

ELEKTRODEPOSISI LAPISAN KOMPOSIT Cu-Al₂O₃ DALAM LARUTAN CuSO₄ YANG DIDOPING PARTIKEL NANO Al₂O₃

Widiani Agustin¹, Pradoto Ambardi¹ dan Djoko H. Prajitno²

¹Teknik Metalurgi, FT - Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Jend. Gatot Subroto PO Box 807, Bandung

²Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri (PTNBR) - BATAN

Jl. Tamansari No. 71, Bandung 40231

e-mail: widiani_agustin@yahoo.com

Diterima: 14 Januari 2013

Diperbaiki: 27 Mei 2013

Disetujui: 13 Juni 2013

ABSTRAK

ELEKTRODEPOSISI LAPISAN KOMPOSIT Cu-Al₂O₃ DALAM LARUTAN CuSO₄ YANG DIDOPING DENGAN PARTIKEL NANO Al₂O₃. Lapisan komposit Cu-Al₂O₃ dibuat dengan menggunakan proses elektrodeposisi. Pada lapisan komposit ini, lapisan Cu berperan sebagai matriks komposit sedangkan nanopartikel Al₂O₃ berperan sebagai partikel penguat komposit (*reinforcement*). Lapisan komposit ini merupakan kelompok komposit bermatriks logam (*Metal Matrix Composite*). Proses elektrodeposisi dilakukan pada media larutan elektrolit CuSO₄, sedangkan arus listrik di suplai melalui *rectifier* (*DC Current*). Katoda yang digunakan pada proses ini adalah pelat Aluminium AA1100 dan anoda berupa grafit atau karbon. Besarnya arus yang digunakan pada proses ini adalah 0,3 A, sedangkan konsentrasi nanopartikel Al₂O₃ yang ditambahkan pada larutan elektrolit adalah 0,05 g/L. Proses dilakukan pada suhu kamar dan ukuran partikel nano yang digunakan adalah 50 nm. Variasi waktu proses elektrodeposisi adalah 15 menit, 30 menit dan 60 menit dan variasi konsentrasi larutan CuSO₄ adalah 200 g/L, 220 g/L dan 240 g/L CuSO₄. Untuk mengetahui peranan dari nanopartikel yang ditambahkan, maka dilakukan beberapa pengujian dan pemeriksaan laboratorium seperti pengujian kekerasan, pemeriksaan strukturmikro. Pemeriksaan *Scanning Electron Microscope* (*SEM*) dan pengujian *Electron Dispersive Spectroscopy* (*EDS*). Pembuatan lapisan komposit ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik lapisan yang sifat mekaniknya lebih baik.

Kata kunci: CuSO₄, Elektrodeposisi, Lapisan Komposit, *Metal Matrix Composite*, Partikel nano Al₂O₃

ABSTRACT

ELECTRODEPOSITION OF Cu-Al₂O₃ COMPOSITE LAYER IN THE CuSO₄ SOLUTION DOPED WITH Al₂O₃ NANO PARTICLES. Cu-Al₂O₃ layer composites have been made by using electrodeposition process. In this composite layer, the Cu layer acts as a composite matrix whereas Al₂O₃ nanoparticles act as composite reinforcement particle. This composite layer is a metal matrix composite. Electrodeposition process was done at CuSO₄ electrolyte solution medium, with electric current supplied through a rectifier (DC current). Cathode used in this process was AA1100 aluminum plate and the anode in the form of graphite or carbon. The amount of current used in this process was 0.3A, while the concentration of Al₂O₃ nanoparticles added to the electrolyte solution was 0.05 g/L. Process was conducted at room temperature and size of the nano particles used was 50 nm. Electrodeposition process time were varied at 15 minutes, 30 minutes and 60 minutes, while CuSO₄ solution concentration were varying to 200 g/L, 220 g/L and 240 g/L. To determine the role of nanoparticles added, some testing and characterisation such as hardness testing, microstructure examination, and Electron Dispersive Spectroscopy (EDS) were done. The aim of this composite layer manufacturing is to obtain better mechanical properties of the layer.

