

ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT Al 2075 REINFORCEMENT DENGAN ELECTROLESS ABU DASAR BATUBARA

Adhi Setiawan*, Arita Rochma Nilasari, dan M. Ari

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS)

*e-mail: adhistw23@gmail.com

Abstract

Aluminium composite 2075 manufacturing required a strengthener such as bottom ash which has been through the electroless plating process that serves coating the bottom ash and sticks to aluminium casting process. The oxidation of 100°C produce 0,0126 μm Mg thickness oxidation, 200°C produce 0,0146 μm Mg thickness oxidation, and 300°C produces 0,0506 μm Mg thickness oxidation. Mechanical properties were tested by using worn-out test and hardness test based on new material function that will be used to replace existing disc brake material. Harness test showed that castings are using oxidized ash powder with higher temperature and produce resistant material than in low temperature. Casting mixture with oxidized bottom ash 100°C produce specific abrasion of $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$, produce of $1,814 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$ for oxidized 200°C, and produce of $1,675 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$ for oxidized 300°C.

Keywords: Aluminium 2075, Bottom ash, Composite, Electroless plating, Hardness test, Worn-out test.

Abstrak

Dalam pembuatan komposit aluminium 2075 diperlukan sebuah penguat berupa abu dasar batubara yang telah melalui proses elektroless yang berfungsi melapisi serbuk abu dasar batubara agar menempel pada logam aluminium saat pengecoran. Untuk oksidasi 100°C menghasilkan ketebalan Mg sebesar 0,0126 μm , oksidasi 200°C sebesar 0,0146 μm , dan oksidasi 300°C sebesar 0,0506 μm . Sifat mekanik diuji dengan menggunakan keausan dan kekerasan berdasarkan fungsi material baru yang akan digunakan untuk menggantikan material piringan cakram yang sudah ada. Uji kekerasan menunjukkan bahwa coran yang menggunakan serbuk yang dioksidasi dengan temperatur lebih tinggi akan menghasilkan material yang lebih tahan aus dibandingkan dengan temperatur rendah. Untuk coran campuran serbuk abu dasar batubara oksidasi 100°C menghasilkan nilai keausan spesifik sebesar $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$, oksidasi 200°C sebesar $1,814 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan oksidasi 300°C sebesar $1,675 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

Kata kunci: Aluminium 2075, Abu dasar batubara, Komposit, Elektroless, Uji kekerasan, Uji keausan.

1. PENDAHULUAN

Material logam merupakan material teknik yang seringkali diaplikasikan diberbagai bidang. Dalam aplikasi teknik atau rekayasa, logam merupakan material yang paling mendominasi pemakaiannya bila dibandingkan dengan material teknik lainnya terutama sebagai material utama dalam perancangan mesin. Selain itu, logam banyak digunakan dalam industri dan kebutuhan rumah tangga lainnya. Bahan aluminium misalnya, material dasar tersebut banyak dijumpai dalam bentuk aluminium murni maupun aluminium paduan (komposit). Material komposit merupakan material yang terdiri dari kombinasi dua material atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik pada saat membentuk komponen tunggal (Schwartz, 1997).

Material komposit tersusun dari dua bagian yaitu matriks dan penguat. Matriks merupakan bagian terbesar dalam struktur komposit serta dapat dibuat dari logam, keramik, atau polimer. Komposit dengan matriks logam aluminium merupakan salah satu material komposit yang banyak dikembangkan di industri. Beberapa kelebihan aluminium sebagai matriks dari komposit karena memiliki densitas yang relatif rendah, kekuatan yang relatif tinggi, tahan korosi, dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah sehingga dapat digunakan sebagai material substitusi komponen otomotif seperti *brake disk*, *drive shaft*, *brake motor*, dan *engine block* (Zulfia dan Ariati, 2006).

Sifat dari logam aluminium yang relatif *ductile* sebagai matriks komposit perlu dikombinasikan dengan penguat berupa partikel yang memiliki tingkat kekerasan dan kekuatan yang lebih tinggi

dibandingkan dengan material aluminium sehingga diperoleh komposit aluminium dengan kekuatan mekanik yang lebih baik dan dapat diaplikasikan sebagai komponen otomotif yang bergerak.

