

PENGARUH KOMPOSISI LARUTAN TERHADAP KANDUNGAN Mo DALAM LAPISAN PADUAN Ni-Mo SECARA ELEKTROPLATING

Sri Mulyaningsih dan Budi Priyono

Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI

E-mail : srim006@lipi.go.id

Intisari

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan lapisan paduan Ni-Mo yang akan digunakan sebagai lapisan bond coat untuk lapisan tahan temperatur tinggi (TBC). Penelitian dilakukan dengan menggunakan bahan dasar plat nikel 99% yang diroll dan dibentuk sampel berukuran 25 x 50 x 2 mm. Sampel kemudian diberi lapisan dengan cara elektroplating menggunakan larutan yang terdiri dari NiSO₄, Na₂MoO₄, C₈H₈O₇. Komposisi larutan divariskan menjadi 5 jenis larutan dengan perbandingan; I. 0,1 : 0,1 : 0,1 mol, II. 0,075 : 0,125 : 0,1 mol, III. 0,050 : 0,100 , 0,1 mol, IV. 0,025 : 0,125 : 0,1 mol dan V. 0,001 : 0,2 : 0,1 mol. Proses dilakukan pada suhu ruang dengan rapat arus 0,1 A/dm². Dari hasil percobaan diperoleh bahwa larutan III menghasilkan lapisan dengan kadar Mo terbaik yaitu 21,19%.

Kata kunci: Elektroplating, Paduan Ni-Mo, Lapisan tahan temperatur tinggi

Abstract

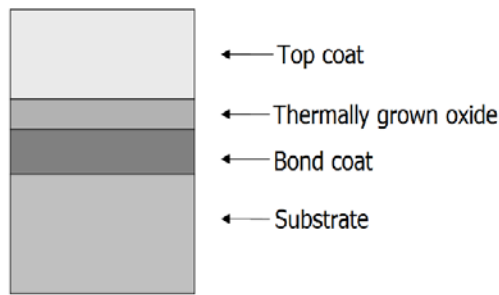
There has been done the experiment about electro deposition Ni-Mo alloy as a bond coat layer for high temperature resistance coating, known as Thermal barrier coating (TBC). The sample is made from Nickel 99%. Roll process was done to thinning the samples and then cut the material into 25 x 50 x 2 mm shape. Electroplating process was done on the surface of materials by mixed NiSO₄, Na₂MoO₄ and C₈H₈O₇ for the solution. Electroplating process was carried out at 0,1-0,6 A/dm² at room temperature. Composition of the solution was varied within I. 0.1 : 0.1 : 0.1 mol, II. 0.075 : 0.125 : 0.1 mol, III. 0.050 : 0.100 , 0.1 mol, IV. 0.025 : 0.125 : 0.1 mol and V. 0.001 : 0.2 : 0.1 mol. The best Mo content from the experiment is NiMo coating from solution III, it was 21.19 %.

Keywords : Electroplating, Ni-Mo alloy, Thermal barrier coating

PENDAHULUAN

Penelitian ini merupakan awal dari rangkaian proses penelitian tentang lapisan Tahan Temperatur Tinggi atau lebih sering disebut sebagai *Thermal Barrier Coating* (TBC). Karakter dari lapisan TBC biasanya adalah lapisan *duplex system* yang terdiri dari dua lapisan yaitu *ceramic top coat* dan lapisan *metallic bond coat*. Lapisan paling luar adalah lapisan *top coat* yang bersifat tahan panas dan lapisan berikutnya adalah lapisan *bond coat* yang bertujuan untuk melindungi material dari bahaya oksidasi dan korosi. Lapisan ini juga sekaligus berfungsi sebagai perekat lapisan keramik di atasnya. Skema dari model lapisan ini dapat dilihat pada Gambar 1^[1].

Penelitian ini lebih menitik beratkan pada pembuatan lapisan *bond coat*. Dimana lapisan *bond coat* ini sekaligus berfungsi sebagai sumber pembentuk lapisan oksida (*thermal grown oxide*) Al₂O₃. Lapisan Al₂O₃ ini akibat siklus termal akan terus berdifusi kedalam benda kerja sehingga dapat merubah sifat mekanik benda kerja. Untuk mengatasi hal tersebut telah banyak dilakukan penelitian tentang lapisan *oxigen diffusion barrier* yaitu lapisan yang dapat menahan difusi Al₂O₃ ke dalam benda benda kerja misalnya dengan memberikan lapisan ALN, TiN, W, Ni3Hf dan juga Re.



