

PENGARUH GEOMETRI PERMUKAAN DAN ARUS LISTRIK TERHADAP PROSES PELAPISAN NIKEL DENGAN ELEKTROPLATING

Sutomo dan Rahmat

Program Diploma III Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Email: sutomo_67@yahoo.com

Abstrak

Sutomo, didalam penelitian pengaruh geometri permukaan dan arus listrik terhadap proses pelapisan nikel dengan elektroplating, bertujuan untuk mengetahui geometri manakah yang akan mempunyai aliran pelapisan yang lebih cepat. Bertambahnya lama proses pelapisan akan meningkatkan keperluan tenaga listrik dan dana. Berdasarkan geometri pelat, profil L dan pipa dengan luasan yang sama maka dibuat sampel. Didalam penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa geometri pelat lebih efektif dibandingkan yang bentuk profil L maupun pipa. Hal ini disebabkan oleh panjang lintasan atom yang berbeda untuk waktu pelapisan 24 detik akan menghasilkan ketebalan pelapisan nikel adalah 47,3 μm , 30 μm 10 μm untuk plat, profil L serta pipa.

Kata kunci: electroplating, geometri, arus pelapisan, waktu pelapisan.

PENDAHULUAN

Pada proses lapis listrik yang umum dipakai perbandingan anoda dengan katoda sebesar 2 : 1 karena kontaminasi anoda adalah penyebab/sumber utama pengotor, maka usahakan menggunakan anoda semurni mungkin.

Pada industri pelapisan secara listrik, air merupakan salah satu unsur pokok yang selalu harus tersedia. Biasanya penggunaan air pada proses lapis listrik dikelompokkan dalam empat macam, yaitu:

- Air untuk pembuatan larutan elektrolit
- Air untuk menambah larutan elektrolit yang menguap
- Air untuk pembilasan, dan
- Air untuk proses pendingin

Dari fungsi air tersebut dapat ditentukan kualitas air yang dibutuhkan untuk suatu proses. Air ledeng/kota dipakai untuk proses pembilasan, pencucian, proses etsa (*etching*) dan pendingin, sedangkan air bebas mineral (*aquadest DM*) dipakai khusus untuk pembuatan larutan, analisa larutan dan pembuatan larutan penambah. Air suling (*aquadest*) dengan ukuran spesifikasi konduktifitasnya tidak melebihi dari 50 microhos, bisa diganti air aqua DM.

Pada proses pelapisan, air yang digunakan harus berkualitas baik. Air ledeng/kota yang masih mengandung kation dan anion, jika bercampur dengan ion-ion dalam larutan akan menyebabkan turunnya efisiensi endapan/lapisan.

Unsur-unsur yang tidak diinginkan dalam larutan adalah unsur kalsium dan magnesium, karena mudah bereaksi dengan *cadmium cyanida*, *copper cianyda*, *silver cyanida* dan senyawasenyawanya lainnya, sehingga akan mempercepat kejenuhan larutan.

Unsur dalam air adalah kandungan dari garam-garam seperti *bicarbonat*, sulfat, *chlorid*, dan nitrat. Unsur-unsur garam logam alkali (sodium/potassium) tidak begitu mempengaruhi konsentrasi larutan, sewaktu operasi pelapisan berlangsung, kecuali pada larutan lapis nikel, karena akan menaikkan arus listrik (*throwing power*), tetapi akan menghasilkan lapisan yang getas (*brittle*).

Adanya logam-logam berat seperti besi dan mangan sebagai pengotor menimbulkan cacat-cacat antara lain kekasaran (*roughness*), porous, gores (*streakiness*), nota-noda hitam (*straining*), warna yang suram (*iridenseat*) atau mengkristal, modular dan keropos. Untuk itu maka diperlukan air murni (*reagent water*) untuk membuat larutan dan menggantikan larutan yang menguap. **Faktor yang berpengaruh pada plating** Kualitas hasil elektroplating maupun efisiensi arus sangat dipengaruhi oleh variabel proses sebagai berikut:

- Konsentrasi elektrolit
- Sirkulasi elektrolit
- Rapat arus
- Tegangan
- Jarak anoda – katoda
- Rasio dan bentuk anoda – katoda
- Distribusi arus
- Temperatur
- Daya tembus (*throwing power*)
- *Epitaxy* dan *leveling*
- Aditif
- Kontaminasi