Keywords: CuSO₄, Electrodeposition, Composite layer, Metal matrix composite, Al₂O₃ nano particle

PENDAHULUAN

Pada saat ini lapisan komposit banyak digunakan untuk berbagai aplikasi karena karakteristiknya yang

unik. Beberapa teknik yang sering digunakan untuk membuat lapisan komposit adalah metalurgi serbuk,

plasma spraying, laser deposition dan mechanical alloying. Teknik-teknik tersebut telah banyak diterapkan untuk membuat berbagai jenis lapisan komposit seperti Co-Al₂O₃, TiO₂-Al dan Cu-SiC [1-3]. Sedangkan proses pembuatan lapisan komposit dengan metode elektrodeposisi yang menggunakan prinsip elektrolisis masih jarang dilakukan. Padahal proses pembuatan lapisan komposit dengan cara elektrodeposisi ini merupakan suatu proses pembuatan lapisan komposit yang relatif mudah, murah, efisien dan hasilnya dapat lebih bervariasi karena bergantung pada variabel proses yang dipilih.

Proses elektrodeposisi sering juga disebut proses *electroplating*. Proses elektrodeposisi merupakan proses pengendapan logam yang memakai prinsip elektrolisis. Pada prakteknya, proses ini memanfaatkan arus listrik searah yang berasal dari sumber tegangan DC yang dihasilkan dari *rectifier*. Proses elektrodeposisi atau *electroplating* disebut juga proses pelapisan logam dengan menggunakan arus listrik dan media elektrolit.

Sekarang ini mulai dikembangkan proses elektrodeposisi untuk pembuatan lapisan komposit yang memiliki berbagai macam keunggulan yang tidak ditemui pada proses pelapisan yang umum dilakukan. Pada proses ini nilai kekerasan dan kekuatan lapisan dapat divariasikan dan ditingkatkan, porositas yang dihasilkan lebih rendah dan dapat meningkatkan ketahanan aus dan korosi [4]. Karena sifat-sifat unik yang dimiliki oleh lapisan komposit, banyak industri yang mulai memakai dan mengembangkan penggunaan lapisan komposit ini.

Berdasarkan hal di atas, dilakukan membuat sebuah penelitian tentang lapisan komposit Cu-Al₂O₃ dengan metode elektrodeposisi. Lapisan Cu berperan sebagai matriks komposit dan partikel nano Al₂O₃ berperan sebagai partikel penguat (*reinforcement*) komposit.

Pada penelitian ini, substrat atau katoda yang digunakan adalah aluminium seri AA 1100 yang berbentuk pelat. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan CuSO₄, kemudian pada larutan elektrolit tersebut ditambahkan partikel nano Al₂O₃ dengan ukuran 50 nm. Unsur tembaga dan partikel nano Al₂O₃ akan terdepositasi pada logam pelat aluminium membentuk suatu lapisan komposit Cu-Al₂O₃. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari penambahan unsur partikel nano Al₂O₃, pengaruh variasi konsentrasi larutan CuSO₄ dan waktu pengerjaan terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro dari lapisan komposit tersebut.

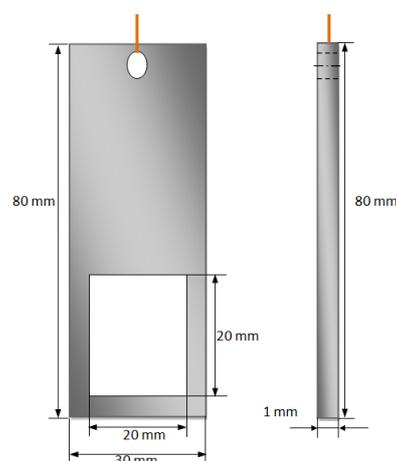
METODE PERCOBAAN

Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan sebagai katoda atau substrat tempat menempelnya lapisan adalah pelat

Tabel 1. Komposisi kimia katoda pelat aluminium.

Unsur	Komposisi (%)	
	Aluminium Association 1100	Hasil Spektro
Al	99,00 (min)	99,1
Si	0,95	0,719
Fe	(Si + Fe)	(Si + Fe)
Cu	0,05-0,02	0,0943
Mn	0,05	0,0046
Zn	0,10	0,0035



Gambar 1. Bentuk sampel katoda

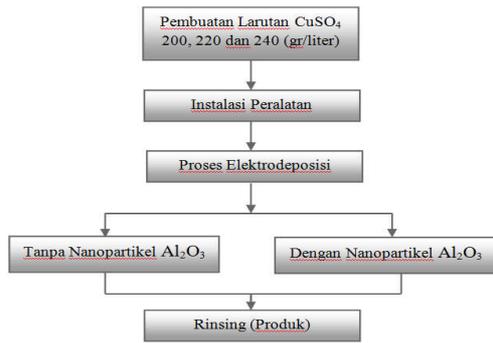
aluminium seri AA1100, sedangkan anoda yang digunakan adalah grafit atau karbon yang sifatnya *inert*. Tabel 1 adalah tabel komposisi kimia hasil pengujian spektrometri pelat aluminium. Bentuk sampel yang digunakan sebagai katoda seperti Gambar 1.

