

PENGARUH TEMPERATUR DENGAN KONSENTRASI ELEKTROLIT TERHADAP HASIL ELEKTROPLATING TEMBAGA PADA BAJA KARBON RENDAH

Muhammad AB & Rudi Kurniawan
Jurusan Teknik Mesin,

Abstrak

Elektroplating terjadi dengan melewati arus dari kutub positif (anoda) ke kutub negatif (katoda) dalam elektrolit sebagai media penghantar arus. Elektroplating merupakan proses pelapisan logam terhadap logam lain secara elektrolisis. Tujuannya adalah untuk melindungi logam dari korosi dan memperindah tampilan permukaan. Dalam penelitian ini yang menjadi tinjauan adalah pengaruh temperatur, dan konsentrasi larutan elektrolit Copper Sulfat Pentahydrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), terhadap hasil elektroplating tembaga pada baja karbon rendah. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa efisiensi katoda tertinggi yaitu 84% terjadi pada proses elektroplating, dengan temperatur 50°C , dengan konsentrasi elektrolit 300gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan arus 1,8 A dan waktu 60 detik. Lapisan tembaga yang terbentuk mempunyai tampilan permukaan yang relatif cerah dan merata dengan berat 0,030 gram.

Kata kunci : Elektrolisis, anoda, katoda, plating, efisiensi katoda.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi pelapisan logam sudah meliputi segala aspek kehidupan. Banyak benda disekitar kita baik dalam industri otomotif maupun industri untuk keperluan rumah tangga dan lain sebagainya yang diberi sentuhan akhir berupa lapisan logam untuk melindungi maupun memperindah logam dibalikinya.

Pada saat logam terkorosi, logam yang larut kedalam larutan berbentuk ion-ion logam. Ion adalah atom yang kehilangan muatan positif atau negatif, tidak bisa dilihat tapi merupakan bagian dari larutan. Air minum terdiri dari sejumlah ion-ion logam. Jika ion-ion logam ini direduksi dengan teknik elektrokimia akan membentuk logam.

TEORI DASAR

Elektroplating merupakan proses pelapisan logam dengan logam lain secara elektrolisis dengan tujuan untuk melindungi substrak yang lebih reaktif terhadap serangan korosi. Elektroplating dapat juga diterapkan untuk meningkatkan segi dekoratif dari suatu logam sehingga tampil lebih

baik dari tampilan sebelumnya, hal ini bisa saja dikombinasikan antara kedua tujuan tersebut, sehingga dihasilkan logam yang memiliki tampilan yang lebih baik dengan ketahanan terhadap serangan korosi yang lebih baik pula.

Proses elektroplating dengan tembaga sangat lazim digunakan dalam produk-produk plating, khususnya sistem multiple plating yang menggunakan tembaga sebagai lapisan dasar. Adapun penggunaan tembaga sebagai lapisan dasar atau lapisan antara pada sistem multiple plating disebabkan karena harga tembaga yang relatif murah dan daya tahan yang baik. Tembaga dan beberapa paduannya merupakan logam yang memberikan unjuk kerja yang baik dalam berbagai kondisi lingkungan dan barang-barang seni yang dapat dilihat di museum-museum, membuktikan bahwa bahan ini mempunyai umur yang panjang.

Beberapa lapisan hasil elektroplating berongga, ada yang retak, dan ada pula yang berisi kotoran. Pengaturan kondisi pelapisan yang baik menghasilkan produk plating seperti yang diharapkan. Elektroplating dikembangkan dengan cara-cara *trial and error*, hingga ditemukan

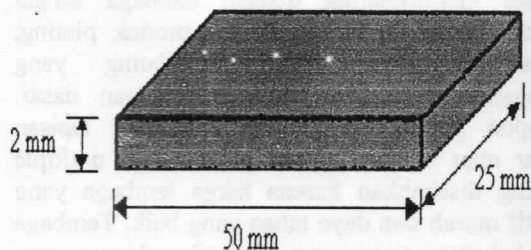
keadaan operasi yang optimum untuk suatu jenis Proses elektroplating memiliki beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil plating, oleh karena itu diperlukan perancangan kondisi proses yang relatif tepat dan benar. Dengan kondisi proses demikian diharapkan proses plating yang memuaskan. Faktor-faktor yang perlu kita perhatikan dalam proses elektroplating adalah kerapatan arus listrik (Current Density), pengadukan (Agitation), waktu, temperatur dan konsentrasi elektrolit.