Konsentrasi Elektrolit

Larutan elektrolit terdiri dari komponen utama berupa senyawa logam dalam bentuk garam terlarut dan asam atau basa. Senyawa logam merupakan sumber logam yang menempel pada benda kerja. Larutan asam atau basa dalam elektrolit berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas atau daya hantar listrik. Konsentrasi elektrolit selama proses *plating* berlangsung akan mengalami perubahan terutama karena adanya penguapan dan berpindahannya ion logam dari larutan yang melapisi anoda. Pada umumnya kelebihan kadar logam akan menyebabkan menurunnya kekilapan dan kerataan lapisan, dan juga mengakibatkan terjadinya pemborosan bahan. Apabila kadar logam rendah terjadi penurunan konduktivitas sehingga proses plating menjadi lambat. Oleh karena itu konsentrasi elektrolit perlu dijaga konstan dengan melakukan analisis larutan secara teratur.

Sirkulasi Elektrolit

Distribusi ion-ion di dalam elektrolit seringkali tidak merata disebabkan adanya kelebihan ion negatif di sekitar katoda karena terjadinya perpindahan ion logam positif yang terlapis, sedangkan di sekitar anoda seringkali terjadi kelebihan ion positif yang berasal dari oksidasi logam. Sirkulasi elektrolit bertujuan agar distribusi ion-ion baik positif maupun negatif di dalam elektrolit menjadi merata sehingga dapat dihindari terjadinya polarisasi. Polarisasi terjadi bila dua daerah dalam elektrolit sangat positif dan yang lainnya sangat negatif sehingga diperlukan tegangan yang lebih tinggi agar arus dapat mengalir melalui elektrolit dari anoda ke katoda. Sirkulasi elektrolit dapat dilakukan dengan bantuan pompa maupun dengan hembusan udara dari blower melalui pipa-pipa yang dipasang di dasar dan tepi tangki.

TINJAUAN PUSTAKA

Rapat Arus

Berdasarkan hukum Faraday, banyaknya pelapisan sebanding dengan kuat arus. Akan tetapi dalam praktik, besaran yang diperlukan untuk plating adalah rapat arus yaitu arus per satuan luas, biasanya dinyatakan dalam Ampere/dm² (A/dm²) atau Ampere/ft² (A/ft²). Rapat arus antara anoda dan katoda besarnya berbeda dan rapat arus katoda merupakan besaran yang perlu diperhatikan agar kualitas pelapisan pada katoda berkualitas baik dan tidak sampai terbakar. Semakin besar rapat arus maka laju plating makin cepat dan waktu yang diperlukan untuk memperoleh lapisan dengan ketebalan tertentu akan makin singkat. Pada praktik bila benda yang dilakukan plating berjumlah banyak atau luasan benda besar, maka diperlukan arus yang besar dan kemudian diturunkan bila jumlah benda sedikit atau luasan benda kecil. Rapat arus yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya panas sehingga benda kerja yang diplating dapat terbakar dengan ditandai warna yang menghitam.

Tegangan

Tegangan yang diperlukan untuk proses elektroplating tergantung dari jenis, komposisi dan konsentrasi elektrolit. Rapat arus dapat dinaikkan dengan menaikkan tegangan, akan tetapi hal ini dapat menyebabkan terjadinya polarisasi dan tercapainya tegangan batas. Pada keadaan tegangan batas, tidak terjadi aliran arus melalui elektrolit, dan bila tegangan dinaikkan akan terjadi elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen dan oksigen. Tegangan batas dapat dinaikkan dengan cara sirkulasi elektrolit, mempertinggi temperatur larutan dan memperbaiki konsentrasi elektrolit.

