

PENGARUH PARAMETER ELEKTRO-PULSA DEPOSISI NIKEL TERHADAP STRUKTUR MIKRO LAPISAN DEPOSIT DAN LAJU KOROSI PADA BAJA AISI 410

EFFECT OF NICKEL PULSED ELECTRO DEPOSITION PARAMETERS ON DEPOSIT MICROSTRUCTURE AND CORROSION RATE AISI 410 STEEL

Agnes Stephani¹, Soesaptri Oediyani¹, Yulinda Lestari^{2,*}, dan Efendi Mabru²

¹Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten

²Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Gedung 470, Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan

*E-mail: yulinda.lestari17@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Received date:

30 March 2017

Received in revised form date:

13 September 2017

Accepted date:

15 September 2017

Available online date:

30 November 2018

Abstract

Nickel pulse electrodeposition is one of the coating methods that used to increase the corrosion resistance and improve the mechanical properties. In this study, nickel was used as the anode and martensitic stainless steel 410 was used as the cathode. The solution used in the method of nickel pulse electrodeposition include nickel sulfate, nickel chloride, and boric acid. Pulse electrodeposition parameters are variation of duty cycle of 70, 80, 90% and frequency variations valued at 0.1, 1, 10, and 20 kHz. Temperatures used in research nickel pulse electrodeposition at 50 °C, with a current density of 15 A / dm² and 18 minutes. The Scanning Electron Microscopy analysis determine the microstructure and grain size changes after a nickel pulse electrodeposition. The polarization test determine optimum rate of corrosion when 90 % duty cycle and 20 kHz frequency.

Keywords: Nickel coating, Pulse electro deposition, Stainless steel 410, Corrosion resistance, Microstructure.

Kata kunci:

Pelapisan nikel
Elektro-pulsa deposisi
Stainless steel 410
Ketahanan korosi
Struktur mikro

Abstrak

Elektro-pulsa deposisi nikel merupakan salah satu metode pelapisan yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan memperbaiki sifat mekanik. Dalam penelitian ini digunakan nikel sebagai anoda dan baja tahan karat martensitik 410 sebagai katoda. Larutan yang digunakan pada metode elektro-pulsa deposisi nikel antara lain nikel sulfat, nikel klorida, dan asam borat. Elektro-pulsa deposisi menggunakan variasi siklus kerja senilai 70, 80, 90% dan variasi frekuensi senilai 0.1, 1, 10, dan 20 kHz. Temperatur yang digunakan pada penelitian elektro-pulsa deposisi nikel sebesar 50°C, dengan rapat arus 15 A/dm² dan waktu 18 menit. Dari pengujian SEM didapatkan struktur mikro, ukuran butir serta ketebalan pelapisan nikel dengan metode elektro-pulsa deposisi. Pengujian polarisasi menunjukkan laju korosi yang paling baik saat siklus kerja 90% dan frekuensi 20 kHz.

PENDAHULUAN

Baja tahan karat martensitik 410 memiliki sifat kekerasan dan kekuatan yang baik. Namun, permasalahan umum yang terjadi ialah *pitting corrosion* yang akan menyebabkan kerusakan secara mekanik jika diaplikasikan pada suatu alat. Baja stainless SS 410 merupakan material yang paling banyak digunakan di industri sudu turbin yang hampir 90% pemakaiannya. Sudu turbin ini merupakan bagian yang paling rentan terkena korosi dan erosi yaitu yang terkena beban dan pergerakan paling banyak. Untuk menanggulangi terjadinya korosi dan memberi umur panjang, perlu dilakukan pelapisan. Penyepuhan elektrik atau lapis listrik adalah salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Tujuan penyepuhan elektrik ialah untuk memperbaiki permukaan benda sehingga lebih cemerlang dan mengkilap, tahan korosi, dan memperbaiki sifat mekanis benda. Kelebihan dari proses penyepuhan elektrik ini di antaranya proses lebih efektif, sangat menguntungkan untuk skala produksi, dan biaya yang dikeluarkan sedikit (Santosa, et al. 2015; Prinsip and Kaedah, n.d.). Elektrodeposisi adalah proses pelapisan konvensional dengan pelapisan tipis suatu logam di atas logam lain untuk mengubah sifat permukaan, dengan menyumbang elektron kepada ion dalam larutan (Santosa, et al., 2015; By, n.d.; Sharma, Das, and Das, n.d.; Ahmad and Mohamed 2014). Sementara, elektro-pulsa deposisi ini melibatkan arus pulsa, rapat arus, frekuensi, arus *on time*, dan arus *off time* (Ilyaraja, et al., 2009). Anoda yang biasa digunakan pada metode ini adalah nikel murni, paduan nikel, emas, dan kobal. Pada penelitian ini digunakan nikel murni sebagai anoda, karena nikel dapat berfungsi sebagai penyalur arus listrik pada elektrolit, sebagai pengganti ion nikel yang terlepas di katoda, dan pendis-

