

ANALISA PENGARUH *ELECTROLESS PLATING* ABU DASAR BATU BARA SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT MATRIKS LOGAM TERHADAP PRODUK REAKSI YANG TERBENTUK PADA PERMUKAAN ABU DASAR BATUBARA

Edi Santoso¹; Harjo Sepetro²; Eka Puji Himawan³

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
e-mail: edi_santoso_talo@yahoo.com

²Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
e-mail: harjo_sp@yahoo.com

³Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
e-mail: wawan.eko@yahoo.com

Abstract

An electroless plating process that does not use electric current in the coating process. Coatings that occurs due to the reaction of reduction and oxidation of [ermukaan objects, thus forming a layer of metal derived from the metal salt. Because it does not use an electric current in the electron exchange coating process happens more slowly. The purpose of this study is to see the reaction products formed on the surface of coal bottom ash results electroless plating which is affected by variations in the weight of aluminum and temperature oxidation by testing the SEM-EDX. Results of SEM-EDX will be the reaction products formed by using statistical software version PCPDF WIN 2:01. From the test results SEM-EDX with magnesium weight variation and temperature variation affects the oxidation Wt%-forming elements in it but does not affect the elements formed where for all specimens produce similar reactions, namely Aluminium Silicate Al_2SiO_5 .

Keywords: *Composites, electroless plating, the reaction products formed*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang berbeda, dengan syarat adanya ikatan permukaan antara kedua material tersebut. Komposit tidak hanya digunakan untuk sifat struktural tetapi dapat juga dimanfaatkan untuk berbagai sifat yang lainnya seperti listrik, panas, atau material- material yang memperhatikan aspek lingkungan. Komposit pada umumnya diklasifikasikan menjadi 2 bagian yang berbeda, dimana fasa kontinyu disebut matrik, dan fasa diskontinyu disebut sebagai penguat (Bayu Setiadi dkk, 2014).

Teknologi pelapisan merupakan bidang baru yang dikembangkan dalam skala industri maupun skala riset. Teknologi pelapisan diterapkan dalam berbagai aplikasi baik untuk logam, keramik (*karbida, nitride dan oksida*) hingga dikembangkan untuk material baru dengan satu atau banyak lapisan pada substrat logam maupun non logam. *Electroless plating* biasanya digunakan untuk komponen mekanik ataupun elektronik khususnya untuk meningkatkan ketahanan aus (*wear resistance*) dan dalam beberapa kasus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan korosi (dengan perlakuan khusus). Proses ini sangat tidak tergantung dari geometri spesimen.

Hasil pengamatan topografi partikel Al_2O_3 yang telah di elektroless plating dengan perbandingan kadar Mg 0,1 dan 0,3 gram. Setelah itu dioksidasi dalam furnace pada suhu 2000C selama 1 jam dan dilanjutkan pada temperatur 4000C selama 2 jam, dengan tujuan membentuk fasa spinel $MgAl_2O_4$ dan oksida logam lainnya seperti MgO pada permukaan serbuk Al_2O_3 .

Penambahan Mg dengan kadar 0,1 gram pada proses electroless plating adalah untuk menghasilkan fasa atau oksida logam terutama $MgAl_2O_4$ (spinel) yang dapat meningkatkan wettability matrik dan penguat. Terlihat permukaan partikel Al_2O_3 relatif bersih dari endapan atau serpihan yang menempel dan hampir sama dengan partikel Al_2O_3 tanpa plating (as-received). Diindikasikan bahwa partikel tersebut telah terlapis relatif merata oleh oksida logam MgO atau spinel $MgAl_2O_4$ karena hasil EDS pada berbagai posisi memperlihatkan adanya elemen Mg, O dan Al (Maman K, 2010).

Sementara untuk penambahan Mg 0,3 gram Pada gambar teramati adanya endapan atau serpihan yang menempel dipermukaan. Pada permukaan partikel Al_2O_3 gumpalan-gumpalan. Penambahan ion Mg sebesar 0,3 gram pada proses *electroless plating*, menyebabkan sebagian elemen Mg menggumpal. Hasil EDS Hal ini mengindikasikan bahwa gumpalan tersebut merupakan endapan Mg atau oksida Mg yang menggumpal. Partikel Al_2O_3 tidak terlapis dengan baik oleh oksida logam atau spinel untuk *electroless plating* dengan kadar Mg 0,3 gram. Adanya gumpalan pada permukaan partikel Al_2O_3 dapat menurunkan *wettability* dan berpotensi menimbulkan cacat casting seperti *porositas* (Maman K, 2010).

Sementara untuk penambahan Mg 0,3 gram Pada gambar teramati adanya endapan atau serpihan yang menempel dipermukaan. Pada permukaan partikel Al_2O_3 gumpalan-gumpalan. Penambahan ion Mg sebesar 0,3 gram pada proses electroless plating, menyebabkan sebagian elemen Mg menggumpal. Hasil EDS Hal ini mengindikasikan bahwa gumpalan tersebut merupakan endapan Mg atau oksida Mg yang menggumpal. Partikel Al_2O_3 tidak terlapis dengan baik oleh oksida logam atau spinel untuk electroless plating dengan kadar Mg 0,3 gram. Adanya gumpalan pada permukaan partikel Al_2O_3 dapat menurunkan *wettability* dan berpotensi menimbulkan cacat casting seperti porositas (Maman K, 2010).