Jarak Anoda – Katoda

Jarak anoda – katoda menentukan hantaran arus listrik dan sangat berpengaruh terhadap keragaman tebal lapisan. Besarnya hantaran berbanding terbalik dengan jarak. Apabila jarak anoda – katoda kecil, maka hambatan menjadi kecil dan konduktivitas besar sehingga untuk mendapatkan rapat arus yang besar diperlukan tegangan yang lebih rendah.

$$V = I \cdot R$$

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

R = hambatan (Ohm)

Rasio Anoda – Katoda

Perbandingan permukaan anoda – katoda sangat penting untuk menjaga agar ion-ion di dalam elektroplating selalu seimbang. Standar rasio anoda – katoda tergantung dari jenis *plating*. Untuk menjaga agar konsentrasi elektrolit selalu seimbang, misalnya saja konsentrasi tembaga sulfat terhadap asam sulfat maka pada plating tembaga harus dijaga agar perbandingan anoda tembaga terhadap benda kerja selalu terjadi kekurangan ion tembaga di dalam larutan dan pelapisan yang terbentuk menjadi lambat dan tidak normal.

Distribusi Arus

Lintasan arus dari anoda ke katoda tidak semuanya lurus tapi cenderung melengkung terutama yang berasal dari ujung anoda ke ujung katoda. Keadaan ini menyebabkan rapat arus ke ujung-ujung katoda menjadi lebih besar sehingga lapisan yang terbentuk pada bagian ujung cenderung lebih tebal. Itulah sebabnya apabila melakukan *plating* batangan besi dengan tembaga ataupun silinder dengan tembaga dan khrom sering dihasilkan ujung-ujung silinder cenderung lebih tebal dibandingkan pada bagian tengah. Pada plating benda-benda yang rumit seringkali dihasilkan pelapisan yang tak merata terutama pada daerah arus rendah (*low current*) yaitu daerah-daerah yang berlekuk. Untuk mengatasi keadaan tersebut biasanya dipasang anoda sekunder sehingga dapat diperoleh rapat arus yang seragam dan daerah yang sulit atau berarus rendah dapat diperkuat dengan adanya anoda bantuan tersebut. Sedangkan pada daerah dengan arus yang tinggi dapat dipasang pemecah arus yang biasanya berupa plastik berbentuk sikat gigi.

Temperatur

Temperatur berpengaruh terhadap konduktivitas. Temperatur semakin tinggi menyebabkan konduktivitas larutan makin besar sehingga mempercepat hantaran arus listrik. Pada temperatur tinggi dapat diperoleh rapat arus yang besar dan juga mempertinggi tegangan bebas polarisasi. Namun demikian setiap jenis plating mempunyai tentang temperatur operasi optimum yang berkaitan dengan sifat lapisan logam pada benda kerja maupun sifat dari aditif. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan lapisan terbakar dan terjadi kerusakan aditif.

Daya Tembus (*Throwing Power*)

Daya tembus didefinisikan sebagai kemampuan proses elektronik untuk menutup katoda dengan lapisan seseragam mungkin, ditentukan oleh pengaturan geometri tangki dan berbagai parameter proses termasuk juga jenis elektrolit. Letak geometri katoda – anoda menentukan distribusi arus primer seperti yang telah dibahas pada distribusi arus di atas. Daya tembus terutama sangat perlu diperhatikan apabila melakukan plating benda yang rumit. Rapat arus yang besar cenderung membuat lapisan pada ujung-ujung benda kerja menjadi lebih tebal karena mendapat rapat arus yang lebih besar. Keadaan ini dapat diatasi dengan pemasangan pemecah arus dari bahan-bahan isolator seperti plastik berbentuk gerigi yang dipasang antara anoda dengan ujung benda kerja. Idealnya pemasangan anoda – katoda tepat berhadapan-hadapan pada jarak yang sama, namun dalam praktik hal ini jarang dapat dilakukan dan menyebabkan daya tembus tidak sama. Pengaruh lanjut dari daya tembus adalah distribusi arus sekunder sebagai hasil antara distribusi arus primer dan polarisasi.