tribusi arus. Anoda nikel murni dicelupkan ke dalam penangas pada suhu sekitar 44-66 °C menggunakan penangas Elektrolit Watts yang merupakan penggabungan dari bahan nikel sulfat, nikel klorida, dan asam borat (Gezerman and Corbacioglu, 2010). Larutan nikel sulfat merupakan sumber utama dari ion nikel (Ni^{2+}). Nikel klorida memiliki dua fungsi utama yaitu menaikkan konduktivitas larutan dan mengurangi pemakaian voltase. Hal itu dapat memengaruhi pelarutan dari anoda nikel (Gezerman and Corbacioglu, 2010; Sadiku-Agboola, Sadiku, and Biotidara 2012).

Penelitian ini melibatkan frekuensi dan siklus kerja sebagai parameter utama pada proses elektro-pulsa deposisi. Secara umum, frekuensi dan siklus kerja dapat memengaruhi laju korosi dan mikrostruktur lapisan. Pengaruh dari nilai siklus kerja dan frekuensi yang tinggi menghasilkan nilai laju korosi yang rendah.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Sampel penelitian adalah baja AISI 410 berbentuk plat dengan tebal 2 mm, panjang 20 mm, dan lebar 20 mm yang diberikan perlakuan awal terlebih dahulu agar proses pelapisan lebih efektif (Plating 2012). Kemudian dilakukan proses elektro-pulsa deposisi nikel dengan pengaruh variasi siklus kerja 70, 80, dan 90% dan frekuensi senilai 0.1, 1, 10, dan 20 kHz. Temperatur yang digunakan pada penelitian elektro-pulsa deposisi nikel sebesar 50 °C, dengan rapat arus 15 A/dm² dan waktu 18 menit. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap sampel uji yang dihasilkan untuk mengetahui mikrostruktur lapisan dan perubahan ukuran butir setelah dilakukan proses elektro-pulsa deposisi nikel menggunakan analisis teknik mikroskopi electron payaran (SEM) dan dilakukan pengujian polarisasi menggunakan alat

sistem pengujian korosi CMS (*Corrosion Measurement System*) merk Gamry 750 terhadap sampel uji dalam larutan NaCl 3,5% untuk melihat perubahan laju korosi setelah proses elektro-pulsa deposisi nikel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Siklus Kerja terhadap Laju Korosi

Hasil penelitian elektro-pulsa deposisi dengan pengujian SEM dihasilkan gambar besar kecilnya butiran pelapisan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran butir hasil SEM

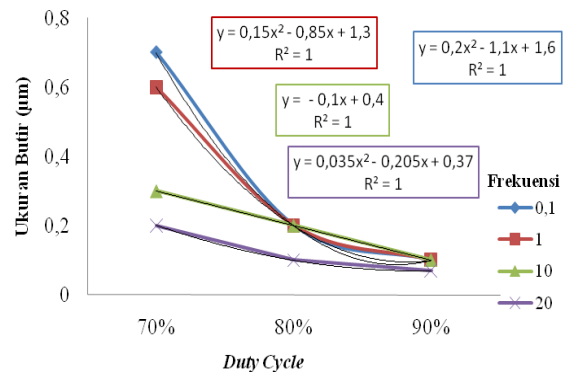
DC \ f	0,1 kHz	1 kHz	10kHz	20kHz
70%				
80%				
90%				