Gambar 1. Skema model lapisan *thermal barrier coating*

DASAR TEORI

Lapisan tahan temperatur tinggi biasanya digunakan untuk baling-baling dan *blade* pada turbin. Dimana, pada komponen tersebut biasanya mengalir udara sangat panas sehingga dibutuhkan material yang tahan temperatur tinggi. Permasalahan terjadi ketika udara panas yang mengalir melebihi ketahanan panas dari material *blade*, maka *blade* akan rusak atau gagal sehingga diperlukan *blade* yang mempunyai permukaan tahan temperatur tinggi.

Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu lapisan lebih tahan panas dari material untuk *blade* atau *superalloy*. Disamping itu, karena aliran udara sangat panas tersebut juga membawa sisa-sisa hasil pembakaran sehingga rawan terhadap terjadinya bahaya korosi. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka diperlukan lapisan yang tahan terhadap temperatur tinggi sekaligus juga tahan terhadap oksidasi dan korosi.

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan untuk membuat lapisan TBC masih mempunyai kekurangan pada lapisan *bond coat*. Dimana lapisan ini bersifat kurang stabil karena lapisan ini juga sekaligus sebagai sumber *thermal ground oxide* yang biasanya berbentuk Al_2O_3 . Senyawa Al_2O_3 ini sangat halus sehingga dengan siklus termal akan berdifusi ke dalam material dasar yang akhirnya dapat merubah sifat material itu sendiri. Untuk itu diperlukan unsur/senyawa dalam lapisan yang dapat menghambat laju difusi Al_2O_3 atau *barrier coating*. Beberapa penelitian telah

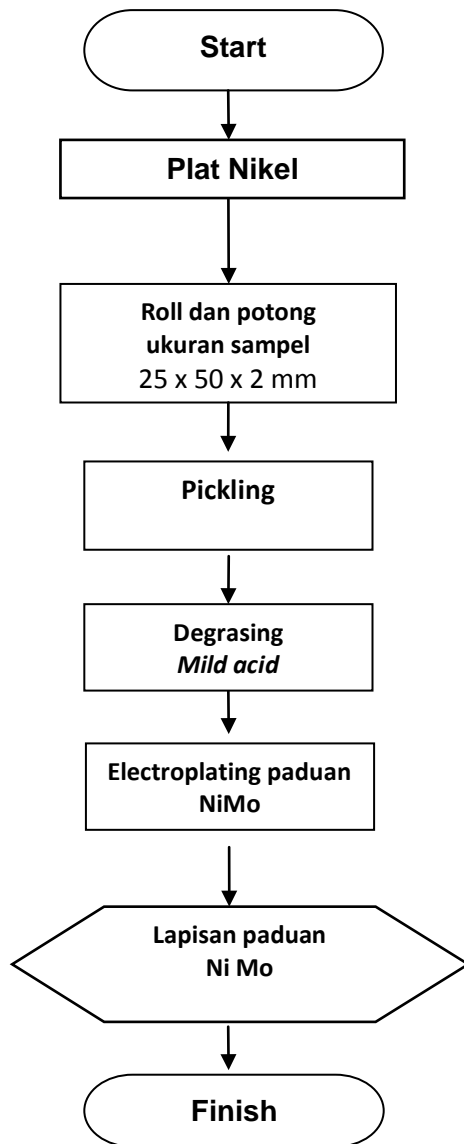
dilakukan untuk mengatasi laju difusi lapisan Al_2O_3 antara lain menggunakan lapisan ALN, TiN, W, Ni_3Hf , namun hasil yang dicapai belum memuaskan^[2]. Tahun 2003 Narita dkk, telah menemukan bahwa Re dapat berfungsi sebagai *barrier* yang dapat menghambat laju difusi Al_2O_3 . Re dilapiskan secara elektroplating diatas material dasar nikel *superalloy* kemudian dilanjutkan dengan memberikan lapisan berikutnya^[3].