Electroless merupakan proses plating yang tidak menggunakan listrik dalam proses pelapisannya. Pelapisan yang terjadi karena adanya reaksi oksidasi dan reduksi pada permukaan barang, sehingga terbentuk lapisan logam yang berasal dari garam logam tersebut. Karena tidak menggunakan bantuan arus listrik dalam pertukaran electron, proses pelapisan yang terjadi berjalan lebih lambat, sehingga untuk mempercepat pelapisan, temperatur proses harus tinggi, bisa mencapai 900C.

Permasalahan

Bagaimana pengaruh variasi berat magnesium (Mg) dan variasi temperatur oksidasi pada proses *electroless plating* terhadap produk reaksi yang terbentuk ?.

Tujuan

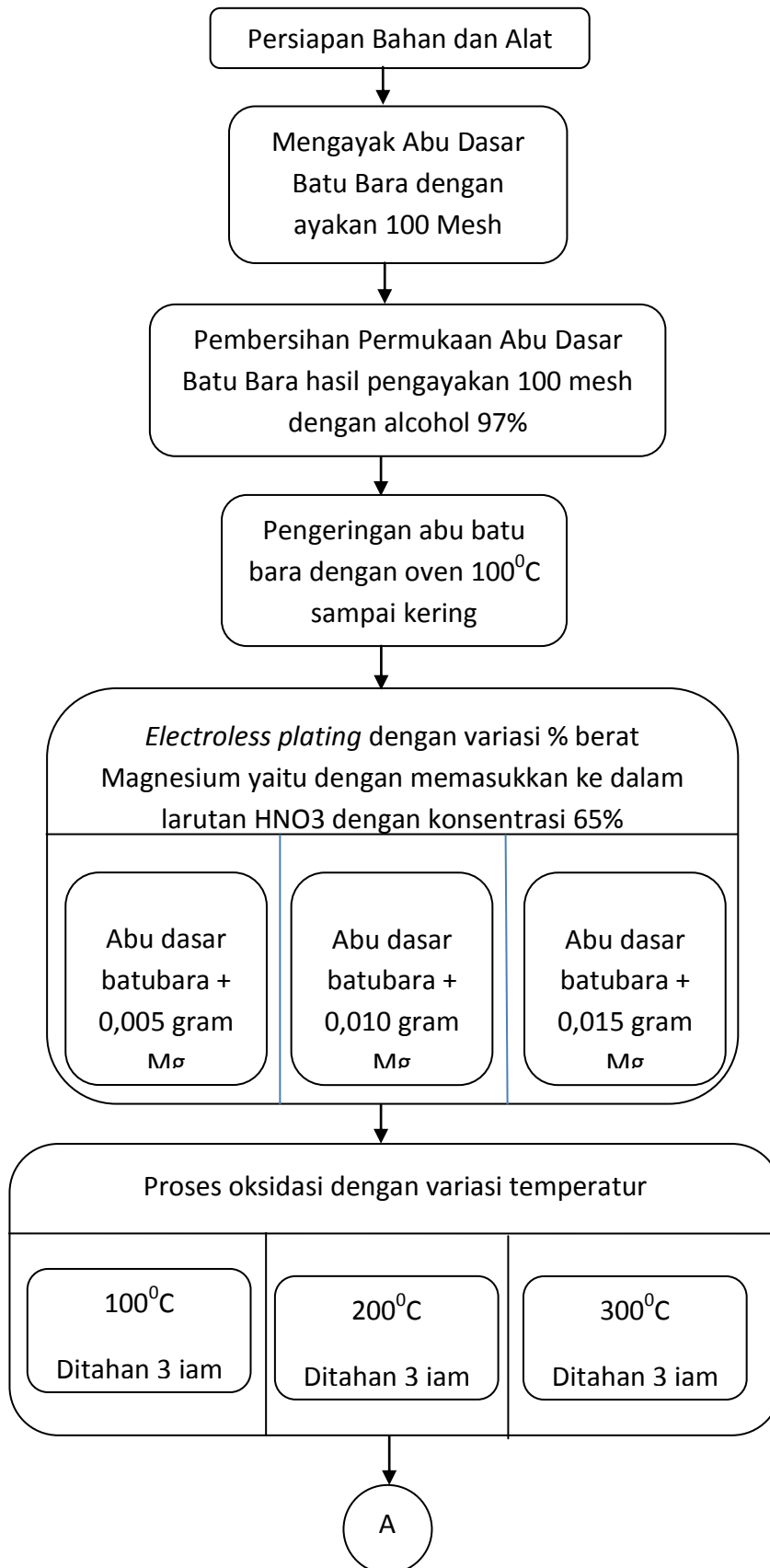
Mengetahui pengaruh variasi berat magnesium (Mg) dan variasi temperatur oksidasi pada proses *electroless plating* terhadap produk reaksi yang terbentuk.

