

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2020.01.FA.04

# PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP MORFOLOGI BERBAGAI LAPISAN KOMPOSIT : SEBUAH KAJIAN

Melati Sandra<sup>a</sup>, Esmar Budi<sup>b</sup>, Hadi Nasbey<sup>c</sup>

1

*Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka I, Jakarta 13220, Indonesia*

Email: <sup>a</sup>melatisandraa@gmail.com, <sup>b</sup>esmarbudi@unj.ac.id, <sup>c</sup>hadinasbey@unj.ac.id

## Abstrak

Material keras seperti logam banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Meski pada praktiknya, logam memiliki kelemahan seperti rentan mengalami korosi dan aus. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan logam adalah dengan pembentukan lapisan komposit. Salah satu teknik pelapisan yang relatif mudah, murah, dan cepat adalah elektrodeposisi. Pelapisan menggunakan komposit dengan nikel sebagai matriks dan senyawa nitrida, hidroksida, dan oksida sebagai penguat banyak digunakan karena dapat diaplikasikan sebagai perlindungan aus serta korosi. Salah satu parameter yang sangat berpengaruh dalam proses pelapisan ialah temperatur. Hal ini dibuktikan dengan hasil karakterisasi yang menunjukkan bahwa kenaikan temperatur mempengaruhi hasil morfologi dari masing-masing lapisan komposit seperti ukuran dan orientasi butir. Sehingga, perlu diketahui temperatur optimum untuk mendapatkan morfologi lapisan komposit yang baik.

**Kata-kata kunci:** lapisan komposit, elektrodeposisi, temperatur.

## Abstract

Hard materials such as metal are widely used in daily life. Although in practice, metals have weaknesses such as being susceptible to corrosion and wear. One way that can be used to increase metal resistance is by developing or forming composite coating. One relatively easy, inexpensive and fast coating technique is electrodeposition. Coatings using composites with nickel as a matrix and nitride, hydroxide and cheerful compounds as reinforcement are widely used because they can be applied as a protection against wear and corrosion. One of the most influential parameters in the coating process is temperature. This is evidenced by the results of the characterization which show that the temperature rise affects the morphological results of each composite layer such as grain size and orientation. Thus, it is necessary to know the optimum temperature to obtain a good morphology of the composite coating.

**Keywords:** the composite coating, electrodeposition, temperature.

## PENDAHULUAN

Material keras seperti logam banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Meski pada praktiknya, logam memiliki kelemahan seperti rentan mengalami korosi dan aus. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan logam adalah dengan pembentukan lapisan komposit untuk membuat lapisan keras sebagai bahan pelindung [1], [2]. Salah satu teknik pelapisan

yang relatif mudah, murah dan cepat adalah dengan melakukan proses pengendapan logam menggunakan prinsip elektrolisa yang disebut elektrodeposisi [3]. Untuk menggunakan teknik ini, dua elektroda yang berfungsi sebagai substrat/katoda dan elektroda pembanding diperlukan. Tak jarang ada tambahan satu elektroda lainnya yang berfungsi sebagai *counter* atau pembantu sehingga menggunakan tiga elektroda [4].

Temperatur merupakan salah satu parameter penting yang menentukan lapisan morfologi [5]. Pada proses elektrodeposisi, peningkatan temperatur dapat mempengaruhi ukuran dan orientasi butir [6]. Meningkatnya temperatur menyebabkan peningkatan ketebalan lapisan. Ini terjadi karena semakin meningkatnya temperatur mengakibatkan peningkatan energi yang akan mempercepat pelepasan ion elektron. Kondisi ini semakin mempercepat gerakan elektron dari anoda ke katoda sehingga yang mengendap di permukaan bahan semakin bertambah dan menghasilkan morfologi yang berbeda-beda pada setiap permukaan lapisan.

Tulisan ini merupakan kajian awal dari hasil pengujian beberapa lapisan komposit dengan matriks nikel untuk mengetahui morfologi dari permukaan lapisan komposit. Pengaruh parameter proses seperti variasi temperatur saat melakukan proses elektrodeposisi dan temperatur optimum setiap lapisan komposit akan diselidiki.

### LAPISAN KOMPOSIT

Lapisan adalah sebuah pelindung yang dapat diaplikasikan ke permukaan dari sebuah substrat [7]. Sedangkan, material komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material yang berbeda, dengan syarat adanya ikatan antara kedua material tersebut [8]. Bahan komposit biasanya dibangun dari dua fase, yaitu fase matriks dan fase dispersi (penguat) [9]. Pelapisan menggunakan komposit biasanya dapat memberikan berbagai macam sifat, seperti ketahanan aus, perlindungan korosi temperatur tinggi, ketahanan oksidasi pada permukaan material [10].

