uji material MMC menggunakan mikroskop *optic* untuk melihat distribusi *palm oil fly ash* ditambahkan ke dalam matrik aluminium A356 serta mikrostrukturnya. Hasil pengujian mikrostruktur seperti diperlihatkan pada gambar 4 berikut ;

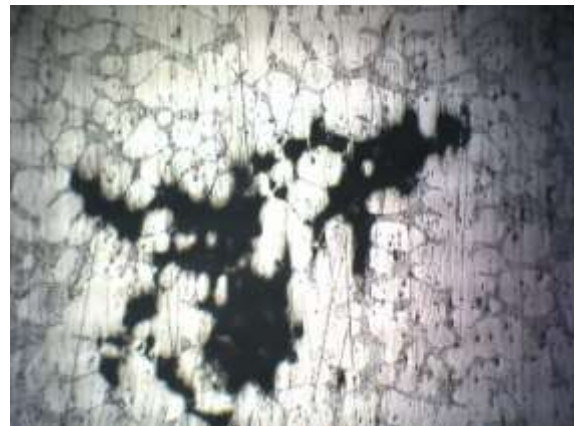


Gambar 4. mikrostruktur 2,5% *Palm oil fly Ash* pembesaran 100x

Hasil photo mikro pada 2,5% fly ash memperlihatkan ash terdispersi diantara matrik aluminium dengan distribusi yang kurang homogen dan *palm oil fly ash* terlihat berkelompok menempati suatu bagian di dalam matrik aluminium.

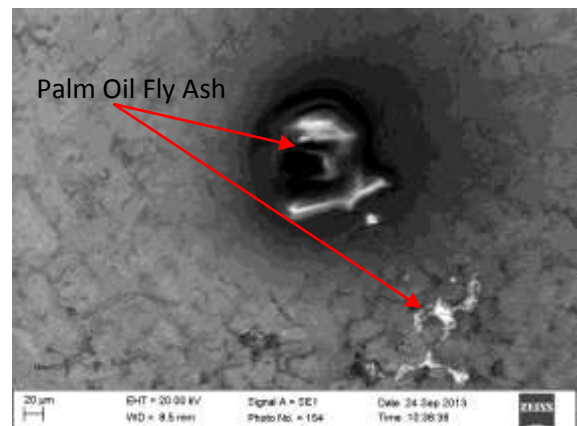


Gambar 5. mikrostruktur 10% *Palm oil fly ash* 100x



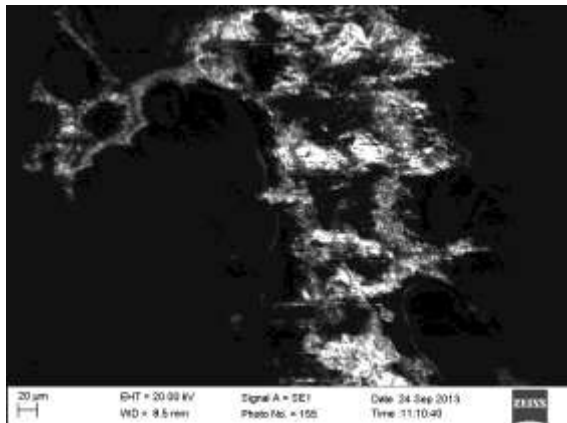
Gambar 6. mikrostruktur 12,5% *Palm oil fly ash* 100x

Gambar 5,6 masing-masing memperlihatkan struktur mikro metal matrik komposit yang diperkuat oleh *palm oil fly ash*, terlihat bahwa fly ash berada diantara matrik aluminium yang membentuk *cluster-cluster* atau berkelompok. Karena matrik aluminium terdiri dari komposisi alloy utama Si terlihat bahwa silikon terdispersi diantara batas butir matrik aluminium.



Gambar 7. Hasil SEM sampel 10% fly ash 512x

Gambar 7 memperlihatkan hasil photo SEM sampel *metal matrix composite (MMC)* dari serbuk *fly ash* yang berada diantara matrik α aluminium keberadaan *fly ash* ini akan menyebabkan terjadinya dislokasi di daerah antara *palm oil fly ash* dan aluminium.