Sampel dipersiapkan dengan memotong sesuai dengan ukuran yang diperlihatkan pada Gambar 1. Pada sampel dibuat daerah ekspose berukuran 20 mm x 20 mm sedangkan bagian yang lainnya ditutup dengan lakban plastik. Pada proses elektrodeposisi, diharapkan lapisan komposit akan mengendap di daerah ekspose. Sampel dipotong dan dibuat daerah ekspose, kemudian dibersihkan bagian permukaannya dengan air, larutan basa NaOH 3 % dan larutan asam HCl 3 % untuk membersihkan permukaan katoda dari pengotor berupa karat, lemak, oli dan pengotor lainnya.

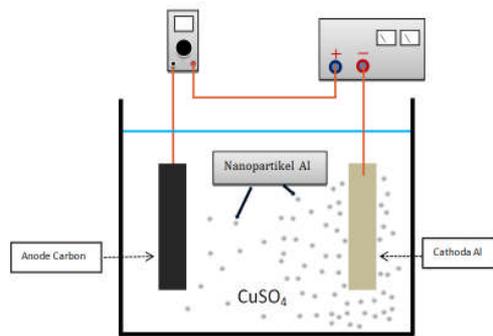
Tahapan Proses Elektrodeposisi

Gambar 2 memperlihatkan tahapan proses elektrodeposisi yang dilakukan.

Proses elektrodeposisi dilakukan pada suhu kamar, arus yang digunakan sebesar 300 mA atau 0,3 A dengan waktu deposisi bervariasi 15 menit, 30 menit dan 60 menit. Partikel nano Al₂O₃ yang digunakan berukuran 50 nm dan banyaknya partikel nano Al₂O₃ yang ditambahkan 0,05 g/L pada larutan CuSO₄. Konsentrasi CuSO₄ divariasikan 200 g/L, 220 g/L dan 240 g/L. Gambar 3



Gambar 2. Tahapan proses elektrodeposisi



Gambar 3. Skematik proses elektrodeposisi

merupakan skematik instalasi proses elektrodeposisi yang dilakukan pada penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

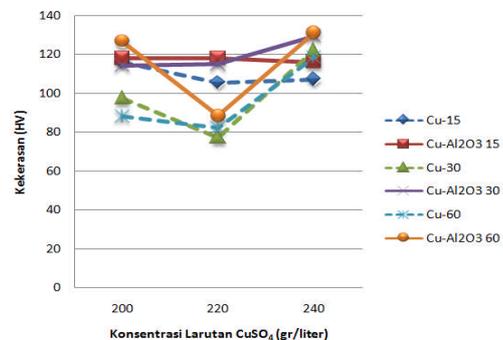
Kekerasan Lapisan

Penambahan partikel nano Al_2O_3 yang berukuran 50 nm pada larutan elektrolit CuSO_4 sebanyak 0,05 g/L menyebabkan bertambahnya nilai kekerasan lapisan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 yang memuat data hasil pengujian kekerasan pada lapisan Cu dengan dan tanpa penambahan partikel nano Al_2O_3 . Penambahan kekerasan jika dihitung secara matematis mencapai 69,47 %. Kekerasan tertinggi diperoleh pada lapisan komposit yang mengalami proses elektrodeposisi selama 30 menit pada kondisi larutan CuSO_4 240 g/L. Untuk dapat lebih mengetahui lebih jelas pengaruh penambahan partikel nano Al_2O_3 pada lapisan komposit Cu- Al_2O_3 maka dibuat grafik seperti Gambar 4 dan Gambar 5.

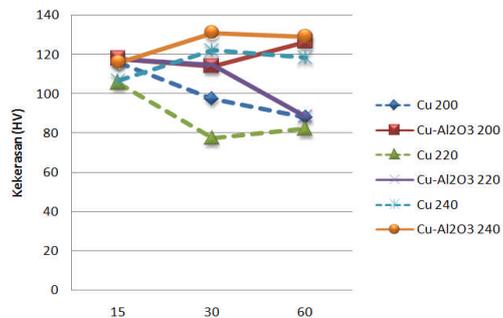
Grafik diperoleh dengan membandingkan kekerasan lapisan Cu dan lapisan komposit Cu- Al_2O_3 berdasarkan variasi proses elektrodeposisi. Pada Gambar 4, grafik merupakan hubungan konsentrasi larutan CuSO_4 dan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan CuSO_4 maka semakin tinggi nilai kekerasan lapisan Cu- Al_2O_3 . Akan tetapi pada konsentrasi larutan CuSO_4 220 g/L nilai kekerasan lapisan relatif menurun. Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara waktu proses elektrodeposisi