Nikel ialah salah satu material yang digunakan sebagai matriks lapisan komposit [11]. Kemudian data juga menunjukkan bahwa proses pelapisan nikel ditunjukkan untuk keperluan utama sebagai perlindungan korosi sebesar 30% dan perlindungan aus sebesar 25% [12]. Berbagai senyawa seperti partikel nitrida, hidroksida, maupun oksida dipakai sebagai penguat pada lapisan komposit. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan sifat, karakteristik, dan kemampuan kerja khususnya meningkatkan kehalusan morfologi permukaan lapisan komposit [13].

**TABEL 1.** Hasil kajian pengaruh suhu terhadap morfologi lapisan komposit

Penelitian	Tahun	Lapisan Komposit	Temperatur	Pengujian
[5]	2019	Ni(OH) <sub>2</sub>	5, 10, 15, 20, 25	SEM
[2]	2019	Ni-TiAlN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	35, 40, 45	SEM
[1], [13]	2019, 2020	Ni-TiN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	35, 40, 45	SEM
[14]	2011	Ni-TiN	30, 40, 50, 60	SEM
[15]	2011	Ni-CeO <sub>2</sub>	35, 40, 45, 50, 55	FESEM
[16]	2012	Ni(OH) <sub>2</sub>	10, 20, 30, 40	FESEM

### PEMBAHASAN

Hasil dari beberapa kajian menunjukkan terdapat beberapa variasi hasil lapisan morfologi terhadap kenaikan temperatur. Berdasarkan 6 lapisan komposit dari beberapa penelitian telah digunakan lapisan komposit : Ni(OH)<sub>2</sub>, Ni-TiAlN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Ni-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Ni-TiN, dan Ni-CeO<sub>2</sub>.

**TABEL 2.** Hasil morfologi berbagai lapisan komposit terhadap temperatur

Temp-eratur (C)	Ni(OH) <sub>2</sub> [5]	Ni-TiAlN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> [2]	Ni-TiN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> [1], [14]	Ni-TiN [15]	Ni-CeO <sub>2</sub> [16]	Ni(OH) <sub>2</sub> [17]
10	Banyak grains ditemukan dan ukuran partikel tidak mengalami peningkatan					Lapisan relatif padat, rata, dan halus

Temp-eratur (C)	Ni(OH) <sub>2</sub> [5]	Ni-TiAlN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> [2]	Ni-TiN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> [1], [14]	Ni-TiN [15]	Ni-CeO <sub>2</sub> [16]	Ni(OH) <sub>2</sub> [17]
	ukuran					
15	Ditemukan grain yang lebih besar					
20	Ditemukan grain yang lebih besar dibanding temperatur sebelumnya					Lapisan permukaan menjadi sangat berpori.
25	retakan dan lapisan permukaan terlihat seperti ditutupi jarum-jarum kecil.					
35		Morfologi permukaan lapisan yang dihasilkan relatif berpori. Adanya pori disebabkan lapisan di atas permukaan substrat tidak merata dengan sempurna	cenderung berpori dan terdapat aglomerat berukuran kecil hampir di seluruh permukaan			
40		lapisan yang lebih baik karena sedikit berpori dan aglomerat yang terbentuk lebih sedikit. Hal ini terjadi karena gerakan molekul dalam larutan semakin cepat dan kekentalan larutan menurun sehingga meningkatkan stabilitas dan dispersi partikel pada larutan sehingga membuat ukuran butir menjadi lebih halus.	Morfologi permukaan lapisan sedikit berpori dan aglomerat yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan pada saat temperatur 35°C.	Perpindahan molekul di dalam larutan terjadi dengan cepat dan viskositas larutan menurun mengakibatkan stabilitas dan dispersi dari larutan elektrolit menjadi meningkat		Pori permukaan semakin meluas dan menebal.
45		Banyaknya atom hidrogen yang dihasilkan selama elektrodeposisi menyebabkan absorpsi partikel pada permukaan katoda terhambat sehingga ukuran butir menjadi kasar.	Morfologi lapisan yang terbentuk permukaannya kasar dan aglomerat tersebar hampir di seluruh permukaan lapisan.		Endapan dari partikel CeO <sub>2</sub> meningkat , ukuran kristal dari nikel atau Ni menurun, dan hasil SEM menjelaskan bahwa terjadi jumlah maksimum dari CeO <sub>2</sub> yang bergabung dengan sebuah distribusi yang seragam di dalam matriks nikel	