Keterangan f= Frekuensi, DC = Duty Cycle

Hasil SEM tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *image-j* sehingga diperoleh data ukuran butir seperti pada Tabel 2. Kemudian, data yang berpengaruh terhadap ukuran butir dibuat dalam suatu grafik siklus kerja seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Data ukuran butir

Duty Cycle	Frekuensi (kHz)	Sampel	Ukuran Butir Rata-Rata (µm)
70%	0,1	1	0,7
	1	2	0,6
	10	3	0,3
	20	4	0,23
80%	0,1	5	0,2
	1	6	0,2
	10	7	0,2
	20	8	0,1
90%	0,1	9	0,1
	1	10	0,1
	10	11	0,1
	20	12	0,07



Gambar 1. Pengaruh siklus kerja terhadap ukuran butir

Dari Gambar 1 diketahui bahwa semakin tinggi siklus kerja, ukuran butir semakin halus. Ukuran butir terbesar diperoleh pada siklus kerja 70% dan terkecil pada siklus kerja 90%. Penurunan ukuran butir dipengaruhi oleh meningkatnya siklus kerja. Penurunan ukuran butir dipengaruhi oleh meningkatnya *duty cycle*. Hal ini disebabkan oleh penekanan laju pertumbuhan ukuran butir sehingga diperoleh ukuran butir yang halus. Siklus kerja yang tinggi mampu meningkatkan terjadinya evolusi hidrogen pada permukaan katoda. Evolusi hidrogen merupakan proses penggabungan

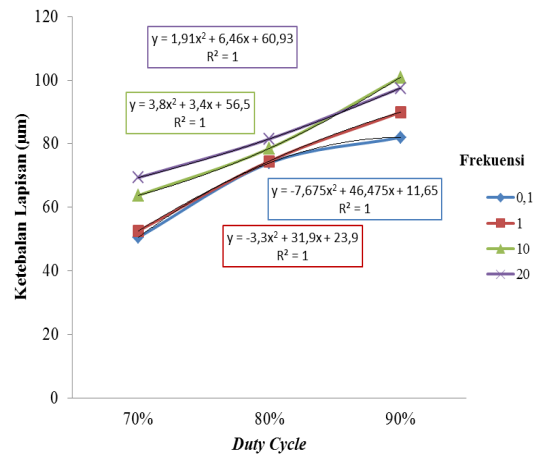
nikel dan hidrogen menjadi Ni(OH)₂. Adanya senyawa Ni(OH)₂ berpengaruh pada penekanan laju pertumbuhan ukuran butir pada nikel sehingga diperoleh butir-butir yang halus. Hal ini sesuai dengan fakta gambar ukuran butir yang didapat dari hasil pengamatan SEM. Dalam penelitian ini, yang diharapkan adalah ukuran butir lapisan yang semakin halus, sehingga dibutuhkan siklus kerja yang tinggi.

Selain ukuran butir, siklus kerja memengaruhi ketebalan lapisan. Data ketebalan lapisan dapat diperoleh dari hasil SEM dan dihasilkan gambar tebal lapisan seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Kemudian, data pengaruh terhadap ketebalan lapisan dibuat dalam suatu grafik siklus kerja seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 diketahui bahwa semakin tinggi siklus kerja, ukuran lapisan semakin tebal. Lapisan yang paling tebal diperoleh pada siklus kerja 90% dan lapisan yang paling tipis pada siklus kerja 70%.