Tabel 2. Data hasil pengujian kekerasan lapisan

Spesimen	Kekerasan (HV)	
	Tanpa Penambahan Nanopartikel Al_2O_3	Dengan Penambahan Nanopartikel Al_2O_3
Cu- Al_2O_3 200-15	115,90	117,90
Cu- Al_2O_3 200-30	97,39	114,03
Cu- Al_2O_3 200-60	88,01	126,43
Cu- Al_2O_3 220-15	105,46	117,90
Cu- Al_2O_3 220-30	77,28	114,77
Cu- Al_2O_3 220-60	82,06	88,41
Cu- Al_2O_3 240-15	106,97	115,90
Cu- Al_2O_3 240-30	122,07	129,13



Gambar 4. Hubungan konsentrasi larutan CuSO_4 dan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi.



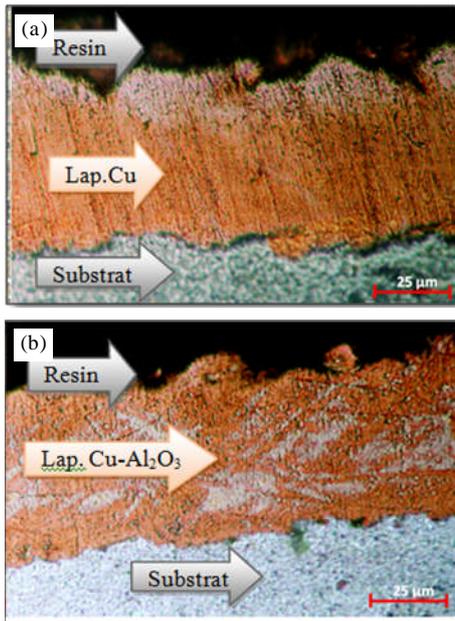
Gambar 5. Hubungan waktu dan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi.

dengan kekerasan lapisan hasil proses elektrodeposisi yang dihasilkan.

Struktur mikro

Untuk mengetahui struktur mikro lapisan komposit Cu- Al_2O_3 maka dilakukan pemeriksaan struktur mikro dengan cara metalografi. Hasil pemeriksaan struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 6.

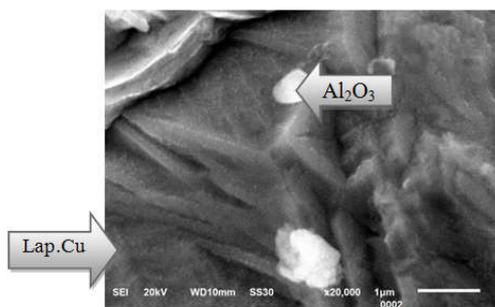
Dari hasil pemeriksaan metalografi, struktur lapisan yang terbentuk adalah struktur *columnar*. Selain itu terlihat pada lapisan komposit Cu- Al_2O_3 terdapat gumpalan partikel yang mengelompok (*cluster*) berwarna hampir sama dengan substratnya masuk ke dalam



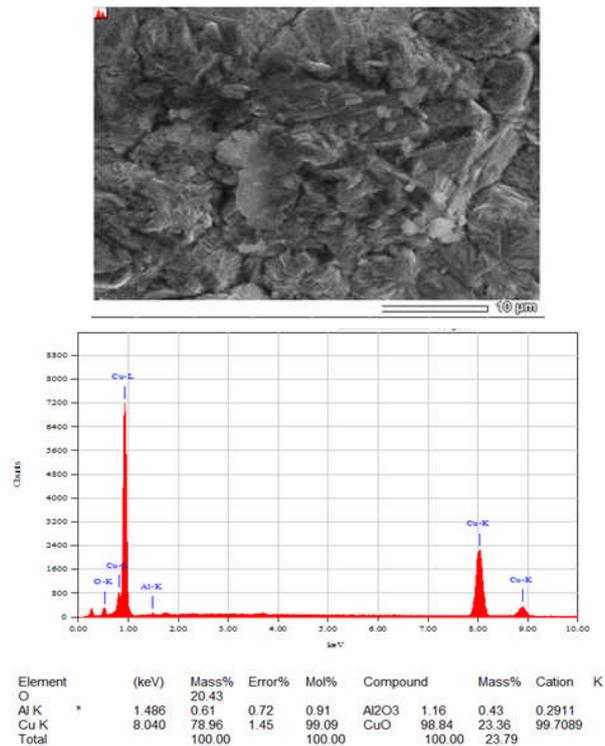
Gambar 6. Struktur mikro lapisan Cu dan lapisan Cu-Al₂O₃, (a) konsentrasi larutan 240 g/L CuSO₄, (b) waktu proses 30 menit.