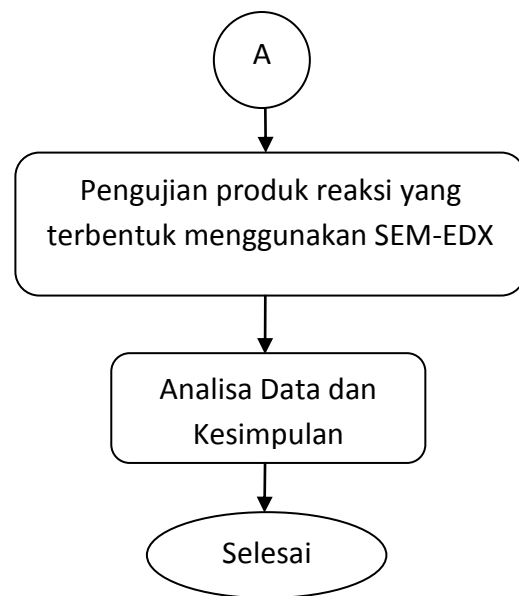
Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah

1. Material yang digunakan komposit aluminium - abu dasar batu bara
2. Variasi temperatur oksidasi : 100⁰C, 200⁰C, 300⁰C
3. Variasi magnesium (gram) : 0,005gr, 0,010gr, 0,015gr
4. Waktu oksidasi : 3 jam

2. METODE





Dalam penelitian ini langkah pertama yaitu mempersiapkan alat dan bahan. Jenis-jenis alat ada oven listrik, tanur, kompor magnetic, gelas ukur, tabung erlenmeyer, magnet (untuk memutar cairan diatas kompor magnetic), thermometer, sendok kimia, timbangan digital, kompor pemanas, dapur, kowi, cetakan, cawan tuang, dll. Sedangkan untuk bahan ada Al, Mg, pasir silika, Abu dasar batu bara, alcohol 97%, larutan HNO₃.

Setelah alat dan bahan tersebut siap kemudian langkah pertama yaitu pengayakan abu batu bara 100 mesh, setelah halus kemudian dilanjut dengan pembersihan abu batu bara dengan alcohol 90%. Pencucian dilakukan secara manual selama 3 kali dengan menggunakan bantuan gelas ukur kimia 1000 ml, dan dilanjut dengan proses sintering abu batu bara tadi dengan menggunakan bantuan oven sampai kering sempurna kira – kira 3 jam dengan suhu 100°C dan ditaruh dalam gelas kimia yang terbuat dari kaca / keramik.

Abu yang sudah kering tersebut kemudian di timbang dengan menggunakan timbangan digital. Berat abu yang akan dibuat proses *electroless plating* beratnya sama untuk satu propeller yaitu 10gr, yang membedakanya hanyalah berat magnesium (Mg) yaitu 0,005, 0,010, 0,015gr.

Langkah selanjutnya adalah proses *electroless plating* dengan menggunakan bantuan kompor magnetik dan magnet untuk memutar cairan HNO₃. Pertama – tama tuang cairan HNO₃ kedalam tambung elemeyer yang sudah dilengkapi dengan magnet pemutar.. Dipanaskan dengan suhu 1200C sampai setengah kering / mamel lalu dikeluarkan.

Setelah proses *electroless* tersebut selesai kemudian dilanjut dengan proses oksidasi, yaitu dengan menggunakan bantuan oven dengan suhu 1000C, 2000C, 3000C ditahan selama 3 jam sampai kering. Guna proses oksidasi ini adalah untuk melihat produk reaksi yang terbentuk di dalam abu tersebut.

Setelah itu melakukan pengujian masing-masing yaitu meneliti produk reaksi yang terbentuk hasil dari *elektroless plating*, Pengujian Produk reaksi yang terbentuk menggunakan alat SEM-EDX dengan sampel berupa serbuk abu batu bara yang sudah ter-*electroless plating* dan ter-oksidasi. Untuk menganalisa mirostruktur pada permukaan abu dasar batubara menggunakan *Scanning Ellectron Microscope (SEM)* dan untuk mengidentifikasi fase – fase yang terbentuk menggunakan *Energi Difracton X-ray (EDX)*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Abu dasar batu bara setelah dielektroless plating dengan variasi berat Mg 0,005 gram, 0,010 gram dan 0,15 gram dan variasi temperatur oksidasi 100⁰ C, 200⁰ C dan 300⁰ C adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1.

Abu dasar batu bara yang telah ter *elektroless plating* dengan berat magnesium 0,005gr dengan temperatur oksidasi 100⁰C.

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,005gr dan suhu 100⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara menggumpal kecil, bertekstur keras serta berwarna agak kemerahan dan agak mengkilap.



Gambar 3.2.

Abu dasar batu bara yang telah ter *elektroless plating* dengan berat magnesium 0,005gr dengan temperatur oksidasi 200⁰C.

Analisa Pengaruh *Electroless Plating* Abu Dasar Batu Bara Sebagai Penguat Komposit Matriks Logam Terhadap Produk Reaksi Yang Terbentuk Pada Permukaan Abu Dasar Batubara

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,005gr dan suhu 200⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara menggumpal lebih besar dari pada oksidasi 100⁰C, bertekstur keras tetapi mudah hancur saat dipegang, berwarna coklat pudar.