Temp-eratur ( C )	Ni(OH) <sub>2</sub> [5]	Ni-TiAlN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> [2]	Ni-TiN/Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> [1], [14]	Ni-TiN [15]	Ni-CeO <sub>2</sub> [16]	Ni(OH) <sub>2</sub> [17]
50					terjadi penurunan jumlah dari endapan CeO <sub>2</sub> partikel dalam matriks nikel dan maka ukuran kristal dari nikel meningkat kembali.	
55						
60				Tegangan antar muka menurun di antara komposit Ni- TiN dan gelembung H <sub>2</sub> yang dihasilkan selama proses elektrodeposisi, sehingga mempercepat tingkat penurunan dari gelembung H <sub>2</sub> pada katoda dan mempercepat penyerapan kembali nanopartikel TiN dari permukaan katoda.		
70				Stabilitas dari larutan elektrolit menurun dikarenakan penguapan air yang cepat, serta proses elektrodeposisi menjadi sulit dan menurunkan kualitas komposit		

Berdasarkan hasil morfologi berbagai lapisan komposit Ni(OH)<sub>2</sub> pada tabel diatas [5] dan [17], dapat dilihat pada saat temperatur 10 C, ditemukan banyak grain, ukuran partikel tidak meningkat, serta lapisan relatif padat, rata, dan halus. Pada temperatur 15 C, ditemukan grain yang lebih besar. Pada temperatur 20 C dan 25 C, diitemukan grain yang lebih besar dibanding temperatur sebelumnya, retakan dan lapisan permukaan terlihat seperti ditutupi jarum-jarum kecil serta lapisan permukaan menjadi berpori. Pada temperatur 35 C dan 40 C, ditemukan pori permukaan semakin meluas dan menebal. Sehingga dilihat dari hasil morfologinya, temperatur optimum untuk pembentukan lapisan komposit Ni(OH)<sub>2</sub> ialah pada temperatur 10 C - 15 C karena lapisan relatif halus, sedikit berpori, dan grain yang kecil.

Berdasarkan hasil morfologi berbagai lapisan komposit Ni-TiAlN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>[2], Ni-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> [1], [14], dan Ni-TiN [15], dapat dilihat pada saat temperatur 35 C, morfologi permukaan lapisan Ni-TiAlN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> [2] yang dihasilkan relatif berpori dan adanya pori disebabkan lapisan di atas permukaan substrat tidak merata dengan sempurna, sedangkan untuk morfologi permukaan lapisan Ni-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> [1], [14] cenderung berpori dan terdapat aglomerat berukuran kecil hampir di seluruh permukaan. Pada temperatur 40C, morfologi lapisan Ni-TiAlN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>[2] menjadi lebih baik karena sedikit berpori dan aglomerat yang terbentuk lebih sedikit, hal ini terjadi karena gerakan molekul dalam larutan semakin cepat dan kekentalan larutan menurun sehingga meningkatkan stabilitas dan

dispersi partikel pada larutan sehingga membuat ukuran butir menjadi lebih halus, sedangkan pada morfologi lapisan Ni-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> [1], [14] terlihat sedikit berpori dan aglomerat yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan pada saat temperatur 35°C. Pada temperatur 45 C, morfologi lapisan Ni-TiAlN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>[2] terlihat banyak atom hidrogen yang dihasilkan selama elektrodposisi menyebabkan absorpsi partikel pada permukaan katoda terhambat sehingga ukuran butir menjadi kasar, sedangkan morfologi lapisan Ni-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> [1], [14] terlihat permukaannya kasar dan aglomerat tersebar hampir di seluruh permukaan lapisan. Hasil morfologi lapisan Ni-TiN [15] menunjukkan bahwa saat temperatur 35 C - 45 C, perpindahan molekul di dalam larutan terjadi dengan cepat dan viskositas larutan menurun mengakibatkan stabilitas dan dispersi dari larutan elektrolit menjadi meningkat, sedangkan pada saat temperatur 60 C, tegangan antar muka menurun di antara komposit Ni-TiN dan gelembung H<sub>2</sub> yang dihasilkan selama proses elektrodposisi, sehingga mempercepat tingkat penurunan dari gelembung H<sub>2</sub> pada katoda dan mempercepat penyerapan kembali nanopartikel TiN dari permukaan katoda, namun pada temperatur 70 C, stabilitas dari larutan elektrolit menurun dikarenakan penguapan air yang cepat, serta proses elektrodposisi menjadi sulit dan menurunkan kualitas komposit. Sehingga dilihat dari hasil morfologi lapisan komposit dengan matriks nikel dan dengan partikel penguat nitrida, didapatkan temperatur optimum yaitu pada rentang 35 C - 60 C, hal ini dikarenakan semakin besar temperatur maka semakin sedikit pori sehingga lapisan menjadi semakin halus, semakin sedikit aglomerat, dan terdapat banyak komponen partikel nitrida yang menempel pada katoda sehingga menyebabkan permukaan lapisan komposit menjadi semakin halus. Namun, pada suhu 45 C, hasil morfologi lapisan komposit menunjukkan bahwa permukaan lapisan komposit dan ukuran butir menjadi kasar karena banyak atom hidrogen yang dihasilkan selama elektrodposisi menyebabkan absorpsi partikel pada permukaan katoda terhambat. Sedangkan pada saat temperatur 70 C atau melewati batas optimum akan menyebabkan stabilitas dari larutan elektrolit menurun dikarenakan penguapan air yang cepat.