Penggunaan material keramik berbasis silika sebagai penguat komposit aluminium seringkali digunakan karena dapat meningkatkan performa mekanik dan ketahanan terhadap korosi (Zainuri, dkk, 2007; Deni, 2008). Material penguat pada komposit aluminium pada umumnya menggunakan abu dasar batubara (*bottom ash*) memiliki kandungan oksida seperti SiO_2 dan Al_2O_3 yang relatif tinggi, jumlahnya melimpah, tingkat kekerasan yang tinggi, tahan terhadap suhu yang tinggi dengan titik leleh diatas 2000°C dan murah sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pada pembuatan komposit logam dengan matriks aluminium (Ahmad dan Santoso, 2015). Kandungan SiO_2 pada abu dasar batu bara diperkirakan sekitar 41,73% dan Al_2O_3 berkisar 24,3 % sehingga dapat digunakan sebagai bahan alternatif pada komposit logam aluminium tersebut (Suseno, dkk, 2012; Ahmad dan Santoso, 2015).

Permasalahan utama dari penggunaan material keramik SiO_2 sebagai penguat pada komposit dengan matriks logam aluminium yaitu tingkat adhesi permukaan kedua material yang relatif rendah sehingga tidak memberikan penguatan secara efektif pada sistem komposit. Sifat adhesi kedua permukaan material tersebut dapat dilakukan dengan memberikan pelapisan atau *coating* pada permukaan keramik SiO_2 dengan menggunakan logam magnesium. Metode *coating* tersebut dilakukan dengan

menggunakan teknik *electroless plating*. Teknik *electroless plating* merupakan proses pelapisan yang tidak menggunakan arus listrik dalam pelapisannya. Pelapisan terjadi karena reaksi oksidasi dan reduksi pada permukaan bahan, sehingga terbentuk lapisan logam yang berasal dari garam logam tersebut. *Electroless plating* berfungsi membasahi permukaan partikel abu dasar batubara (*wettability*) itu sendiri dengan logam sebelum dipadukan dengan logam lain dalam proses peleburan atau cor. *Electroless plating* tersebut dilakukan pada partikel SiO₂ yang terkandung pada abu dasar batubara diharapkan dapat meningkatkan gaya adhesi sehingga mengarah pada meningkatnya sifat mekanik material komposit dengan matriks logam aluminium (Zulfia dan Hand, 2002).

Beberapa kelebihan pelapisan material dengan menggunakan metode *electroless plating* antara lain memiliki penampilan yang menarik, ketahanan korosi yang tinggi, densitas rendah (Faraji, dkk, 2011). Penggunaan material keramik sebagai bahan komposit telah banyak diaplikasikan di bidang industri elektronik karena memiliki sifat dielektrikum yang tinggi. Berdasarkan penelitian Zhang, dkk (2008) menunjukkan bahwa penggunaan *electroless plating* pada material *composite* Cu-P-SiC dapat memperbaiki tingkat kekerasan dan ketahanan aus dibandingkan dengan sistem *coating* Cu-P.

Ketebalan lapisan logam yang dihasilkan dari proses *electroless plating* mempengaruhi kerapuhan suatu material yang terkena beban kejut dan beban panas

yang berasal dari gesekan atau yang lainnya. Semakin tipis suatu lapisan logam, semakin rapuh pula material yang dihasilkan. Tingkat deposisi logam dapat dikontrol melalui temperatur oksidasi pada saat proses *electroless plating*.

Pada penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh temperatur oksidasi dalam proses *electroless plating* abu dasar batubara serta pengaruh ketebalan lapisan Mg terhadap sifat mekanis komposit Aluminium seri 2075 dengan penguat abu dasar batubara. Selanjutnya material komposit yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut akan dibandingkan sifat mekaniknya dengan produk standar *disc brake* yang ada di pasaran.