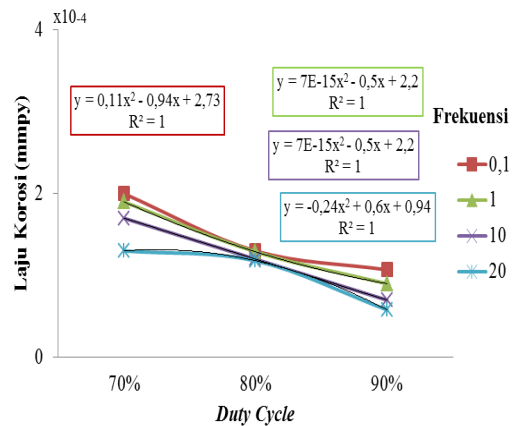
Tabel 3. Tebal lapisan hasil SEM

f \ DC	0,1 kHz	1 kHz	10kHz	20kHz
70%				
80%				
90%				

Keterangan F= Frekuensi; DC = Duty Cycle; d = Tebal Lapisan



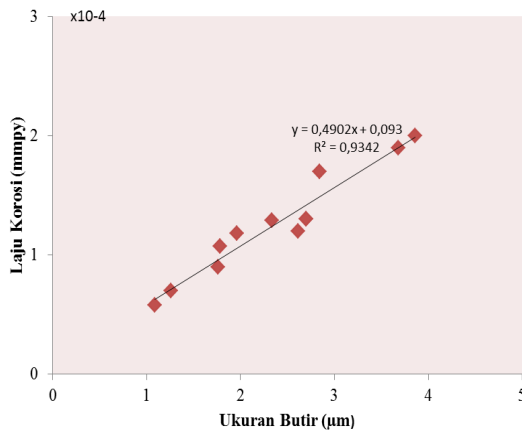
Gambar 2. Pengaruh siklus kerja terhadap ketebalan lapisan



Gambar 3. Pengaruh siklus kerja terhadap laju korosi

Gambar 3 menunjukkan pengaruh siklus kerja terhadap laju korosi. Dari Gambar 3 diketahui bahwa semakin tinggi siklus kerja, maka laju korosi semakin menurun. Laju korosi terbesar diperoleh pada saat tanpa pelapisan dan terkecil pada siklus kerja 90% dan frekuensi 20 kHz. Siklus kerja memengaruhi penurunan laju korosi. Hal itu disebabkan oleh pengaruh siklus kerja yang semakin tinggi sehingga ukuran butir semakin halus. Semakin halus ukuran butir, laju korosi mengalami penurunan.

Menurut Farzad (Nasirpour, n.d.), ukuran butir yang halus memengaruhi penurunan laju korosi. Hubungan antara ukuran butir dan laju korosi pada baja tahan karat martensitik 410 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Korelasi ukuran butir terhadap laju korosi

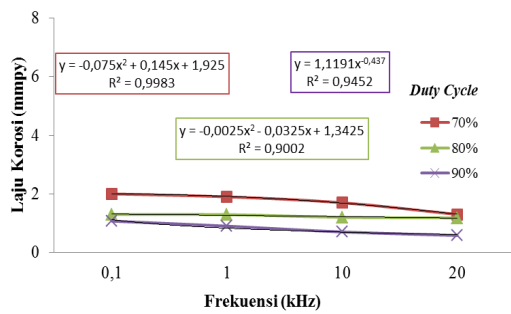
Dari hasil yang diperoleh, koefisien determinasi (R^2) pada Gambar 4 adalah 0,9342 menunjukkan korelasi lapisan nikel dan laju korosi yang sesuai. Artinya, seluruh variasi dalam hubungan antara ukuran butir terhadap laju korosi memiliki kesinambungan satu sama lain, yaitu dengan semakin kecil ukuran butir, laju korosinya akan turun (Sajjadnejad, et al. 2015; Kasturibai and Kalaignan 2014). Hal itu disebabkan oleh ukuran butir yang halus dapat menempati ruang pada permukaan material dan berperan sebagai penghambat difusi ion yang bersifat korosif, sehingga ion yang bersifat korosif tidak dapat masuk ke permukaan material (Shahri and Allahkaram 2013). Hal ini ditunjang oleh hasil perolehan koefisien determinasi seperti pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir, laju korosi akan meningkat.

