

PENINGKATAN KUALITAS PERMUKAAN *STAINLESS STEEL* MENGGUNAKAN PROSES *ELECTROPLATING* BERBANTU ULTRASONIK

Sendie Yulianto Margen^{1,*}, Lily Budinurani²

^{1,2}Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Politeknik Baja Tegal
Jalan Raya Barat Dukuhwaru Slawi, Kab. Tegal, Indonesia
Telp (0283) 6196380.

*Email: sendiemargen@gmail.com

Abstrak

Berbagai macam sifat pelapis dapat dicapai dengan memilih parameter deposisi elektro yang berbeda. Bahan pengumpul arus biasanya terbuat dari logam. Diperlukan material alternatif yang mudah diperoleh dan dapat menggantikan material tersebut terutama untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Material stainless steel AISI 304 dipilih karena harganya yang relatif murah dan mudah didapat di pasaran. Tulisan ini membahas tentang proses pelapisan baja tahan karat AISI 304 dengan Ni. Parameter proses elektroplating arus listrik dan waktu pelapisan digunakan pada proses elektroplating ketebalan lapisan Ni hingga Ni yang didukung dengan batch ultrasonik. Baja tahan karat AISI 304 dilapis dengan menggunakan bahan nikel (Ni) dengan variasi parameter arus listrik. Arus listrik yang digunakan sebesar 0,5 ampere, 1 ampere, dan 1,5 ampere serta waktu proses pelapisan 60 detik, 120 detik, dan 180 detik. Komposisi elektrolit menggunakan nikel sulfat 300 g/L, nikel klorida 30 g/L, dan asam boraks 30 g/L ditambahkan pencerah I 15 mL dan pencerah II 1 mL. Pengukuran ketebalan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik yang dibantu software imageraster dan scanning electron mikroskop (SEM). Ketebalan pelapisan Ni pada baja tahan karat AISI 304-Ni pada penggunaan arus listrik 0,5 ampere dan 60 detik serta 1,5 Ampere dan 180 detik masing-masing adalah 14,90 μm .

Kata kunci: baja tahan karat; lapisan; elektrodeposisi; nikel; kumpulan ultrasonik

Abstract

A wide variety of properties for coatings can be achieved by selecting different parameters of electro deposition. Material of current collector is usually made of metal. It would require alternative materials are easily obtained and can replace these of materials especially it improve the corrosion resistance. Material AISI 304 stainless steel have been selected because the price is relatively cheap and easily available in the market. This paper discuss the plating process of AISI 304 stainless steel with Ni. The parameters electroplating process electric current and time plating used in electroplating processes Ni to Ni layer thickness which supported by ultrasonic batch. AISI 304 stainless steel were plated by using a nickel (Ni) with variations in the electric current parameters. The electric current used 0.5 amperes, 1 ampere, and 1.5 ampere and the time of plating process of 60 second, 120 second, and 180 second. The composition of electrolyte use nickel sulfate 300 g / L, nickel chloride 30 g / L, and acid borax 30 g / L is added to I 15 mL brighteners and brighteners II 1 mL. The measurement of thickness is done by using optical microscopy which aided software imageraster and scanning electron microscope (SEM). The thickness of Ni plating in stainless steel AISI 304-Ni at using the electric current of 0.5 amperes and 60 seconds and 1.5 Ampere and 180 seconds are 14.90 μm respectively.

Keywords : *stainless steel; coating; electrodeposition; nickel; ultrasonic batch*

PENDAHULUAN

Coating adalah salah satu proses pelapisan yang sangat dibutuhkan dalam dunia industri. Coating atau pelapisan sendiri dapat dianggap sebagai suatu proses pelapisan yang diterapkan pada suatu benda atau substrat. Tujuan dari coating sendiri adalah untuk dapat meningkatkan sifat permukaan dari benda yang dilapisi. Sifat permukaan tersebut diharapkan dapat ditambah dalam beberapa hal seperti penampilan, ketahanan terhadap air atau korosi, ketahanan dari goresan atau bahkan untuk keausan.

Elektrodeposisi adalah proses elektrokimia diterapkan untuk modifikasi struktur permukaan. Proses elektrodeposisi adalah metode lama dalam proses rekayasa permukaan yang memiliki sejarah panjang. Teknik elektrodeposisi itu pertama kali diterapkan lebih dari 2000 tahun yang lalu di beberapa hipotesis. Produksi sel galvanik dengan Volta di sekitar 1800 dan kemudian kemajuan dalam motor listrik dari 1800 to 1900 menyebabkan menggunakan teknik elektrodeposisi sebagai proses yang efektif biaya untuk menghasilkan lapisan. Dalam proses ini, monolayer atau multilayer coating terbentuk karena reaksi elektrokimia terjadi pada elektroda elektrolit antarmuka dan deposisi ion dari electroplating di permukaan. Lapisan ini dapat disimpan di permukaan untuk meningkatkan solderability, sifat pelumas, konduktansi listrik, ketahanan korosi, dan tahan panas dari bahan substrat.

Elektroplating merupakan teknik pelapisan secara elektrodeposisi, yaitu proses pengendapan pelapis logam secara elektroplating. Cara pelapisan ini memerlukan arus listrik searah (DC). Bila listrik mengalir antara anoda dan katoda, didalam larutan konduktor/larutan elektrolit, maka akan terjadi reaksi kimia pada permukaan logam tersebut. Pada sistem demikian, bila diberi tegangan atau beda potensial, ion-ion bergerak menuju elektroda. Kation bergerak menuju katoda dan anion menuju anoda. Masing-masing mempunyai laju yang khas (konduktivitas ion spesifik). Konduktivitas total larutan tertentu merupakan penjumlahan dan konduktivitas ion individu segenap ion yang dikandungnya.

Proses ini terjadi dengan cara mengkatalisis reaksi kimia dimana mampu mengurangi garam logam (anoda). Kisaran ketebalan yang didapat dengan proses electroless yaitu: 1-120 μm . Proses ini memiliki kekurangan yaitu membutuhkan kontrol dan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan elektroplating. Pada proses pelapisan selalu melalui beberapa tahap, yaitu: pembersihan permukaan yang akan dilapisi, aktivasi permukaan, proses pelapisan, dan perawatan setelah proses pelapisan.

Prinsip Electroplating: Prinsip elektroplating didasarkan pada hukum Faraday yang menyebutkan bahwa (1) massa yang dilepaskan ke larutan elektrolit proporsional terhadap besar arus lewat larutan elektrolit dan (2) massa yang dilepaskan proporsional terhadap electrochemical equivalent (ratio of atomic weight to valence). Proses elektroplating dilakukan dengan prinsip elektrokimia dengan menggunakan anoda dan katoda. Anoda merupakan logam yang digunakan untuk melapisi benda lainnya, dalam hal ini nikel digunakan sebagai anoda. Katoda merupakan objek benda yang akan dilapisi, yaitu stainless steel dan tembaga. Anoda dihubungkan dengan kutub positif sumber listrik, sedangkan katoda dihubungkan dengan kutub negatif sumber listrik. Anoda dan katoda sama-sama dimasukkan ke dalam suatu wadah yang diisi dengan suatu cairan elektrolit yang berfungsi untuk menghantarkan listrik. Proses pelapisan atau elektroplating dilakukan dengan menggunakan timbal sebagai anoda, benda kerja yang akan dilapisi sebagai

katoda, dan larutan elektrolit berupa asam kromat dan asam sulfat untuk menghantarkan arus listrik.

Benda kerja yang biasanya dilapisi dengan proses elektroplating adalah besi, baja, perunggu, tembaga, plastik, dan stainless steel. Perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui larutan elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat yang akan dilapisi. Ion logam diperoleh dari elektrolit maupun berasal dari pelarutan anoda logam di dalam elektrolit. Pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. Untuk itu memerlukan alternatif bahan yang mudah diperoleh dan dapat menggantikan bahan-bahan tersebut terutama untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Bahan AISI 304 stainless steel telah dipilih karena harga relatif murah dan tersedia dipasaran. Dalam penelitian ini digunakan nikel (Ni) sebagai anoda (logam pelapis) untuk meningkatkan ketahanan korosi pada suhu tinggi stainless steel AISI 304 sebagai material alternatif. Karena dalam aplikasinya, stainless steel AISI 304 akan bekerja pada kondisi suhu 600-1000 °C dan lingkungan korosi.

Ultrasonic batch adalah proses yang menggunakan *ultrasound* (biasanya dari 20-400 kHz) dan pelarut pembersih yang tepat (terkadang air keran biasa) untuk membersihkan barang. USG dapat digunakan hanya dengan air, namun penggunaan pelarut yang sesuai untuk barang yang harus dibersihkan dan jenis bahan kimia yang ada akan meningkatkan efeknya. Pembersihan biasanya berlangsung antara tiga dan enam menit, tapi bisa juga melebihi 20 menit, tergantung objek yang akan dibersihkan. Ultrasonik menggunakan gelembung *kavitasi yang* diinduksi oleh gelombang tekanan frekuensi tinggi (suara) untuk mengagitasi cairan. Agitasi menghasilkan kekuatan tinggi pada kontaminan yang menempel pada substrat seperti logam, plastik, kaca, karet, dan keramik. Tindakan ini juga menembus *lubang buta*, retak, dan ceruk. Tujuannya adalah untuk benar-benar menghapus semua jejak kontaminasi yang melekat erat atau melekat pada permukaan padat. *Air* atau *pelarut* bisa digunakan, tergantung dari jenis kontaminasi dan benda kerja. Kontaminan meliputi debu, kotoran, minyak, pigmen, karat, lemak, ganggang, jamur, bakteri, skala kapur, senyawa polishing, agen fluks, sidik jari, lilin jelaga dan agen pelepas cetakan, tanah biologis seperti darah, dan sebagainya.

Ultrasonik dapat digunakan untuk berbagai bentuk benda kerja, ukuran dan bahan, dan mungkin tidak memerlukan bagian yang akan dibongkar sebelum dibersihkan. Benda tidak boleh diijinkan untuk beristirahat di bagian bawah perangkat selama proses pembersihan, karena hal itu akan mencegah terjadinya *kavitasi* dari benda yang tidak bersentuhan dengan pelarut. benda yang harus dibersihkan ditempatkan di dalam bilik yang berisi larutan yang sesuai (dalam pelarut berair atau organik, tergantung pada aplikasinya).

Nikel Sebagai Logam Pelapis

Dalam proses pelapisan ada beberapa unsur yang terdapat dalam tabel periodik dapat digunakan sebagai material pelapis. Nikel adalah unsur kimia yang terdapat dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28. Nikel merupakan unsur logam dengan fasa padat. Pada saat ini, pelapisan nikel pada besi banyak sekali dilaksanakan baik untuk tujuan pencegahan karat ataupun untuk menambah keindahan. Adapun sifat-sifat yang dimiliki nikel terdapat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat-sifat Unsur Nikel [13]

Kriteria	Spesifikasi
Struktur kristal	FCC
Massa atom	58.7 gr/mol
Massa jenis	8.907 g/cm ³

Titik lebur	1453 °C
Titik didih	2730 °C
Tensile strength	317 MPa
Yield strength	59 MPa
Kekerasan	64 HV (annealed)

Bahan dan Metode

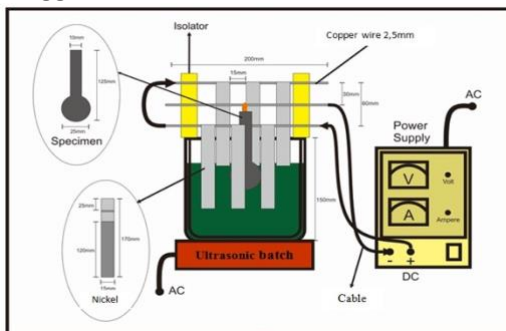
Stainless Steel AISI 304 Sebagai Logam yang Dilapisi (Substrat)

Stainless steel AISI 304 adalah austenitik stainless steel yang mengandung unsur kromium 18-20% wt dan nikel 8-10,5% wt. Kedua unsur tersebut adalah unsur paduan yang paling sering diproduksi dan digunakan di antara semua stainless steel.

Tabel 2.2 Komposisi Unsur Kimia Stainless Steel AISI 304

Unsur kimia	Komposisi berat (%)
Karbon (C)	0,08
Mangan (Mn)	2
Besi (Fe)	66,345 - 74
Silikon (Si)	1
Krom (Cr)	18-20
Nikel (Ni)	8-10,5

Stainless steel AISI 304 banyak digunakan dalam berbagai konteks (industri, sipil, militer, dll) dengan karakteristik mekanik yang tidak terlalu tinggi tetapi memiliki ketahanan terhadap korosi yang signifikan. Stainless steel AISI 304 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pada pipa-pipa boiler, tangki bertekanan, kapal, pipa-pipa penukar panas, dan peralatan rumah tangga.



Gambar 3.4 menjelaskan skema alat eksperimen. Dimana sumber listrik berasal dari listrik PLN yaitu 220V/1A. Dari listrik PLN dihubungkan dengan *adjustable power supply* yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan dan arus listrik serta mengubah arus listrik bolak-balik (AC) menjadi arus listrik searah (DC). Kebutuhan akan arus listrik yang mengalir dalam proses elektroplating ini dapat diatur dengan *adjustable power supply*. Kutub positif dari *adjustable power supply* dihubungkan dengan kawat tembaga dimana anoda berupa nikel digantungkan sedangkan kutub negatif dari *adjustable power supply* dihubungkan dengan kawat tembaga dimana katoda berupa stainless steel AISI 304. Rangkaian listrik yang digunakan dalam proses elektroplating ini adalah seri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketebalan (deposit) lapisan nikel pada proses elektroplating nikel berbantu ultrasonik dengan arus listrik 1,5 ampere dan waktu lapisan (60, 120, 180 detik). Bagian ini juga menampilkan gambar dalam ketebalan mikro lapisan nikel dan grafik hasil pengolahan data. Grafik dan gambar dapat ditampilkan pengaruh arus listrik dan waktu lapisan ketebalan lapisan terhadap nikel.

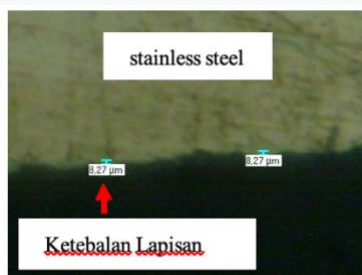
Pengukuran Ketebalan

Pengukuran ketebalan pada penelitian ini dilakukan dengan metode destruktif. Pengukuran ketebalan dilakukan menggunakan mikroskop optik dibantu dengan perangkat lunak *imageraster* dan *scanning electron microscope* (SEM).

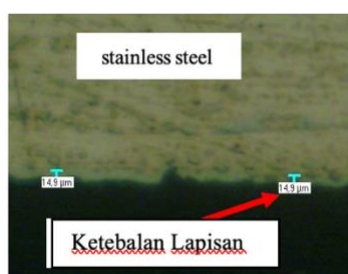
Tabel 3.1 Data hasil proses elektroplating nikel tanpa proses ultrasonik dan proses berbantu ultrasonik dengan arus listrik 1,5 Ampere.

No	Arus Listrik (A)	Temperature (°C)	Waktu (s)	Ketebalan Lapisan tanpa berbantu ultrasonik (µm)	Ketebalan Lapisan berbantu ultrasonik (µm)
1	1,5	45	60	4,36	7,57
2	1,5	45	120	6,66	10,82
3	1,5	45	180	8,27	14,9

Tabel 3.1 Menunjukkan pengaruh waktu terhadap ketebalan lapisan. Semakin lama waktu yang dibutuhkan maka lapisan yang dihasilkan akan semakin tebal. Hal ini disebabkan karena logam yang terlarut memiliki waktu untuk larut secara merata dan terkumpul pada benda yang dilapisi. Proses elektroplating yang didukung dengan penggunaan ultrasonik dapat meningkatkan proses pengadukan elektrolit selama proses berlangsung.



Gambar 3.5 Hasil Tanpa Berbantu Ultrasonik



Gambar 3.6 Hasil Berbantu Ultrasonik

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dalam tugas akhir ini:

1. komposisi nikel elektrolit larutan nikel sulfat 300 gr/L, nikel klorida 30 gr/L, dan asam borak 30 gr/L dengan brighteners ditambahkan satu (I) 15 mL dan brighteners dua (II) 1 mL bekerja baik.

2. Elektrolit bekerja dengan baik dibuktikan dengan proses elektroplating nikel yang melapisi permukaan dengan baik.
3. Nikel coating menempel pada bahan stainless steel 304.
4. Mengubah warna pada permukaan dari stainless steel menjadi lebih mengkilap.
5. Waktu berbanding lurus dengan ketebalan lapisan (deposit). Dimana, ketebalan lapisan diperoleh dengan semakin lama semakin baik. Pada saat proses pelapisan arus listrik yang konstan, meningkatkan ketebalan lapisan.
6. Hasil terbaik diperoleh pada proses elektroplating nikel berbantu ultrasonik dengan 1,5 ampere arus listrik, Temperature 45 °C dan waktu 180 detik mendapatkan lapisan rata-rata ketebalan (deposit) yaitu 14.90 μm

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, B.L., 2004. *ASM HANDBOOK Vol. 09 Metallography and Microstructures*, USA: ASM International.
- Adler, T.A., 2003. *ASM HANBOOK Vol. 13A Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection*, USA: ASM International.
- Baker, H., 1990. *ASM HANDBOOK Vol. 03 Alloy Phase Diagrams*, USA: ASM International.
- Bardet, W.P., 1994. *ASM HANBOOK Vol. 05 Surface Engineering*, USA: ASM International.
- Chendong Zuo, M.L.andM.L., 2012.*Solid OxideFuel Cells*, Canada.
- DiBari, G. a., 2014. *Nickel Plating Handbook*, Canada: University in Toronto.
- Harnanto, A., 2009. *Kimia 3*, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- H. Kuru, H. Kockar, M. Alper, O. Karaagac, Growth of binary Ni–Fe films: Characterisations at low and high potential levels, *J. Magn. Magn. Mater.*, 377 (2015) 59-64.
- K. Asa Deepthi, R. Balachandran, B.H. Ong, K.B. Tan, H.Y. Wong, H.K. Yow, S. Srimala, Physical and electrical characteristics of NiFe thin films using ultrasonic assisted pulse electrodeposition, *Appl. Surf. Sci.*, 360 (2016) 519-524.
- Marco Boniardi, A.C., 2014. *Stainless steels*, Italia: Gruppo Lucefin Research & Development.
- Metallography test “Laboratorium Metalurgi Fisik Universitas Diponegoro”. 2016
- Scanning electron microscopy test “Laboratorium UPT Universitas Diponegoro”. 2016
- S.S. Djokic, *Electrodeposition: Theory and Practice*, Springer Science & Business Media, 2010.