

DOI: doi.org/10.21009/03.1101.FA12

# PENGARUH RAPAT ARUS TERHADAP KOMPOSISI DAN MORFOLOGI PERMUKAAN LAPISAN KOMPOSIT NI-TiN DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEKTRODEPOSISI

Muhammad Rishadi<sup>a)</sup>, Esmar Budi<sup>b)</sup>, Iwan Sugihartono

*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia*

Email: <sup>a)</sup>muhammadrishadi\_1306618005@mhs.unj.ac.id, <sup>b)</sup>esmarbudi@unj.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rapat arus terhadap komposisi dan morfologi permukaan lapisan komposit Ni-TiN yang telah terbentuk. Proses pelapisan ini menggunakan metode elektrodeposisi selama 30 menit dan suhu sebesar 45°C pada substrat Tungsten Karbida dengan komposisi larutan elektrolit yang terdiri dari NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.17 M, NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 0.38 M, TiN 6 gr/L, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0.49 M, dan Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 0,6 gr/L. Elektroda yang digunakan yaitu Platina (Pt) sebagai elektroda pembanding dan Tungsten Karbida (WC) sebagai elektroda kerja. Variasi rapat arus yang digunakan yaitu 0,4 mA/mm<sup>2</sup>, 0,6 mA/mm<sup>2</sup> dan 0,8 mA/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi morfologi dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Hasil menunjukkan semakin meningkatnya rapat arus maka morfologi permukaan lapisan akan semakin halus, dan untuk komposisi yang diuji menggunakan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) yaitu mendapatkan hasil unsur yang terdeteksi sesuai dengan yang direncanakan seperti Ni dan TiN.

**Kata-kata kunci:** Elektrodeposisi, Lapisan komposit Ni-TiN, Rapat Arus

## Abstract

This study aims to analyze the effect of current density on the composition and surface morphology of the formed Ni-TiN composite layer. This coating process uses the electrodeposition method for 30 minutes and a temperature of 45°C on a Tungsten Carbide substrate with an electrolyte solution composition consisting of 0.17 M NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 0.38 M NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O, 6 gr/L TiN, 0.49 M H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, and Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 0.6 gr/L. The electrodes used are Platinum (Pt) as the reference electrode and Tungsten Carbide (WC) as the working electrode. The variations in current density used are 0.4 mA/mm<sup>2</sup>, 0.6 mA/mm<sup>2</sup> and 0.8 mA/mm<sup>2</sup>. Furthermore, morphological characterization was carried out using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results show that as the current density increases, the surface morphology of the layer will be smoother, and for the composition tested using Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS), the results obtained are elements detected as planned, such as Ni and TiN.

**Keywords:** Electrodeposition, Ni-TiN composite layer, Current Density

## PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, serta industri saat ini tidak terlepas dari bantuan manfaat logam sebagai material penunjang, baik logam murni maupun logam paduan. Logam murni dapat dijelaskan sebagai logam yang diperoleh dari hasil alam atau tambang, bahan tambang ini harus dipurify terlebih dahulu jika ingin diaplikasikan ke berbagai bidang. Untuk sifat logam murni tidak terdapat campuran material atau unsur lain, logam ini sudah banyak dimanfaatkan oleh orang lain sebagai perhiasan, peralatan listrik seperti kabel, kebutuhan laboratorium dan sebagainya. Sedangkan logam paduan adalah logam yang telah dicampur dengan material logam lain atau non logam untuk mendapatkan sifat fisis yang lebih baik. Logam paduan bisa dimanfaatkan sebagai alat-alat perkakas, komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga, dan mata bor. Namun, banyak faktor yang menyebabkan penggunaan dan daya tahan logam menurun, seperti timbulnya korosi dan aus pada logam [1]. Karakteristik dari suatu material yang penting untuk ditinjau agar memperoleh material yang tepat, diantaranya adalah sifat korosi dan kekerasan dari material tersebut. Korosi dapat diartikan sebagai kerusakan, keausan, atau degradasi penurunan mutu suatu material karena reaksi permukaan logam dengan oksigen dan lingkungan yang didorong oleh faktor-faktor tertentu [2].