Pengaruh Frekuensi terhadap Laju Korosi

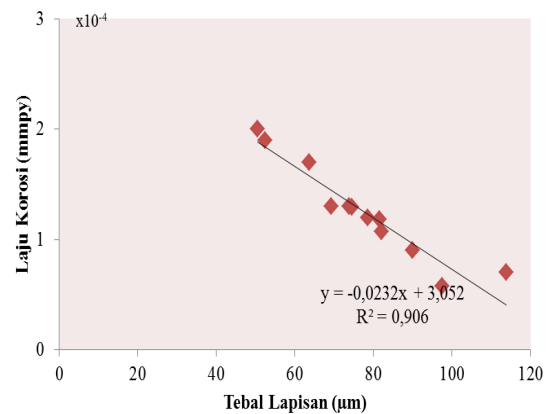
Pada penelitian elektro-pulsa deposisi nikel dilakukan pengujian SEM dan dihasilkan gambar ketebalan lapisan seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Hasil SEM tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *image-j* sehingga diperoleh data ketebalan lapisan seperti pada Tabel 4. Frekuensi memengaruhi penurunan laju korosi. Semakin tinggi frekuensi, maka laju korosi semakin menurun. Untuk melihat pengaruh frekuensi terhadap laju korosi dapat dilihat pada Gambar 5 yang didukung oleh data laju korosi pada Tabel 2. Gambar 5 menunjukkan semakin tinggi frekuensi, maka laju korosi semakin menurun. Hal itu disebabkan oleh pengaruh frekuensi yang semakin tinggi, sehingga lapisan semakin tebal. Hal ini disebabkan oleh semakin tinggi frekuensi, sehingga total siklus waktu perpindahan ion ke permukaan katoda semakin meningkat dan membentuk lapisan nikel yang tebal. Hal itu sesuai dengan penelitian Tian Zong (Zong-jun, Dong-sheng and Guifeng 2010), yaitu semakin meningkatnya ketebalan lapisan, maka nilai laju korosi semakin menurun. Untuk melihat pengaruh frekuensi terhadap ketebalan lapisan dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 4. Data ketebalan lapisan

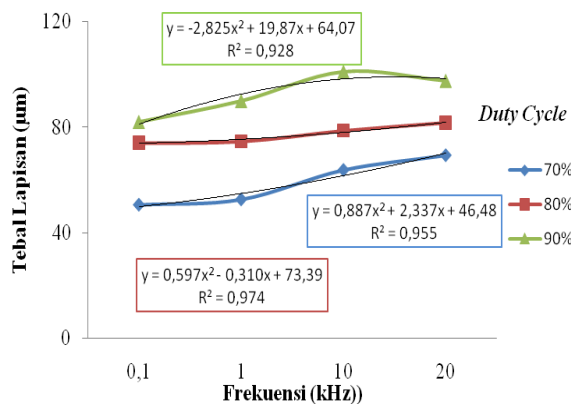
Duty Cycle	Frekuensi (kHz)	Sampel	Tebal Lapisan (μm)
70%	0,1	1	51,13
	1	2	52,50
	10	3	63,70
	20	4	69,30
80%	0,1	5	73,90
	1	6	74,50
	10	7	78,50
	20	8	81,49
90%	0,1	9	82,00
	1	10	89,90
	10	11	100,90
	20	12	97,50



Gambar 5. Pengaruh frekuensi terhadap laju korosi



Gambar 7. Korelasi tebal Lapisan terhadap laju korosi



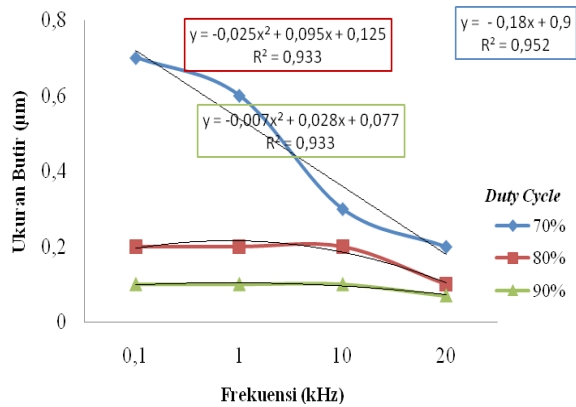
Gambar 6. Pengaruh frekuensi terhadap tebal lapisan

Gambar 7 menunjukkan hasil yang diperoleh pada variasi frekuensi. Dari Gambar 7 diketahui bahwa semakin tinggi frekuensi, lapisan yang diperoleh semakin tebal. Lapisan yang paling tebal diperoleh pada frekuensi 10kHz dan siklus kerja 90%, yaitu sebesar 100,90 µm, sedangkan lapisan yang paling tipis diperoleh frekuensi 0,1 kHz dan siklus kerja 70%, yaitu sebesar 50,45 µm. Tebalnya suatu lapisan dipengaruhi oleh meningkatnya frekuensi.