Dengan memperhatikan hal-hal yang tersebut diatas, penulis tertarik untuk meneliti pengaruh konsentrasi dan temperatur elektrolit terhadap hasil elektrodeposit pada elektroplating baja karbon rendah oleh tembaga dengan larutan elektrolit Copper Sulfat Pentahydrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), sehingga didapatkan kondisi optimum dari proses. Dengan kondisi optimum proses elektroplating ini diharapkan hasil plating yang memuaskan dan dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan, khususnya pada sistim multiple plating.

METODE PENELITIAN

Spesimen

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja karbon rendah dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 25 mm serta ketebalan 2 mm, yang selanjutnya digunakan sebagai katoda seperti yang terlihat pada Gambar (1).



Gambar 1. Dimensi spesimen pengujian

Alat dan Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Lempengan tembaga (Cu).
Lempengan tembaga ini digunakan sebagai anoda yang dicelupkan ke dalam bak plating tembaga sulfat akan mengalami pengikisan permukaan.

pelapisan logam tertentu.

2. Lempengan baja karbon rendah
Lempengan ini merupakan spesimen yang akan dilapisi pada proses pelapisan listrik dan berfungsi sebagai katoda.
3. Serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Copper Sulfat Pentahydrat)
Serbuk Copper Sulfat Pentahydrat ini akan dilarutkan dengan air dan digunakan sebagai elektrolit yang berisikan garam-garam pelapis logam tembaga.
4. Aquades
Aquades digunakan untuk melarutkan tembaga sulfat. Aquades merupakan air hasil penyulingan didapat dengan memanaskan air hingga titik didihnya sehingga air terbebas dari kotoran-kotoran dan mineral-mineral yang terkandung dalam air.
5. Asam sulfat (H_2SO_4)
Asam sulfat digunakan dalam penggunaan bak plating asam.

Dalam penelitian ini digunakan alat-alat sebagai berikut :

1. Power Supply DC
Power Supply DC suatu instrumen ukur yang berfungsi sebagai pengontrol besarnya arus dan potensial.
2. Bak Plating
Bak plating digunakan sebagai wadah larutan plating yang terbuat dari bahan yang tidak menghantarkan listrik biasanya terbuat dari plastik dan kaca yang tidak bereaksi dengan larutan plating.
3. Heater
Suatu instrumen yang berguna untuk meningkatkan temperatur larutan elektrolit.
4. Termostat
Suatu instrumen yang mengatur output heater dalam larutan elektrolit.
5. Stop Watch
Suatu instrumen ukur yang berguna untuk mengontrol besaran waktu dalam satuan detik.
6. Timbangan digital
Suatu instrumen ukur yang berfungsi untuk mengukur pertambahan berat dari spesimen setelah dilakukan proses plating.
7. Jangka sorong
Suatu instrumen ukur yang berfungsi untuk mengukur dimensi spesimen dengan akurasi yang tinggi.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terbagi dalam tiga tahap proses sebagai berikut :

- Pengerjaan pendahuluan
- Pengerjaan pelapisan
- Analisa hasil plating

Pengerjaan Pendahuluan

Sebelum proses plating dilakukan, spesimen dibersihkan dari kotoran atau lemak yang menempel pada permukaan. Langkah-langkah pembersihan sebagai berikut :

1. Pembersihan minyak dan lemak dengan deterjen

Pembersihan ini bertujuan untuk membersihkan minyak dan lemak pada permukaan logam. Pada saat pembersihan dengan deterjen, lemak dan minyak akan larut dalam larutan deterjen sehingga permukaan logam bebas dari lemak.

2. Pembilasan

Logam dasar yang telah dibersihkan dengan deterjen harus dibilas hingga bersih untuk membersihkan sisa deterjen yang menempel pada permukaan logam.

