

PELAPISAN STAINLESS STEEL AISI 304 MENGGUNAKAN NIKEL (Ni) MELALUI PROSES ELEKTROPLATING

Yoga Setiawan Ady N¹, Sulisty²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

² Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

E-mail: yogasetiawanadynugroho@gmail.com, listyo2007@gmail.com

Abstrak

Elektroplating adalah proses pelapisan logam memanfaatkan arus listrik melalui media larutan elektrolit. Material mesh stainless steel (SS) 304 dipilih mudah diperoleh dan relatif murah dan memiliki ketahanan pada suhu relatif tinggi. Dipakai lapisan nikel (Ni) untuk meningkatkan ketahanan korosi material SS pada rentang suhu 600-1000 °C yang dapat dipakai sebagai material alternatif interkoneksi *solid oxide fuel cell* (SOFC). Penelitian ini membahas proses elektroplating material SS 304 yang dilapisi material Ni dengan mengontrol variasi arus listrik dan waktu yang digunakan pada proses elektroplating memanfaatkan larutan Ni. Variasi arus listrik yang digunakan 0,5 ampere, 1 ampere, 1,5 ampere dan variasi waktu selama 60 detik, 120 detik, 180 detik. Pada proses elektroplating digunakan larutan elektrolit dengan komposisi: nikel sulfat 300 gr/L, nikel klorida 30 gr/L, dan asam borak 30 gr/L yang ditambahkan dengan *brighteners* (satu) I 15 mL dan *brighteners* (dua) II 1 mL. Pengukuran ketebalan menggunakan mikroskop optik dibantu perangkat lunak *imageraster* dan *scanning electron microscope* (SEM). Hasil ketebalan lapisan minimum diperoleh 0,69 µm pada arus listrik 0,5 ampere dan waktu 60 detik dan pada arus listrik 1,5 ampere dan waktu 180 detik diperoleh ketebalan maksimum lapisan Ni sebesar 5,32 µm.

Kata kunci: arus listrik, elektroplating, nikel, Stainless Steel AISI 304, waktu pelapisan.

Abstract

Electroplating is a metal coating process utilizing electric current through an electrolyte solution. Material mesh stainless steel (SS) 304 been readily available and relatively inexpensive and have resistance at relatively high temperatures. Wear layers of nickel (Ni) to improve corrosion resistance SS material over a temperature range of 600-1000 °C which can be used as an alternative material interconnects for solid oxide fuel cell (SOFC). This study discusses the electroplating process material coated 304 SS material Ni by controlling the electric current variation and time used in electroplating processes utilizing Ni solution. Variations in electrical current of 0,5 amperes use, 1 ampere, 1,5 amperes and the variation takes 60 seconds, 120 seconds, 180 seconds. In the electroplating process is used an electrolyte solution with the composition: nickel sulfate 300 g / L, nickel chloride 30 g / L, and acid borax 30 g / L were added with brighteners (one) I 15 mL and brighteners (two) II 1 mL. Measurement of thickness using optical microscopy aided software imageraster and scanning electron microscope (SEM). Results obtained minimum layer thickness of 0,69 µm on the electric current of 0,5 amperes and 60 seconds and the electrical current of 1,5 amperes and 180 seconds Ni layer obtained maximum thickness of 5,32 µm.

Keywords: AISI 304 stainless steel, electric current, electroplating, nickel, time.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dewasa ini sangat cepat dan kompetisi yang ketat. Penelitian di bidang material dari skala makro sampai skala nano terus dilakukan untuk meningkatkan daya saing. Berbagai upaya peningkatan kemampuan material yang efisien dengan berbagai inovasi terus berlanjut. Peningkatan material stainless steel (SS) 304 yang mampu beroperasi sampai suhu 400 °C ditingkatkan kemampuannya hingga mencapai suhu sekitar 1000 °C dengan dilapisi Ni. Peningkatan kemampuan material SS 304 agar dapat digunakan sebagai material interkoneksi *solid oxide fuel cell* (SOFC). SOFC ini adalah perangkat elektrokimia yang mengubah gas menjadi listrik secara langsung. Suhu operasinya adalah 600-1000 °C. Pada suhu tersebut diperlukan material yang memiliki sifat tahan korosi pada suhu tinggi. Pelapisan material SS 304 dilapisi material Ni diharapkan mampu menjadi material alternatif interkoneksi SOFC yang mudah diperoleh dipasaran dengan memanfaatkan teknologi yang ada serta memiliki keunggulan proses yang relatif murah dan memiliki daya saing yang relatif baik dan mampu bersaing. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji material yang tersedia di pasaran sehingga mampu melakukan fungsi menangkap elektron (*current collector*) seperti material khusus yang terdapat pada *interconnects wire solid oxide fuel cell* (SOFC) [1].

