

**PENGARUH TEMPERATURE ELECTRO PLATING PADA LAJU KOROSI
DENGAN MEDIA SARI COKLAT PADA BAJA AISI 1045**

SKRIPSI

Konsentrasi Produksi

diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh:

ARIK SETYA DWILESTARI

NIM. 0210623017

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat ALLAH S.W.T. atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“PENGARUH TEMPERATURE ELEKTRO PLATING PADA LAJU KOROSI DENGAN MEDIA SARI COKLAT PADA BAJA AISI 1045”** dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu dan mendukung tersusunnya skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT., selaku Ketua Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. CSE., selaku Sekertaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya,serta selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya untuk saya dan banyak memberikan masukan dan bimbingan kepada saya.
3. Bapak, Ir. Marsoedi Wirohardjo, M. MT., selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Produksi Jurusan Mesin yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan dalam menyusun skripsi ini.
4. Bapak Ir. Endi sutikno,MT,selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, dan meluangkan waktunya untuk berdiskusi, serta banyak memberikan motifasi yang sangat berharga banget buat saya waktu saya konsultasi.
5. Bapaku Suwito Hadi Pranoto, Ibuku Eli Sri Mulyati, kakakku Eni Puji Rahwati dan seluruh keluarga besarku yang telah memberikan segalanya yang terbaik untuk penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Keluarga besar Mesin angkatan 2002 Kukuh (dayak) “pak lik waktunya kekampus ayo prang”, Rubi (siung) “njing,Kuliahmu piye wes tuek ndang dimarekno kuliahe ojo sampek kenek DO”, Tatong (tong bajil)”ayo paklik grilya,pokoke ndang mari”, Topan (obrek)”ayo dhol ngopi ndisek”,Yohanes (kintel)”walah aku wes ngentekno sawah 3hektar,sapi kari kandange thok,iki aku kudu ngelunasi bone mbokku” panji (nyong)”kenarine piye dhol” Wayu Tri

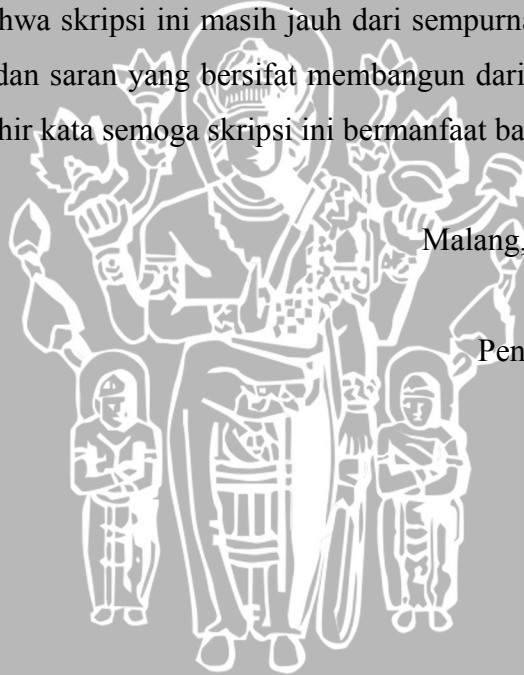
Widodo (kipling)"tak gendhong kemana-mana,anti teror", Agib,Bongkreng,Rizal (pak lek)"ayo budal" Andi (mpek-mpek Palembang)"pokoke budal", Ivin "ayi thok", temen-temen pengairan Topeng, NTB, Gundul, Ambon, Temen-temen teater yahoooooma (Gareng, Andang, Cabol, Yofa, Akbar"jangan patah semangat bro") dan serta guru besar di padepokan gendheng Bapak dan Ibu, mas Rudi, mas Sofyan, Saprol, Farid. Dan semua temen-teman di **BHUMI KESANTRIAN TIMUR**. Tak lupa untuk yang aku sayangi JUDITH (jude CuT3)"sinau ojo ngopi thok,po tak kancani yen sinau" Atas bantuan serta doa, serta dorongannya kepada saya untuk menyelesaikan penulisan ini.

7. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dorongan, semangat, serta do'a dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2009

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	x
RINGKASAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baja	5
2.2 Pelapisan Logam Secara Listrik (<i>Electroplating</i>)	6
2.3 Elemen Sel Elektrolitik	7
2.3.1 Elektrolit	7
2.3.2 Pengaliran Arus	8
2.3.3 Elektroda	8
2.4 Reaksi Redoks	9
2.5 Pembersihan Kotoran (<i>Pickling</i>)	10
2.6 Sari coklat	10
2.7 Nikel	11
2.8 Temperatur	11
2.9 Waktu Pelapisan dalam Hukum Faraday	12
2.10 Konsentrasi Larutan Elektrolit	13
2.11 Klasifikasi Korosi	13
2.10.1 Korosi	13
2.10.2 Pengujian korosi	14
2.10.3 Laju Korosi	15
2.10.4 Syarat-Syarat Terjadinya Korosi	16
2.10.5 Korosi pada Logam Besi	17
2.12 Hipotesa	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	23
3.2 Variabel Penelitian	23
3.2.1 Variabel Bebas	23

3.2.2	Variabel yang Dikonstankan.....	23
3.2.3	Variabel Terikat.....	23
3.3	Pengujian laju Korosi.....	23
3.4	Penyiapan Benda Uji.....	24
3.5	Pembuatan Benda Uji <i>Electroplating</i>	24
3.6	Pengujian Bahan.....	25
3.6.1	Alat Penelitian.....	25
3.7	Bahan Yang Digunakan	28
3.8	Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.9	Prosedur Percobaan.....	28
3.10	Metode Pengukuran Data.....	29
3.6.1	Pengukuran ketebalan lapisan.....	29
3.6.2	Pengukuran laju korosi	29
3.11	Diagram Alur Penelitian.....	31
3.12	Metode Pengolahan Data.....	32
3.13	Rancangan Penelitian.....	32
3.9.1	Analisis Statistik.....	32
3.9.2	Analisa Regresi.....	35
 BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Data Hasil Pengujian.....	36
4.2	Analisa Statistik.....	40
4.2.1	Analisis Statistik.....	40
4.2.2	Analisa Varian	40
4.2.3	Analisa Regresi.....	44
4.2.4	Analisa Regeresi Polinomial.....	44
4.3	Analisa Grafik.....	46
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.		
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran	50

DAFTAR PUSTAKA
DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1.	Rancangan Penelitian hasil Uji Korosi	32
Tabel 3.2.	Rencana analisa variasi dua arah	33
Tabel 4.1.	Berat spesimen sebelum proses pelapisan Variasi pelapisan	36
Tabel 4.2.	Berat spesimen setelah pelapisan	37
Tabel 4.3.	Berat spesimen setelah uji korosi	37
Tabel 4.4.	Berat yang hilang akibat korosi	38
Tabel 4.5.	Pengolahan Data Laju Korosi (mpy)	39
Tabel 4.6.	Pengolahan data laju korosi	39
Tabel 4.7.	Jumlah Kuadrat Data Laju Korosi	40
Tabel 4.8.	Analisa varian dua arah	43
Tabel 4.9.	Perhitungan persamaan regresi hubungan temperatur dengan laju korosi untuk waktu pelapisan 20 menit	44
Tabel 4.10.	Perhitungan koefisiensi korelasi hubungan temperatur dengan laju korosi untuk pelapisan 20 menit	45