beberapa daerah pada lapisan Cu. Pengamatan secara mikro, *cluster-cluster* yang muncul pada struktur mikro lapisan Cu-Al₂O₃ belum dapat diketahui secara pasti bahwa gumpalan partikel tersebut adalah partikel penguat (Al₂O₃) lapisan komposit Cu-Al₂O₃. Untuk mengetahuinya maka diperlukan pengujian SEM-EDS seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Dari hasil pengujian SEM pada Gambar 7 dapat dilihat keberadaan partikel penguat Al₂O₃ pada lapisan komposit Cu-Al₂O₃. Partikel penguat Al₂O₃ terdispersi ke seluruh bagian lapisan komposit Cu-Al₂O₃. Hasil pengujian SEM pada bagian penampang lapisan Cu-Al₂O₃ seperti yang terlihat pada Gambar 7 lapisan Cu yang berwarna gelap terlihat partikel-partikel halus yang berwarna putih menyerupai titik-titik halus yang tersebar merata di seluruh bagian penampang permukaan lapisan. Mekanisme penguatan atau peningkatan kekerasan pada lapisan komposit Cu-Al₂O₃ ini adalah *Dispersion Hardening/Dispersion Strengthening*.



Gambar 7. Hasil pemeriksaan SEM lapisan komposit Cu-Al₂O₃ dengan 20000 x, konsentrasi larutan 240 g/L CuSO₄, waktu proses 30 menit.



Gambar 8. Hasil Pengujian EDS lapisan komposit Cu-Al₂O₃ dengan pembesaran 5000 kali dan 20000 kali ; konsentrasi larutan 240 g/L CuSO₄; waktu proses 30 menit.

Keberadaan partikel penguat ini dibuktikan juga dengan pengujian EDS pada lapisan komposit yang mengalami proses elektrodeposisi dengan waktu proses 30 menit pada konsentrasi larutan CuSO₄ 240 g/L didapatkan hasil Al₂O₃ yang terdeposisi pada lapisan komposit Cu-Al₂O₃ 240-60 sebesar 1,16 % (Gambar 8).

KESIMPULAN

Penambahan partikel nano Al₂O₃ menyebabkan bertambahnya nilai kekerasan lapisan komposit Cu-Al₂O₃. Nilai kekerasan lapisan komposit Cu-Al₂O₃ tertinggi yaitu 130,97 HV diperoleh pada saat konsentrasi larutan 240 g/L CuSO₄ dan waktu proses 30 menit.

Keberadaan partikel Al₂O₃ terlihat dari hasil pemeriksaan SEM-EDS pada lapisan komposit dengan konsentrasi CuSO₄ 240 g/L dan waktu proses 30 menit, dimana partikel Al₂O₃ berbentuk titik-titik putih tersebar merata diseluruh lapisan Cu dan hasil EDS menunjukkan pada kondisi tersebut persentase partikel Al₂O₃ adalah sebesar 1,16 % dengan struktur mikro lapisan Cu dan komposit Cu-Al₂O₃ yang terbentuk adalah struktur *columnar*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan artikel ilmiah ini,

para teknisi dan rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

DAFTAR ACUAN

- [1]. SANG OK CHWA, DIDIER KLEIN, FILOFTEIA LAURA TOMA, GHISLAINE BERTRAND, HANLIN LIAO, CHRISTIAN CODDET, AKIRA OHMOR, *Surface and Coating Technology*, **194** (2005) 215-224
- [2]. MINGXI LI, YIZHU HE, XIAOMIN YUAN and SHIHONG ZHANG, *Materials & Design*, **27** (2006) 1114-1119
- [3]. JIANHUA ZHU, LEI LIU, HAIJUN ZHAO, BIN SHEN and WENBIN HU, *Materials & Design*, **28** (2007) 1958-1962
- [4]. SAEED REZA ALLAHKARAM, SETAREH GOLROH, MORTEZA MOHAMMADALIPOUR, *Materials & Design*, **32** (2011) 4478-4484