Pada Gambar 7 dapat dilihat grafik korelasi ketebalan lapisan nikel terhadap laju korosi. Semakin tebal lapisan nikel, maka laju korosi semakin kecil. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Charles (Manurung, n.d.), dikatakan bahwa semakin tebal lapisan nikel, maka nilai laju korosi akan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh semakin tebalnya lapisan nikel, sehingga akan menekan lamanya waktu pengikisan pada material dan umur pakai material akan semakin panjang. Hubungan antara tebal lapisan dan laju korosi pada baja tahan karat martensitik 410 dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari hasil yang diperoleh, koefisien determinasi (R^2) pada Gambar 7 terlihat hasil penurunan laju korosi dengan meningkatnya ketebalan suatu lapisan pada material. Koefisien determinasi (R^2) pada Gambar 7 adalah 0,9062, menunjukkan korelasi lapisan nikel dan laju korosi

yang sesuai. Artinya, seluruh variasi antara tebal lapisan terhadap laju korosi memiliki hubungan satu sama lain. Hal itu didukung oleh penelitian Charles (Manurung, n.d.), yaitu dengan semakin tebal suatu lapisan, maka laju korosinya semakin menurun. Selain ketebalan lapisan, frekuensi memengaruhi ukuran butir. Data ukuran butir dapat diperoleh dari hasil SEM dan dihasilkan gambar ukuran butir seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Kemudian, data pengaruh terhadap ukuran butir dibuat dalam suatu grafik frekuensi seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

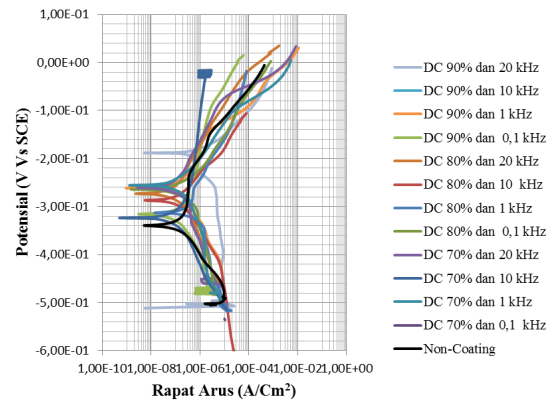


Gambar 8. Pengaruh frekuensi terhadap ukuran butir.

Dari Gambar 8 diketahui bahwa semakin tinggi frekuensi, maka ukuran butir semakin halus. Ukuran butir terbesar diperoleh pada frekuensi 10 kHz dan ukuran butir terhalus pada frekuensi 0,1 kHz.

Data Hasil Laju Korosi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada elektro-pulsa deposisi nikel dengan variasi frekuensi sebesar 0,1; 1; 10; dan 20 kHz dan siklus kerja sebesar 70, 80, dan 90% diperoleh data laju korosi dari pengujian menggunakan alat CMS yang dapat dilihat pada Gambar 9 dan Tabel 5.



Gambar 9. Kurva tafel pengaruh frekuensi dan siklus kerja terhadap laju korosi baja tahan karat martensitik 410 pada proses elektro-pulsa deposisi nikel dan kurva tafel tanpa proses elektro-pulsa deposisi nikel.

Tabel 5. Data hasil CMS

Duty Cycle	Frekuensi (kHz)	Sampel	Laju Korosi (mmpy)
70%	0,1	1	0,002000
	1	2	0,001900
	10	3	0,001700
	20	4	0,001300
80%	0,1	5	0,001300
	1	6	0,001295
	10	7	0,001200
90%	20	8	0,001180
	0,1	9	0,001070
	1	10	0,000900
	10	11	0,000700
	20	12	0,000580