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Proses elektroplating	7
Gambar 2.2.	Penguraian metal Mmenjadi ion-ion M^{2+} & elektron-elektron e^{-}	17
Gambar 2.3.	Korosi galvanik	19
Gambar 2.4.	Korosi celah	19
Gambar 2.5.	Korosi erosi	20
Gambar 3.1.	Specimen uji <i>electroplating</i>	25
Gambar 3.2.	Instalasi <i>electroplating</i>	26
Gambar 3.3.	Bak <i>electrolisis</i>	26
Gambar 3.4.	<i>Katoda</i>	26
Gambar 3.7.	<i>Anoda</i>	27
Gambar 3.8.	Foto Mesin <i>Electrolyse</i>	27
Gambar 3.9	Foto Timbangan elektrik	27
Gambar 3.10	Diagram alir pengerjaan tugas akhir	30
Gambar3.11.	Diagram alir penelitian	31
Gambar 4.1	Grafik hubungan waktu pelapisan terhadap laju korosi	46
Gambar 4.2.	Grafik waktu pelapisan terhadap laju korosi	48

RINGKASAN

**PENGARUH *TEMPERATURE ELECTRO PLATING* PADA LAJU KOROSI
DENGAN MEDIA SARI COKLAT PADA BAJA AISI 1045****Arik Setya Dwi Lestari, Ir.Endi Sutikno,MT., Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc. CSE**

Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. mayjen Hariyono No. 167 Malang 65145

Proses pelapisan nikel dengan menggunakan arus listrik (*electro plating*) merupakan salah satu pelapisan yang paling banyak digunakan pada industri sebagai hasil akhir atau lapisan dasar untuk proses selanjutnya. Proses pelapisan nikel dapat diaplikasikan untuk produk seperti pada alat rumah tangga maupun konstruksi, yang bertujuan untuk melindungi logam dasar dari korosi dan permukaannya mempunyai warna yang mengkilap selama masa pakainya.

Tebal lapisan yang dihasilkan pada permukaan pelapisan *elektro plating* ini akan dipengaruhi oleh beberapa parameter proses pelapisan, diantaranya rapat arus, temperatur dan waktu pelapisan. Metode penelitian yang digunakan adalah metoda eksperimental dengan melakukan pengujian ketebalan terhadap spesimen yang telah dilapis nikel dengan bervariasi parameter waktu pelapisan yaitu (20, 30, 40 menit), rapat arus (2,5amper) dan temperatur (20°C, 30°C, 40°C). Parameter waktu pelapisan, temperatur dan rapat arus yang digunakan selama proses pelapisan ini akan mempengaruhi hasil lapisan nikel secara kuantitas, dimana semakin lama waktu pelapisan, semakin tebal lapisan nikel yang dihasilkan pada permukaan spesimen.

Dari data dapat ditarik kesimpulan bahwa pada temperatur 40°C dan waktu pelapisan 20 menit jumlah hidrogen yang terjebak dalam deposit lapisan berbeda pada kondisi maksimal, ditunjang pula dengan hasil pelapisan yang lebih lama, banyaknya *pitting* pada lapisan menyebabkan terjadinya peningkatan laju korosi.

Laju korosi terendah terjadi pada interaksi temperatur 40°C dan waktu pelapisan 40 menit, Peristiwa ini menunjukkan bahwa temperatur 40°C reaksi pelepasan hidrogen sudah banyak dibanding dengan waktu pelapisan 20 menit.

Waktu pelapisan selama 40 menit menghasilkan lapisan yang paling tebal dibanding dengan penggunaan waktu pelapisan yang lain, ketebalan lapisan itulah yang dapat meredam terjadinya korosi pada suatu material.

Kata kunci: *Elektro Plating*, Temperatur, Laju Korosi, Media Coklat

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan industri saat ini, logam masih memegang peranan yang sangat penting. Perkembangan tersebut dapat kita lihat pada berbagai macam industri seperti otomotif, kereta api, konstruksi mesin dan sebagainya, yang kesemuanya memanfaatkan logam sebagai komponen utamanya. Untuk mendapatkan logam yang kuat dan tahan lama, maka diperlukan logam yang tahan terhadap korosi. Salah satu cara untuk mendapatkan sifat ketahanan korosi adalah dengan cara melakukan proses pelapisan logam.

Pelapisan logam (*electro plating*) merupakan bidang yang sangat luas, dan menjadi salah satu penerapan teknologi *elektro kimia*. *Electro plating* erat sekali dengan ilmu pengetahuan dan teknologi bahan, kimia permukaan, kimia fisik. Contoh aplikasi *electro plating* yang banyak digunakan adalah pada industri kimia, telekomunikasi dan industri komputer. Karena dengan proses ini diharapkan akan meningkatkan lapisan tebal lapisan pelindung (*deposid*) pada permukaan material, sehingga material dapat mempunyai fungsi dan umur pemakaian yang lebih lama (Hartomo.,1992:39).

Pemanfaatan logam sebagai bahan dasar untuk membuat suatu konstruksi seperti rangka body kendaraan, elemen mesin dan sebagainya, akan selalu mengalami perkembangan akibat dari kebutuhan manusia untuk mendapatkan konstruksi yang kuat dan tahan lama dari bahan yang berkualitas tinggi dengan produksi efektif dan biaya minimum. Salah satu cara peningkatan produktivitas adalah dengan cara pelapisan logam, seperti *elektro plating*.

Electroplating merupakan salah satu proses pelapisan pada permukaan logam yang memiliki keunggulan, yaitu dapat memperbaiki sifat mekanik bahan tanpa merubah sifat fisik dan mekanik asli dari bahan yang dilapisi serta dapat dikontrol tingkat ketebalan lapisannya dengan beberapa variasi. Maksud *electro plating* ialah demi tujuan penampilan (bagus, kilap, cemerlang), perlindungan (terhadap korosi), sifat khas permukaan, serta sifat mekanis tertentu (Hartomo, Anton J.,1992:25).

Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung dengan sendirinya, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses perusakannya (Septedjati, 2008), sehingga korosi dapat diartikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Chamberlain, J dan K.R. Trethewey. 1991).

Keunggulan dari *electro plating* adalah dapat memperbaiki sifat mekanik bahan tanpa merubah sifat fisik dan mekanik asli dari bahan yang dilapisi serta dapat dikontrol tingkat ketebalan lapisannya dengan berbagai variasi (Fennese, Heather, 1996).

Salah satu jenis logam yang banyak dipergunakan sebagai logam pelapis adalah nikel. Karena lapisan nikel mempunyai sifat yang keras, dapat dipergunakan secara luas dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap gesekan dan temperatur tinggi serta dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Nikel pada proses electroplating digunakan sebagai anoda (Luo, J.K., 2005).

Sementara itu Listyono (2000). Meneliti bahwa konsentrasi *pickling* dan lama waktu berpengaruh pada kekerasan permukaan hasil *electroplating* nikel, yang mana didapat bahwa konsentrasi *pickling* yang baik yaitu 10% (H_2SO_4) selama 5 menit.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Adhen Bagussa Utomo (2007) Didapatkan hasil bahwa variasi konsentrasi $NiSO_4$ memberikan pengaruh yang besar terhadap ketahanan aus dan ketahanan terhadap *thermal shock*. Konsentrasi $NiSO_4$ untuk mendapatkan ketahanan aus optimum adalah sebesar 300 gram/liter dan untuk *thermal shock* sebesar 222,5 gram/liter. Hal ini disebabkan pada konsentrasi tersebut deposit lapisan yang dihasilkan relatif lebih tebal dan mempunyai kemampuan tahan terhadap keausan dan *thermal shock* yang lebih baik.