Gambar 3.3.

Abu dasar batu bara yang telah ter *electroless plating* dengan berat magnesium 0,005gr dengan temperatur oksidasi 300⁰C.

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,005gr dan suhu 300⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara halus seperti butiran pasir walaupun ada yang sedikit menggumpal serta Berwarna merah bata.



Gambar 3.4.

Abu dasar batu bara yang telah ter *electroless plating* dengan berat magnesium 0,010gr dengan temperatur oksidasi 100⁰C.

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,010gr dan suhu 100⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara halus seperti butiran pasir dan berwarna hitam pekat tanpa ada yang menggumpal.



Gambar 3.5.

Abu dasar batu bara yang telah ter *electroless plating* dengan berat magnesium 0,010gr dengan temperatur oksidasi 200⁰C.

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,010gr dan suhu 200⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara ada yang berupa butiran halus dan kasar, serta agak mengkilap dibagian permukaannya.



Gambar 3.6.

Abu dasar batu bara yang telah ter *electroless plating* dengan berat magnesium 0,010gr dengan temperatur oksidasi 300⁰C.

Analisa Pengaruh *Electroless Plating* Abu Dasar Batu Bara Sebagai Penguat Komposit Matriks Logam Terhadap Produk Reaksi Yang Terbentuk Pada Permukaan Abu Dasar Batubara

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,010gr dan suhu 300⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara berwarna kemerahan berbentuk seperti kerikil kecil dan sedang, tetapi ada juga yang halus.



Gambar 3.7.

Abu dasar batu bara yang telah ter *electroless plating* dengan berat magnesium 0,015gr dengan temperatur oksidasi 100⁰C.

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,015gr dan suhu 100⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara berwarna kehitaman seperti tanah liat, lembut, tidak menggumpal, dan memiliki tekstur seperti pasir.



Gambar 3.8.

Abu dasar batu bara yang telah ter *electroless plating* dengan berat magnesium 0,015gr dengan temperatur oksidasi 200⁰C.

Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,015gr dan suhu 200⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara berwarna keabu – abuan seperti debu. Sebagian besar menggumpal tetapi ada juga yang halus, seta agak mengkilap di sebagian besar permukaannya.



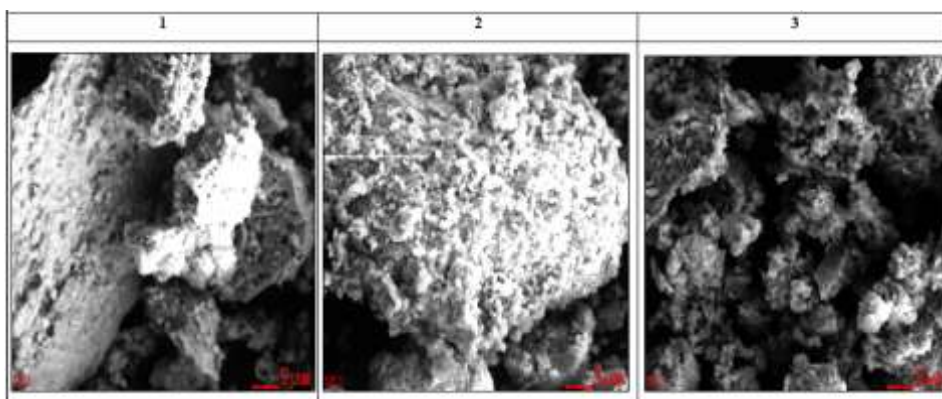
Gambar 3.9.

Abu dasar batu bara yang telah ter *electroless plating* dengan berat magnesium 0,015gr dengan temperatur oksidasi 300⁰C.

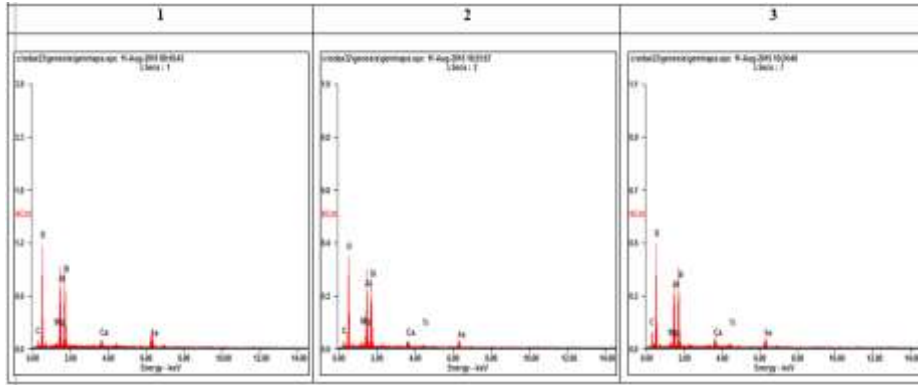
Dari gambar ditunjukkan abu dasar batu bara hasil dari proses *electroless plating* sesudah di oksidasi dengan berat magnesium 0,015gr dan suhu 300⁰C. Hasilnya abu dasar batu bara berwarna keabu – abuan lebih gelap dibandingkan dengan yang bersuhu 200⁰C. sebagian besar telah halus tetapi masih ada yang menggumpal, dan yang masih menggumpal pada permukaannya bewarna agak kehitaman serta agak mengkilap.