Pada penelitian ini digunakan Mo sebagai *barrier* karena Mo mempunyai sifat yang paling mirip dengan Re dan garam Mo lebih murah dan mudah ditemukan dipasaran. Akan tetapi Mo tidak dapat dilapiskan dalam bentuk lapisan Mo, dan hanya bisa terdepositasi sebagai paduan bersama dengan logam grup besi untuk itu dilakukan elektrodposisi dengan memadukan Ni dengan Mo mengingat material dasar yang digunakan adalah Nikel^[4]. Larutan yang digunakan mengacu pada percobaan yang dilakukan Narita dkk yaitu dengan mengganti Re dengan Mo sehingga digunakan NiSO_4 , Na_2MoO_4 and $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_7$ sebagai penyusun larutan.

PERCOBAAN

Kerangka Analitik

Proses percobaan pada penelitian ini dilakukan dengan mengikuti alur proses seperti terlihat pada Gambar 3 dibawah ini. Benda kerja yang digunakan sebagai bahan dasar terbuat dari Nikel 99% dari INCO yang terlebih dahulu diroll dan dianneal untuk mendapatkan benda kerja dengan ukuran 50 x 25 x 2 mm. Bahan kimia untuk pembuatan larutan diperoleh dari Merck. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan komposisi larutan dan menggunakan rapat arus dari 0,1 A/dm².



Gambar 2. Diagram Alir Percobaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan dengan menggunakan komposisi larutan pada Tabel 1. Hasil percobaan menghasilkan lapisan paduan Ni-Mo pada permukaan sampel. Gambar 3 adalah gambar sampel sebelum dilakukan pelapisan (tengah) dan yang sudah dilapisi Ni-Mo alloy (kanan).



Gambar 3. Sampel sebelum dan sesudah diberi lapisan Ni-Mo

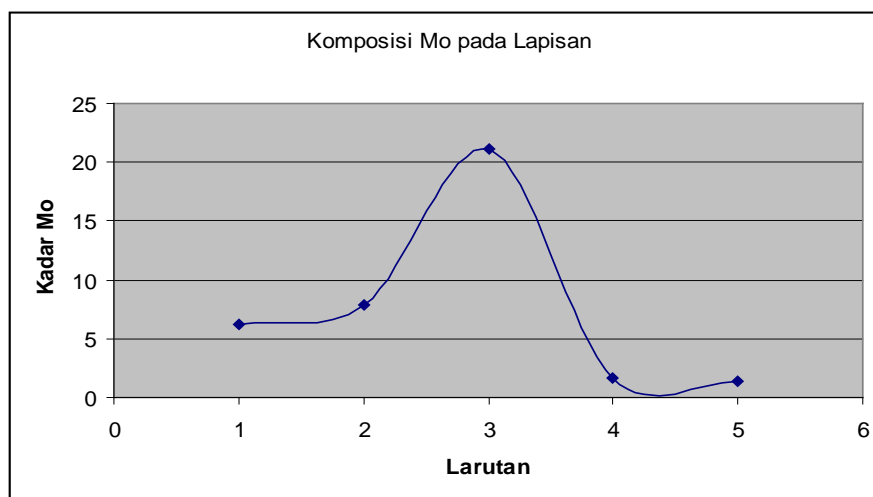
Percobaan menghasilkan lapisan Ni-Mo alloy yang merata diseluruh permukaan dan berwarna seperti pelangi cenderung agak kemerahan dan kelabu. Adapun hasil lapisan dilihat secara visual dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi bahan larutan yang digunakan untuk percobaan

Bahan Larutan	Komposisi mol/L				
	Larutan I	Larutan II	Larutan III	Larutan IV	Larutan V
NiSO ₄	0,1	0,075	0,050	0,025	0,001
Na ₂ MoO ₄	0,1	0,125	0,150	0,175	0,2
C ₈ H ₈ O ₇	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabel 2. Hasil percobaan menggunakan larutan I dilihat secara visual