Epitaxy dan Leveling

Pengertian *epitaxy* adalah lapisan mengikuti bentuk dan struktur dari benda kerja sebagai katoda, sehingga benda kerja yang kasar menghasilkan lapisan kasar. Contoh dapat diamati bila benda yang akan dilapisi dengan khrom permukaannya kasar dan berserat maka hasil akhir pelapisan khrom juga kasar dan berserat. *Leveling* dimaksudkan bahwa lapisan meratakan bagian-bagian benda kerja yang cekung, sehingga plating mempunyai kecenderungan menutupi permukaan-permukaan benda yang cekung menjadi rata. *Epitaxy* dapat dicegah dengan persiapan

permukaan benda keras yang halus. Pembentukan leveling yang baik dapat dilakukan dengan penambahan aditif, seperti pemberian aditif pada plating tembaga akan menghasilkan lapisan lebih keras dan permukaan lebih rata.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini ditetapkan suatu variabel penelitian, sebab penentuan variabel merupakan parameter utama yang mempengaruhi hasil penelitian yang akan dicapai. Pada penelitian ini ditetapkan variabel penelitian sebagai berikut:

1. Variabel bebas Sebagai variabel bebas dalam penelitian ini adalah besarnya rapat arus dan lamanya waktu selama proses pelapisan.
2. Variabel kendali Sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dicapai yaitu untuk bisa mendapatkan penambahan berat dan ketebalan yang didapat setelah melakukan proses nikel, maka variabel kendali dalam penelitian ini adalah berat dan tebal lapisan yang didapat setelah terjadi proses pelapisan.

Bak diperlukan untuk menampung larutan elektrolit, larutan pencuci dan air pembilas. Bahan bak tergantung dari jenis dan kondisi larutan yang ditampungnya atau dengan perkataan lain bahan bak hendaknya tahan terhadap korosi yang ditimbulkan oleh larutan, tahan terhadap suhu larutan dan tidak mencemari larutan yang ditampungnya. Untuk memenuhi persyaratan tersebut di atas, maka bak harus dilining. Benda kerja terlebih dahulu harus dibersihkan / dicuci untuk menghilangkan korosi dan menghilangkan lapisan yang sudah ada. Sebelum dilakukan proses elektroplating, lakukan dahulu pengukuran berat dan ketebalan benda kerja, catat hasilnya. Setelah itu dilakukan proses pelapisan nikel pada tegangan tertentu dan waktu tertentu. Pada saat proses pelapisan nikel berlangsung, amati besar arus yang terjadi pada ampere meter kemudian catat hasilnya. Setelah selesai proses pelapisan nikel maka lakukan pengukuran berat dan ketebalan dari benda kerja dan catat hasil pengamatan. Untuk memelihara sarana kerja lakukan hal-hal berikut: Pada kedua elektroda, batas larutan dan batang penggantung elektroda dalam bak tidak terdapat halbur garam, kabel penghubung tidak terkelupas pembungkus isolasinya. Asam yang dipakai adalah asam klorida dan asam sulfat maupun asam nitrat. Penyimpanannya harus terpisah dari bahan-bahan lainnya. Sifat bahaya dari senyawa nikel

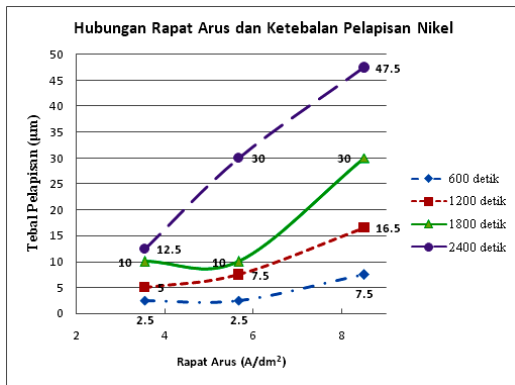
- Dapat membahayakan mata, paru-paru dan kulit.
- Bersifat racun jika termakan.
- Dapat menyebabkan muntah-muntah.
- Dapat juga menyebabkan diare, bahkan sampai pingsan.

Pengamanannya:

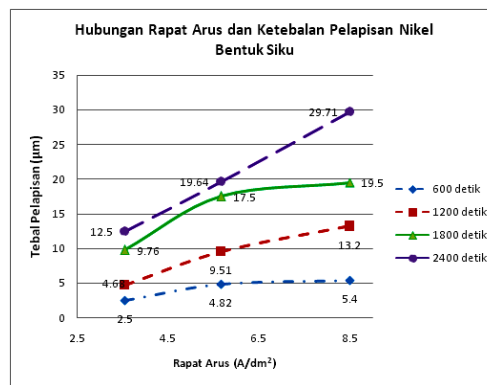
- Pakailah alat pelindung diri (mata, tangan dan paru-paru).
- Jika tercecer dibasahi dengan air lalu disapukan ke tempat sampah.
- Jika terkena kulit, dibasahi dengan air.
- Jika terkena mulut, berkumur lalu dibawa ke dokter.
- Jika terhisap debunya, maka penderita dipindah ke ruang lain dan badannya dihangati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