Berdasarkan hasil morfologi lapisan komposit Ni-CeO<sub>2</sub> [16], pada temperatur 45 C terlihat bahwa endapan dari partikel CeO<sub>2</sub> meningkat, ukuran kristal dari nikel menurun, dan hasil SEM menjelaskan bahwa terjadi jumlah maksimum dari CeO<sub>2</sub> yang bergabung dengan sebuah distribusi yang seragam di dalam matriks nikel. Pada temperatur 50 C - 55 C terjadi penurunan jumlah dari endapan CeO<sub>2</sub> partikel dalam matriks nikel dan maka ukuran kristal dari nikel meningkat kembali. Sehingga dilihat dari hasil morfologi lapisan komposit Ni-CeO<sub>2</sub>, didapatkan temperatur optimum yaitu pada 45 C karena endapan dari partikel CeO<sub>2</sub> meningkat dan ukuran kristal dari nikel menurun menyebabkan permukaan lapisan menjadi halus.

Penjelasan diatas menunjukkan bahwa kandungan partikel penguat yang berbeda pada setiap lapisan komposit akan menghasilkan morfologi yang berbeda pula pada setiap temperatur dan kenaikan temperatur juga sangat mempengaruhi hasil morfologi dari masing-masing lapisan komposit.

Hasil morfologi lapisan komposit yang baik adalah permukaan komposit yang sangat halus, seragam, kompak, dengan ukuran partikel yang kecil, tidak ada retakan yang disebabkan oleh adanya stress [18]. Untuk mendapatkan hasil morfologi yang baik maka seiring meningkatnya temperatur harus terdapat banyak endapan penguat pada komposit dan terjadi penurunan jumlah endapan matriks pada komposit yang menyebabkan ukuran grain dari endapan menurun dan grain menjadi halus, dan sedikit terjadi penyerapan hidrogen dan penurunan tegangan/stress karena jika banyak atom hidrogen yang dihasilkan selama elektrodposisi menyebabkan absorpsi partikel pada permukaan katoda terhambat sehingga ukuran butir menjadi kasar [2]. Gerakan molekul dalam larutan semakin cepat dan kekentalan larutan menurun seiring meningkatnya temperatur sehingga ukuran butir menjadi lebih halus [7].

## KESIMPULAN

Kandungan partikel penguat seperti senyawa nitrida, hidroksida, dan oksida pada setiap lapisan komposit dengan matriks nikel akan mengakibatkan hasil morfologi yang berbeda-beda dan pengaruh kenaikan temperatur juga sangat mempengaruhi hasil morfologi dari masing-masing lapisan komposit. Temperatur larutan elektrolit yang optimum dipakai dalam proses elektrodposisi

untuk menghasilkan morfologi permukaan lapisan komposit yang baik yaitu temperatur 10 C - 15 C untuk lapisan komposit Ni(OH)<sub>2</sub>, temperature 35 C - 60 C untuk lapisan komposit Ni-TiAlN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Ni-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dan Ni-TiN, serta temperature 45 C untuk lapisan komposit Ni-CeO<sub>2</sub>.