Material komposit adalah gabungan dua atau lebih material yang berdiferensiasi, dengan adanya aturan ikatan antara kedua material tersebut [3]. Pemilihan logam sebagai matriks pada material komposit, karena logam memiliki beberapa sifat mekanik yang baik, antara lain kekuatan, modulus elastisitas, kekerasan, daya konduksi listrik dan panas yang tinggi [4]. Kombinasi Nikel sebagai matriks logam pada lapisan komposit dengan partikel keras seperti Titanium Nitrida (TiN) dipilih untuk meningkatkan kekerasan, dan juga sebagai ketahanan aus. Titanium Nitrida (TiN) merupakan bahan yang sangat keras yang digunakan sebagai bahan pelapis untuk berbagai alat dan implants (TiN Coating). Ketika nikel ditambahkan dengan partikel penguat seperti nitrida, maka dapat meningkatkan sifat, karakteristik, dan kemampuan kerja lapisan nikel khususnya kekerasan, ketahanan aus, dan kehalusan morfologi permukaan lapisan dengan ukuran kristal yang kecil [5]. Titanium Nitrida (TiN) pada penelitian ini digunakan untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan substrat Tungsten Karbida (WC), karena memiliki kekuatan sifat mekanik, kestabilan kimia yang baik dan konduktivitas termal yang baik ketika temperatur tinggi [6].

Tungsten Karbida yang sudah dilapisi kemudian dilakukan pengujian menggunakan Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) untuk menganalisis morfologi dan komposisinya. Pengaruh variasi rapat arus pada morfologi permukaan endapan Ni-TiN dan efisiensi arus telah dipelajari. Variasi rapat arus dapat mempengaruhi endapan Ni-TiN, yang nantinya akan diproses seperti dikarakterisasi dengan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan endapan dan Energy-Dispersive X-ray spectroscopy (EDX) untuk mengetahui komposisi kimia endapan [7]. Jadi sifat-sifat fisis morfologi dalam banyak kasus secara empiris mampu meningkatkan kemampuan aplikasi dari lapisan, dan aplikasi dari berbagai bidang. Pada penelitian yang sudah diuji oleh orang lain adalah hasil analisis Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) menunjukkan komposisi endapan dengan semakin besar rapat arus maka memiliki kemurnian lebih tinggi yakni sebesar [8]. Kehadiran rapat arus mampu meningkatkan kualitas dan morfologi endapan Ni-TiN [9].

## METODOLOGI

Substrat yang digunakan adalah Tungsten Karbida (WC) yang diposisikan sebagai katoda. Tungsten Karbida (WC) dibersihkan dari kotoran dengan menggunakan sabun dan dibilas dengan aquades serta disterilkan dengan alkohol 95% menggunakan ultrasonic cleaner yang durasinya selama 10 menit. Komposisi bahan larutan elektrolit yang digunakan yaitu 0,17 M  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 0,38 M  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 6 g/L TiN, 0,49 M  $\text{H}_3\text{BO}_3$  dan 0,6 g/L SDS (Sodium Dodecyl Sulfate). Semua bahan larutan elektrolit dicampurkan dengan 5 ml aquades kemudian diaduk menggunakan alat magnetic stirrer selama 2 jam, dengan tujuan untuk membuat larutan tercampur secara merata (homogen). Penelitian ini menggunakan substrat Tungsten Karbida (WC) sebagai elektroda kerja, dan Platina (Pt) sebagai elektroda pembanding. Proses electrodeposisi dilakukan dengan menggunakan variasi rapat arus sebesar 0,4 mA/mm<sup>2</sup>, 0,6 mA/mm<sup>2</sup> dan 0,8 mA/mm<sup>2</sup>. Proses electrodeposisi atau pelapisan dilakukan