Dalam penelitian ini, material yang dipilih berupa wire mesh 100 stainless steel AISI 304. Pemilihan *wire mesh* (kawat jaring) mempermudah penghantaran elektron [2]. Ukuran *wire mesh* dipilih wire mesh 100 (kawat jaring 100) dilapisi Ni dengan proses elektroplating. Pelapisan Ni pada wire mesh SS 304 untuk meningkatkan kemampuan ketahanan korosi pada suhu antara 600 – 1000 °C [3].

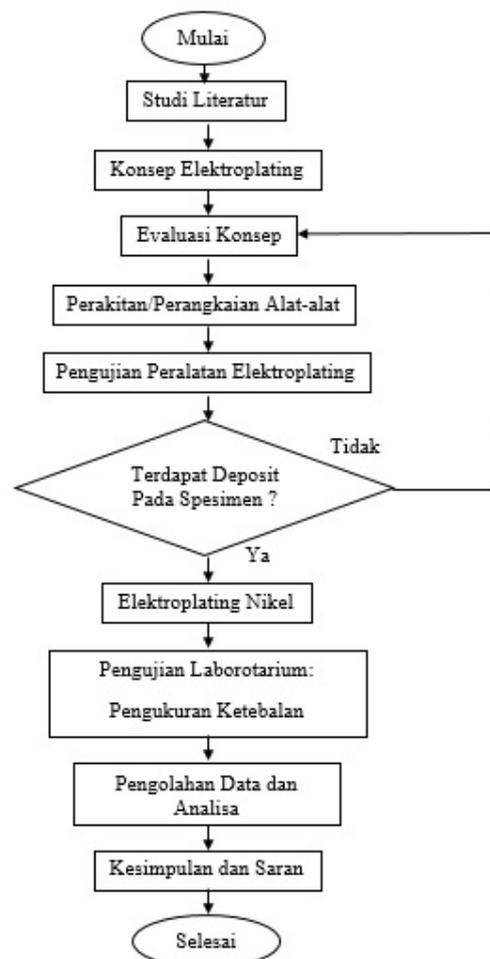
Elektroplating adalah proses elektrolisis untuk membuat lapisan logam pada substrat (spesimen) untuk meningkatkan penampilan atau sifat dari komponen [4]. Selama proses pelapisan menggunakan larutan Ni faktor yang harus dikontrol adalah konsentrasi Ni di dalam larutan, waktu proses pelapisan dan kuat arus yang dialirkan pada elektroda. Variabel- variabel ini akan menentukan kuantitas lapisan terutama tebal lapisan dan penampakan lapisan terang atau kusam. Pada aliran arus yang berlebihan akan mengakibatkan warna lapisan menjadi gelap dan kusam sehingga dikatakan kualitas tidak memenuhi aspek teknis. Pada kuat arus yang kurang ketebalan lapisan terlalu tipis [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat larutan elektrolit nikel, menganalisa proses elektroplating, dan menganalisa hubungan arus listrik dan waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan nikel.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir

Elektroplating adalah proses elektrolisis untuk membuat lapisan logam pada substrat (spesimen) untuk meningkatkan penampilan atau sifat dari komponen. Dalam penelitian ini, sebelum melakukan proses elektroplating dilakukan perancangan desain dan perangkaian alat-alat utama untuk proses elektroplating. Adapun metode yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Bahan-Bahan Elektrolit Nikel

1. Nikel Sulfat ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

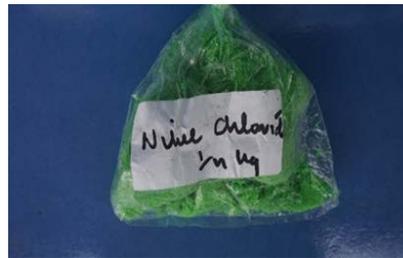
Nikel sulfat dengan rumus kimia NiSO_4 berwarna biru dalam proses pelapisan berfungsi sebagai penyedia ion nikel, nikel sulfat yang dilarutkan dalam aquades inilah yang akan memberikan pelapisan nikel pada katoda dimana katoda akan bereaksi dengan Ni pada proses elektroplating. Nikel sulfat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nikel Sulfat