2. METODE PENELITIAN

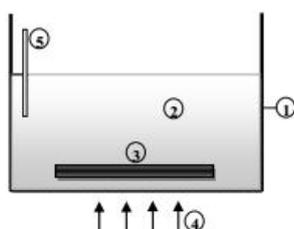
Electroless Plating

Sebelum dilakukan *electroless plating* pada abu dasar batubara, maka dilakukan proses *screening* agar diperoleh ukuran partikel abu dasar yang seragam. Ayakan yang digunakan memiliki spesifikasi *sieve mesh* 200. Abu dasar yang telah melalui proses *screening* selanjutnya dikalsinasi pada suhu 1000°C dan dicuci dengan larutan etanol 70% untuk menghilangkan pengotor di dalam abu dasar. Abu dasar yang telah dicuci selanjutnya dikeringkan pada temperatur 100°C di dalam oven.

Prosedur *electroless plating* dilakukan di dalam bejana disertai dengan pemanasan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Sebanyak 99,85% abu dasar batubara dan 0,15% logam dilarutkan ke dalam larutan asam nitrat pekat 70% dengan konsentrasi 8,5ml/gr

abu dasar. Larutan tersebut selanjutnya dipanaskan selama 4,5 jam pada suhu 120°C dengan kecepatan pengadukan sebesar 350 rpm untuk mencegah pengendapan serta diperoleh distribusi temperatur larutan yang homogen. Setelah itu larutan didinginkan dan disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan abu dasar batu bara yang telah terlapisi dengan Mg.

Serbuk yang diperoleh selanjutnya dioksidasi pada oven pada temperatur 100°C, 200°C, dan 300°C.



Gambar 1. Skema Proses *Electroless Plating*

Dari keterangan Gambar 1 dapat diketahui bahwa peralatan dan bahan yang harus disiapkan antara lain: (1) Bak untuk melakukan pelapisan logam, (2) Larutan *electroless*, (3) material yang akan dilapisi logam pada dasar bak, (4) Bak *plating* yang dipanaskan dengan temperatur tertentu, (5) Untuk mengukur temperatur larutan diperlukan alat pengukur temperatur yaitu termometer.

Pengecoran

Teknik pengecoran dilakukan dengan metode *squeeze casting*. Dimensi cetakan (*molding*) yang digunakan yaitu 100mm x 100ml x 50mm. Komposisi bahan yang digunakan dalam proses pengecoran ini terdiri dari empat material utama yaitu 92,5% Aluminium seri 2075, 5% abu

dasar batubara yang sudah dielektroles, 2% pasir silika, dan 5% magnesium. Pertama, aluminium dipanaskan hingga mencapai suhu 660°C agar aluminium mencair. Setelah Al mencair seluruhnya dilanjutkan dengan menambahkan abu dasar batubara yang sudah dielektroles, pasir silika, dan magnesium secara bertahap sehingga diperoleh material komposit logam aluminium. Setelah terbentuk logam cor selanjutnya komposit diberi perlakuan panas pada suhu 540°C untuk menghasilkan komposit yang fasanya homogen serta sifat mekaniknya tangguh dan tidak mudah rapuh.

Analisis

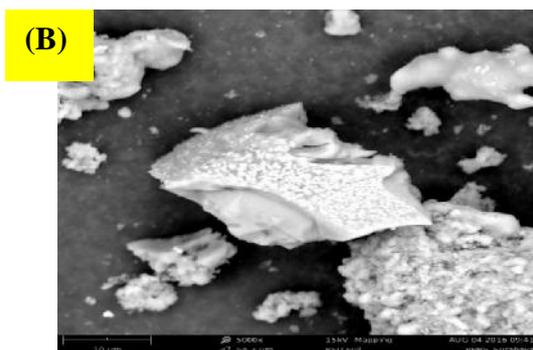
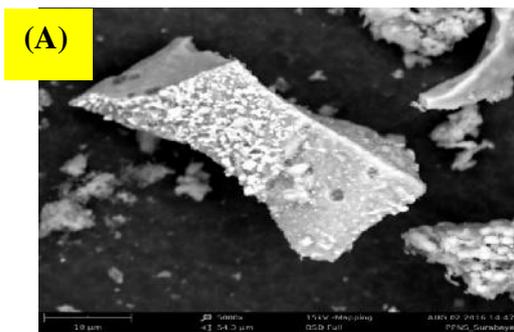
Hasil serbuk abu dasar batu bara yang telah mengalami pelapisan dengan *electroless plating* selanjutnya dianalisis ketebalan lapisan *electroless plating* serta komposisi unsur kimianya dengan menggunakan SEM-EDS (Phenom ProX). Masing-masing serbuk hasil *electroless plating* (konsistensi penulisan) diberi kode sebagai berikut A, B, dan C merupakan serbuk dengan temperatur oksidasi masing-masing 100°C, 200°C, dan 300°C.