Gambar 8. Hasil SEM *fly ash* pada material 12,5%.

Gambar 8 memperlihatkan hasil SEM di suatu bagian pada sampel yang mengandung banyak *palm oil fly ash*. terlihat bahwa pada daerah ini *palm oil fly ash* membentuk suatu rangkaian serbuk *palm oil fly ash* yang antara satu dengan lainnya saling berhubungan.

Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ;

1. Pembuatan *metal matrix composite* yang diperkuat oleh *palm oil fly ash* telah berhasil dilakukan menggunakan metode *stir casting*.
2. Peningkatan komposisi *fly ash* akan menurunkan densitas dari komposit.
3. Kekerasan tertinggi diperoleh pada komposisi 10% *fly ash* sebesar 82,6 BHN.
4. Hasil pengujian impak memperlihatkan penurunan ketangguhan komposit akan tetapi penurunan ini tidak seragam dikarenakan ketidak homogenan struktur. Pengujian struktur mikro yang dilakukan memperlihatkan *palm oil fly ash* telah berhasil terdifusi ke dalam matrik aluminium akan tetapi distribusi belum homogen sehingga perlu dilakukan penyempurnaan proses pembuatan.

Ucapan terima kasih

Terima kasih diucapkan kepada Dirjen Pendidikan Tinggi dan Universitas Sumatera Utara. Penelitian ini dibiayai Oleh DIPA USU Tahun Anggaran 2013, Sesuai Dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing No ; 4267/UN5.IR/KEU/2013

Daftar Pustaka

Abdullah,K dan Hussin,M,2010, *Fire Resistance Properties of Palm Oil Fuel Ash Cement Based Aerated Concrete*, Concrete Research, vol.1 (3).

Bienias,J, Walczak,M, Surowska,B dan Sobczak,J, 2003, *Microstructure And Corrosion Behaviour Of Aluminum Fly Ash Composites*, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials Vol. 5, No. 2, p. 493 – 502.

Borhan,M.N., Ismail,A. dan Rahmat,R.A., 2010, *Evaluation of Palm Oil Fuel Ash (POFA) on Asphalt Mixtures*, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(10): 5456-5463.

Chaudhury,S.K.,Singh,A.K., Sivaramakrishnan,C.S.S. dan Panigrahi, 2004, *Preparation and thermomechanical properties of stir cast Al-2Mg-11TiO₂ (rutile) composite*, Bull. Mater. Sci., Vol. 27, No. 6, December 2004, pp. 517–521.

Lokesh,G.N.,Ramachandra,M, Mahendra,K.V., dan Sreenith,T., 2013, *Effect of Hardness, Tensile and Wear Behavior of Al-4.5wt%Cu Alloy/Flyash/SiC Metal Matrix Composites*, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), Vol.3, Issue.1, pp-381-385

Mahendra,K.V. dan Radhakrishna,K., 2007, *Fabrication of Al-4.5% Cu alloy with fly ash metal matrix composites and its characterization*, Materials Science-Poland, Vol. 25, No. 1,

Singla, D. dan Mediratta, S.R., 2013, *Evaluation Of Mechanical Properties Of Al 7075-Fly Ash Composite Material*, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 2,pp 951-959.

Suresh,N, S. Venkateswaran,S. dan Seetharamu,S, 2010, *Influence of cenospheres of fly ash on the mechanical properties and wear of permanent moulded eutectic Al–Si alloys*, *Materials Science-Poland*, Vol. 28, No. 1

Verma,V.S., Suri, N.M. dan Kant,S,2012, *Effect of Process parameter of AL-6063 based fly ash composites using Taguchi*, *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol.7 No.11.

Vincent,A.,dkk,1996, *Transient Internal Damping in Metal Matrix Composite*, *Journal De Physique* IV,Vol.6, Villeurbanne cedex, France