2. Nikel Klorida ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Nikel klorida dengan rumus kimia NiCl_2 berwarna hijau dalam proses pelapisan berfungsi meningkatkan konduktivitas. Dalam proses elektroplating, elektrolit yang dibuat disamping berfungsi sebagai pelarut harus juga mempunyai konduktivitas yang baik karena digunakan sebagai aliran listrik dari anoda ke katoda dan meningkatkan pasifasi pada katoda. Nikel klorida ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nikel Klorida

3. Asam Borak (H_3BO_3)

Asam borak dengan rumus kimia H_3BO_3 , dijual dalam bentuk serbuk dengan warna putih, dalam proses elektroplating berfungsi untuk mempertahankan pH dari larutan. Asam borak ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Asam borak

4. *Brighteners I* “Carriers”

Brighteners I berfungsi untuk memperbaiki struktur butir dan meningkatkan kilap pada hasil lapisan. *Brighteners I* “Carriers” ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Brighteners I* “Carriers”

5. *Brighteners II “Levelling Agents”*

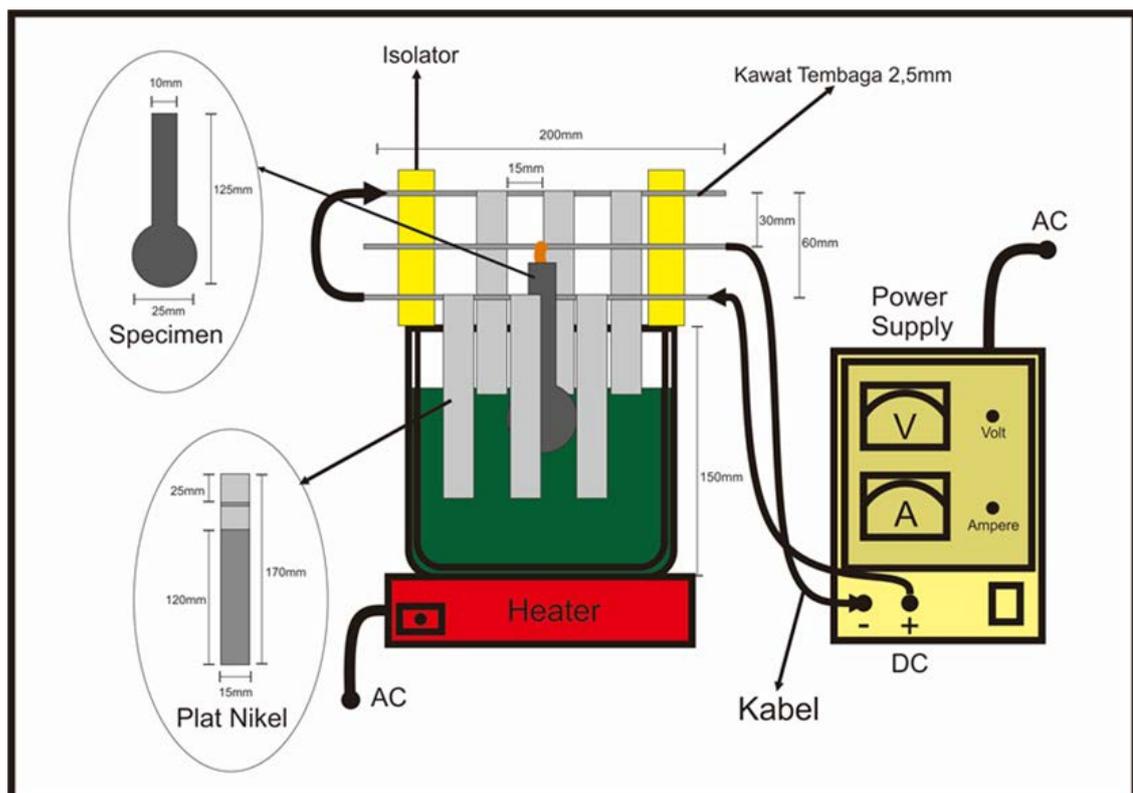
Brighteners II berfungsi untuk mengisi cacat atau goresan pada permukaan spesimen. *Brighteners II* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Brighteners II “Levelling Agents”*

2.3 Proses Elektroplating Nikel

Untuk gambar skematik tentang elektroplating nikel dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Peralatan terdiri dari *adjustable power supply* kapasitas 30V/5A sebagai pengubah arus AC menjadi arus DC, kawat tembaga 2,5 mm sebagai penggantung anoda dan katoda, plat nikel sebagai anoda, gelas beaker 1L sebagai wadah larutan elektrolit, dan pemanas sebagai pemanas larutan elektrolit.