Larutan yang dipergunakan dalam proses pelapisan nikel adalah larutan *Watts* yang terdiri dari larutan nikel sulfat, larutan nikel klorida, dan asam borat. Dimana pada larutan *Watts*, nikel sulfat memasok ion nikel dan nikel klorida memasok kloridanya yang berguna untuk mencegah agar anoda tidak pasif (mencegah lapisan film). Sedangkan asam borat mengontrol PH film katoda (Loar, Gary W.,2006:1). Dengan kata lain bila larutan $NiSO_4$ sebagai pemasok ion nikel tersebut divariasikan kadarnya maka akan berpengaruh terhadap sifat – sifat dari permukaan hasil *electroplating*, khususnya

laju korosi dan kekerasan permukaan. Biasanya diaplikasikan pada hidraulik silinder dan pin (ASM 1964;171). Larutan *watts* ini memiliki beberapa keunggulan (ASM International).

yaitu :

- ' Sederhana dan mudah digunakan.
- ' Harganya Relatif murah.
- ' Keagresifan terhadap peralatan lebih rendah..
- ' Kerapuhan dan tegangan dalam dari deposit yang dilapisi.

Dari berbagai penelitian sebelumnya, yang belum dilakukan penelitian adalah pengaruh temperatur *elektro plating* pada laju korosi dengan media sari coklat. Sehingga dapat diketahui ada tidaknya perubahan pada sifat tersebut dengan adanya variasi temperatur yang digunakan dalam proses pelapisan nikel secara *electroplating* terhadap laju korosi dengan media sari coklat, coklat disini sebagai pengkorosi karena didalam coklat banyak mengandung asam sitrat.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana variasi temperatur *nickel sulphate* (NiSO_4) mempengaruhi ketahanan korosi proses *nickel electro plating*. Pengujian laju korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan korosi pada material. Pengujian laju korosi dilakukan untuk mengetahui karakteristik material sewaktu mengalami korosi terhadap lingkungan yang korosif, seperti di daerah-daerah industri. Aplikasi yang digunakan pada spesimen, misalnya pelapisan pada baja karbon sedang yang banyak digunakan di daerah - daerah industri, dan banyak digunakan di daerah yang banyak mengandung garam.

Material yang digunakan pada proses ini adalah baja AISI 1045. Sehingga dapat diketahui apakah variasi temperatur larutan *nickel sulphate* (NiSO_4) pada proses *nickel electro plating* berpengaruh terhadap laju korosi dengan media sari coklat pada material.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pentingnya penelitian ini maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

Bagaimanakah pengaruh temperatur pelapisan dan waktu pengkorosi terhadap laju korosi baja AISI 1045 pada media sari coklat.

I.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dari penelitian ini tidak meluas sehingga dapat terfokus, maka ditetapkan batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas pengujian tarik.
2. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi.
3. Tidak membahas pengujian kekerasan.
4. Media pengkorosi dibatasi berupa sari coklat.
5. Perhitungan laju korosi hanya dilihat dari perhitungan kehilangan berat
6. Voltase yang digunakan adalah 12 volt.
7. Larutan yang digunakan adalah larutan *watts*.
8. Menggunakan benda kerja baja AISI 1045 sebagai katoda, karena baja ini memiliki kekuatan tarik, ketahanan *aus* dan kekerasan yang baik. (Malcolm Campbell, 2008).
9. Larutan elektrolit yang digunakan pada proses pickling adalah 10% H₂SO₄ selama 5 menit (listyono, 2000).

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh laju korosi pada baja AISI 1045, untuk mengetahui kekuatan dari baja tersebut setelah mengalami proses korosi supaya dapat digunakan sebagai acuan untuk sebuah perencanaan pembuatan bahan atau produk yang rawan didaerah korosif.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui variasi temperatur, waktu perendaman, pada proses pelapisan dan proses laju korosi pada baja karbon sedang dengan media sari coklat.
2. Memberikan referensi tambahan bagi penelitian selanjutnya mengenai *electro plating*.
3. Dapat menjadi dasar acuan sehingga dapat dilakukan penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja merupakan paduan antara besi, karbon, dan unsur lain. Baja dapat dibuat dengan melalui beberapa macam proses, seperti pengerolan dan penempaan. Dalam aplikasinya, baja sering digunakan pada berbagai elemen mesin. Kandungan karbon dalam baja merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Berdasarkan kandungan karbonnya, baja karbon dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Baja Karbon Rendah (*low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah ini mengandung kadar karbon kurang dari 0,30%. Dimana mempunyai kekuatan yang relatif rendah, lunak, keuletannya tinggi, mudah dibentuk, dan memiliki sifat mampu mesin yang baik. Penggunaan baja jenis ini biasanya untuk ulir dan roda gigi.

b. Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang ini mengandung kadar karbon antara lebih dari 0,3% sampai 0,7%. Baja karbon sedang ini mempunyai sifat lebih kuat dan keras, jika dibandingkan baja karbon rendah. Pada umumnya baja jenis ini sering digunakan untuk kontruksi yang memerlukan kekuatan serta ketangguhan yang lebih baik. Penggunaan baja jenis ini banyak digunakan untuk mesin, misalnya : untuk poros engkol, dan poros penghubung.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi ini mengandung kadar karbon antara lebih 0,7% sampai 2,00%. Baja karbon ini mempunyai sifat yang lebih keras dan lebih kuat jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan baja karbon sedang, tetapi keuletan dan ketangguhannya sangat rendah sekali. Contoh penggunaan dari baja jenis ini adalah untuk pahat potong (*cutting tools*).

2.2 Pelapisan dengan Logam.

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat permukaan logam adalah dengan menggunakan logam sebagai bahan pelapis. Lapisan logam merupakan penghalang yang sinambung antara permukaan logam dan lingkungan sekitarnya (Trethewey, K.R. dan J.Chamberlain, 1991:269).

Sifat – sifat ideal bahan pelapis dari logam ini dapat diringkas.(Adhen bagusa 2007) yaitu :

- a) Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap serangan lingkungan dibanding logam yang dilindungi.
- b) Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau pecah di permukaannya.
- c) Sifat – sifat fisik, seperti kelenturan dan kekerasannya, harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.
- d) Metode pelapisannya harus bersesuaian dengan proses fabrikasi yang digunakan untuk membuat produk akhir.
- e) Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori – pori (persyaratan ini hampir tidak mungkin dipenuhi).

2.2. Pelapisan Logam Secara Listrik (*Electro plating*).

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat permukaan logam adalah dengan menggunakan logam sebagai bahan pelapis. Lapisan logam merupakan penghalang yang sinambung antara permukaan logam dan lingkungan sekitarnya (Trethewey, K.R. dan J.Chamberlain, 1991:269).

Sifat – sifat ideal bahan pelapis dari logam ini adalah sebagai berikut :

- f) Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap serangan lingkungan dibanding logam yang dilindungi.
- g) Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau pecah di permukaannya.
- h) Sifat – sifat fisik, seperti kelenturan dan kekerasannya, harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.

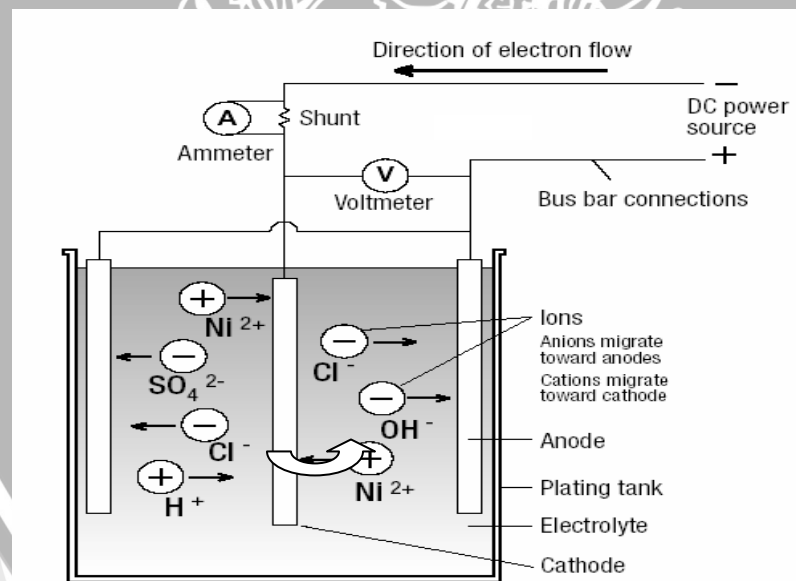
- i) Metode pelapisannya harus bersesuaian dengan proses fabrikasi yang digunakan untuk membuat produk akhir.
- j) Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori.