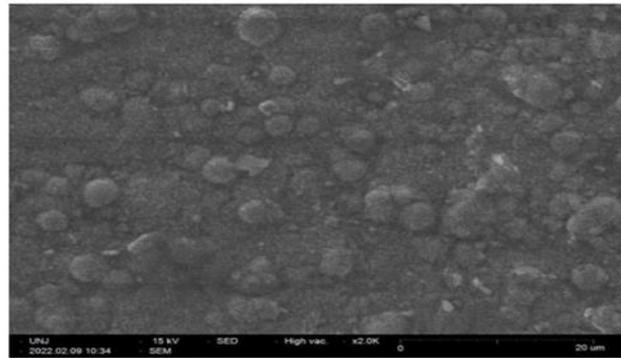
selama 30 menit. Kemudian setelah Tungsten Karbida terlapisi oleh lapisan komposit Ni-TiN, selanjutnya dilakukan karakterisasi morfologi permukaan lapisan dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope) dan karakterisasi komposisi yang terdapat pada sampel dengan menggunakan EDS (Electron Dispersive X-ray Spectroscopy).



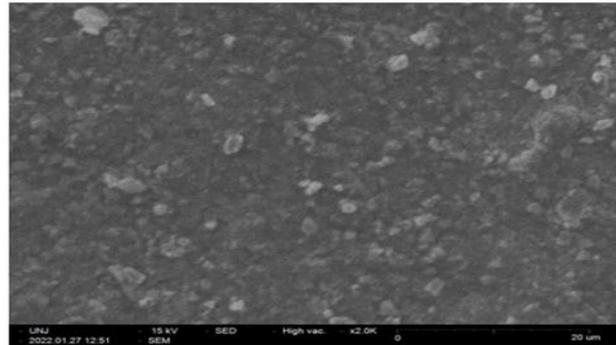
**GAMBAR 1.** Rangkaian alat untuk proses elektrodeposisi

### HASIL DAN PEMBAHASAN

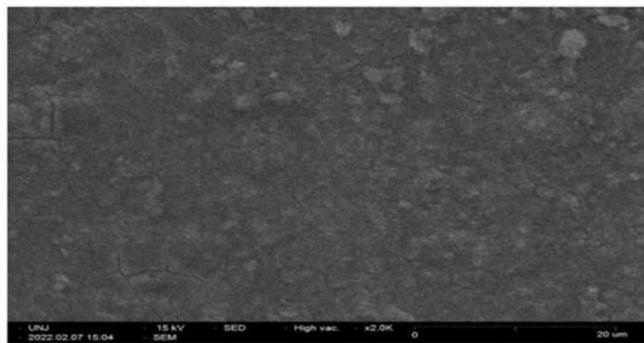
Penelitian ini menggunakan substrat Tungsten Karbida (WC) sebagai elektroda kerja (katoda) dan Platina (Pt) sebagai elektroda pembanding (anoda). Proses elektrodeposisi dilakukan dengan menggunakan variasi rapat arus sebesar  $0,4 \text{ mA/mm}^2$ ,  $0,6 \text{ mA/mm}^2$  dan  $0,8 \text{ mA/mm}^2$ . Pendeposisian dilakukan selama 30 menit. Kemudian dilakukan karakterisasi morfologi permukaan lapisan komposit Ni-TiN dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope) dan mengkarakterisasi komposisi lapisannya juga menggunakan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Morfologi permukaan lapisan komposit Ni-TiN pada substrat Tungsten Karbida dapat dilihat pada Gambar berikut:



(a)



(b)