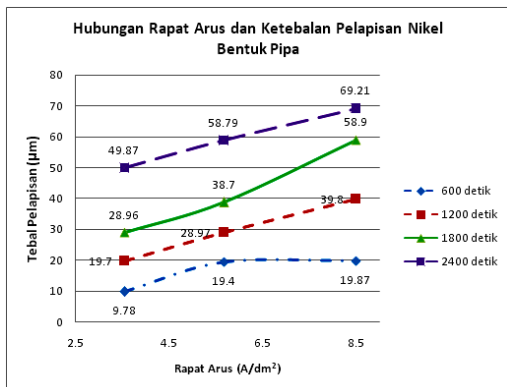
Data-data dari percobaan untuk mengetahui tingkat efektifitas proses pelapisan nikel yang terjadi pada bentuk-bentuk geometri flat, siku L, sistem pipa. Pada sampel plat, profil, dan pipa semuanya memperlihatkan bahwa dengan naiknya arus listrik maka akan meningkat pula hasil pelapisannya karena adanya peningkatan energi aktivasi karena energi listrik sehingga elektron yang menumpuk semakin banyak yang akan meningkatkan ketebalan pelapisan atau *lining*.



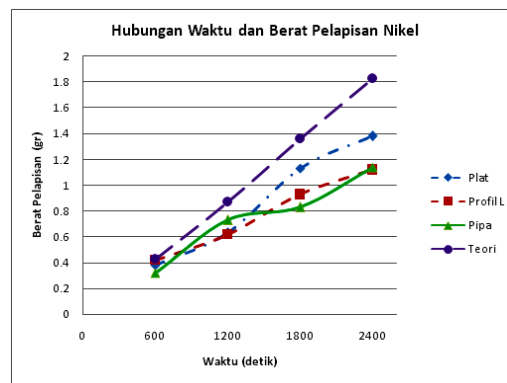
Grafik 1. Hubungan rapat arus dan ketebalan pelapisan nikel bentuk Plat



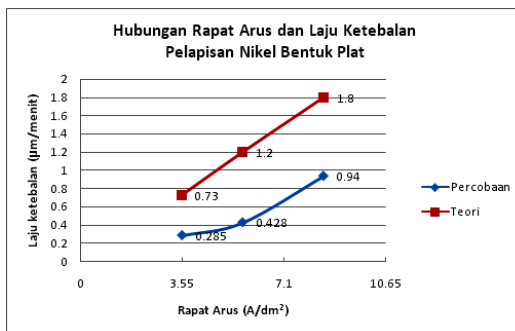
Grafik 2. Hubungan rapat arus dan ketebalan pelapisan nikel bentuk Siku



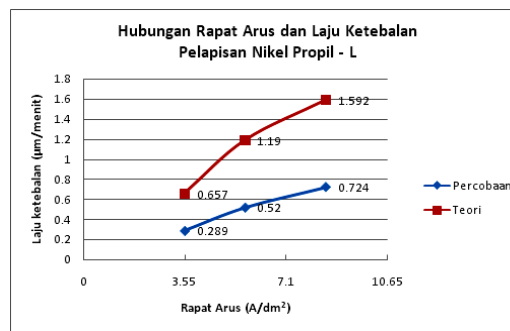
Grafik 3. Hubungan rapat arus dan ketebalan pelapisan nikel bentuk Pipa



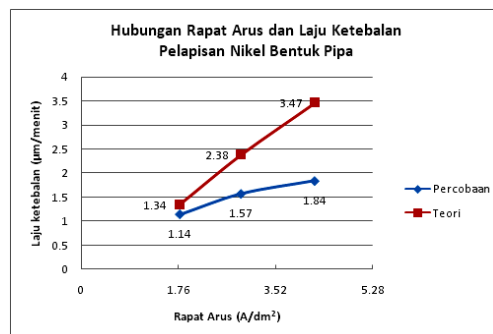
Grafik 4. Hubungan hubungan waktu dan berat pelapisan nikel bentuk Plat, Propil-L, Pipa dan Teori