Prinsip dasar dari pelapisan logam secara *electroplating* adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion tersebut didapat dari anoda dan elektrolit yang digunakan.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Arus yang mengalir dari sumber (*power supply*) menyebabkan elektron "dipompa" melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit akan menghasilkan logam yang melapis permukaan logam lain (deposit). Secara elektrokimia prosesnya dapat digambarkan pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Proses *Elektro Plating*

Sumber : *Nickel Plating Handbook*, Clive Whittington, 2002:6Kantjono, 1991:289

2.3. Elemen Sel Elektrolitik

2.3.1. Elektrolit

Elektrolit adalah komposisi kimia yang akan terpisah menjadi ion-ion apabila dilarutkan dalam pelarut, hasil dari pemisahan ini berupa ion-ion yang menjadi penghantar listrik.

Fungsi elektrolit adalah sebagai penghantar arus dan penambah ion logam pelapis. Oleh karena itu, larutan elektrolit harus mengandung logam pelapis, misalnya untuk pelapisan nikel maka elektrolit yang digunakan juga harus mengandung nikel.

Ada beberapa macam larutan yang dipakai dalam proses *electroplating*, yaitu :

1. *Watts bath* yang terdiri dari nikel sulfat (NiSO_4), nikel klorida (NiCl_2), dan asam borat (H_3BO_3). Larutan ini digunakan dalam pelapisan untuk tujuan dekoratif, *engineering* maupun *electroforming*. Dimana pada larutan *Watts*, nikel sulfat memasok ion nikel dan nikel khlorida memasok khloridanya yang berguna untuk mencegah agar anoda tidak pasif (mencegah lapisan film). Sedangkan asam borat sebagai buffer yang berguna untuk mengontrol pH film katoda (Hartomo, Anton J. 1992: 52).

Larutan *watts* ini memiliki beberapa keunggulan (ASM International).

yaitu :

- 1 Sederhana dan mudah di gunakan
- 1 Relatif murah harganya
- 1 Keagresifan terhadap peralatan lebih rendah
- 1 Kerapuhan dan tegangan dalam dari deposit yang di lapisi lebih rendah

2. *Sulfamate bath* yang terdiri dari nikel *sulfamat* ($\text{Ni}(\text{SO}_3\text{NH}_2)_2$), nikel klorida (NiCl_2), dan asam borat (H_3BO_3).
3. *Fluoborate bath* yang terdiri dari nikel fluborat ($\text{Ni}(\text{BF}_4)_2$), nikel klorida (NiCl_2), dan asam borat (H_3BO_3).

2.3.2 Pengaliran Arus

Arus yang digunakan pada proses pelapisan adalah arus searah (*Direct Current/DC*). Arus ini didapat dari sumber arus yang bermacam – macam, yaitu batere kering, *Acumulator* dan *DC Power Supply*.

Penggunaan sumber arus tergantung dari besar arus yang akan digunakan selama proses, dan kestabilan besar arus juga harus diperhatikan karena hal itu berhubungan dengan hasil pelapisan yang terjadi. Ditinjau dari kestabilan arus yang dibutuhkan maka sumber arus yang paling baik adalah *DC Power Supply* (catu daya arus searah).

2.3.3 Elektroda

Pada proses *electroplating* terdapat dua buah elektroda, dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda dan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut katoda yang dalam hal ini adalah logam yang akan dilapisi.

Ciri-ciri dari elektroda tersebut adalah sebagai berikut :

a. Anoda :

1. Merupakan kutub positif
2. Terjadi reaksi oksidasi
(suatu perubahan kimia dimana suatu zat melepaskan elektron)
3. Terjadi pelepasan elektron
4. Menghantarkan arus listrik pada elektrolit
5. Mendistribusikan arus secara seragam pada permukaan katoda

b. Katoda :

1. Merupakan kutub negatif
2. Merupakan benda kerja yang akan dilapisi
3. Terjadi reaksi reduksi
(suatu perubahan kimia dimana suatu zat menangkap elektron)
4. Menerima elektron dari sirkuit luar

2.4 Reaksi Redoks

Reaksi redoks adalah reaksi kimia yang melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi secara serentak dalam suatu sel elektrokimia.

Reaksi oksidasi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat melepaskan elektron. Pada sel elektrokimia oksidasi terjadi di anoda. Reaksi reduksi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat menangkap elektron. Pada sel elektrokimia reduksi terjadi di katoda. Pada reaksi redoks, zat yang mengoksidasi disebut oksidator, sedangkan zat yang mereduksi zat lain disebut reduktor.

Suatu reaksi reduksi dapat menimbulkan potensial listrik tertentu, yang disebut potensial elektroda (E) dan semakin mudah suatu unsur mengalami reduksi, maka makin besar potensial elektrodanya. Harga potensial elektroda yang sebenarnya dalam suatu reaksi reduksi tidak dapat dihitung, sebab tidak ada reaksi reduksi yang berlangsung tanpa diikuti reaksi oksidasi. Oleh karena itu harga potensial elektroda yang dipakai adalah harga potensial elektroda relatif yang dibandingkan terhadap suatu elektroda standar. Itulah sebabnya harga potensial elektroda lebih tepat disebut potensial reduksi standar atau potensial elektroda standar (E_0). Elektroda yang dipakai sebagai standar dalam menentukan harga potensial elektroda adalah elektroda hidrogen. Cara memperolehnya dengan mengalirkan gas hidrogen murni pada elektroda platina (Pt) yang bersentuhan dengan asam (ion H^+). Sehingga terjadi kesetimbangan :



Harga potensial elektroda dari reaksi ini ditetapkan 0 volt. Kemudian harga potensial elektroda standar dari semua reaksi reduksi adalah harga yang dibandingkan terhadap potensial elektroda standar hidrogen.

Berdasarkan harga E_0 maka dapat disusun suatu deret unsur mulai dari unsur dengan harga E_0 terkecil sampai terbesar yang disebut deret volta yaitu :

K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-H-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Sifat-sifat dari deret volta adalah :

1. Logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki harga E_0 positif sedangkan di sebelah kiri H mempunyai harga E_0 negatif.
2. Makin ke kanan letak suatu logam pada deret volta, maka harga E_0 logam makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan H mudah mengalami reduksi atau sulit teroksidasi. Logam ini disebut logam yang pasif atau logam mulia.

3. Makin ke kiri, harga E_0 dari logam semakin kecil yang berarti logam tersebut sulit tereduksi dan mudah teroksidasi. Logam ini disebut logam yang aktif.

2.5. Pembersihan Kotoran (*Pickling*)

Proses *pickling* adalah proses pembersihan/penghilangan lapisan oksida dari permukaan logam secara kimiawi dengan mencelupkan ke dalam larutan asam. Proses ini dilakukan sebelum suatu logam mengalami proses pelapisan. Adapun lapisan oksida yang harus dibersihkan antara lain:

- a). Minyak dan sejenisnya, termasuk gemuk, serta jenis bahan organik lainnya.
- b). Karat, debu, dan kerak.

Lapisan oksida pada permukaan logam harus dihilangkan karena akan mempengaruhi kelekatan logam pelapis dengan logam yang akan dilapisi. Fungsi lain dari *pickling* adalah untuk membuka pori-pori pada permukaan logam agar lebih mudah menangkap logam pelapis. Lapisan oksida yang ada pada permukaan logam akan terkikis sehingga akan mudah mereduksi logam yang akan dilapiskan pada saat proses pelapisan.