Pengujian sifat mekanik sampel komposit menggunakan Metode Brinell untuk menguji tingkat kekerasan, sedangkan ketahanan aus material komposit diuji dengan menggunakan Metode Ogoshi (Hamzah dan Iqbal, 2008). Dimensi sampel yang digunakan pada uji yaitu 28 mm x 28 mm x 8 mm. Sampel komposit yang diuji diberi kode sebagai berikut A1, B1, C1, D, dan E. Kode A1, B1, dan C1 masing-masing merupakan komposit yang menggunakan

serbuk A, B, dan C dalam proses pengecoran sedangkan sampel D dan E merupakan spesimen pembanding dari potongan *disc brake* original merk Honda dan potongan *disc brake* imitasi dipasaran.

3. HASIL DAN DISKUSI

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui pelapisan Mg pada permukaan serbuk abu dasar batubara yang berperan penting sebagai penguat logam dalam pembuatan komposit isotropik Al maupun SiO₂. Gambar 2 menunjukkan SEM dari abu dasar yang telah mengalami proses *electroless plating*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa ada dua warna yang berbeda pada satu sampel serbuk. Serbuk besar yang berwarna abu-abu gelap merupakan serbuk abu dasar batubara, sedangkan titik-titik putih terang merupakan Mg yang menempel pada permukaan serbuk abu dasar.

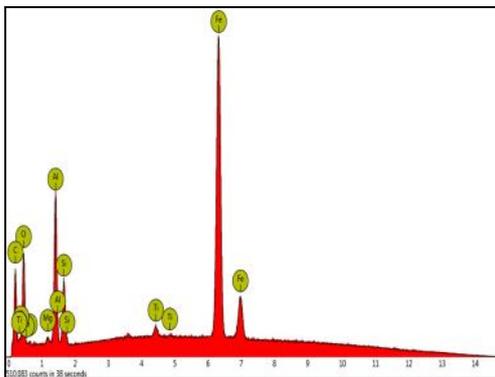


Gambar 2. SEM Abu Dasar yang Telah Mengalami *Electroless Plating* dengan Mg pada Suhu Oksidasi (a) 100°C (b) 200°C (c) 300°C.

Dari hasil pengamatan dan analisis SEM pada sampel A, B, dan C, terjadi perbedaan ketebalan pelapisan *electroless plating* pada tiga variasi sampel yaitu pada sampel A yang dioksidasi dengan temperatur 100°C diperoleh rata-rata ketebalan 0,0126 μm , untuk sampel B yang dioksidasi dengan temperatur 200°C diperoleh rata-rata ketebalan 0,0146 μm , dan sampel C yang dioksidasi dengan temperatur 300°C diperoleh rata-rata 0,0506 μm . Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan dalam proses oksidasi, maka semakin besar ketebalan lapisan Mg yang menempel pada permukaan abu dasar batubara. Meningkatnya suhu akan mempercepat proses pembentukan lapisan oksida pada abu dasar sehingga ketebalan lapisan *electroless plating* semakin tinggi. Hasil penelitian serupa juga ditunjukkan oleh Osifuye dkk (2014) dengan melakukan investigasi pengaruh suhu oksidasi pada proses *electroless plating* Zn-P pada permukaan baja karbon 1045. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa meningkatkan suhu oksidasi

menyebabkan jumlah deposit Zn-P pada permukaan baja meningkat sehingga diperoleh ketebalan pelapisan *electroless plating* yang tinggi.

