

ANALISIS MORFOLOGI DAN KOMPOSISI LAPISAN NIKEL MENGGUNAKAN ELEKTRODEPOSISI RAPAT ARUS PULSA

Bayyinah^{a)}, Esmar Budi^{b)}, Teguh Budi Prayitno^{c)}

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

Email: ^{a)}Bayyinah_1306620004@mhs.unj.ac.id, ^{b)}esmarbudi@unj.ac.id; ^{c)}teguh-budi@unj.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini telah dilakukan pendeposisian lapisan Nikel pada substrat Tungsten Karbida (WC) menggunakan rapat arus pulsa sebesar 0,35 dan 0,4 mA/mm². Pendeposisian lapisan Nikel dilakukan dengan metode elektrodeposisi selama 30 menit pada suhu 40°C dengan laju pengadukan 600 rpm. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM, lapisan Nikel dengan perbesaran 1000x menunjukkan bahwa pada rapat arus 0,35 mA/mm² sebaran partikel merata, tidak ada retakan dan aglomerasi pada permukaan substrat, serta ukuran partikel lebih besar dan homogen. Sedangkan pada rapat arus 0,4 mA/mm² sebaran partikel kurang merata, tidak ada retakan dan aglomerasi pada permukaan substrat, serta partikel terlihat lebih kecil dan homogen, sehingga permukaan lapisan Nikel terlihat lebih halus. Hasil pemindaian EDS menunjukkan keberhasilan lapisan Nikel yang terbentuk dengan adanya kandungan logam Ni dan meningkat seiring dengan peningkatan rapat arus dari 0,35 dan 0,4 mA/mm².

Kata-kata kunci: Elektrodeposisi, lapisan nikel, rapat arus pulsa.

Abstract

In this study, Nickel layers were deposited on a Tungsten Carbide (WC) substrate using pulse current densities of 0.35 and 0.4 mA/mm². The Nickel deposition was performed by electrodeposition for 30 minutes at a temperature of 40°C with a stirring rate of 600 rpm. Based on the SEM characterization results, the Nickel layer at a magnification of 1000x showed that at a current density of 0.35 mA/mm², the particle distribution was uniform, with no cracks or agglomeration on the substrate surface, and the particles were larger and more homogeneous. In contrast, at a current density of 0.4 mA/mm², the particle distribution was less uniform, there were no cracks or agglomeration on the substrate surface, and the particles appeared smaller and homogeneous, resulting in a smoother Nickel layer surface. The EDS scanning results indicated the successful formation of the Nickel layer, with the presence of Ni metal content, which increased with the current density from 0.35 to 0.4 mA/mm².

Keywords: Electrodeposition, nickel layer, pulse current density.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, dunia industri berkembang dengan begitu cepat, demikian juga perkembangan pada bidang industri konstruksi [1]. Pada aplikasi industri seperti *drilling* (bor), diperlukan material dengan sifat mekanik yang kuat terhadap beban dan tegangan yang diterima. Selain itu, material juga harus elastis agar tidak patah saat terjadi pembebanan standar atau berlebih [2]. Tungsten karbida (WC) mempunyai kekerasan yang tinggi, titik lelehnya tinggi, konduktivitas listrik dan termal yang baik, serta ketahanan terhadap korosi yang tinggi [3]. Disisi lain, material WC tidak memiliki keelastisan. Oleh karena itu, dapat dilakukan pelapisan material dengan material lain yang memiliki elastisitas yang baik [4]. Pelapisan material (*coating*) dapat mengubah morfologi permukaan, kinerja keausan,