Pada saat proses *pickling*, larutan asam akan masuk melalui celah-celah retakan (*crack*) pada lapisan oksida dan kemudian bereaksi dengan logam induknya dan akan menghasilkan gas hidrogen. Dengan meningkatnya jumlah gas hidrogen yang terbentuk, maka tekanan di bawah lapisan oksida tersebut akan meningkat sehingga lapisan oksida tersebut akan terlepas dari permukaan logam. Lapisan oksida tersebut juga bisa bereaksi dengan larutan asam sehingga akan terkikis dan larut di dalam larutan tersebut.

2.6 Sari coklat

Sari coklat banyak mengandung asam *citric* ($C_6H_8O_7$). asam *citric* adalah senyawa rendah untuk bahan pengawet makanan. Keasaman asam *citric* didapat dari tiga gugus karboksil $COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika hal itu terjadi, ion yang dihasilkan adalah ion *citric*. *Citric* banyak digunakan dalam larutan penyangga untuk mengendalikan pH larutan. Ion *citric* dapat bereaksi dengan banyak ion logam dan membentuk garam *citric*. Selain itu, *citric* dapat mengikat ion-ion logam dengan pengkelatan, sehingga digunakan sebagai pengawet dan penghilang kesadahan air.

Pada temperatur kamar, asam *citric* berbentuk kristal berwarna putih. Serbuk kristal tersebut dapat berupa bentuk *anhydrous* (bebas air) atau bentuk monohidrat yang mengandung satu molekul air untuk setiap molekul asam *citric*. Bentuk *anhydrous* asam *citric* mengkristal dalam air panas, sedangkan bentuk monohidrat didapat dari kristalisasi asam *citric* dalam air dingin. Bentuk monohidrat tersebut dapat diubah menjadi bentuk *anhydrous* dengan pemanasan di atas 74°C.

2.7. Nikel

Nikel merupakan logam yang sangat keras dan memiliki keuletan yang rendah. Pada suhu biasa, nikel tidak terserang udara basah dan kering dan memiliki ketahanan terhadap korosi dan temperatur tinggi yang cukup baik. Nikel amat populer dalam elektroplating terutama dalam sistem pelapisan tembaga nikel khrom (*decorative – protective*). Berikut ini adalah karakteristik dari logam nikel murni (<http://en.wikipedia.org/wiki/nickel>) :

Lambang	: Ni
Nomor Atom	: 28
Kondisi standar (pada 298 K)	: Padat
Berat jenisnya (pada 298 K)	: 8902 Kg.m ⁻³
Titik leleh	: 1726 K (1455 °C)
Titik Didih	: 3186 K (2913 °C)
Resistivitas listrik (pada 20 ⁰ C)	: 69,3 nOhm.m
Konduktivitas termal (pada 300 K)	: 90,7 W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Bentuk kristal	: kubus pusat sisi (f.c.c)

2.8 Temperatur

Temperatur akan berpengaruh pada laju difusi ion-ion menuju ke katoda. Apabila temperatur meningkat maka akan meningkatkan laju difusi ion ke katoda sehingga dapat mencegah pembentukan deposit dengan struktur yang kasar. Struktur deposit yang kasar akan berpengaruh pada sifat-sifat dari lapisan hasil elektroplating terutama ketahanan terhadap korosi dan kekerasan permukaan.

Temperatur juga akan berpengaruh pada konduktivitas larutan elektrolit. Konduktivitas larutan elektrolit ditentukan oleh jumlah dan mobilitas ion menuju ke katoda. Semakin cepat laju perpindahan ion, maka akan semakin besar pula konduktivitas larutan. Ion H^+ dan OH^- merupakan ion dengan laju difusi yang paling cepat. Larutan basa atau asam kuat merupakan konduktor yang lebih baik dari pada larutan garamnya.

2.9 Waktu Pelapisan dalam Hukum Faraday

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk suatu endapan dengan jumlah arus dan waktu yang digunakan, yaitu :

1. Berat dari logam yang diendapkan (W) pada saat berlangsung proses elektrolisa berbanding lurus dengan jumlah kuat arus (I) dan waktu (t).
2. Untuk jumlah arus yang sama, berat dari logam yang diendapkan berbanding lurus dengan ekivalen kimianya.

Pernyataan diatas dapat dirumuskan sebagai berikut (Sanders, 1950:6) :

$$W = \frac{I \times t \times A}{Z \times F} \quad (gr) \quad (2-1)$$

keterangan : W = berat logam yang diendapkan (gr)

I = arus yang digunakan (ampere)

t = waktu (detik)

A = massa atom (gr/mol)

Z = valensi atom

F = bilangan faraday = 96500 (Coulomb/mol)

Dari rumus diatas, Ketebalan deposit dapat diperoleh dengan asumsi deposit sepanjang permukaan seragam (Sanders, 1950:7). Untuk mengetahui ketebalan deposit maka harus diketahui volume dari logam, dan hubungan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Density = \frac{\text{berat endapan}}{\text{volume}} \quad \left(\frac{gr}{cm^3} \right) \quad (2-2)$$

Atau

$$Volume = \frac{\text{berat endapan}}{\text{density}} \quad (cm^3) \quad (2-3)$$

Ketebalan endapan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{volume}}{\text{luas permukaan}} \quad (\text{cm}) \quad (2-4)$$

Hukum Faraday dapat menjelaskan pengaruh penambahan waktu pada proses pelapisan logam dengan listrik. Semakin lama waktu yang digunakan, maka deposit logam yang dihasilkan juga semakin besar. Berdasarkan persamaan (2-2), (2-3) dan (2-4) juga dapat dijelaskan bahwa semakin besar jumlah deposit lapisan logam (jumlah berat endapan), maka semakin besar pula ketebalan dari lapisan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu yang digunakan pada proses pelapisan mempengaruhi jumlah deposit lapisan dan juga ketebalan lapisan yang terbentuk.

2.10 Konsentrasi Larutan Elektrolit

Konsentrasi larutan menyatakan secara kuantitatif komposisi zat terlarut dan pelarut di dalam larutan. Konsentrasi umumnya dinyatakan dalam perbandingan jumlah zat terlarut dengan jumlah pelarut. Konduktivitas total larutan tertentu merupakan jumlahan mobilitas segenap ion yang dikandungnya. Ion bergerak dalam larutan sebagai satuan-satuan, yang agak terhalangi oleh efek gesekan/seretan “sampul” molekul pelarut yang mengitarinya serta hambatan dari ion-ion sekitar yang bermuatan berlawanan. Larutan asam/basa kuat merupakan konduktor baik dibandingkan larutan berair lainnya, maka proses elektrolitik asam/basa bebas sering dipergunakan untuk memperbaiki konduktivitas (daya hantar) larutannya (Hartomo, Anton J., 1992: 3).

Dengan konsentrasi larutan elektrolit yang tinggi, maka nilai konduktifitas listrik akan meningkat dan jumlah arus yang melewati juga semakin optimal, sehingga mempercepat pembentukan deposit pada lapisan. Tetapi dengan konsentrasi larutan elektrolit yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya produksi gas hidrogen disekitar gas secara berlebihan, sehingga terjebak dalam endapan deposit pada batas butir yang menyebabkan porositas meningkat. Porositas ini dapat menyebabkan lapisan tidak merata.

2.11 Klasifikasi Korosi

2.11.1 Korosi

Dilihat dari aspek elektro kimia, korosi merupakan proses terjadinya transfer elektron dari logam ke lingkungannya. Logam berlaku sebagai sel yang memberikan elektron (anoda) dan lingkungannya sebagai penerima elektron (katoda). Reaksi yang terjadi pada logam yang mengalami korosi adalah reaksi oksidasi, dimana atom-atom logam larut ke lingkungannya menjadi ion-ion dengan melepaskan elektron pada logam tersebut. Sedangkan dari katoda terjadi reaksi, dimana ion-ion dari lingkungan mendekati logam dan menangkap elektron-elektron yang tertinggal pada logam.