Analisis EDX dilakukan untuk mengetahui kadar rata-rata Mg yang menempel pada permukaan abu dasar batubara. Analisis EDX yaitu berupa spektrum yang menunjukkan berbagai unsur yang terkandung dalam serbuk abu dasar batubara. Berdasarkan hasil analisis unsur pada EDX sampel A, B, dan C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, rata-rata persentase konsentrasi Mg yang tersebar dan melapisi permukaan abu dasar batubara sebanyak 0,8%.



Gambar 3. Analisa EDX Rata-rata untuk Kandungan Mg pada Pelapisan Sampel A, B, dan C

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian *specific abrasion* pada sampel komposit. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa komposit A1 yang diperkuat dengan abu dasar batubara yang mengalami *electroless plating* pada suhu oksidasi 100°C mempunyai nilai keausan tertinggi yaitu $2,008 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$ sedangkan spesimen B1 dengan suhu oksidasi 200°C mempunyai nilai keausan

$1,814 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan spesimen C1 dengan suhu oksidasi 300°C mempunyai nilai keausan $1,675 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Material komposit baru (A1, B1, dan C1) pada Tabel 1 memiliki spesifik keausan yang lebih baik dibandingkan dengan material pembanding (D dan E). Hal ini menunjukkan bahwa adanya fasa antar muka berupa logam Mg pada abu dasar yang mengandung SiO_2 dengan logam Al yang menyebabkan tingkat adhesi kedua bahan semakin kuat. Namun seiring dengan seiring meningkatnya suhu oksidasi akan diperoleh ketebalan *electroless plating* yang tinggi dan cenderung menurunkan *specific abrasion* dari material.

Tabel 1. *Specific Abrasion* Komposit Al

Kode	<i>Specific Abrasion</i> (mm^2/kg)
Spesimen A1	$2,008 \times 10^{-6}$
Spesimen B1	$1,814 \times 10^{-6}$
Spesimen C1	$1,675 \times 10^{-6}$
Spesimen D	$0,611 \times 10^{-6}$
Spesimen E	$1,025 \times 10^{-6}$

Tabel 2 menunjukkan bahwa spesimen A1 yang merupakan komposit dengan campuran abu dasar batubara suhu oksidasi 100°C mempunyai BHN rata-rata 454,974 BHN, spesimen B1 dengan campuran abu dasar batubara suhu oksidasi 200°C mempunyai BHN rata-rata 461,682 BHN serta spesimen C1 dengan campuran abu dasar batubara oksidasi 300°C mempunyai BHN rata-rata 446,505 BHN.

Tabel 2. Uji Kekerasan (BHN) Komposit Al

Kode	Kekerasan (BHN)
Spesimen A1	454,974
Spesimen B1	461,682
Spesimen C1	446,505
Spesimen D	668,025
Spesimen E	682,876