No Sampel	Ampere	Temperatur	Waktu	Hasil lapisan (visual)
I	0,1	Temperatur ruang	10 detik	Rata, warna pelangi kemerahan
II	0,1	Temperatur ruang	10 detik	Rata, warna pelangi kemerahan
III	0,1	Temperatur ruang	10 detik	Rata, warna pelangi kemerahan
IV	0,1	Temperatur ruang	10 detik	Rata, warna pelangi kelabu
V	0,1	Temperatur ruang	10 detik	Rata, warna pelangi kelabu



Gambar 4. Grafik kadar Mo yang dihasilkan terhadap larutan yang digunakan

Sampel hasil pelapisan kemudian dianalisa menggunakan SEM EDS untuk mengetahui morfologi dan komposisi lapisan secara semi kuantitatif. SEM EDS hanya dapat memberikan data komposisi secara semi kuantitatif, karena hanya dengan membandingkan unsur yang terdapat dalam lapisan. Hasil analisa SEM EDS dapat dilihat pada Tabel 3-7.

Dari tabel hasil analisa SEM EDS dapat dilihat kandungan Mo dari masing-masing sampel, kandungan Mo pada lapisan dari larutan I sebesar 6,17%, semakin naik pada lapisan dari larutan II sebesar 7,83% dan kandungan Mo terbesar dihasilkan dari lapisan dari larutan III yaitu sebesar 21,19%.

Larutan IV menghasilkan lapisan dengan kandungan Mo yang turun drastis ke 1,72%

dan larutan V juga menghasilkan kadar Mo yang hampir sama yaitu 1,36% Mo.

Dari komposisi larutan yang digunakan larutan dengan kandungan NiSO_4 0,50 mol/L, Na_2MoO_4 0,150 mol/L dan $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_7$ mol/L merupakan larutan dengan komposisi yang paling optimal. Sehingga, pada larutan IV dan V yang mengalami penurunan sekalipun kandungan Na_2MoO_4 semakin banyak. Adapun hasil SEM EDS terhadap sampel dapat dilihat pada Tabel 3-7. Sedangkan Gambar 4 menjelaskan tentang pengaruh komposisi larutan terhadap kadar Mo yang terdapat dalam lapisan.

Tabel 3. Hasil analisa komposisi kimia secara semi kuantitatif pada lapisan dari larutan I

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.2398

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
O K	0.525	13.17	0.10	36.43				13.2053
Al K	1.486	1.23	0.13	2.01				0.4759
Fe K	6.398	0.76	0.16	0.60				0.9229
Ni K	7.471	60.59	0.30	45.66				63.6169
Cu K	8.040	11.10	0.40	7.73				11.0023
Zn K	8.630	6.98	0.54	4.73				6.4913
Mo L	2.293	6.17	0.21	2.85				4.2854
Total		100.00		100.00				

Tabel 4. Hasil analisa komposisi kimia secara semi kuantitatif pada lapisan dari larutan II

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.2326

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	7.67	0.13	23.15				1.4093
O K	0.525	13.08	0.11	29.65				12.0369
Al K	1.486	2.73	0.11	3.67				1.2893
Fe K	6.398	0.98	0.16	0.64				1.2831
Ni K	7.471	56.90	0.27	35.15				66.7271
Zn K	8.630	7.60	0.50	4.22				7.9114
Mo L	2.293	7.83	0.29	2.96				6.3430
Tl M	2.267	3.22	0.41	0.57				3.0000
Total		100.00		100.00				

Tabel 5. Hasil analisa komposisi kimia secara semi kuantitatif pada lapisan dari larutan III

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.2574

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
O K	0.525	15.76	0.12	43.09				12.9045
Al K	1.486	1.29	0.11	2.10				0.6105
Fe K	6.398	1.34	0.17	1.05				1.6422
Ni K	7.471	47.24	0.29	35.21				54.1046
Cu K	8.040	3.27	0.38	2.25				3.5228
Zn K	8.630	9.91	0.52	6.63				10.1887
Mo L	2.293	21.19	0.19	9.67				17.0267
Total		100.00		100.00				

Tabel 6. Hasil analisa komposisi kimia secara semi kuantitatif pada lapisan dari larutan IV