Korosi didefinisikan sebagai proses perusakan material karena bereaksi dengan lingkungannya.

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, K.R dan J. Chamberlain, 1991:25). Hilangnya material tersebut biasanya berlangsung sangat lambat tetapi berlangsung terus menerus.

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kerumit yang ada dalam bahan, teknik pencampuran bahan dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya.

Cara mengatasi terjadinya korosi yaitu :

- Dengan cara pengendalian lingkungan yaitu antara lain :
 1. Menjaga kelembaban Udara
 2. Pengendalian keasaman lingkungan
 3. Menghilangkan komponen-komponen mudah menguap yang dihasilkan oleh bahan-bahan sekitar
 4. Menghilangkan kotoran-kotoran, endapan-endapan yang membentuk katoda dan ion-ion negatif
- Memberi lapisan penghalang untuk komponen-komponen yang telah terakrit secara permanen.

2.11.2 Pengujian korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan tujuan mengetahui laju korosi atau ketahanan korosi dari suatu material logam. Pengujian korosi ini dibagi menjadi dua kategori yaitu :

1. Pengujian laboratorium (*Laboratory Test*)

Pengujian ini dilakukan dengan mengkondisikan lingkungan agar spesimen yang diuji dapat terkorosi, dengan kondisi dan bentuk spesimen yang dibuat mendekati keadaan sebenarnya atau spesimen tiruan. Pada pengujian di laboratorium biasanya digunakan larutan-larutan asam yang bersifat korosif atau menggunakan larutan yang dialiri arus listrik atau *electrochemical* misal *galvanic cells* atau *electrolytics cells* sehingga waktunya relatif lebih singkat (Nova budi satriawan, 2006).

Alat yang digunakan adalah :

- mesin *electrolyse*.
- dua buah elektroda .
- larutan H_2SO_4 5%.
- timbangan elektrik.

2. Pengujian lapangan (*Field Test*)

Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan spesimen sebenarnya pada kondisi lingkungan atau kondisi aplikasi yang dialami langsung oleh material tanpa adanya kondisi-kondisi yang dibuat untuk mempercepat terjadinya korosi (Nova budi satriawan, 2006).

Lingkungan-lingkungan alamiah tersebut antara lain :

- lingkungan udara, misalnya : udara pantai, udara kawasan industri.
- lingkungan air, misalnya : air tawar, air laut, air mengalir.

lingkungan tanah, misalnya : tanah lembab, tanah berdebu.

2.11.3 Laju Korosi

Besarnya laju korosi merupakan laju pengurangan berat spesimen karena pengaruh dari reaksi media dengan berbagai tingkat keasaman (pH media perendam) yang diukur dengan rumus yang menunjukkan penipisan spesimen setelah direndam dalam larutan atau media.

Laju korosi pada umumnya diekspresikan sebagai *Corrosion Penetration Rate* (CPR) dalam *inch per year* (ipy) atau *mills per year* (mpy), dimana 1 mills = 10^{-3} inchi (Sinnot, 1989:216).

Rumus yang digunakan untuk menghitung laju korosi adalah :

$$\text{mpy} = \frac{kW}{DA t}$$

Dimana : W = Massa yang hilang setelah waktu ekspos (g)

D = *Density* (g.cm³)

A = Luas permukaan bahan (cm²)

t = Waktu ekspos (jam)

k = 534 untuk satuan mpy (*mills per year*)

untuk benda yang membentuk selain plat, ketahanan korosi sering dipersentasikan dalam laju pengurangan berat logam terkorosi (*corrosion speed*). *Corrosion speed* adalah besarnya berat benda yang terkorosi tiap satuan waktu (Richardson, 2004:64).

Rumus untuk menghitung *corrosion speed* adalah :

$$\text{Corrosion speed} : \frac{W_{\text{awal}} - W_{\text{akhir}}}{t} \quad (2-6)$$

Dimana : W_{awal} = berat benda kerja sebelum terkorosi (gram)

W_{akhir} = berat benda kerja setelah terkorosi (gram)

t = waktu pengkorosian benda kerja (jam)

2.11.4 Syarat-Syarat Terjadinya Korosi

Apabila suatu logam, misalnya seng, direaksikan dengan asam klorida maka akan terjadi reaksi sebagai berikut (Fontana, 1987. Corrosion Engineering):



Reaksi di atas tampaknya seperti reaksi kimia biasa, akan tetapi asam klorida dan seng klorida larut dalam larutan sehingga reaksinya dapat ditulis lagi sebagai berikut:



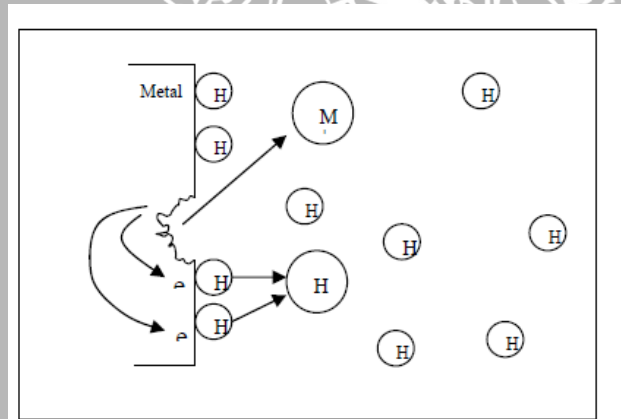
Dalam reaksi (2) ini terlihat bahwa ion klorida tidak ambil bagian dalam proses korosi seng, sehingga reaksinya dapat ditulis lagi sebagai berikut :



Dari reaksi (3) dapat dilihat bahwa dalam proses korosi terdapat dua jenis reaksi yang terjadi bersamaan yaitu reaksi redoks (reduksi-oksidasi):



Reaksi (4) adalah reaksi oksidasi dari proses terkorosinya logam seng yang terjadi di daerah yang bersifat anodik atau anoda, karena itu disebut reaksi Anodik. Reaksi (5) yang berlangsung serempak, adalah reaksi reduksi yang juga disebut reaksi katodik dan terjadi di daerah yang bersifat katodik atau katoda. Gambar 2 menunjukkan reaksi yang terjadi selama proses korosi.



Gambar 2.2 Penguraian metal M menjadi ion-ion M^{2+} & elektron-elektron e^-
Sumber : (Denny, 1992)

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa proses korosi di lingkungan basah dapat terjadi apabila tiga syarat terpenuhi yaitu:

- 1) Ada anoda dimana reaksi anodik terjadi.
- 2) Ada katoda dimana reaksi katodik terjadi.
- 3) Ada media untuk transfer elektron/arus.
- 4) Ada lingkungan yang bersifat elektrolit.

2.11.5 Korosi pada Logam Besi

Dampak yang ditimbulkan korosi dapat berupa kerugian langsung dan kerugian tidak langsung. Kerugian langsung adalah berupa terjadinya kerusakan pada peralatan, permesinan atau struktur bangunan. Sedangkan kerugian tidak langsung berupa terhentinya aktifitas produksi karena terjadinya penggantian peralatan yang rusak akibat korosi, terjadinya kehilangan produk akibat adanya kerusakan pada kontainer, tanki bahan bakar atau jaringan pemipaan air bersih atau minyak mentah, terakumulasinya produk korosi pada alat penukar panas dan jaringan pemipaannya akan menurunkan efisiensi perpindahan panasnya, dan lain sebagainya. Bahkan kerugian tidak langsung dapat berupa terjadinya kecelakaan yang menimbulkan korban jiwa, seperti kejadian runtuhnya jembatan akibat korosi retak tegang.