#### REFERENSI

- [1] L. Kusumawati, E. Budi and I. Sugihartono, "Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Lapisan Komposit Ni-Tin/Si<sub>3</sub>n<sub>4</sub> Dengan Menggunakan Metode Elektrodeposisi," *Pros. Semin. Nas. Fis. SNF2019*, vol. VIII, pp. SNF2019-PA-27–32, 2019, doi: 10.21009/03.snf2019.02.pa.05.
- [2] A. W. Andiani, E. Budi and I. Sugihartono, "Pembentukan Lapisan Komposit Ni-Tialn/Si<sub>3</sub>n<sub>4</sub> Menggunakan Metode Elektrodeposisi Dengan Variasi Temperatur," *Pros. Semin. Nas. Fis. SNF2019*, vol. VIII, pp. 145–148, 2019.
- [3] S. Marwati, "Pengaruh Agen Pereduksi Dalam Proses Elektrodeposisi Terhadap Kualitas Deposit Cu dan Ag," *Pros. Semin. Nas. Penelitian, Pendidik. dan Penerapan MIPA*, pp. 1-8, 2013.
- [4] E. Budi, "Potensi Pembentukan Lapisan Super Dan Ultra Keras Senyawa Komposit Nitrida Menggunakan Kaidah Elektrodeposisi," *Spektra J. Fis. dan Apl*, vol. 1, no. 2, pp. 187-194, 2016, doi: 10.21009/spektra.012.14.
- [5] L. Aguilera *et al.*, "Influence of electrodeposition temperature in the electrochemical properties of Ni(OH)<sub>2</sub>: An experimental and theoretical study," *Thin Solid Films*, vol. 670, pp. 24-33, 2019, doi: 10.1016/j.tsf.2018.12.007.
- [6] L. Jinlong, L. Tongxiang and W. Chen, "Investigation of hydrogen evolution activity for the nickel, nickel-molybdenum nickel-graphite composite and nickel-reduced graphene oxide composite coatings," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 366, pp. 353-358, 2016, doi: 10.1016/j.apsusc.2016.01.114.
- [7] S. Kumar, S. Pande and P. Verma, "Factor Effecting Electro-Deposition Process," *Int. J. Curr. Eng. Technol*, vol. 5, no. 2, pp. 700-703, 2015.
- [8] M. Zainuri *et al.*, "Pengaruh Pelapisan Permukaan Partikel SiC dengan Oksida Metal Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al / SiC," *Makara, Sci*, vol. 12, no. 2, pp. 126-133, 2008.
- [9] S. Salam, "Studi Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Matriks Resin Epoxy yang Diperkuat dengan Serbuk Titania (TiO<sub>2</sub>)," 2007.
- [10] M. R. Vaezi, S. K. Sadrnezhad and L. Nikzad, "Electrodeposition of Ni-SiC nanocomposite coatings and evaluation of wear and corrosion resistance and electroplating characteristics," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp*, vol. 315, no. 1-3, pp. 176-182, 2008, doi: 10.1016/j.colsurfa.2007.07.027.
- [11] D. kumar Singh, "Electrocodeposition and Characterization of Ni-WC Composite Coating From Non - Aqueous Bath," *Int. J. Mater. Sci. Appl*, vol. 2, no. 2, p. 68, 2013, doi: 10.11648/j.ijmsa.20130202.16.
- [12] E. B. and I. S. Muarief, "Sintesis Lapisan Tipis Komposit Ni-TiAlN Menggunakan Teknik Elektrodeposisi pada Berbagai Substrat," *Pros. Semin. Nas. Fis*, vol. IV, pp. 81-84, 2015.
- [13] S. A. Budi *et al.*, "KOMPOSISI DAN MORFOLOGI PERMUKAAN LAPISAN KOMPOSIT Ni-TiAlN ELEKTRODEPOSISI," *Pros. Bid. Fis*, pp. 348-353, 2015.
- [14] E. Budi *et al.*, "Effect of Temperature on Electrodeposited Nickel Nitride Composite Coatings," *J. Phys. Conf. Ser*, vol. 1428, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1428/1/012015.

- [15] X. B. Zhu *et al.*, "Electrodeposition and corrosion behavior of nanostructured Ni-TiN composite films," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed)*, vol. 21, no. 10, pp. 2216-2224, 2011, doi: 10.1016/S1003-6326(11)60998-9.
- [16] R. Sen, S. Das and K. Das, "The effect of bath temperature on the crystallite size and microstructure of Ni-CeO<sub>2</sub> nanocomposite coating," *Mater. Charact*, vol. 62, no. 3, pp. 257-262, 2011, doi: 10.1016/j.matchar.2011.01.013.
- [17] G. Yang *et al.*, "Effects of deposition temperature and annealing temperature on the morphology and electrochemical capacitance of Ni(OH)<sub>2</sub> thin films," *J. Solid State Electrochem*, vol. 16, no. 12, pp. 3761-3767, 2012, doi: 10.1007/s10008-012-1818-0.