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa siklus kerja dan frekuensi memengaruhi laju korosi, yaitu semakin besar siklus kerja dan frekuensi, maka laju korosi mengalami penurunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar siklus kerja maka ukuran butir semakin halus dan lapisan semakin tebal se-

hingga laju korosi menurun. Ukuran butir terhalus dicapai pada siklus kerja 90% dan frekuensi 20 kHz dan ukuran butir terbesar dicapai pada siklus kerja 70% dan frekuensi 0,1 kHz. Sedangkan semakin tinggi frekuensi maka lapisan semakin tebal dan ukuran butir semakin halus sehingga mempengaruhi laju korosi. Lapisan yang paling tebal dicapai pada siklus kerja 90% dan frekuensi 20 kHz dan lapisan yang paling tipis dicapai pada siklus kerja 70% dan frekuensi 0,1 kHz. Untuk nilai laju korosi paling besar adalah 0,002 mmpy, dicapai pada siklus kerja 70% dan frekuensi 0,1 kHz. Sedangkan nilai laju korosi paling kecil adalah 0,00058 mmpy, dicapai pada siklus kerja 90% dan frekuensi 20 kHz.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pak Septian Adi Chandra dan rekan-rekan di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material-LIPI yang telah membantu kegiatan penelitian ini sehingga dapat berjalan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Yahia H, and Adel M A Mohamed. 2014. "Electrodeposition of Nanostructured Nickel-Ceramic Composite Coatings : A Review" 9: 1942–63.
- By, Published. n.d. "World's Largest Science, Technology and Medicine Open Access Book Publisher Electrodeposition of Nanostructure Materials."
- Gezerman, Ahmet Ozan, and Burcu Didem Corbacioglu. 2010. "Analysis of the Characteristics of Nickel-Plating Baths." *International Journal of Chemistry* 2 (2): p124.
- Ilayaraja, M, S Mohan, R M Gnanamuthu, and G Saravanan. 2009. "Nanocrystalline Zinc-Nickel Alloy Deposition using Pulse Electrodeposition (PED) Technique Nanocrystalline Zinc-Nickel Alloy Deposition using Pulse Electrodeposition (PED) Technique," no. September 2015. doi:10.1179/174591909X438947.
- Kasturibai, S, and G Paruthimal Kalaigan. 2014. "Pulse Electrodeposition and Corrosion Properties of Ni-Si 3 N 4 Nanocomposite Coatings" 37 (3): 721–28.
- Manurung, Charles. n.d. "Pengaruh Kuat Arus terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (Mpy) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah dengan Pelapis Nikel," no. 45.
- Nasirpouri, Farzad. n.d. "Electrodeposition of Nanostructured Materials."
- Plating. 2012. "Surface Finishing." <http://www.plating.com/platingtechnical/surfacefinishing.htm>.
- Prinsip, Elektro-pemendapan, and Aplikasi D A N Kaedah. n.d. "Electrodeposition: Principles, Applications and Methods," 1–5.
- Sadiku-Agboola, Oluranti, Emmanuel Rotimi Sadiku, and Olusesan Frank Biotidara. 2012. "The Properties and the Effect of Operating Parameters on Nickel Plating (Review)." *International Journal of the Physical Sciences* 7 (3): 349–60. doi:10.5897/IJPS11.1163.
- Sajjadnejad, M, H Omidvar, M Javanbakht, and A Mozafari. 2015. "Characterization of Pure Nickel Coatings Fabricated under Pulse Current Conditions" 100 (8): 1061–65.
- Santosa, Bambang, Bruce K Gale, Rachel J Beane, M Ilayaraja, S Mohan, R M Gnanamuthu, G Saravanan, et al. 2015. "Pulse-Electroplating: Process Parameters and Their Influence on the Formed Microstructure." *International Journal of Chemistry* 2 (3): p124. doi:10.5897/IJPS11.1163.
- Shahri, Zahra, and Saeed Reza Allahkaram. 2013. "Effect of Plating Parameters on Microstructure and

Tribological Properties of Co – BN (Hexagonal) Nano Composite Coatings” 23: 29-38. doi:10.1016/S1003-6326(13)62816-2.

Sharma, Ashutosh, Siddhartha Das, and Karabi Das. n.d. “World’s Largest Science, Technology & Medicine Open Access Book Publisher Pulse Electroplating of Ultrafine Grained Tin Coating.”

Zong-jun, Tian, Wang Dong-sheng, and Wang Gui-feng. 2010. “Microstructure and Properties of Nanocrystalline Nickel Coatings Prepared by Pulse Jet Electrodeposition” 6326 (50175053). doi:10.1016/S1003-6326(09)60254-5.