Berdasarkan kondisi lingkungannya, korosi dapat diklasifikasikan sebagai korosi basah yaitu korosi yang terjadi dilingkungan air, korosi atmosferik yang terjadi di udara terbuka dan korosi temperatur tinggi yaitu korosi yang terjadi dilingkungan bertemperatur diatas 500 °C.

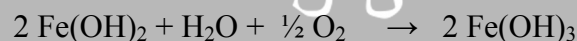
Pada logam besi, reaksi yang terjadi adalah :



Reaksi keseluruhan yang terjadi adalah:



Endapan yang terjadi yaitu $2 \text{Fe}(\text{OH})_2$, tetapi pada tahap ini, endapan tidak dalam bentuk sempurna karena masih bereaksi dengan H_2O dan O_2 , maka reaksi akhir yang terjadi adalah:



Produk akhir sebagai bentuk karat itu sendiri adalah $2 \text{Fe}(\text{OH})_3$ dan merupakan bentuk paling stabil.

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Hilangnya material tersebut biasanya berlangsung sangat lambat tetapi berlangsung terus menerus. (Ir. Edi Septe.S, MT).

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi (Ir Wahid Yuherman, ITS) adalah:

1. jenis dan konsentrasi elektrolit.

2. adanya oksigen terlarut pada elektrolit.
3. temperatur yang makin tinggi.
4. kecepatan aliran atau gerakan elektrolit yang makin tinggi.
5. jenis logam atau paduan logam.

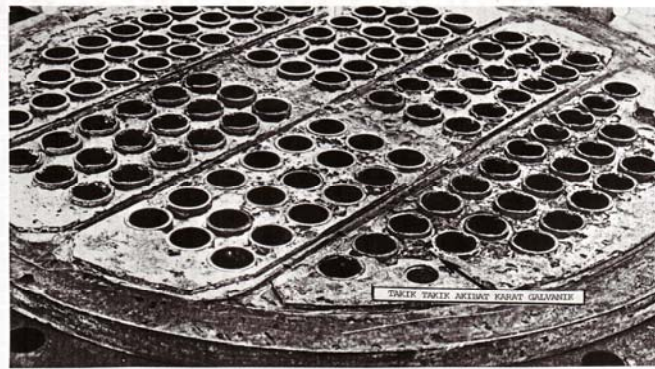
Macam macam bentuk korosi antara lain :

1. Korosi permukaan merata (*uniform corrosion*)

Korosi ini merupakan jenis korosi serangan merata pada permukaan logam akibat cairan atau gas korosif yang mengalir diatas daerah yang terbuka sehingga logam akan menjadi semakin tipis akibat korosi dan dapat membahayakan konstruksi suatu mesin.

2. Korosi galvanic

Korosi galvanic atau korosi dwilogam adalah korosi logam tak sejenis (*dissimilar metals*), yaitu korosi akibat dua logam tak sejenis yang terdangeng (*coupled*) membentuk sebuah sel korosi basah sederhana. Salah satu logam akan menjadi anoda dan terkorosi oleh sel *galvanic*. Hal yang dapat menyebabkan terbentuknya anoda dan katoda pada permukaan logam adalah perbedaan harga potensial reduksi (E°) antara dua logam yang sangat besar sehingga memungkinkan teriadinya aliran ion. (Fontana, Mars. 1987 :41)



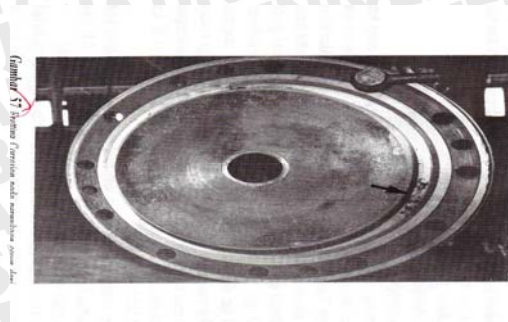
Gambar 2.3 Korosi galvanik, Korosi dan Pencegahannya 31

Sumber (sri widhiarto2001)

3. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Korosi yang terjadi pada celah-celah atau bagian yang tersembunyi, celah dapat menahan kotoran dan air yang menjadi sumber korosi. Konsentrasi oksigen pada permukaan celah lebih banyak dibandingkan pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodik dan bagian celah lebih katodik, dan akan timbul arus dari dalam ke celah.

Volume-volume kecil elektrolit yang terperangkap di dalam celah jauh lebih agresif dibandingkan jika dalam volume besar (Chamberlain,1991:136).



Gambar 2.5 Korosi celah Korosi dan Pencegahannya 79
Sumber (sri widhiarto 2001)

4. Korosi sumur (*pitting corrosion*)

Korosi sumuran adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang bagian permukaan logam yang :

1. Selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik
2. Mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau slip yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami

Dilihat dari lubang-lubang atau ceruk-ceruk akibat korosi, maka korosi celah dan sumuran tampak sama. Korosi sumuran dapat dibedakan dari korosi celah dari fase pemicunya, korosi celah dipicu oleh beda konsentrasi oksigen atau ion-ion dalam elektrolit, sedangkan korosi sumuran (pada permukaan yang datar) hanya dipicu oleh faktor-faktor metalurgi. Jadi terjadinya korosi jenis ini antara lain karena komposisi logam tidak homogen dan dapat menimbulkan korosi yang dalam pada beberapa tempat. Dapat juga karena ada kontak antara logam yang berlainan, biasanya pada daerah batas butir, timbul korosi berbentuk sumur. (Chamberlain,1991:141).

5. Korosi lelah

Lelah mekanik dapat dialami semua logam bila logam mendapat beban siklus yang terus berulang, dan menyebabkan logam gagal pada tingkat tegangan jauh dibawah tingkat tegangan statis yang dapat membuatnya patah atau gagal. Di lingkungan basah, kita sering menjumpai bahwa ketahanan logam terhadap lelah menurun. Ini membuat lelah korosi menjadi bentuk korosi yang lazim dijumpai dan berbahaya (Chamberlain,1991:190).

6. Korosi erosi

Korosi erosi adalah bentuk korosi yang timbul ketika logam terserang akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Meskipun proses-proses elektrokimia juga berlangsung, banyak contoh bentuk korosi ini yang terutama disebabkan oleh efek-efek mekanik seperti pengausan, abrasi dan gesekan yang dapat menyebabkan penajaman dan pengkasaran, permukaan-permukaan seperti inilah yang mudah terserang korosi. Logam-logam lunak khususnya mudah terkena serangan macam ini, misalnya tembaga, kuningan, aluminium murni, dan timbal, tetapi kebanyakan logam lain juga rentan terhadap korosi erosi, namun dalam kondisi-kondisi aliran yang tertentu (Fontana, Mars. 1987 :91).



Gambar 5 korosi erosi karat dan pencegahannya 64
Sumber (sri widhiarto 2001)

7. Korosi tegangan

Korosi tegangan (*stress corrosion cracking*) adalah retakan yang diakibatkan oleh korosi yang bekerja sama dengan tegangan, baik tegangan dalam material dan tegangan aplikasi yang diterima oleh material (Fontana, Mars. 1987 :109). Tegangan dalam pada material didapatkan saat material tersebut mengalami proses pembentukan. Tegangan aplikasi adalah tegangan yang diterima material akibat material tersebut difungsikan untuk aplikasi tertentu seperti, material boiler akan mendapatkan tegangan dari uap air berupa tekanan. Ada beberapa *stress corrosion cracking* (SCC) yang spesifik terjadi pada material tertentu seperti pada kuningan di lingkungan yang mengandung ammonia, biasa disebut dengan *season cracking*. Pada baja dilingkungan alkali kuat SCC biasa disebut dengan *caustic cracking*.