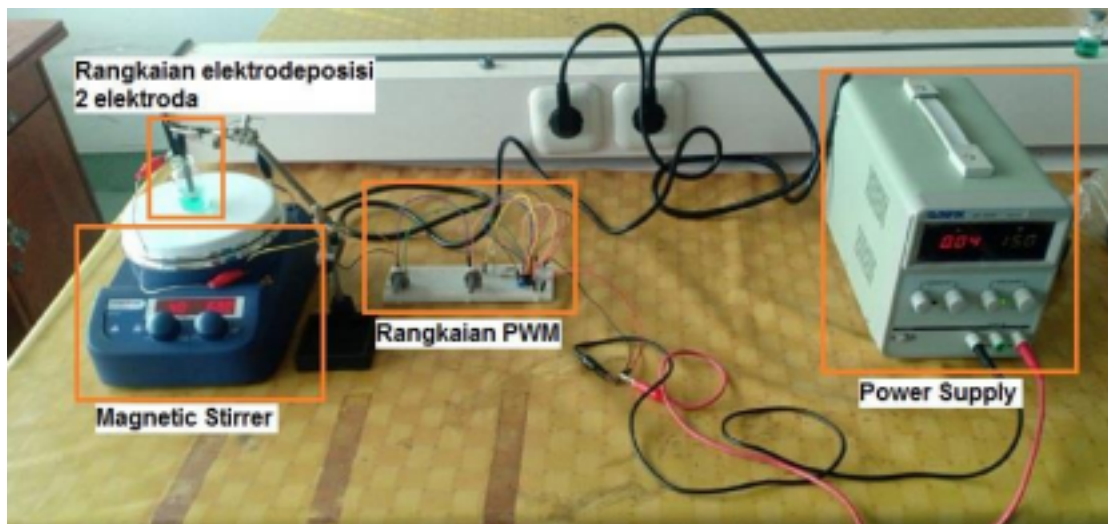
daya rekat, dan kekuatan kelelahan bahan substrat tanpa mengubah sifat awal substrat [5]. Pembentukan lapisan dapat diperoleh dengan elektrodeposisi [6]. Metode elektrodeposisi dapat memperoleh penampilan fisik, kekuatan struktural, serta keawetan logam yang baik. Metode ini menghasilkan lapisan logam menggunakan arus listrik pada bahan konduktif yang direndam dalam larutan yang mengandung garam logam yang akan terdepositasi [7]. Metode ini memiliki kelebihan yaitu, biaya operasi yang relatif murah, memungkinkan untuk mengatur ketebalan lapisan dengan mudah, prosesnya yang sederhana, serta memungkinkan untuk membuat lapisan permukaan yang lebih luas [8]. Variasi rapat arus dalam metode elektrodeposisi dapat dilakukan agar proses pelapisan lebih merata dan nilai laju korosi yang lebih rendah [9].

Nikel (Ni) mempunyai kemampuan untuk berdeformasi tanpa menjadi patah. Sifat mekanik yang dimiliki nikel diantaranya mempunyai keuletan yang baik, daya hantar listrik dan termal yang baik, tetapi kekerasannya sedang [10]. Substrat tungsten karbida (WC) yang telah dilapisi dengan nikel murni (Ni) menggunakan metode elektrodeposisi dengan variasi rapat arus pulsa kemudian diuji *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengetahui karakteristik morfologi dan komposisi. Pada penelitian terdahulu, metode elektrodeposisi pada pelapisan logam berbasis nikel menghasilkan morfologi permukaan lapisan yang homogen dan tidak ada aglomerasi [11]. Selain itu, kenaikan rapat arus membuat morfologi permukaan lapisan akan semakin halus [12]. Adapun pengujian EDS pada penelitian terdahulu menunjukkan bahwa semakin besar rapat arus elektrodeposisi yang diberikan, maka semakin meningkat massa endapan pelapis [13, 14].