Grafik 5. Hubungan hubungan rapat arus dan laju ketebalan pelapisan nikel bentuk Plat



Grafik 6. Hubungan hubungan rapat arus dan laju ketebalan pelapisan nikel Propil-L



Gambar 7. Hubungan hubungan rapat arus dan laju ketebalan pelapisan nikel bentuk Pipa

Untuk plat terlihat terjadi lonjakan ketebalan di saat perlu waktu 1200 detik saat arus dari 2 – 4 ampere, tetapi pada profil L terjadi saat 2400 detik, juga pada saat 2 – 4 ampere, seperti pada pipa. Dari grafik korelasi antara berat pelapisan dengan arus listrik terlihat bahwa waktu yang digunakan untuk pelapisan (*lining*) lebih dominan, tetapi perbedaan waktu 600 detik dari 600 – 1200 detik lebih terasa penambahan berat yang melapisinya. Untuk arus yang kecil 2 ampere geometri flat dengan waktu pelapisan yang lama 2400 detik lebih menguntungkan karena beratnya dapat meningkat. Dari grafik korelasi antara berat pelapisan dengan waktu yang diperlukan terlihat bahwa arus 4 ampere disarankan karena hasil pelapisannya hampir sama dengan arus 6 ampere untuk geometri flat, profil maupun pipa. Sedangkan untuk arus yang kecil 2 ampere, bentuk flat akan lebih banyak yang dapat dilapiskan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Berdasarkan grafik-grafik hasil percobaan terlihat bahwa hasil pelapisan sangat beragam untuk setiap bentuk benda kerja pada berbagai kondisi pelapisan. Namun secara garis besar dapat ditarik dua kesimpulan:
 - a) Untuk penambahan berat pelapisan pada benda kerja, hampir diperoleh hasil yang sama untuk kondisi pelapisan yang sama pada ketiga bentuk benda kerja. Efisiensi yang kecil pada pipa disebabkan oleh karena pada pipa hanya bagian luarnya saja yang terlapis sedangkan bagian dalamnya tidak, sehingga jumlah larutan yang menempel lebih sedikit. Hal ini disebabkan pada bagian dalam pipa tidak terjadi aliran elektron karena tertutup badan pipa sehingga aliran elektron hanya terfokus pada bagian luar pipa.
 - b) Untuk penambahan ketebalan benda kerja juga diperoleh kesimpulan yang sama, selama luasan yang dilapis sama. Adapun penambahan tebal yang lebih besar pada pipa jika dibandingkan dengan plat dan profil L disebabkan oleh karena pada pipa
 - c) hanya bagian luarnya saja yang terlapis sedangkan bagian dalamnya tidak. Sehingga jika berat pelapisan sama akan tetapi luasan pelapisan lebih kecil, maka hasil pelapisannya akan menjadi lebih tebal.
2. Besar ketebalan nikel yang terjadi tergantung dari rapat arus yang digunakan. Pada waktu pelapisan yang sama jika rapat arus yang digunakan semakin naik / besar maka semakin naik / besar pula ketebalan nikel yang terjadi.
3. Laju ketebalan pelapisan sangat bergantung dari rapat arus yang digunakan, yaitu semakin naik rapat arus yang digunakan, semakin naik pula laju ketebalan pelapisan yang terjadi.
4. Efisiensi pelapisan terbaik adalah pada plat, hal ini dikarenakan bentuknya yang sederhana sehingga kedua penampang plat dapat terlapis dengan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsianto, Ashar, **Mengenal Teknologi Pelapisan Logam**, Balai Besar Logam dan Mesin: Bandung.
- Arsianto, Ashar, **Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik (Elektroplating)**, Balai Besar Logam dan Mesin: Bandung.
- Purwanto & Syamsul Huda, 2005, **Teknologi Industri Elektroplating**, Badan Penerbit Universitas Diponegoro: Semarang.
- Rahayu, SS, dkk, 1966, **Petunjuk Praktikum Elektroplating**, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sunardi, 2006, **116 Unsur Kimia**, Yrama Widya: Bandung.
- Wahyudi, Soleh, 2006, **Buku Saku Elektroplating**, Technic: Cimahi.
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Chrom>
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Nikel>
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Rectifier>