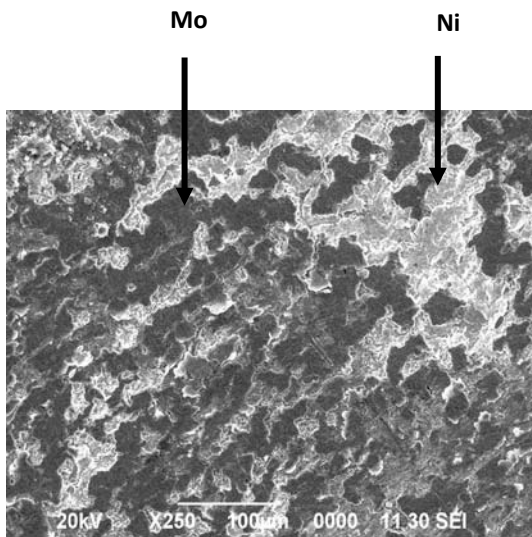
ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.2597

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
O K	0.525	10.99	0.12	30.20				11.9942
Al K	1.486	3.64	0.17	5.93				1.4002
Si K	1.739	0.75	0.15	1.17				0.3807
Fe K	6.398	2.47	0.21	1.95				3.0635
Ni K	7.471	76.39	0.40	57.18				78.0756
Cu K	8.040	4.03	0.53	2.79				3.9288
Mo L	2.293	1.72	0.29	0.79				1.1570
Total		100.00		100.00				

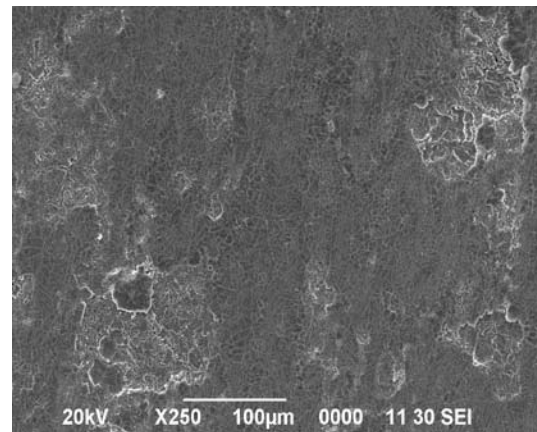
Tabel 7. Hasil analisa komposisi kimia secara semi kuantitatif pada lapisan dari larutan V

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.2401

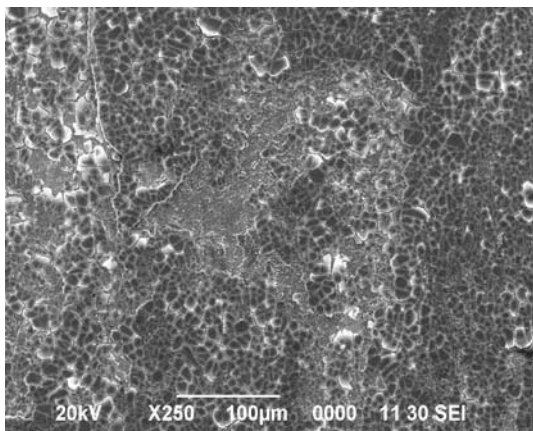
Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
O K	0.525	13.45	0.12	34.65				14.9791
Al K	1.486	5.14	0.15	7.85				2.0316
Si K	1.739	0.93	0.13	1.36				0.4794
Cr K	5.411	0.48	0.18	0.38				0.5156
Fe K	6.398	3.06	0.20	2.25				3.7521
Ni K	7.471	73.31	0.38	51.45				75.0993
Cu K	8.040	2.27	0.50	1.47				2.2173
Mo L	2.293	1.36	0.27	0.58				0.9256
Total		100.00		100.00				



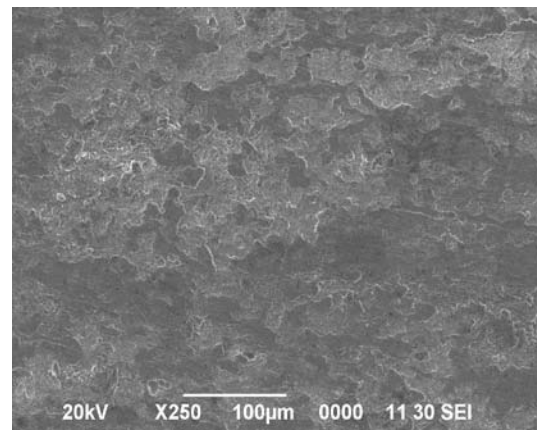
(a)