METODE

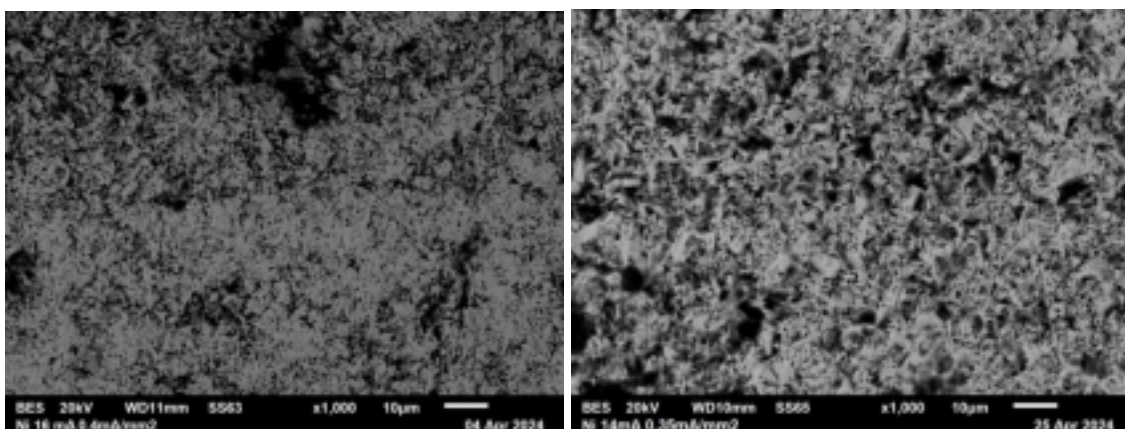
Substrat yang digunakan adalah Tungsten Karbida (WC). Pada tahap awal substrat di preparasi terlebih dahulu. Permukaan Tungsten Karbida (WC) diampelas pada *grade* 500-3000 mesh, setelah itu dibersihkan dengan sabun untuk menghilangkan kotoran dan dibilas dengan aquades serta disterilkan pada alkohol 95% menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 10 menit. Rangkaian yang digunakan adalah *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan *duty cycle* 10%. Arus searah (DC) dari *power supply* diubah menjadi arus pulsa dengan menggunakan *pulse generator* dan melalui osiloskop akan terbaca gelombang arus berupa kotak dengan panjang gelombang tertentu. Komponen IC-555 digunakan sebagai pembangkit pulsa (*pulse generator*).

Larutan elektrolit yang akan digunakan pada proses pelapisan elektrodeposisi adalah larutan Watt. Komposisi larutan Watt terdiri dari 0,17 M $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,38 M $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,49 M H_3BO_3 dan $2,08 \times 10^{-3}$ M SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*). Semua bahan dilarutkan dalam 5 ml aquades menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 40°C dengan laju pengadukan 600 rpm selama 1 jam agar larutan tercampur secara homogen. Pada proses elektrodeposisi, substrat Tungsten Karbida (WC) digunakan sebagai elektroda kerja, dan Platina (Pt) sebagai elektroda pembanding. Elektrodeposisi dilakukan selama 30 pada suhu 40°C dengan laju pengadukan 600 rpm dan variasi rapat arus 0,35 mA/mm^2 dan 0,4 mA/mm^2 . Kemudian setelah Tungsten Karbida terlapisi oleh lapisan Ni, dilakukan karakterisasi morfologi permukaan lapisan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan karakterisasi komposisi yang terdapat pada sampel dengan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*).



GAMBAR 1. Proses *coating* elektrodeposisi arus pulsa dengan pelapis Ni
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 $0,35 \text{ mA/mm}^2$ dan $0,4 \text{ mA/mm}^2$. Pendeposisian dilakukan selama 30 menit. Kemudian dilakukan karakterisasi morfologi permukaan lapisan Ni dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan mengkarakterisasi komposisi lapisannya juga menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Morfologi permukaan lapisan Ni pada substrat Tungsten Karbida dapat dilihat pada gambar berikut:



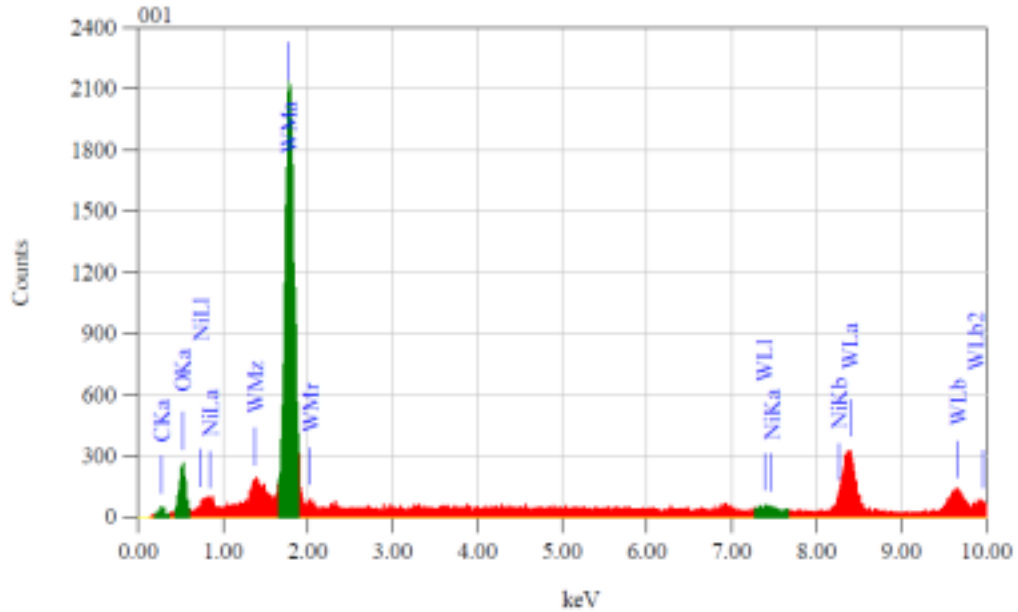
(a) (b)

GAMBAR 2. Morfologi permukaan lapisan Nikel perbesaran 1000x dengan variasi rapat arus (a) $0,35 \text{ mA/mm}^2$ dan $0,4 \text{ mA/mm}^2$

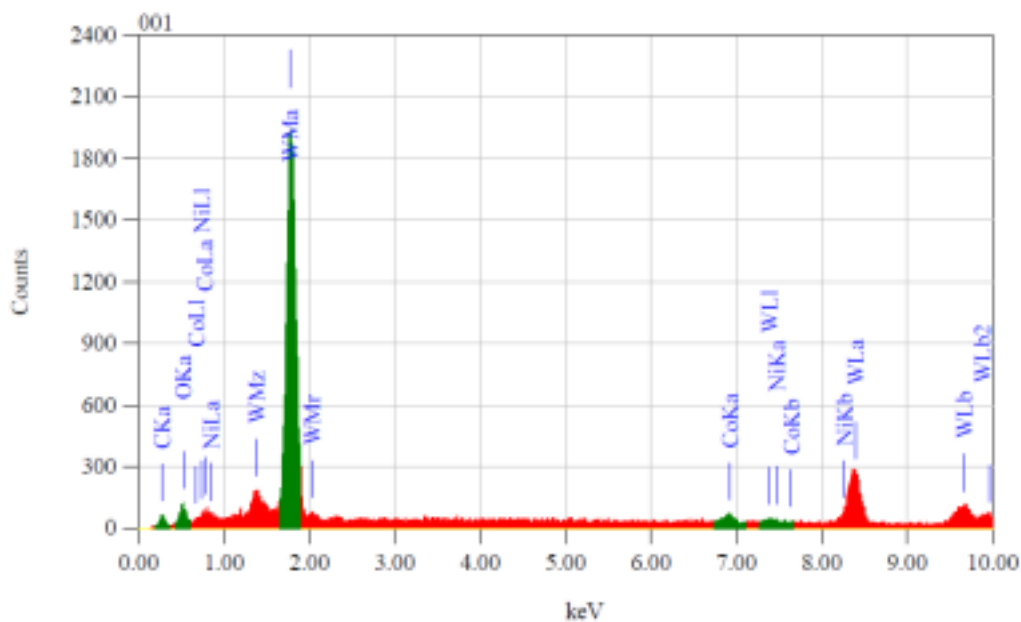
Berdasarkan hasil karakterisasi morfologi lapisan. Metode elektrodeposisi pada pelapisan logam dengan nikel menghasilkan morfologi permukaan lapisan yang homogen dan tidak ada aglomerasi [11]. Selain itu, kondisi rapat arus elektrodeposisi yang bervariasi, menghasilkan morfologi lapisan yang berbeda. Jumlah skala yang digunakan pada alat SEM untuk melihat morfologi lapisan adalah 10×10^3 . Pada gambar (a) Sampel pada rapat arus $0,35 \text{ mA/mm}^2$ memiliki morfologi yang kasar, tidak ada retakan pada permukaan substrat, serta ukuran partikel lebih besar, dan lapisan terlihat merata. Ukuran partikel lebih besar ini disebabkan rapat arus elektrodeposisi rendah, sehingga laju pertumbuhan endapan (partikel nikel) jauh lebih cepat daripada laju elektrodeposisi (nukleasi) [15, 16]. Pada gambar (b) sampel pada rapat arus $0,4 \text{ mA/mm}^2$ memiliki morfologi lapisan yang kurang