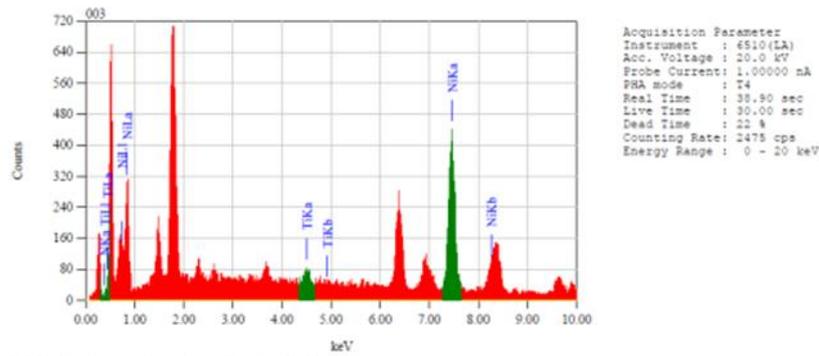
(c)

**GAMBAR 2.** Morfologi Permukaan Lapisan Ni-TiN pada kuat arus (a) 0,4 mA/mm<sup>2</sup>, (b). 0,6 mA/mm<sup>2</sup>, (c). 0,8 mA/mm<sup>2</sup>

Berdasarkan hasil karakterisasi morfologi lapisan. Diketahui bahwa pada kondisi rapat arus elektrodeposisi yang bervariasi, maka akan menghasilkan morfologi lapisan yang berbeda. Jumlah skala yang digunakan pada alat SEM untuk melihat morfologi lapisan adalah 20  $\mu\text{m}$ . Pada Gambar.(a) Sampel pada rapat arus 0,4 mA/mm<sup>2</sup> memiliki morfologi yang kasar, berlubang, dan terjadi aglomerat, dengan morfologi yang seperti itu sehingga lapisan terlihat tidak merata. Aglomerat ini disebabkan karena penumpukkan zat penguat atau unsur TiN di lapisan permukaan. Pada Gambar.(b) sampel pada rapat arus 0,6 mA/mm<sup>2</sup> memiliki morfologi lapisan yang halus akan tetapi terdapat banyak aglomerat pada setiap permukaan lapisan. Aglomerasi terjadi karena energi tarik lebih besar daripada energi tolak antar partikel ion-ion yang saling berinteraksi. Sedangkan untuk Gambar.(c) sampel pada perlakuan rapat arus 0,8 mA/mm<sup>2</sup>, terlihat bahwa morfologi lapisan yang terbentuk lebih halus dari sebelumnya, lapisan tampak lebih rata (homogen) dan seragam, aglomerat yang terjadi pada permukaan lebih sedikit, akan tetapi terdapat retakan di beberapa area permukaan. Temperatur yang tidak konstan saat proses elektrodeposisi menyebabkan ketidakstabilan atom-atom dalam menerima panas sehingga terbentuk retakan (crack) [10]. Aglomerat yang terjadi pada rapat arus 0,8 mA/mm<sup>2</sup> sedikit, dikarenakan jumlah komposisi TiN yang terdapat pada lapisan sedikit. Dibandingkan dengan rapat arus 0,6 mA/mm<sup>2</sup>, jumlah aglomeratnya lebih banyak dari sampel lain, disebabkan jumlah komposisi

TiN nya lebih banyak. Rapat arus merupakan salah satu parameter penting dalam proses elektrodposisi. Semakin tinggi rapat arus elektrodposisi, semakin tinggi laju elektrodposisi sehingga semakin tinggi kandungan nitrida dalam lapisan komposit [11]. Hal ini akan menyebabkan morfologi lapisan komposit Ni-TiN semakin halus [12].