Pemotretan pada pengujian SEM-EDX dilakukan sebanyak 3x pada masing-masing specimen. Selanjutnya pada hasil pengujian SEM-Edx dilakukan analisis terhadap reaksi kimia yang terbentuk. Pada penguat tersebut dalam hal ini adalah abu dasar batubara setelah dielectroless plating dengan menggunakan software yang bernama PCPDF WIN version 2.01

1. Reaksi kimia yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,005% dan temperatur oksidasi 200⁰C



Analisa Pengaruh *Electroless Plating* Abu Dasar Batu Bara Sebagai Penguat Komposit Matriks Logam Terhadap Produk Reaksi Yang Terbentuk Pada Permukaan Abu Dasar Batubara



Gambar 3.10.

Hasil SEM-EDX dengan variasi berat Mg 0,005% dan temperatur oksidasi 200⁰C

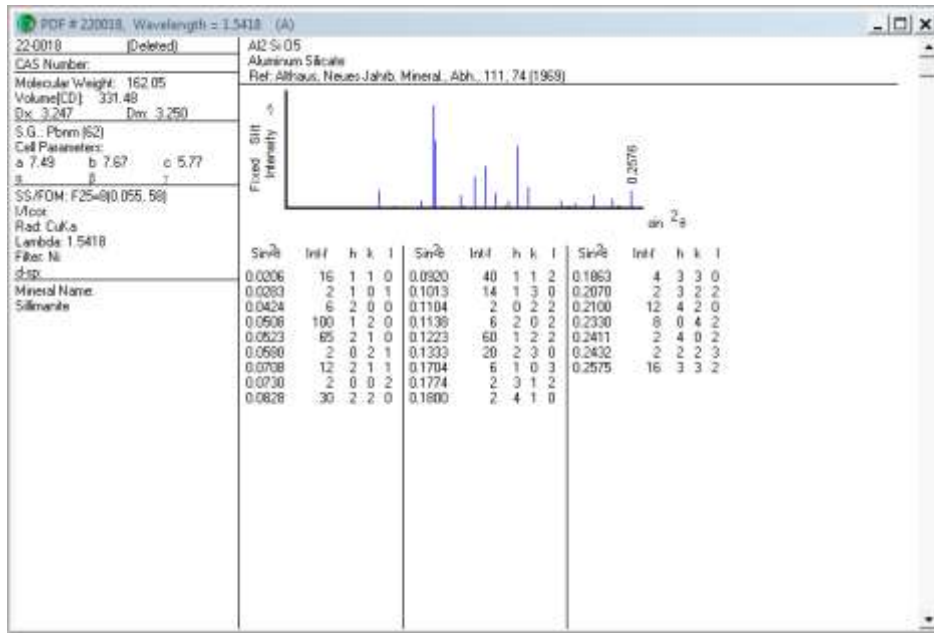
Dari perbandingan ketiga foto SEM memiliki warna sama yaitu abu-abu dan grafik hasil EDX ini memiliki 3 unsur tertinggi sama yaitu O, Al, dan Si. Senyawa yang terbentuk adalah Aluminium Silicate Al_2SiO_5 . (lihat gambar 3.11)

ID	Chemical Name	Chemical Formula	3 Strongest Lines	Sys
22-0018	Sillimanite, Aluminum Silicate	Al_2SiO_5	3.42 3.37 2.20	O
13-0122	Andalusite, Aluminum Silicate	Al_2SiO_5	5.54 4.53 2.77	O

Gambar 3.11.

Reaksi kimia yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,005% dan temperatur oksidasi 200⁰C

Kemudian akan dimunculkan grafik karakteristik Al_2SiO_5 .(Gambar 4.12)