merata, tidak ada retakan dan aglomerasi pada permukaan substrat, serta partikel terlihat lebih kecil, dan permukaan lapisan Nikel terlihat lebih halus.

Selanjutnya Analisis EDS pada komposisi lapisan Ni dengan variasi rapat arus (a) 0,35 mA/mm² dan (b) 0,4 mA/mm² dapat dilihat pada **GAMBAR 3** dan **TABEL 1**.



(a)



(b)

GAMBAR 3. Analisis EDS lapisan Ni pada rapat arus: (a) 0,35 mA/mm² dan (b) 0,4 mA/mm²

TABEL 1. Komposisi EDS lapisan Nikel dengan variasi rapat arus 0,35 dan 0,4 mA/mm²

Rapat arus (mA/mm ²)	Unsur Ni	
	% Massa	% Atom
0,35	1,17	1,13

0.4 1.23 1.38

Hasil analisis EDS menunjukkan bahwa unsur Ni dapat ditemukan pada setiap variasi rapat arus. Peningkatan rapat arus dari 0,35 mA/mm² menjadi 0,4 mA/mm² menyebabkan peningkatan komposisi atom dan massa komposisi pada unsur Ni. Hal ini dikarenakan kerapatan arus elektrodeposisi yang lebih tinggi dapat meningkatkan kandungan nikel pada lapisan [13, 14].

KESIMPULAN

Morfologi yang terjadi pada permukaan lapisan Ni adalah semakin tinggi rapat arusnya maka semakin halus permukaan pada sampel. Selain itu morfologi yang terjadi pada setiap variasi rapat arus homogen dan tidak terjadi aglomerasi di permukaan. Komposisi EDS pada lapisan, unsur Ni terdeteksi di setiap variasi rapat arus dan komposisinya meningkat seiring dengan meningkatnya rapat arus.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penelitian ini, yaitu Bapak Esmar Budi dan Bapak Teguh Budi Prayitno selaku pembimbing dari Program Studi Fisika UNJ, serta teman-teman Fisika UNJ 2020.