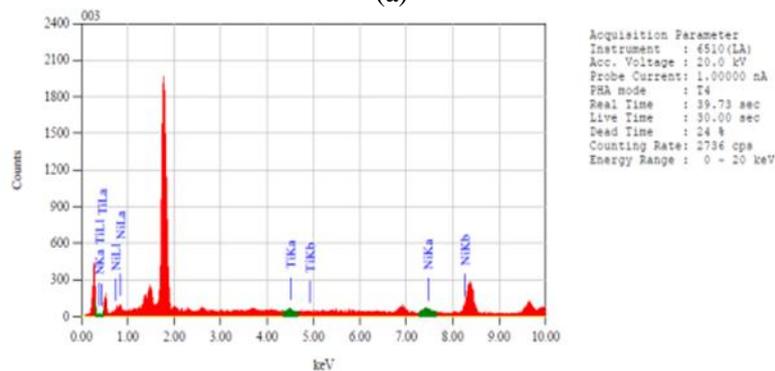
Selanjutnya Analisis EDS pada komposisi lapisan komposit Ni-TiN dengan variasi rapat arus (a) 0,4 mA/mm<sup>2</sup> ; (b) 0,6 mA/mm<sup>2</sup> ; dan (c) 0,8 mA/mm<sup>2</sup> dapat dilihat pada Gambar berikut:



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis  
Fitting Coefficient : 0.8220

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	Z
N K <sup>α</sup>	0.392	21.91	2.14	53.04				31.7202
Ti K <sup>α</sup>	4.508	2.86	1.21	2.06				2.4591
Ni K <sup>α</sup>	7.471	75.23	3.34	44.11				65.0207
Total		100.00		100.00				

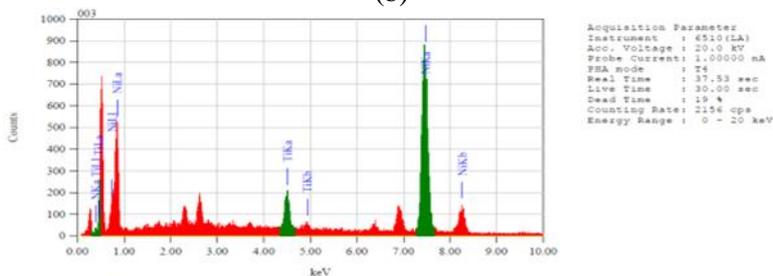
(a)



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis  
Fitting Coefficient : 0.8921

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	Z
N K <sup>α</sup>	0.392	73.21	16.16	91.09				50.8938
Ti K <sup>α</sup>	4.508	14.30	19.43	8.20				4.9301
Ni K <sup>α</sup>	7.471	12.50	56.50	3.71				4.1761
Total		100.00		100.00				

(b)



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis  
Fitting Coefficient : 0.6227

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	Z
N K <sup>α</sup>	0.392	12.24	1.05	34.58				19.2517
Ti K <sup>α</sup>	4.508	5.87	0.57	5.12				3.3548
Ni K <sup>α</sup>	7.471	81.88	1.57	58.30				74.3935
Total		100.00		100.00				

(c)

**GAMBAR 3.** Komposisi EDS Lapisan Ni-TiN pada kuat arus (a) 0,4 mA/mm<sup>2</sup>, (b). 0,6 mA/mm<sup>2</sup>, (c). 0,8 mA/mm<sup>2</sup>

Hasil analisis EDS menunjukkan bahwa unsur Ni, Ti dan N terdeteksi pada lapisan. Saat rapat arus 0,6 mA/mm<sup>2</sup> terdapat banyak sekali massa komposisi pada unsur Ti dan N, sehingga pada gambar morfologinya terlihat banyak sekali aglomerat. Sedangkan untuk rapat arus 0,8 mA/mm<sup>2</sup>, mengalami

penurunan massa komposisi pada unsur Ti dan N. Hal ini disebabkan karena rapat arus yang terlalu tinggi pada permukaan lapisan [13].