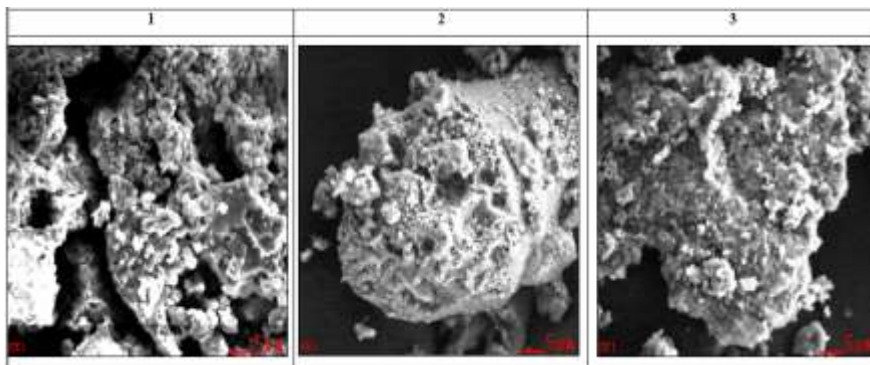


Gambar 3.12.
Karakteristik Al_2SiO_5

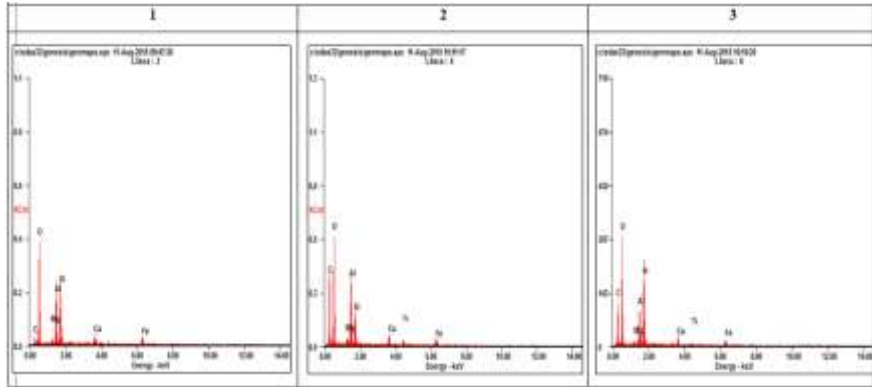
Dari rekasi kimia yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,005% dan temperatur oksidasi $200^{\circ}C$, hal ini dikarenakan pada daerah interface muncul puncak – puncak energi elemen C, O, Mg, Al, Si, Ca, dan Fe. Adanya puncak elemen Si (silikon) dan O (oksigen) dapat berkontribusi dalam pembentukan SiO_2 untuk puncak elemen Mg, O, Al, dan Si dapat berkontribusi dalam pembentukan oksida logam MgO dan Al_2SiO_5 (aluminium silicate). Terbentuknya fasa Al_2SiO_5 dimungkinkan karena $Al_2O_3 + SiO_2 \rightarrow Al_2SiO_5$, Al_2O_3 didapat dari dalam kandungan abu dasar batu bara, karena sebagian besar kandungan dari abu dasar batu bara adalah keramik Al_2O_3 .

Karena terbentuknya fasa MgO maupun Aluminium silikat (Al_2SiO_5) bersifat konstruktif. Namun disisi lain juga terbentuk fasa destruktif yaitu SiO_2 . Terbentuknya kristal MgO, $MgAl_2O_4$, Al_2O_3 akan menurunkan sudut kontak antar muka sehingga aspek interaksi interfasial antara matrik dan penguat akan menjadi lebih tinggi.

2. Senyawa baru yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,015% dan temperatur oksidasi $100^{\circ}C$ (lihat gambar 3.13)



Analisa Pengaruh *Electroless Plating* Abu Dasar Batu Bara Sebagai Penguat Komposit Matriks Logam Terhadap Produk Reaksi Yang Terbentuk Pada Permukaan Abu Dasar Batubara



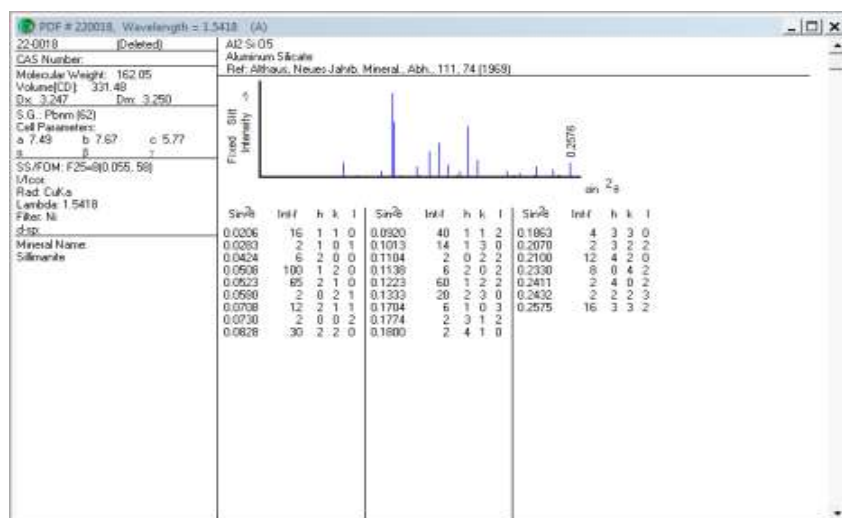
Gambar 3.13.
Hasil SEM-EDX dengan variasi berat Mg 0,015% dan temperatur oksidasi 100⁰C

Dari perbandingan ketiga foto SEM memiliki warna sama yaitu abu-abu dan grafik hasil EDX ini memiliki 3 unsur tertinggi yang beragam.

Pada grafik EDX nomer satu 3 unsur tertinggi adalah O, Al, dan Si. Reaksi kimia yang terbentuk adalah Al_2SiO_5 (gambar 3.14) dan grafik karakteristik Al_2SiO_5 (gambar 3.15).