3. Pickling

Pada tahap ini lapisan karat yang terbentuk pada permukaan logam akan terangkat. Proses pickling ini dilakukan dengan mencelupkan logam kedalam larutan asam sulfat encer selama beberapa detik.

4. Pengikisan

Pengikisan lapisan karat ini dilakukan dengan menggosok permukaan logam dengan kertas ampelas sehingga logam yang akan dilapisi bebas dari lapisan karat.

5. Pembilasan dengan Aquades temperatur tinggi

Setelah dilakukan pickling diperlukan pembilasan dengan aquades bertemperatur tinggi yang bertujuan untuk membersihkan sisa lapisan karat yang terangkat setelah logam diampelas.

6. Pengeringan

Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan butiran air sisa pembilasan.

Pengerjaan Pelapisan

Proses pengerjaan pelapisan dilakukan dengan kondisi operasi sebagai berikut :

- Arus = 1,8 A
- Jarak elektroda = 40 mm

- Waktu = 60 detik
- Temperatur = 30 °C, 40 °C, 50 °C dan 60 °C
- Konsentrasi $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ = 200, 250 dan 300 gr/l.

Adapun langkah-langkah pelapisan berturut-turut sebagai berikut :

1. Rangkaian elektroplating disusun seperti pada Gambar 2.1.
2. Larutan elektrolit dimasukkan kedalam bak plating
3. Katoda yang telah di-flashing dengan perak dalam elektrolit Potassium Cyanida (KCN) dan ditimbang kemudian kedua elektroda disusun ke rangkaian. Jarak elektroda diatur 40 mm untuk mendapatkan elektrodeposi yang paling bagus seperti yang diperoleh pada penelitian sebelumnya.
4. Arus dialirkan sebesar 1,8 A dan dibiarkan selama 60 detik.
5. Katoda dibilas dengan aquades, dikeringkan dan kemudian ditimbang selisih berat merupakan penambahan berat logam plating.
6. Proses plating diulang dengan memvariasikan temperatur dengan menggunakan heater yang dilengkapi dengan pengatur temperatur (termostat), diatur temperatur berturut-turut dari temperatur 30 °C, 40 °C, 50 °C dan 60 °C dengan konsentrasi elektrolit $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 200 gr/l, 250 gr/l dan 300 gr/l.
7. Menghitung efisiensi katoda pada setiap proses plating.

Analisis Hasil Plating

Pada analisis hasil dapat dilakukan secara visual dengan cara membandingkan hasil pelapisan tiap-tiap variasi temperatur dan konsentrasi elektrolit. Didapatkan temperatur dan konsentrasi elektrolit yang relatif tepat dengan meninjau efisiensi katoda yang tertinggi dalam setiap proses.

PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur dan Konsentrasi Terhadap Hasil Elektroplating

Pada penelitian ini arus yang diberikan pada semua spesimen 1,8 ampere, dengan waktu 60 detik. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapat penambahan berat atau selisih berat katoda sebelum dan sesudah pelapisan. Berat yang

didapat merupakan perbandingan hasil pelapisan dengan memvariasikan konsentrasi $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan temperatur.

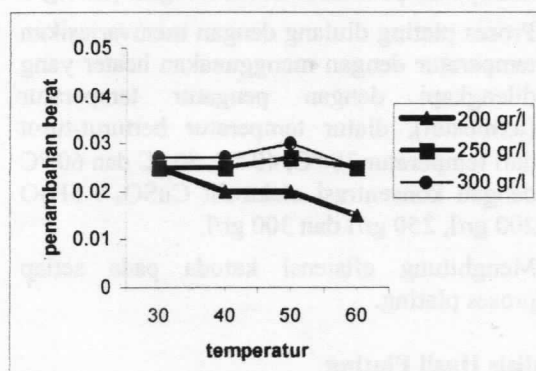
Penambahan berat katoda pada tabel 4.1 merupakan berat logam plating secara aktual. Dengan menerapkan persamaan (2) didapatkan berat deposit secara teoritik.

Tabel 1 Penambahan berat katoda / setelah pelapisan

Temperatur	Penambahan berat		
	200gr/l	250gr/l	300gr/l
30 ⁰ C	0,025	0,025	0,027
40 ⁰ C	0,020	0,025	0,027
50 ⁰ C	0,020	0,027	0,030
60 ⁰ C	0,015	0,025	0,025

Sumber : Hasil penelitian

Dari data tabel 1 dapat diplot grafik hubungan antara konsentrasi larutan elektrolit dan temperatur dengan penambahan berat deposit. Seperti yang terlihat pada gambar (2) dibawah ini:



Gambar 2. Grafik hubungan antara konsentrasi elektrolit dan temperatur dengan penambahan berat katoda

Sumber : Hasil penelitian

Dari gambar (2) dapat kita lihat perubahan berat deposit tidak selalu seiring dengan peningkatan temperatur dan konsentrasi. Secara teoritik dengan menggunakan persamaan (2) didapat berat deposit yang seharusnya terjadi adalah 0,0356 gram, tetapi dari gambar dan tabel 4.1, berat deposit yang mendekati berat teoritik adalah pada konsentrasi 300gr/l. Dengan temperatur 50⁰ C. Pada proses plating dengan menggunakan

konsentrasi 200gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, terlihat jelas penurunan berat deposit yang terbentuk, hal ini diakibatkan terbentuknya gelembung-gelembung yang menyertai proses pelapisan, kurangnya konsentrasi ion-ion yang berfungsi melarutkan anoda.

Pada temperatur 30⁰ C, lapisan logam tembaga yang terbentuk adalah 0,025 gram. Kenaikan temperatur mengakibatkan berkurangnya lapisan yang terbentuk. Ini dapat kita lihat pada temperatur 40⁰ C, 50⁰ C, dan 60⁰ C, Jadi pada konsentrasi elektrolit 200 gr/l, temperatur relatif sedang lebih cenderung menghasilkan lapisan tembaga yang mendekati berat secara teoritik.

Pada proses plating dengan konsentrasi 250gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, terlihat peningkatan penambahan berat logam pelapis dengan meningkatnya temperatur. Hal ini terjadi karena peningkatan temperatur yang diiringi dengan peningkatan konsentrasi elektrolit. Pada konsentrasi 250gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dengan temperatur 60⁰ C, terjadi penurunan logam pelapis, hal ini diakibatkan rapat arus yang relatif kecil, untuk konsentrasi dan temperatur yang tinggi. Pada dasarnya rapat arus yang lebih besar dapat diterapkan untuk konsentrasi dan temperatur yang lebih tinggi.

Pada proses plating dengan konsentrasi 300gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, penambahan berat deposit meningkat diawali pada temperatur 30⁰C, terbentuk lapisan tembaga 0,027 gr, sama seperti pada konsentrasi 250gr/l, dengan temperatur 50⁰ C. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi meningkatkan daya lontar logam-logam pelapis. Dengan penambahan konsentrasi elektrolit, menjaga keberadaan logam-logam pelapis didalam larutan elektrolit. Pada temperatur 50⁰ C, terjadi peningkatan lapisan tembaga sebesar 0,030 gr.

Sedangkan pada temperatur 60⁰ C, terjadi pembentukan lapisan yang kasar dan tidak memiliki daya ikat yang kuat, gampang terlepas. Oleh karena itu pada temperatur 60⁰ C, mengalami pengurangan berat lapisan tembaga dibandingkan temperatur sebelumnya. Dari seluruh proses dengan membandingkan konsentrasi dan temperatur dihasilkan lapisan tembaga yang tertinggi yaitu pada konsentrasi 300gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan temperatur 50⁰ C, yaitu 0,030 gr.

Dari data yang didapat pada tabel (1), dapat dihitung efisiensi katoda dengan persamaan (2.4), dimana hasil ini didapat dengan perbandingan jumlah berat logam yang terlapiskan pada katoda secara aktual terhadap berat deposit secara teoritik.

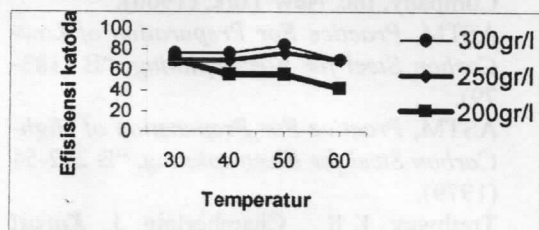
Tabel 2. Efisiensi katoda tiap proses pelapisan

Temperatur (°C)	Efisiensi katoda (%)		
	200gr/l	250gr/l	300gr/l
30 ⁰	70	70	70
40 ⁰	56	70	76
50 ⁰	56	76	84
60 ⁰	42	70	70

Sumber : Hasil penelitian

Dari tabel (2) tampak perbedaan efisiensi masing-masing proses elektroplating. Dapat kita lihat bahwa kenaikan temperatur tidak selalu menghasilkan lapisan tembaga yang optimum, bahkan pada temperatur tinggi terjadi penurunan efisiensi katoda yang diperkirakan akan terus menurun apabila temperatur semakin besar. Kenaikan temperatur dan konsentrasi dimungkinkan apabila diiringi dengan peningkatan arus, tetapi dalam penelitian ini yang divariasikan adalah temperatur dan konsentrasi elektrolit dengan pemberian arus yang tetap yaitu 1,8 A..

Dari data efisiensi katoda ini dapat diplot grafik yang menunjukkan hubungan temperatur dan konsentrasi terhadap efisiensi katoda. Seperti yang ditunjukkan pada gambar (3) dibawah ini :



Gambar 3. Grafik hubungan temperatur dan konsentrasi terhadap efisiensi katoda

Sumber : Hasil penelitian

Pada proses plating dengan konsentrasi 200gr/l $CuSO_4.5H_2O$, dapat kita lihat dengan jelas bahwa kenaikan temperatur mengakibatkan penurunan efisiensi katoda. Pada temperatur 30⁰ C didapatkan efisiensi 70% dan pada kenaikan temperatur 40⁰ C, 50⁰ C, dan 60⁰ C, mengalami penurunan, hal ini diakibatkan timbulnya

gelembung-gelembung kasar yang mengiringi proses pelapisan.

Efisiensi katoda meningkat pada konsentrasi elektrolit 250gr/l $CuSO_4.5H_2O$. Hal ini dimungkinkan karena kenaikan temperatur seiring dengan keberadaan logam-logam pelapis didalam larutan elektrolit. Pada temperatur 60⁰ C terjadi penurunan efisiensi katoda dan diperkirakan terus menurun jika temperatur semakin besar. Demikian pula pada konsentrasi yang lebih besar terlihat kenaikan efisiensi katoda diawali pada temperatur 30⁰ C, 40⁰ C dan 50⁰ C, tetapi pada temperatur 60⁰ C kembali terjadi penurunan efisiensi katoda yang diperkirakan akan terus menurun jika temperatur semakin besar.

Pengamatan Secara Visual

Dari hasil pelapisan dapat diamati secara visual perbedaan tampilan permukaan. Pada temperatur relatif sedang, tampilan permukaan berwarna cerah, dan lapisan yang terbentuk cenderung merata, menutupi katoda, dan pada temperatur tinggi mengalami efek pembakaran, dan permukaan cenderung kurang merata.

Dari hasil pengamatan secara visual didapat tabel (3). tampilan hasil plating proses elektroplating tembaga terhadap baja karbon rendah dengan memvariasikan temperatur dan konsentrasi elektrolit

Tabel 3. Tampilan hasil plating

Temperatur (°C)	Konsentrasi		
	200gr/l	250gr/l	300gr/l
30 ⁰	Pudar, Merata	Buram, Merata	Cerah, Merata
40 ⁰	Pudar, Merata	Cerah, Merata	Cerah, Merata
50 ⁰	Pudar, Merata	Cerah, Merata	Cerah, Merata
60 ⁰	Pudar, Tidak merata	Buram, Tidak merata	Buram, Tidak merata

Sumber : Hasil penelitian

Pada lampiran III dapat kita lihat hasil pelapisan tembaga dengan memvariasikan temperatur dan konsentrasi. Pada konsentrasi elektrolit rendah lapisan tembaga yang terbentuk memiliki tampilan permukaan cerah dan tidak telalu berongga, sehingga permukaan terlihat lebih bagus. Dari peningkatan temperatur dengan

konsentrasi yang rendah menimbulkan hasil plating yang lebih gelap dan memiliki rongga-rongga yang lebih besar.

Dari ketiga kriteria yang diperhatikan dalam hasil elektroplating dapat dibuat suatu tabel yang memuat berat logam endapan, efisiensi katoda dan tampilan permukaan plating.

Tabel 4. Pengaruh konsentrasi dan temperatur terhadap hasil elektroplating

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Konsentrasi		
	200gr/l	250gr/l	300gr/l
30 $^{\circ}$	0,025 gr 70 % pudar, merata	0,025 gr 70 % buram, merata	0,027 gr 76 % cerah, merata
40 $^{\circ}$	0,020 gr 56 % pudar, merata	0,025 gr 70 % cerah, merata	0,027 gr 76 % cerah, merata
50 $^{\circ}$	0,020 gr 56 % pudar, merata	0,027 gr 76 % cerah, merata	0,030 gr 84 % cerah, merata
60 $^{\circ}$	0,015 gr 42 % pudar, tidak merata	0,025 gr 70 % buram, tidak merata	0,025 gr 70 % buram, tidak merata

Sumber : Hasil penelitian

Proses pelapisan tembaga dengan konsentrasi lebih besar dapat mengurangi efek porositas yang biasanya timbul dalam proses elektroplating. Hal ini dapat kita lihat pada konsentrasi 250 gr/l dengan temperatur yang relatif sedang, efek porositas semakin berkurang, dimana efek ini merupakan hal yang perlu dicegah dalam proses elektroplating. Pada temperatur yang tinggi dengan konsentrasi 250 gr/l, mengakibatkan daya ikat berkurang hingga menimbulkan lapisan tembaga yang kurang merata menutupi substrat.

Demikian pula dengan konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 300 gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dimana pada temperatur 50 $^{\circ}\text{C}$ dihasilkan lapisan tembaga yang berwarna cerah dengan efek porositas yang relatif kecil, dan merupakan hasil plating yang terbaik dari seluruh variasi konsentrasi dan temperatur didalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Peningkatan konsentrasi dan temperatur berhubungan erat dengan penambahan berat deposit yang dihasilkan.
2. Temperatur yang relatif sedang dapat menghasilkan lapisan tembaga yang berwarna cerah dengan efek porositas yang kecil.
3. Proses elektroplating dengan konsentrasi dan temperatur yang optimum didapatkan dari perbandingan tampilan warna dan efisiensi katoda yang tertinggi yaitu pada konsentrasi 300 gr/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan temperatur 50 $^{\circ}\text{C}$, dimana dihasilkan efisiensi katoda mencapai 84%, arus 1,8 ampere selama 60 detik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sanders, A.H. , *Electroplating*, The Haddon Craftsmen, Inc. , Scranton , Pennsylvania, (1950).
2. Kaneko. T, Hartomo.A.J., *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*, Andi Offset Yogyakarta, (1992).
3. Glasstone,S., *An Introduction to Electrochemistry*, D. Van Nostrand Company Inc., Princenton, New Jersey, (1962).
4. Mantel, C.L, *Electrochemical Engginering*, Fourth Edition, Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New York, (1960).
5. ASTM, *Practice For Preparation of Low-Carbon Steel for Electroplating*, "B (183-79).
6. ASTM, *Practice For Preparation of High-Carbon Steel for Electroplating*, "B 242-54 (1979).
7. Trethwey, K.R. , Chamberlain, J., *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, Gramedia, Jakarta, (1991).
8. Keenan, Kleinfelter, Wood, Pudjadmaka. A. H. , *Kimia Untuk Universitas*, Erlangga, Jakarta, (1993).
9. Suherman, W., *Pengetahuan Bahan*, Jurusan Teknik Mesin , Institut Sepuluh November Surabaya, (1987).
10. Umar, F. , *Pelapisan Listrik (elektroplating)* , Makalah Penataran dan Pengembangan Pengendalian Korosi, Institut teknologi Bandung, (1994).

11. Murphy, D.P. , *Surface Cleaning, Finishing, and Coating in ASM Hand Book*, Vol. 5, Ohio, (1982).
12. Herbert, H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control*, USA, (1985).
13. Van Vlack, H. Lawrence, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, (1983).