REFERENSI

- [1] Nur, T. A. G. A., "Analisa Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Keausan Mata Bor Dormer A100 Brazil Pada Besi Cor Kelabu (Gray Cast Iron)," Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara, 2023.
- [2] Prasetyo, B. N., "Analisis Kekerasan Pada Mata Bor Berbahan Baja High Speed Steel Hasil Proses Hardening dengan Pendinginan Oli dan Coolant," *Presisi*, vol. 25, no.1, 2023, pp. 1-9.
- [3] Kornaus, K., Gubernat, A., Zientara, D., Rutkowski, P., & Stobierski, L., "Mechanical and thermal properties of tungsten carbide-graphite nanoparticles nanocomposites," *Polish Journal of Chemical Technology*, vol.18, no.2, 2016, pp. 84-88.
- [4] Suwardi, D., & Riyadi, T. W. B., "Pengaruh Elektroplating Nikel Dengan Variasi Waktu Pelapisan 30, 60, 90, 120, 150 Menit Terhadap Kekasaran Permukaan, Titik Luluh Kekuatan Tarik Maksimum Baja Karbon," *Doctoral dissertation*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [5] Aliofkhaezrai, M., Walsh, F. C., Zangari, G., Köçkar, H., Alper, M., Rizal, C., ... & Allahyarzadeh, M. H., "Development of electrodeposited multilayer coatings: A review of fabrication, microstructure, properties and applications," *Applied Surface Science Advances*, vol. 6, 2021, pp. 100141.
- [6] Georgopoulou, C., Jain, S., Agarwal, A., Rode, E., Dimopoulos, G., Sridhar, N., & Kakalis, N., "On the modelling of multidisciplinary electrochemical systems with application on the electrochemical conversion of CO₂ to formate/formic acid," *Computers and Chemical Engineering*, vol. 93, 2016, pp.160–170.
- [7] Setiamukti, D., Toifur, M., Ishafit, I., Okimustava, O., & Khusnani, A., "Monograf; Pengaruh Konsentrasi Larutan Elektronik Terhadap Fabrikasi Dan Uji Sensor Cu/Ni, 2020, Yogyakarta: K-Media.
- [8] Wahidiyah, M. R., Faris, S., Setyawan, H., & Yuwana, M., "Preparasi Lapisan Tipis Zn Dengan Metode Elektrodeposisi Untuk Aplikasi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)," *Jurnal Teknik Pomits*, 2015, pp. 1-6.

- [9] Sandi, A. P., "Pengaruh Rapat Arus Dan Waktu Elektroplating Zn-Mn Terhadap Laju Korosi Baja AISI 1020 Dalam Medium Korosif NaCl 3%," Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, 2017.
- [10] Oktaviani, Y., Budi, E., & Sugihartono, I., "Pengaruh Kuat Arus Terhadap Morfologi Permukaan Lapisan Komposit Ni-TiN/Si₃N₄ dengan Menggunakan Metode Elektrodeposisi," Prosiding Seminar Nasional Fisika, vol. 7, 2018.
- [11] Yetri, Y., Mahaputri, S. A., & Dahlan, D., "Sintesa Lapisan Nikel (Ni) Pada Permukaan Baja Dengan Metode Elektrodeposisi Dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao)," Jurnal Integrasi, vol. 11, no. 2, 2019, pp. 86-90.
- [12] Budi, E., & Sugihartono, I., "Analisa Morfologi dan Komposisi Hasil Pembentukan Elektrodeposisi dengan Variasi Rapat Arus Lapisan Komposit NI/SI₃N₄," Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal), vol. 11, 2023.
- [13] Wahyudi, S., Soepriyanto, S., Mubarok, M. Z., & Sutarno, S., "Pengaruh Konsentrasi Tembaga dan Rapat Arus terhadap Morfologi Endapan Elektrodeposisi Tembaga," Al-Kimia, vol. 7, no. 2, 2019, pp. 198-207.
- [14] Ghaziof, S., & Gao, W., "Electrodeposition of single gamma phased Zn–Ni alloy coatings from additive-free acidic bath. Applied Surface Science," vol. 311, 2014, pp. 635-642.
- [15] Liang, J., Li, D., Wang, D., Liu, K., & Chen, L., "Preparation of stable superhydrophobic film on stainless steel substrate by a combined approach using electrodeposition and fluorinated modification," Applied Surface Science, vol. 293, 2024, pp.265-270.
- [16] Tamurejo-Alonso, P., González-Martín, M. L., & Pacha-Olivenza, M. Á., "Electrodeposited Zinc Coatings for Biomedical Application: Morphology, Corrosion and Biological Behaviour," Materials, vol. 16, no.7, 2023, pp 5985.