ID	Chemical Name	Chemical Formula	3 Strongest Lines	Qty
22-0018	Sillimanite, Aluminum Silicate	Al ₂ SiO ₅	3.42 3.37 2.28	0
13-0122	Andalusite, Aluminum Silicate	Al ₂ SiO ₅	5.64 4.83 2.77	0

Gambar 3.14.
Reaksi kimia yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,015% dan temperatur oksidasi 100⁰C



Gambar 3.15.
Karakteristik Al_2SiO_5

Dari rekasi kimia yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,015% dan temperatur oksidasi 100⁰C, hal ini dikarenakan pada daerah interface muncul puncak – puncak energi elemen C, O, Mg, Al, Si, Ca, dan Fe. Adanya puncak elemen Si (silikon) dan O (oksigen) dapat berkontribusi dalam pembentukan SiO₂ untuk puncak elemen Mg, O, Al, dan Si dapat berkontribusi dalam pembentukan oksida logam MgO dan Al₂SiO₅ (aluminium silicate). Terbentuknya fasa Al₂SiO₅ dimungkinkan karena Al₂O₃ + SiO₂ → Al₂SiO₅, Al₂O₃ didapat dari dalam kandungan abu dasar batu bara, karena sebagian besar kandungan dari abu dasar batu bara adalah keramik Al₂O₃.

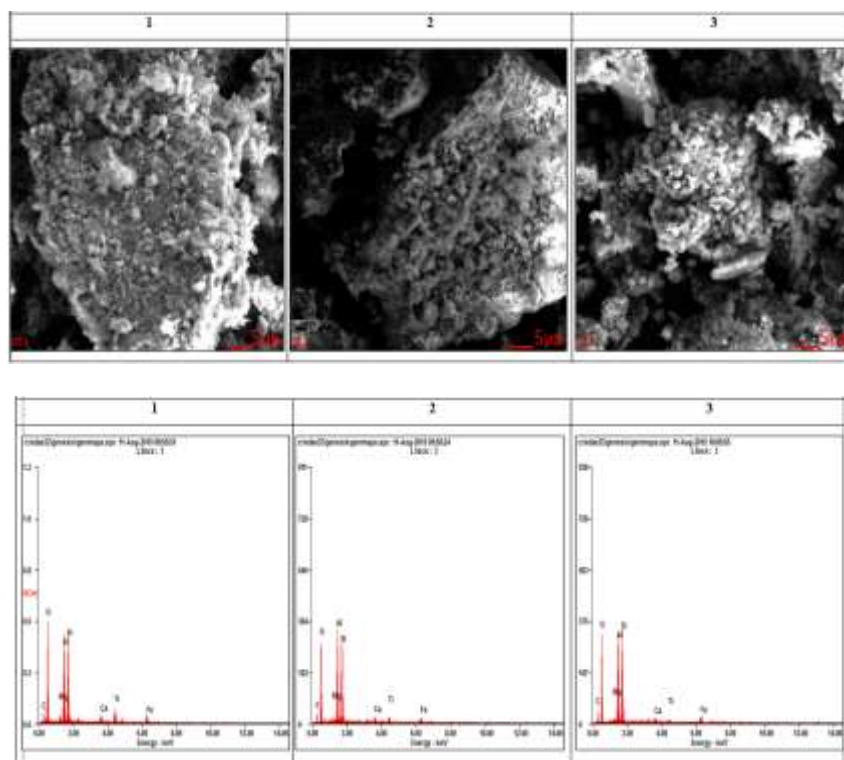
Karena terbentuknya fasa MgO maupun Aluminium silikat (Al₂SiO₅) bersifat konstruktif. Namun disisi lain juga terbentuk fasa destruktif yaitu SiO₂. Terbentuknya kristal MgO, MgAl₂O₄, Al₂O₃ akan menurunkan sudut kontak antar muka sehingga aspek interaksi interfasial antara matrik dan penguat akan menjadi lebih tinggi.

Pada grafik EDX nomer dua 3 unsur tertinggi yaitu C, O, dan Al. Setelah dicari dengan menggunakan software **PCPDF WIN version 2.01** tidak terdapat senyawa baru yang terbentuk didalamnya.

Pada grafik EDX nomer tiga 3 unsur tertinggi yaitu C, O, dan Si. Setelah dicari dengan menggunakan software **PCPDF WIN version 2.01** tidak terdapat senyawa baru yang terbentuk didalamnya.

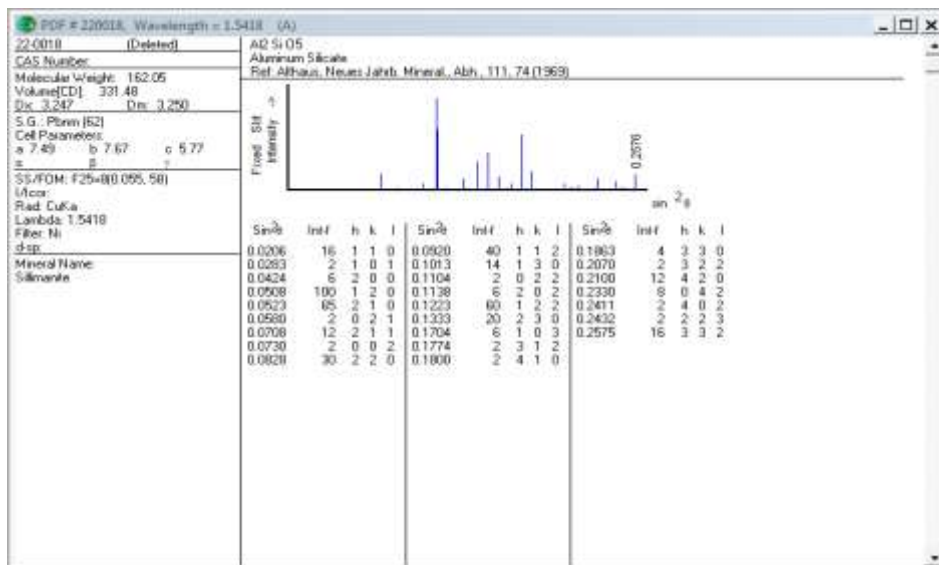
3. Senyawa baru yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,015% dan temperatur oksidasi 300⁰C.