Gambar 7. Skema elektroplating nikel

Langkah-langkahnya elektroplating nikel sebagai berikut: Pertama, pasanglah isolator, kawat tembaga, dan plat nikel sesuai ketentuan. Kedua, panaskan larutan elektrolit hingga mencapai suhu 45 °C. Ketiga, sambungkan kabel penghubung pada kawat tembaga dan *power supply*. Keempat, spesimen yang telah dibersihkan dicelupkan kedalam larutan elektrolit dengan cara digantungkan pada kawat tembaga. Kelima, nyalakan *power supply* kemudian aturlah arus listrik sesuai kebutuhan, jika arus listrik telah sesuai maka proses elektroplating telah terjadi. Keenam, jika waktu dari proses elektroplating nikel telah sesuai kebutuhan, maka angkatlah spesimen dari larutan elektrolit. Maka proses elektroplating nikel telah selesai.

3. Hasil dan Pembahasan

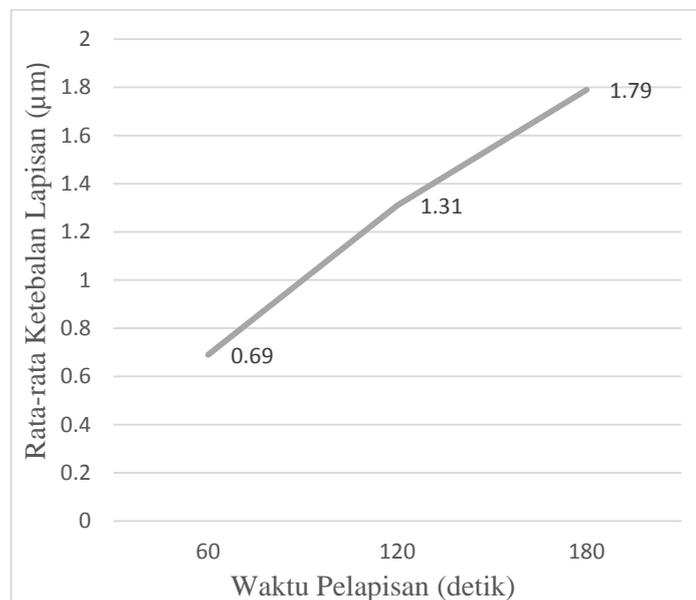
3.1 Pengukuran Ketebalan

Pengukuran ketebalan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dibantu dengan perangkat lunak *imageraster* dan *scanning electron microscope* (SEM). Proses metalografi yang dilakukan adalah mounting, pengamplasan, pengetsaan, lalu melakukan pengukuran ketebalan secara mikro dengan mikroskop optik dibantu perangkat lunak *imageraster* kemudian dilakukan validasi dengan *scanning electron microscope* (SEM).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Nikel

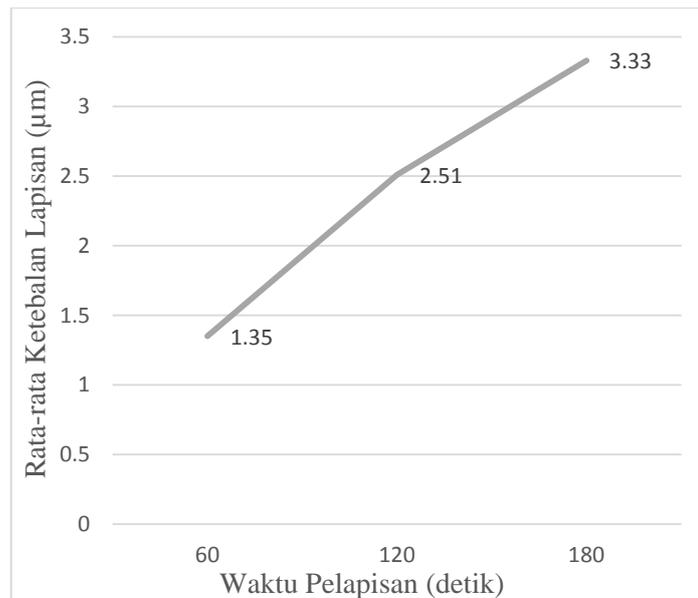
Benda Kerja	Arus Listrik (A)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Rata-rata Nilai Ketebalan (μm)
A1	0,5	45	60	0,69
B1	1	45	60	1,35
C1	1,5	45	60	1,76
A2	0,5	45	120	1,31
B2	1	45	120	2,51
C2	1,5	45	120	3,56
A3	0,5	45	180	1,79
B3	1	45	180	3,33
C3	1,5	45	180	5,32

Pada Gambar 8 terlihat grafik hubungan antara waktu pelapisan dan ketebalan lapisan dengan kuat arus yang dipakai konstan 0,5 A. Pada waktu pelapisan 60 detik diperoleh ketebalan lapisan Ni pada SS 304 sebesar 0,69 μm , sedang pada waktu proses pelapisan 180 detik diperoleh tebal lapisan sebesar 1,79 μm . Dari grafik hubungan antara waktu proses pelapisan dan tebal lapisan adalah semakin lama waktu pelapisan semakin tebal pelapisan Ni pada mesh SS 304. Kondisi ini relevan dengan persamaan faraday [6].



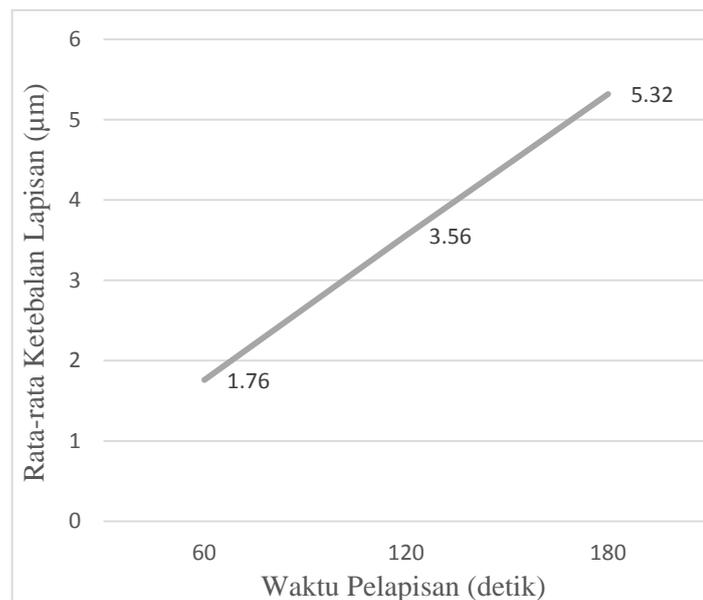
Gambar 8. Grafik Arus Listrik Konstan 0,5 A

Pada Gambar 9 terlihat grafik hubungan antara waktu pelapisan dan ketebalan lapisan dengan kuat arus yang dipakai konstan 1 A. Pada waktu pelapisan 60 detik diperoleh ketebalan lapisan Ni pada SS 304 sebesar 1,35 μm , sedang pada waktu proses pelapisan 180 detik diperoleh tebal lapisan sebesar 3,33 μm . Dari grafik hubungan antara waktu proses pelapisan dan tebal lapisan adalah semakin lama waktu pelapisan semakin tebal pelapisan Ni pada mesh SS 304. Kondisi ini relevan dengan persamaan faraday [6].



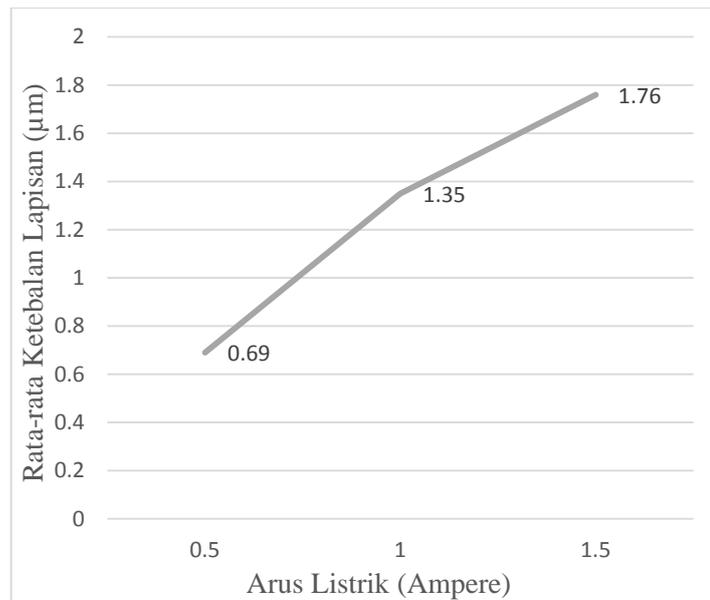
Gambar 9. Grafik Arus Listrik Konstan 1 A

Pada Gambar 10 terlihat grafik hubungan antara waktu pelapisan dan ketebalan lapisan dengan kuat arus yang dipakai konstan 1,5 A. Pada waktu pelapisan 60 detik diperoleh ketebalan lapisan Ni pada SS 304 sebesar 1,76 µm, sedang pada waktu proses pelapisan 180 detik diperoleh tebal lapisan sebesar 5,32 µm. Dari grafik hubungan antara waktu proses pelapisan dan tebal lapisan adalah semakin lama waktu pelapisan semakin tebal pelapisan Ni pada mesh SS 304. Kondisi ini relevan dengan persamaan faraday [6].



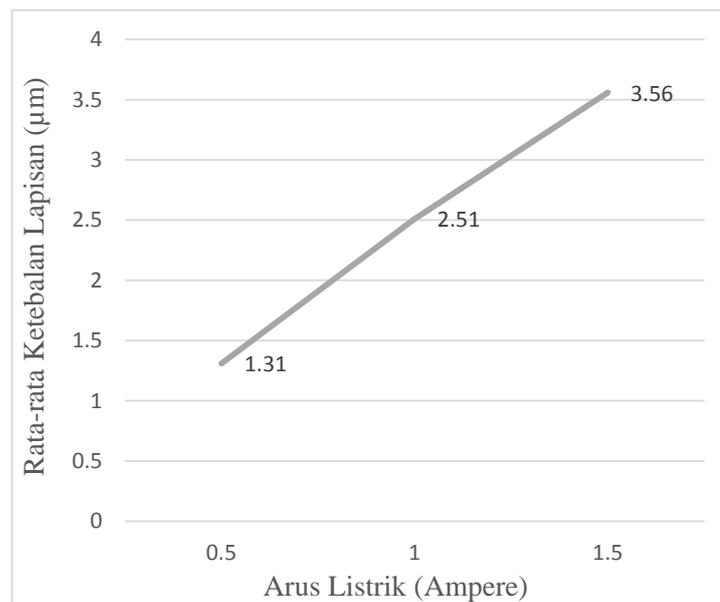
Gambar 10. Grafik Arus Listrik Konstan 1,5 A

Pada Gambar 11 terlihat grafik hubungan antara arus listrik dan ketebalan lapisan dengan waktu pelapisan konstan 60 detik. Pada arus listrik 0,5 A diperoleh ketebalan lapisan Ni pada SS 304 sebesar 0,69 µm, sedang pada arus listrik 1,5 A diperoleh tebal lapisan sebesar 1,76 µm. Dari grafik hubungan antara waktu proses pelapisan dan tebal lapisan adalah semakin lama waktu pelapisan semakin tebal pelapisan Ni pada mesh SS 304. Kondisi ini relevan dengan persamaan faraday [6].



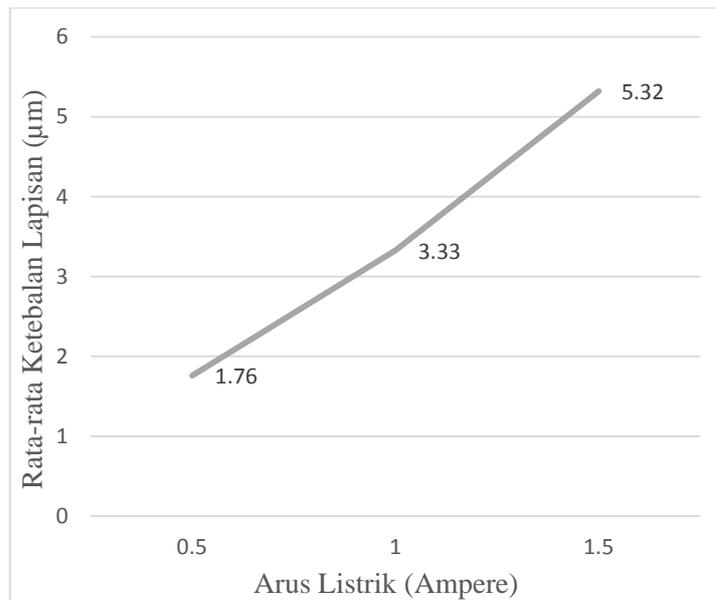
Gambar 11. Grafik Waktu Pelapisan Konstan 60 Detik

Pada Gambar 12 terlihat grafik hubungan antara arus listrik dan ketebalan lapisan dengan waktu pelapisan konstan 120 detik. Pada arus listrik 0,5 A diperoleh ketebalan lapisan Ni pada SS 304 sebesar 1,31 μm , sedang pada arus listrik 1,5 A diperoleh tebal lapisan sebesar 3,56 μm . Dari grafik hubungan antara waktu proses pelapisan dan tebal lapisan adalah semakin lama waktu pelapisan semakin tebal pelapisan Ni pada mesh SS 304. Kondisi ini relevan dengan persamaan faraday [6].



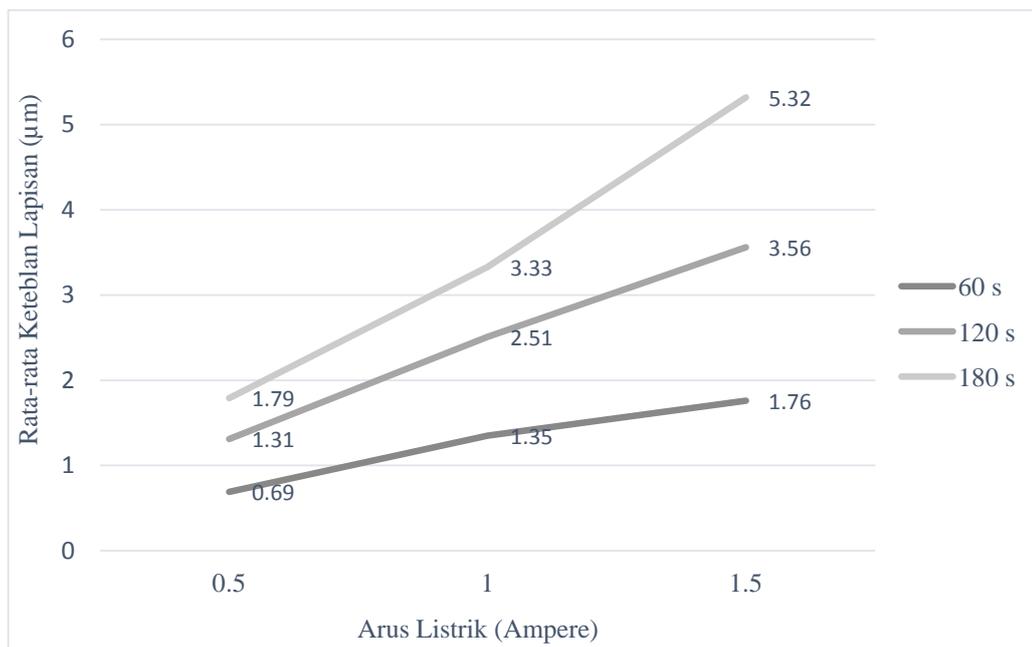
Gambar 12. Grafik Waktu Pelapisan Konstan 120 Detik

Pada Gambar 13 terlihat grafik hubungan antara arus listrik dan ketebalan lapisan dengan waktu pelapisan konstan 180 detik. Pada arus listrik 0,5 A diperoleh ketebalan lapisan Ni pada SS 304 sebesar 1,76 μm , sedang pada arus listrik 1,5 A diperoleh tebal lapisan sebesar 5,32 μm . Dari grafik hubungan antara waktu proses pelapisan dan tebal lapisan adalah semakin lama waktu pelapisan semakin tebal pelapisan Ni pada mesh SS 304. Kondisi ini relevan dengan persamaan faraday [6].



Gambar 13. Grafik Waktu Pelapisan Konstan 180 Detik

Pada Gambar 14 terlihat grafik hubungan antara arus listrik dan waktu pelapisan terhadap ketebalan lapisan. Dapat kita lihat pada grafik, hasil ketebalan lapisan minimum diperoleh 0,69 µm pada arus listrik 0,5 ampere dan waktu 60 detik dan pada arus listrik 1,5 ampere dan waktu 180 detik diperoleh ketebalan maksimum lapisan Ni sebesar 5,32 µm. Dari grafik hubungan antara waktu proses pelapisan dan tebal lapisan adalah semakin lama waktu pelapisan semakin tebal pelapisan Ni pada mesh SS 304. Kondisi ini relevan dengan persamaan faraday [6].