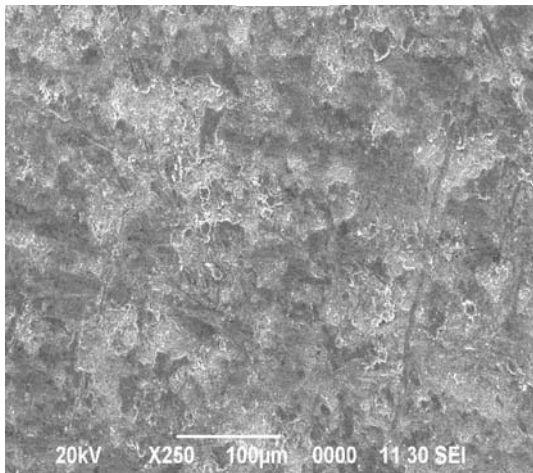
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 5. Morfologi permukaan hasil pelapisan menggunakan larutan I - V

Sedangkan gambar struktur mikro permukaan lapisan hasil elektroplating menggunakan larutan I sampai dengan V dapat dilihat pada Gambar 5a - 5d diatas.

Dari Gambar 5a - 5e dapat dilihat bahwa morfologi hasil lapisan untuk lapisan dari larutan I dan II (Gambar 5a dan 5b) masih terdapat pengelompokan Ni beberapa daerah (warna putih). Untuk

Gambar 5d - 5e yang merupakan hasil pelapisan dari larutan IV dan V, terlihat bahwa warna lapisan cenderung lebih terang, hal ini menunjukkan pada lapisan ini kandungan Mo semakin menurun. Sedang pada Gambar 5c lapisan dari larutan III, lapisan terlihat lebih merata antara warna hitam dan putih dan tidak ada pengelompokan Nikel pada daerah tertentu. Lapisan ini merupakan lapisan dengan kandungan Mo tertinggi. Hal ini seperti yang ditunjukkan hasil analisa EDS pada Tabel 3 – 7. Grafik pengaruh komposisi larutan terhadap kandungan Mo pada lapisan paduan Ni-Mo dapat dilihat pada Gambar 4.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa terhadap lapisan didapatkan bahwa lapisan yang terjadi adalah merupakan lapisan paduan Ni-Mo. Kandungan Mo untuk masing-masing larutan berbeda dan larutan dengan komposisi terbaik yang menghasilkan kandungan Mo paling tinggi adalah larutan III yaitu sebesar 21,19%. Pada lapisan dari hasil larutan I dan II kecenderungannya naik dari 6,17% menjadi 7,83%. Sedang pada larutan IV dan V kandungan Mo menurun drastis ke 1,72% dan 1,36%. Dari data kandungan Mo tersebut dapat diketahui bahwa larutan yang

menghasilkan lapisan dengan kandungan Mo tertinggi adalah larutan III.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Karin Carlsson, 2007. A study of Failure Development in Thick Thermal Barrier Coatings, theses master Linköpings Universitet.
- [2]Pedro de Lima-Neto dkk, 2010. Morphological, structural, microhardness and corrosion characterisation of electrodeposited Ni-Mo and Cr coating, Journal of the Brazilian Chemical Society vol.21 No.10.
- [3]T. Narita dkk, 2005. The roll of Bond coat in advance thermal Barrier coating, Material Science Forum vol. 502.
- [4]S. Franz, Marlot dkk, 2003. Pulse plating of Ni-M alloys, The Electrochemical Society, 204th Meeting.

RIWAYAT PENULIS

Sri Mulyaningsih, menyelesaikan pendidikan Strata 1 Jurusan Teknik Metalurgi di Jenderal Akhmad Yani pada tahun 1997. Lulus pendidikan Strata 2 Program Studi Ilmu Bahan Universitas Indonesia pada tahun 2006. Sejak tahun 1998 sampai dengan sekarang bekerja di Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI.