

ANALISIS PERBANDINGAN LAJU KOROSI MATERIAL SS 304 LAPIS Ni-Cr DENGAN SS 316 L TERHADAP PENGARUH CAIRAN TUBUH

Nani Mulyaningsih¹, Xander Salahudin¹, Priyo T², Soekrisno².

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar
Magelang, ² Dosen Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta.

ABSTRACT

One disadvantage of stainless steel SS 304 when compared with 316 L SS is corrosion rate. Corrosion rate of SS 304 is bigger than SS 316L. This is a constraint applications SS 304 is mainly for medical purposes as connecting bone plate. To overcome these weaknesses, the surface treatment is necessary. One of the surface treatment process that is by doing Ni - Cr coating on the surface of SS 304.

This research will be carried out analysis of corrosion rate that occurs in SS 304 material which has been coated with nickel (Ni) and chromium (Cr) with SS 316 L material, and be compared, materials which are more corrosion resistant to body fluids.

Tests carried out by the method of electrolysis that is three electrode cell to obtain the corrosion current. Electrolysis is intended to accelerate the corrosion process on the specimen, so that it can be predicted the corrosion rate in units of years. In this method, a process accelerated corrosion of the material by passing voltage to the specimen.

Keywords : *SS 304 Ni - Cr layer, SS 316 L, corrosion rate*

A. PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan manusia semakin meningkat, demikian pula kebutuhan di dunia industri maupun dunia kedokteran. Meningkatnya kebutuhan dunia kedokteran akan material unggul mendorong peneliti untuk mencoba metode dan pendekatan yang tepat, guna menuntaskan tujuan dalam hal pemenuhan kebutuhan hidup tersebut, mulai dari metode sederhana sampai dengan mencoba melahirkan pendekatan baru.

Salah satu permasalahan di dunia kedokteran antara lain adalah mahalnya harga material yang biasa digunakan sebagai plat penyambung tulang yaitu *stainless steel* (SS) 316L. Harga *stainless steel* 316L yang tinggi menjadi pertimbangan untuk menggantinya dengan *stainless steel* (SS) 304.

Pemilihan SS 304 menjadi pertimbangan karena material tersebut banyak terdapat dipasaran, mudah dibentuk, dan harganya lebih murah, tetapi laju korosinya lebih tinggi, selain itu baja *stainless steel* 304 secara alami juga sudah mengandung unsur Ni dan Cr, penambahan Ni dan Cr diharapkan tidak mempengaruhi penerimaan tubuh terhadap benda asing. Salah satu kelemahan *stainless steel* 304 jika dibandingkan dengan 316L adalah ketahanan korosinya. Ketahanan korosi *stainless steel* 304 lebih kecil daripada *stainless steel* 316L, sehingga hal tersebut menjadi kendala aplikasi *stainless steel* 304 terutama untuk keperluan medis yaitu sebagai plat penyambung tulang.

Untuk mengatasi kelemahan diatas, maka perlakuan permukaan perlu dilakukan. Salah satu proses perlakuan permukaan yaitu dengan pelapisan/*electroplating*. Lapisan yang dihasilkan akan melindungi logam dasar dari kontak langsung dengan lingkungan. Nikel dan krom banyak dimanfaatkan sebagai

bahan pelapis karena memiliki kekerasan yang tinggi, kestabilan kimia yang tinggi dan ikatan adhesi yang sangat baik dengan substrat. Selain itu, lapisan tipis kromium memiliki ketahanan aus dan korosi yang sangat baik, dan temperatur sublimasi yang tinggi (Seshan, 2002).

B. TUJUAN PENELITIAN

Untuk menganalisis besarnya laju korosi pada permukaan SS 304 Lapis Ni-Cr dan membandingkan laju korosi permukaan SS 304 lapis Ni-Cr dengan SS 316L, menggunakan media cairan tubuh.

C. DASAR TEORI

Stainless Steel 304

Stainless Steel adalah baja paduan dengan kandungan besi dengan kadar 10,5% - 18% krom yang membentuk lapisan pasif sebagai pelindung dari peristiwa oksidasi sehingga menyebabkan material ini mempunyai sifat tahan korosi.

Stainless steel 304 mengandung sedikitnya 18% kromium dan 8% nikel, dan dikombinasikan dengan paling banyak 0,08% karbon. Penambahan unsur-unsur tertentu dalam paduan stainless steel bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Chromium (Cr) adalah elemen yang paling penting dalam *stainless steel*. Keberadaan elemen ini yang menyebabkan *stainless steel* menjadi tahan terhadap korosi. Walaupun demikian kondisi lingkungan tetap menjadi penyebab kerusakan lapisan pelindung tersebut. Tetapi jika lapisan pelindung sudah tidak lagi terbentuk, maka korosi akan terjadi.

Pelapisan nikel – krom

Pelapisan Ni-Cr pada permukaan SS 304 dilakukan dengan proses *electroplating*. Pada proses ini SS 304 akan dikonversi dalam bentuk lapisan tipis Ni-Cr setelah dicelupkan ke dalam larutan kimia yang telah diberi aliran arus listrik DC. Arus listrik DC akan dialirkan pada larutan ini sehingga ion-ion dari larutan akan menempel pada permukaan SS 304.

Proses pelapisan dilakukan secara bertahap. Tahapan pertama yaitu pelapisan nikel. Kemudian tahapan kedua dilanjutkan dengan pelapisan krom. Pelapisan nikel berfungsi sebagai lapisan antara untuk pelapisan krom. Sedangkan pelapisan krom digunakan untuk memperoleh lapisan logam keras, tahan korosi, serta membuat penampilan menjadi mengkilap. Komposisi larutan yang digunakan untuk pelapisan nikel yaitu:

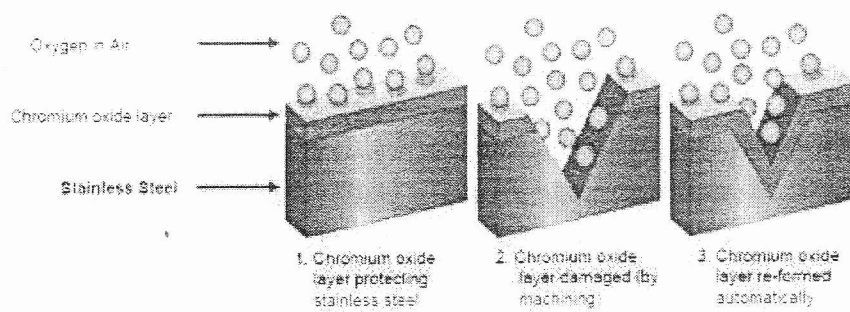
- *Nickel Sulfate* (NiSO_4) = 200 gram/liter
- *Nickel Chloride* (NiCl_2) = 175 gram/liter
- *Boric Acid* (H_3BO_3) = 40 gram/liter
- *Brightener I* (HBF_4) = 3 ml/liter
- *Brightener M* (SO_3NH_2) = 2 ml/liter

Sedangkan larutan elektrolit yang dipakai pada pelapisan krom adalah larutan *chromic acid* (H_2CrO_3).

Korosi

Korosi adalah penurunan mutu pada logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Korosi pada *stainless steel* dapat terjadi jika kromium oksida yang secara otomatis terbentuk pada permukaan bahan bergabung dengan oksigen. Lapisan kromium oksida ini bersifat pasif (secara kimiawi tidak aktif), kuat (melekat secara erat di permukaan *stainless steel* tersebut) dan

memperbaharui dirinya sendiri.



Gambar 3.1.a Lapisan Kromium Pada Stainless Steel (Trethewey, 1991)

Lapisan Kromium ini hanya sekitar 130 Angstrom ($1\text{A} = 10^{-10}\text{m}$) tebalnya dan melindungi *stainless steel* dari korosi. Lapisan tersebut berupa bahan film yang dapat memperbaharui dirinya sendiri. Apabila film ini hilang atau rusak (seperti yang sering terjadi ketika permukaan stainless steel terkena mesin atau tergores), film tersebut dapat membentuk kembali dirinya sendiri. Walaupun demikian kondisi lingkungan tetap menjadi penyebab kerusakan lapisan pelindung (kromium oksida) tersebut.

Pada keadaan dimana lapisan pelindung tidak dapat lagi terbentuk, maka korosi akan terjadi pada *stainless steel* tersebut. Sifat logam sendiri mudah melepaskan elektron dimana korosi merupakan melarut / bereaksinya logam dengan oksigen atau bahan lain dan korosi akan terjadi lebih cepat dengan hadirnya zat elektrolit, misal suatu asam atau larutan garam.

Pengujian korosi

Pengujian laju korosi menggunakan alat Potensiostat/Galvanostat type M 273 dengan rentang tegangan -20 mV s/d 20 mV dan *scan rate* 0,1 mV/s. Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Korosi, Badan Tenaga Atom Nasional Serpong.

Elektroda kerja (*working electrode*) atau anoda adalah sebagai elektroda yang akan diteliti. Sedangkan elektroda pembantu digunakan sebagai elektroda kedua yang khusus untuk mengangkut arus, dan elektroda acuan merupakan elektroda yang digunakan sebagai titik dasar untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja.

Pengujian laju korosi dilakukan dengan pengamatan intensitas arus korosi (*I_{corr}*) benda uji didalam lingkungannya. Ketepatan penentuan harga *I_{corr}* sangat penting karena *I_{corr}* berbanding langsung dengan besarnya laju korosi suatu logam di dalam lingkungannya. Perhitungan untuk mengetahui laju korosi dari percobaan ini dapat menggunakan metode berdasarkan kurva potensial vs log intensitas arus korosi.

Harga laju korosi dapat ditentukan berdasarkan harga dari rapat arus korosi, dimana harga laju korosi suatu logam dalam lingkungannya sebanding dengan harga rapat arus korosi. Sesuai dengan persamaan laju korosi seperti berikut ini (Jones, 1991):

$$r = 0,129 \frac{ai}{nD} \quad (\text{dalam mpy})$$

dengan:

r = laju korosi (mpy)

a = nomor massa atom

i = rapat arus korosi (A/cm²)

n = valensi atom

D = berat jenis spesimen (gr/cm³)

D. METODOLOGI PENELITIAN

1. Bahan Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu logam *stainless steel* 304 berbentuk lingkaran diameter 14 mm dan tebal 4 mm.

2. Persiapan Material

Spesimen *stainless steel* 304 yang telah disiapkan sebanyak 15 buah. Semua spesimen dilapisi dengan nikel kemudian dilanjutkan dengan pelapisan krom. Semuanya menggunakan proses *electroplating*. Sebelum memulai pengujian laju korosi dengan sel tiga elektroda, terlebih dahulu mempersiapkan spesimen yang akan diuji. Ada beberapa tahap yang harus dilakukan. Semua spesimen dilapisi dengan nikel – krom dengan variasi waktu pelapisan yaitu 8, 17, 25, 30, 40 menit. Untuk mendapatkan validasi pengujian, setiap variasi spesimen dilakukan 3 kali percobaan. Setelah didapatkan hasil uji korosi dari SS 304 yang telah dilapisi nikel – krom, kemudian dibandingkan dengan hasil uji korosi material acuan yaitu SS 316L.

3. Pengujian

Ada beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

- Pengujian laju korosi dilakukan pada material SS 304 yang telah dilapisi nikel – krom dengan metode sel tiga elektroda.
- Pengujian laju korosi material acuan yaitu SS 316L.
- Pembuatan grafik perbandingan laju korosi dilakukan untuk mengetahui hasil laju korosi

- Pembuatan grafik perbandingan laju korosi antara material SS 304 lapis nikel – krom dengan SS 316L.

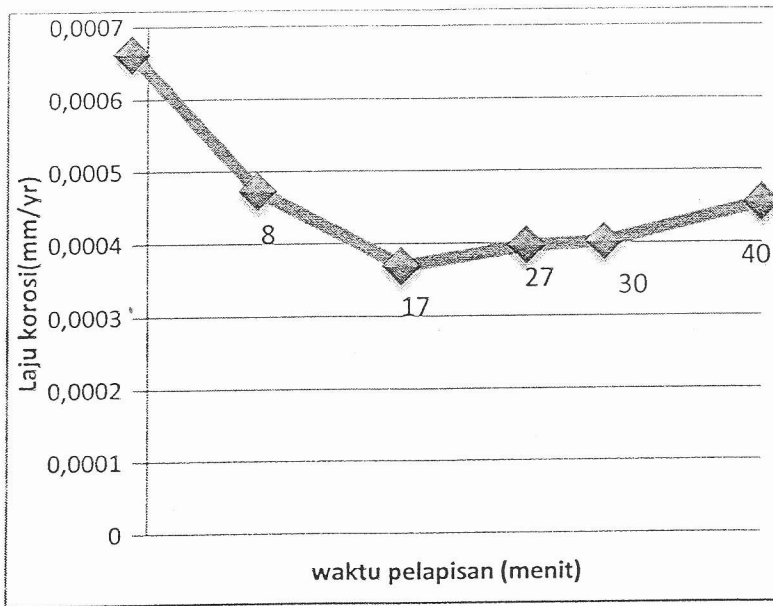
4. Hasil Pengujian

1. Pembuatan grafik

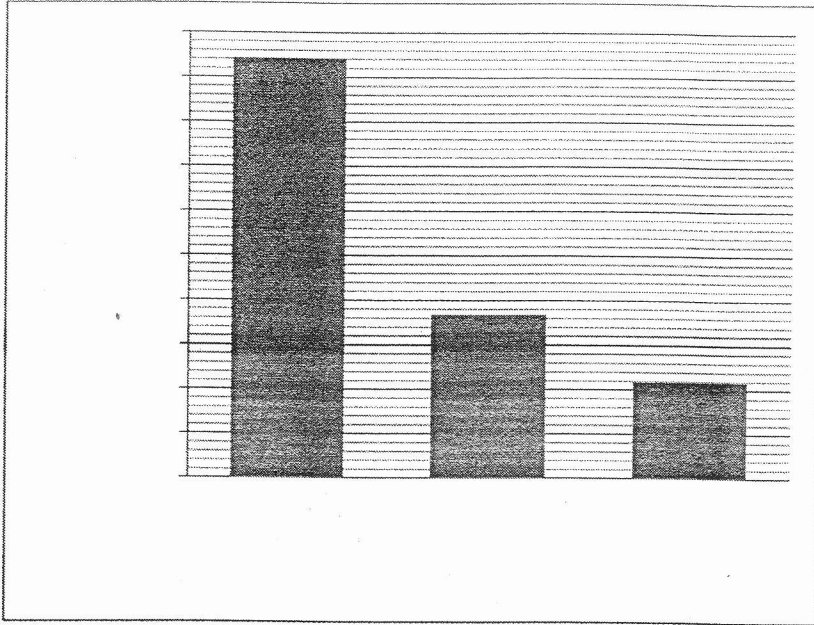
Pengujian korosi digunakan untuk mendapatkan nilai laju korosi pada tiap – tiap spesimen. Metode yang dilakukan adalah menggunakan sel tiga elektroda yang dipercepat dengan polarisasi dari potensial korosi bebasnya. Kemudian bisa didapatkan data besarnya arus untuk setiap tegangan. Data tersebut dipergunakan untuk mengplot diagram tafel dan untuk menentukan harga i_0 . Data i_0 didapatkan dengan cara eksplorasi terhadap bagian – bagian yang linier dari hasil pengeplotan data yang diperoleh.

Tabel 4.1 Perbandingan laju korosi

| No | Waktu pelapisan Ni - Cr (menit) | Laju korosi (mmpy) |
|----|------------------------------------|--------------------|
| 1 | 8 | $4,724.10^{-4}$ |
| 2 | 17 | $3,683.10^{-4}$ |
| 3 | 25 | $3,962.10^{-4}$ |
| 4 | 30 | $4,013.10^{-4}$ |
| 5 | 40 | $4,546.10^{-4}$ |



Gambar 4.1 Laju korosi SS 304 Lapis Ni – Cr dalam cairan tubuh



Gambar 4.2 Perbandingan Laju korosi spesimen SS 304 Lapis Ni-Cr dengan SS 316 L dalam media cairan tubuh

2. Pembahasan Hasil Uji Korosi SS 304 Lapis Ni – Cr

Laju korosi SS 304 yang dilapisi Ni-Cr ditunjukkan pada gambar 4.1 diatas. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai laju korosi SS 304 cenderung menurun setelah dilapisi pada permukannya. Hasil uji laju korosi mempunyai nilai optimum pada spesimen yang dilapisi Ni- Cr selama 17 menit sebesar 0,000368 mmpy.

Fenomena penurunan laju korosi disebabkan semakin lamanya proses pelapisan. Karena semakin lama proses pelapisan,

kecepatan ion krom menempel pada permukaan spesimen juga semakin tinggi, sehingga lapisan krom menjadi lebih padat yang menyebabkan kerapatan permukaan pada spesimen meningkat.

Waktu mempunyai nilai yang optimal pada 17 menit dan apabila dinaikkan lagi dapat meningkatkan laju korosi permukaan spesimen. Hal tersebut disebabkan karena ion-ion krom yang menempel pada permukaan spesimen mempunyai sifat jenuh, dan berakibat rusaknya ikatan lapisan spesimen sehingga menyebabkan laju korosi spesimen meningkat.

Sedangkan perbandingan laju korosi dalam cairan tubuh antara SS 304, SS 304 Ni-Cr (17 menit) dan 316L ditunjukkan pada gambar 4.2. Laju korosi SS 304 setelah dilapisi Ni-Cr (17 menit) sebesar 0,000368 mmpy cenderung menurun mendekati laju korosi SS 316L yaitu 0,000218 mmpy.

E. KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan laju korosi menggunakan sel tiga elektroda dan melakukan analisa dari hasil pengujian maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan.

Proses pelapisan nikel-krom pada SS 304 mampu menurunkan laju korosi

Laju korosi terendah terjadi pada proses pelapisan nikel-krom pada spesimen SS 304 terjadi pada waktu 17 menit yaitu sebesar 0,000368 mmpy.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Metals HandBook Volume 8, 2000, Mechanical Testing and Evaluation. ASM, 1987, "Metals Handbooks Corrosion", Vol 13, Ninth Edition, ASM International Park, Ohio.
- Buchheit, R. G., Hurley, B., Zhang, W., 2002, "*Characterization of Chromate Conversion Coating Formation and Breakdown Using Electrode Arrays*".
- Callister, W.D., 2001. "*Material Science and Engineering an Introduction*" Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc
- Fontana, M.G., 1987 "*Corrosion Engineering*", Third Edition, McGraw Hill Book Company, New York.
- Hadir, K., 2008, "*Pengaruh Waktu dan Temperatur Proses Elektroplating Nikel pada Logam Besi*".
- Jones, D.A., 1991, "*Principles and Prevention of Corrosion*", Mc Milman Publishing Company, New York.
- Malau, V., 2003, "*Perlakuan Permukaan*", Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Mesin UGM.
- Roberge, P.R., 2008, "*Corrosion Engineering Principle and Practice*", Third edition, McGraw-Hill Book Company, New York.

Syamsa, M., Santoso, B., 2007, "Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan Lapisan".

Seshan K., 2002, *Handbook of Thin-film Deposition Processes and Techniques*, Noyes Publications, California.

Smith, W.F., 1993, *Structure and Properties of Engineering Alloys*, McGraw-Hill Book Co, Singapore.

Sahar A-Fadl, 2011, *Pengaruh Larutan Fisiologis Terhadap Ketahanan Korosi Dan Karakteristik Dari Implantasi Stainless Steel Dalam Media PBS*, Prosiding SNAST AKPRIND 14 November, Yogyakarta.

Taufik , 2009 , "Pengaruh Heat treatment dan Electroplating terhadap perubahan Sifat Fisis dan Mekanis pada Aluminium paduan Al-Si-Cu".

Trethewey, K.R. & Chamberlain ,J,1991," *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.