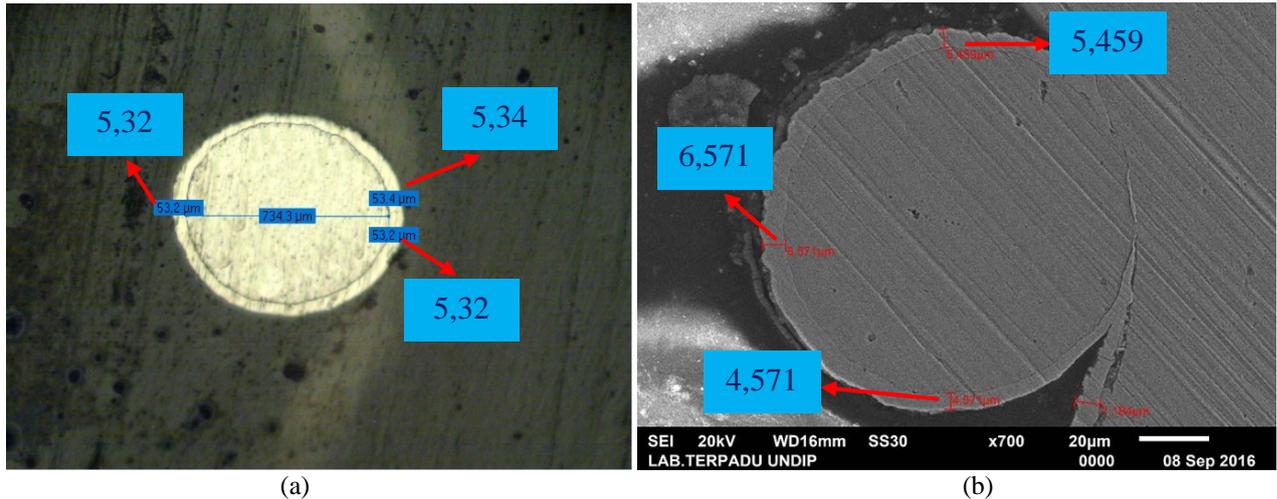


Gambar 14. Grafik Hubungan Arus Listrik dan Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan

Tabel 2. Validasi Hasil Mikroskop Optik Dengan SEM Pada Benda Kerja C3

Benda Kerja	Arus Listrik (A)	Suhu (°C)	Waktu (s)	Nilai Ketebalan Berdasarkan Mikroskop Optik (µm) (diperbesar 10x)	Nilai Ketebalan Berdasarkan SEM (µm)	Error %
C3	1,5	45	180	5,32	5,53	3,79

Pada Gambar 15 dapat dilihat hasil pengukuran menggunakan mikroskop optik dibantu dengan perangkat lunak *imageraster* dan *scanning electron microscope* (SEM). Hasil rata-rata pengukuran dengan mikroskop optik dibantu perangkat lunak *imageraster* yaitu 5,32 µm sedangkan dengan *scanning electron microscope* (SEM) yaitu 5,53 µm. Hasil validasi pengukuran tersebut memiliki error sebesar 3,79%.



Gambar 15. Hasil Pengukuran Ketebalan Benda Kerja C3 dengan (a) Mikroskop Optik dan (b) SEM

4. Kesimpulan

Larutan elektrolit dengan komposisi: nikel sulfat 300 gr/L, nikel klorida 30 gr/L, dan asam borak 30 gr/L yang ditambahkan dengan brighteners (satu) I 15 mL dan brighteners (dua) II 1 mL telah berhasil melapisi *mesh* stainless steel AISI 304. Arus listrik dan waktu pelapisan berbanding lurus dengan ketebalan (deposit) yang terjadi, semakin lama waktu pelapisan dan semakin besar arus listrik yang dialirkan maka semakin tebal juga lapisan nikel yang melapisi. Namun arus listrik yang mengalir tidak boleh melebihi batas rapat arus yang diizinkan akibatnya jika melebihi maka material substrat akan hangus (kehitaman). Hasil terbaik didapat ketika menggunakan arus listrik dan waktu pelapisan maksimal yaitu dengan arus listrik 1,5 ampere dan waktu pelapisan 180 detik dengan rata-rata ketebalan (deposit) yaitu 5,32 μm dan setelah divalidasi memiliki error 3,79%.

Daftar Pustaka

- [1] M. Kuhn et al., 2008, "Experimental Study of Current Collection in Single-Chamber Micro Solid Oxide Fuel Cells with Comblike Electrodes," *Journal of The Electrochemical Society*, 155: B994-B1000.
- [2] M.F. Stroosnijder, M.J. Bennett, R. Mevrel, 1992, "Surface Engineering for High Temperature Corrosion Resistance," *Springer Netherlands*, 3: 335-358.
- [3] J.W. Qian, Y.W. Chung, 1991, "*Encyclopedia of tribology*," Springer-Verlag, New York.
- [4] I. Rose, C. Whittington, 2014, "*Nickel Plating Handbook*," Nickel Institute, Canada.
- [5] W.P. Bardet et al., 1994, "*ASM HANBOOK Vol.05 Surface Engineering*," ASM International, USA.
- [6] M. Schlesinger, M. Paunovic, 2010, "*Modern Electroplating*," John Wiley & Sons, New Jersey.