### SIMPULAN

Morfologi yang terjadi pada permukaan lapisan komposit Ni-TiN adalah semakin tinggi rapat arusnya maka semakin halus permukaan pada sampel. Selain itu morfologi yang terjadi pada setiap variasi rapat arus terdapat aglomerat di permukaan, hal ini menandakan bahwa terjadi penumpukan unsur TiN di area permukaan lapisan. Selanjutnya komposisi EDS pada lapisan komposit Ni-TiN, untuk unsur Ni, Ti dan N terdeteksi di karakterisasi EDS. Hal tersebut sesuai dengan yang direncanakan.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, yaitu Bapak Esmar Budi dan Bapak Iwan Sugihartono selaku pembimbing dari Program Studi Fisika UNJ, serta teman-teman Fisika Murni UNJ 2018.

### REFERENSI

- [1] B. Li *et al.*, "Ultrasonic-assisted electrodeposition of Ni-Cu/TiN composite coating from sulphate-citrate bath: Structural and electrochemical properties," *Ultrasonic Sonochem.*, vol. 58, p. 104680, 2019, doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.104680.
- [2] I. Lopez-Cabanas *et al.*, "High throughput optimization of hard and tough TiN/Ni nanocomposite coatings by reactive magnetron sputter deposition," *Surface and Coatings Technology*, vol. 418, pp. 1-25, 2021, doi: 10.1016/j.surfcoat.2021.127226.
- [3] M. S. Kusuma, A. D. Sasanti, "Kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan gabus (*Channa striata*) yang diberi ikan rucah berbeda sebagai pakan," *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, vol. 5, np. 1, pp. 13-24, 2017.
- [4] S. Liu *et al.*, "Residual stresses and mechanical properties of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/SiC multilayered composites with different SiC layers," *Boletín de La Sociedad española de cerámica y vidrio*, vol. 56, no. 4, pp. 147-154, 2017, doi: 10.1016/j.bsecv.2016.11.003.
- [5] S. A. Budi *et al.*, "Komposisi Dan Morfologi Permukaan Lapisan Komposit Ni-TiAlN Elektrodeposisi," *Pros. Bid. Fis.*, pp. 348-353, 2015.
- [6] J. Sun *et al.*, "A Review on Binderless Tungsten Carbide: Development and Application," *Nano Micro Letters*, vol. 12, no. 1, pp. 1-37, 2020.
- [7] Nasution *et al.*, "Pengaruh karaginan dari rumput laut merah (*Eucheuma cottonii*) asal Provinsi Aceh sebagai edible coating terhadap ketahanan buah," *Al-Kimia*, vol. 7, no. 2, pp. 100-112, 2019.
- [8] J. G. Portillo *et al.*, "Synthesis of nanostructured Nickel compounds on conductive metallic substrates," *Materials Letters*, vol. 257, p. 126676, 2019, doi: 10.1016/j.matlet.2019.126676.
- [9] M. Kartal *et al.*, "Production of pulse electrodeposited Ni-TiC nanocomposite coatings," *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 7, pp. 6982-6989, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.028.
- [10] E. Budi *et al.*, "Effect of Temperature on Electrodeposited Nickel Nitride Composite Coatings," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1428, no. 1, p. 012015, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1428/1/012015.
- [11] Oktaviani *et al.*, "Pengaruh Kuat Arus Terhadap Morfologi Permukaan Lapisan Komposit Ni-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Dengan menggunakan Metode Elektrodeposisi," In: Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal), vol. 7, p. SNF2018-PA-36-39, 2018.

- [12] S. Wahyudi *et al.*, “Pengaruh Konsentrasi Tembaga dan Rapat Arus terhadap Morfologi Endapan Elektrodeposisi Tembaga,” *Al-Kimia*, vol. 7, no. 2, pp. 176-181, 2019, doi: 10.24252/al-kimia.v7i2.7818.
- [13] A. Hefnawy, N. Elkhoshkhany, A. Essam, “Ni-TiN and Ni-Co-TiN composite coatings for corrosion protection: Fabrication and electrochemical characterization,” *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 735, pp. 600-606, 2018, doi: 10.1016/j.jallcom.2017.11.169.