Dari perbandingan ketiga foto SEM memiliki warna sama yaitu abu-abu dan grafik hasil EDX ini memiliki 3 unsur tertinggi sama yaitu O, Al, dan Si. Senyawa yang terbentuk adalah Aluminium Silicate (Al₂SiO₅) (gambar 3.16).



Gambar 3.16.
Hasil SEM-EDX dengan variasi berat Mg 0,015%
dan temperatur oksidasi 300⁰C

Setelah itu memunculkan grafik karakteristik Aluminium Silicate (Al_2SiO_5), seperti pada grafik di bawah ini. (gambar 3.17).



Gambar 3.17.
karakteristik Al_2SiO_5

Dari rekasi kimia yang terbentuk pada variasi berat Mg 0,015% dan temperatur oksidasi 300°C , hal ini dikarenakan pada daerah interface muncul puncak – puncak energi elemen C, O, Mg, Al, Si, Ca, dan Fe. Adanya puncak elemen Si (silikon) dan O (oksigen) dapat berkontribusi dalam pembentukan SiO_2 untuk puncak elemen Mg, O, Al, dan Si dapat berkontribusi dalam pembentukan oksida logam MgO dan Al_2SiO_5 (aluminium silicate). Terbentuknya fasa Al_2SiO_5 dimungkinkan karena $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{SiO}_5$, Al_2O_3 didapat dari dalam kandungan abu dasar batu bara, karena sebagian besar kandungan dari abu dasar batu bara adalah keramik Al_2O_3 .

Karena terbentuknya fasa MgO maupun Aluminium silikat (Al_2SiO_5) bersifat konstruktif. Namun disisi lain juga terbentuk fasa destruktif yaitu SiO_2 . Terbentuknya kristal MgO, MgAl_2O_4 , Al_2O_3 akan menurunkan sudut kontak antar muka sehingga aspek interaksi interfasial antara matrik dan penguat akan menjadi lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian SEM-EDX dengan variasi % berat magnesium (Mg) dan variasi temperatur oksidasi berpengaruh pada % Wt elemen – elemen pembentuk yang ada didalamnya, tetapi tidak berpengaruh terhadap unsur pembentuknya yaitu tetaplah sama. Dari semua spesimen menghasilkan produk reaksi yang sama yaitu aluminium silicate (Al_2SiO_5).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bayu Setiadi dan Sulardjaka. 2014. “*Kajian Sifat Fisis dan Mekanis Material Kopolit AlSiMg di Perkuat Serbuk SIC*”. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang. ISBN: 978-602-1180-04-4.
- Maman Kartamana.A.2010.”*Fabrikasi Komposit Al/Al₂O_{3(p)} Coated Dengan Metode Stir Casting dan Karakternya*”. Program Pasca Sarjana. Universitas Indonesia, Depok.

- Juriah Mulyati. 2011. “*Pengaruh Temperatur Proses Aging Terhadap Karakteristik Material Komposit Logam Al-SiC Hasil Stir Casting*”. Jurnal Kompetensi Teknik Vol 2, No. 2. Fakultas Teknik, Universitas Janadabra, Yogyakarta.
- Suyanto dkk.2014. “*Pengaruh Komposisi Mg dan SiC Terhadap Sifat Kekerasan Komposit AlSi-SiC yang dibuat Dengan Proses Semi Solid Stir Casting*”. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang. ISBN: 978-602-1180-04-4.
- Neni Julia.A.2012.”Pembuatan dan Karakterisasi Genteng Polimer Menggunakan Aspal dan Polypropilen Dengan variasi Komposisi dan Serat Nanas Terorientasi”, Program Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Lilin Hermawati dkk.2014. “Pengaruh TiB Terhadap Kekerasan Komposit AlSiMg yang diperkuat Serbuk SiC”. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang. ISBN: 978-602-1180-04-4.
- Sudaryatno Sudirham.2010.”Mengenal Sifat-Sifat Material”.Online. Tersedia: <https://eecafedotnet.files.wordpress.com/2011/03/mengenal-sifat-material-13.pdf>. 1 November 2015.
- Bambang.2011.”Instrumen Kimia SEM”.Online. Tersedia: anekakimia.blogspot.co.id/2011/06/instrumen-kimia-sem.html. 1 November 2015.

Analisa Pengaruh *Electroless Plating* Abu Dasar Batu Bara Sebagai Penguat Komposit Matriks Logam Terhadap Produk Reaksi Yang Terbentuk Pada Permukaan Abu Dasar Batubara