Selain itu, terkait dengan adanya jembatan cair (*liquid bridge*) yang menyebabkan proses minimalisasi volume porositas. Hal tersebut disebabkan terbentuknya metal oksida pada permukaan partikel SiO₂ sehingga saat berinteraksi dengan permukaan partikel-partikel matrik akan terjadi proses interdifusi antar kedua permukaan tersebut. Fenomena ini menyebabkan kerapatan dari bahan komposit yang dibuat akan semakin meningkat dan berkorelasi dengan nilai kekerasan. (Saleh dan Zainuri, 2009). Hasil perbandingan dengan material standar *disc brake* Honda dan produk imitasi menunjukkan bahwa tingkat kekerasan material baru lebih rendah dibandingkan dengan material komposit Al. Hal ini disebabkan jumlah abu dasar yang digunakan masih terlalu sedikit sehingga proses penguatan masih belum terjadi secara efektif. Namun jika diaplikasikan sebagai material baru *disc brake*, spesimen dengan kode C1 lebih baik dibandingkan dengan A1 dan B1 karena memiliki spesifik abrasi dan kekerasan yang paling rendah sehingga lebih aman digunakan karena tidak mudah mengalami keausan akibat gesekan.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa material komposit Al *reinforcement* dengan abu dasar batubara memiliki sifat mekanik yang berbeda tergantung pada ketebalan lapisan *electroless plating* Mg pada permukaan partikel abu dasar. Perbedaan ketebalan lapisan tersebut dipengaruhi oleh suhu oksidasi (100°C, 200°C, dan 300°C) pada proses *electroless plating* abu dasar batubara dengan Magnesium (Mg). Semakin tinggi suhu oksidasi pada proses pelapisan dengan *electroless plating*, maka akan diperoleh ketebalan pelapisan Mg pada partikel abu yang semakin besar serta tingkat homogenitas *coating* yang semakin tinggi. Ketebalan tertinggi dimiliki sampel C1 dengan suhu oksidasi 300°C yaitu sebesar 0,0506 µm. Adanya perbedaan ketebalan pelapisan Mg pada variasi suhu yang telah digunakan (100°C, 200°C, dan 300°C) mempengaruhi sifat mekanik material komposit Al *reinforcement* abu dasar batubara, khususnya pada pengujian keausan dan kekerasan. Hasil analisis menunjukkan bahwa komposit aluminium paling baik sifat mekaniknya adalah komposit dengan penguat abu dasar batubara yang mengalami *electroless plating* pada suhu oksidasi 300°C dengan spesifikasi uji kekerasan serta uji keausan yang paling rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., Santoso, E. (2015). Struktur Mikro Coran Komposit Al 6061 + Abu Dasar Batubara Setelah Perlakuan T6. *Jurnal Penelitian Fakultas Teknik*, Vol 01: 101-102.

- Deni, S. (2008). Analisis Pengaruh Komposisi SiC Terhadap Sifat Mekanis Komposit Serbuk Al/Sic dengan Proses *Single Compaction*. *Jurnal Makara Sains*.
- Faraji, S., Rahim, A.A. Mohamed, N. dan Sipaut C.S. (2011). Electroless copper-phosphorus coatings with the addition of silicon carbide (SiC) particles. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, Vol 18: 615.
- Hamzah, M.S. dan Iqbal, M. (2008). Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah dengan Metode Carburizing, *Jurnal SMARTek*, Vol 6: 169-175.
- Osifuye, C. O., Popoola, A.P.I., Loto , C.A., dan Oloruntoba, D.T. (2014). Effect of Bath Parameters on Electroless Ni-P and Zn-P Deposition on 1045 Steel Substrate, *Journal of Electrochemical Science*, Vol 9: 6074-6087.
- Saleh, M. dan Zainuri, M. (2009). Pengaruh Pelapisan Oksida SiO₂ pada Permukaan antar Partikel SiC Terhadap Kualitas Ikatan antar Muka Komposit Al-SiC. *Seminar Nasional Pascasarjana IX –ITS*.
- Schwartz, M.M. (1997). *Composite Material Processing Fabrication and Applications*. USA: Prentice Hall.
- Suseno, H. Prastumi, Susanti, L. dan Setyowulan, D. (2012). Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Tanah Liat pada Campuran Bata Terhadap Kuat Tekan Bata. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol 06: 272-281.
- Zainuri, M., Eddy S.Siradj., Priadi D., dan Zulfia A., Darminto. (2007). Peningkatan Wetability Partikel Komposit Isotropik Al-SiC dengan Metode Pelapisan Pelktroless Metal Oksida pada Partikel Penguat SiC. *Seminar Fisika dan Aplikasinya*, Vol 01: 1-19.
- Zhang, S., Han, K., dan Cheng, L. (2008). The effect of SiC particles added in electroless Ni-P plating solution on the properties of composite coatings. *Journal of Surface Coating Technology*. Vol 202: 2807.
- Zulfia, A., dan Ariati, M. (2006). Pengaruh Suhu Pemanasan dan Waktu Tahan terhadap Karakterisasi Material Komposit Logam Al/SiC Hasil Infiltrasi Tanpa Tekanan. *Jurnal Makara, Teknologi*, Vol 10: 18-23.
- Zulfia, A. dan Hand, R.J. (2002). The Production of Al-Mg Alloy/SiC Metal Matrix Composites by Pressureless Infiltration. *Journal of Materials Science*, Vol. 37: 955-961