8. Korosi batas butir

Pada prinsipnya, setiap logam yang mengandung logam antara atau senyawa pada batas-batas butirnya akan rentan terhadap korosi. Kebanyakan logam yang diproduksi secara besar-besaran untuk keperluan rekayasa memiliki cacat volume. Bahkan logam murni yang bebas dari semua cacat dari proses produksi masih mengalami serangan korosi selektif pada batas-batas butir, akibat ketidaksesuaian struktur kristalnya, atom-atom secara termodinamik kurang mantap dibanding atom-atom pada kedudukan kisi sempurna, dan mempunyai kecenderungan lebih besar untuk terkorosi. (Chamberlain,1991:123).

9. Korosi *intergranular*

Korosi *intergranular* terjadi bila daerah batas butir terserang akibat adanya endapan di dalamnya. Batas butir sering menjadi tempat yang lebih disukai untuk proses pengendapan (*precipitation*) dan pemisahan (*segregation*) yang teramati pada banyak paduan. Pisahan dan endapan berbeda hanya dari cara pembentukannya, dalam kaitan dengan korosi keduanya secara fisik dianggap berbeda dari bahan selebihnya, dengan energi termodinamik masing-masing yang berbeda (Chamberlain,1991:124).

10. Korosi pada temperatur tinggi

Korosi dapat terjadi walaupun tidak ada larutan elektrolit, dan sering disebut korosi kering. Korosi kering yang paling nyata adalah reaksi logam dengan oksigen (oksidasi). Oksigen mudah bereaksi dengan kebanyakan logam, walaupun energi thermal untuk logam-logam yang berbeda akan berbeda pula nilainya. Namun pada temperatur tinggi laju oksidasi logam-logam meningkat. Korosi jenis ini sering terjadi pada temperatur tinggi yang tercemar oleh gas SO_2 dan SO_3 hasil pembakaran pada turbin gas. (Chamberlain,1991:346).

2.12 Hipotesa

Besarnya waktu perendamaan dan waktu pelapisan berpengaruh pada besarnya arus ion yang mengalir dalam larutan *elektrolit*. Semakin lama waktu perendamaan dan semakin tinggi waktu pelapisan akan meningkatkan tebal lapisan. Lapisan yang semakin tebal akan memperlambat laju korosi. Sehingga dapat diduga semakin lama waktu pelapisan akan menyebabkan laju korosi semakin rendah, begitu juga sebaliknya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian nyata (*experimental research*), dengan mengkondisikan lingkungan agar spesimen yang diuji dapat terkorosi, dengan kondisi dan bentuk spesimen yang dibuat mendekati keadaan sebenarnya atau spesimen tiruan. Diharapkan dari penelitian ini didapatkan data-data yang valid agar dapat menyimpulkan permasalahan yang dibahas. Untuk mendukung penelitian ini maka dilakukan studi literatur untuk mendapatkan sumber-sumber pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini yang berasal dari jurnal internet, buku, dan penelitian-penelitian sebelumnya, dengan model analisis varian dua arah.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Temperatur larutan dijaga konstan, dengan variasi 20°C, 30 °C, 40 °C.

3.2.2 Variabel yang Dikonstankan

Adalah variabel yang dijaga konstan selama penelitian, variabel yang dikonstankan pada penelitian ini adalah :

1. Waktu perendaman dengan menggunakan media sari coklat adalah 7 hari.
2. Variabel – variabel media korosi dianggap konstan.

3.2.3 Variabel Terikat

Adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah laju korosi yang diwakili oleh besarnya spesimen yang terkorosi pada lapisan hasil proses elektroplating.

3.3 Pengujian laju Korosi

AISI 1045 yang sudah mengalami pelapisan baja di dinginkan dan dikorosikan. Pengkorosian dilakukan dengan cara pencelupan dan menggunakan media pengkorosi sari coklat. Selama pencelupan berlangsung, temperatur larutan dijaga konstan. Pembersihan spesimen setelah ekspos dilakukan dengan larutan 95 % alkohol, apabila masih terdapat endapan/deposit sebagai produk korosi, maka dilakukan proses pemolesan dengan menggunakan kain beludru. Penimbangan spesimen dilakukan setelah proses di atas selesai. Pengukuran laju korosi berdasarkan perubahan berat yang terjadi selama proses pencelupan berlangsung. Pengukuran berat dilakukan dengan menggunakan alat yang mempunyai kemampuan baca sampai 0,1 mg.

- Perumusan laju korosi melibatkan beberapa faktor, yaitu :
 - a. Unit satuan yang umum
 - b. Mudah dalam perhitungan dengan kemungkinan *error* kecil
 - c. Mudah dikonversikan terhadap umur material dalam tahun Penetrasi
- Perumusan laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode pengurangan berat:

$$\text{mpy} = \frac{534W}{DAT}$$

keterangan :

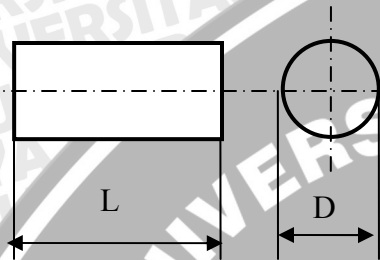
- W = Perubahan berat (gr)
- D = Densitas logam (gr/cm³)
- T = Waktu ekspos (jam)
- A = Luas permukaan spsimen (cm²)
- Mpy = *miles per year* adalah jumlah produk korosi yang terjadi dalam waktu tertentu dalam hal ini adalah 1 jam.

3.4 Penyiapan Benda Uji

Bahan yang digunakan dalam penelitian dalam penelitian ini adalah baja AISI - 1045 yang berbentuk silindris sebagai bahan awal.

3.5 Pembuatan Benda Uji Korosi

Sample penelitian uji tarik dibuat di laboratorium universitas brawijaya malang berdasarkan standart AISI-1045 untuk baja silindris, pembuatan sample benda uji tarik tersebut dengan menggunakan mesin bubut. Contoh benda uji korosi dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. specimen benda uji korosi silindris

Dimana:

D (Diameter luar) : 20 mm

L (panjang) : 5 mm

3.6 Pengujian Bahan

3.6.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kertas gosok.
2. Gelas kimia 1000 ml dan 100 ml.
3. Timbangan digital.
4. Termometer.
4. *StopWatch*.
6. Jangka Sorong.
7. Penjepit.
8. Berbagai alat keselamatan kerja, terdiri atas sarung tangan karet, masker dan kaca mata
9. Instalasi *electroplating*.



Gambar 3.3 Instalasi *electroplating*
 Sumber: Lab. Politeknik negeri Malang.

Instalasi *electroplating* terdiri dari :

- a) *Power supply*.
- b) Bak *electrolisis*.



Gambar 3.5 Bak *electrolisis*.
 Sumber: Lab. Politeknik negeri Malang.

- c) *Katoda* / benda kerja



Gambar 3.6 *Katoda*.



d) *Anoda*



Gambar 3.7 *Anoda*.

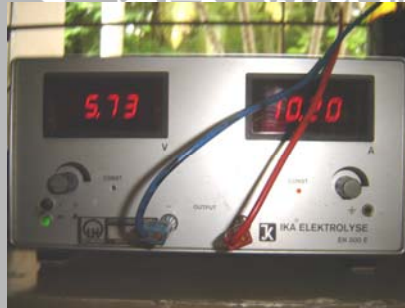
Sumber: Lab. Politeknik negeri Malang.

10. Perangkat uji laju korosi.

Alat yang digunakan adalah :

1. Mesin *electrolyse*

- Type : EN 500 E
- No : 476970
- Voltase : 220 V 50 / 60 Hz
- Out Put : 0 – 10 V 0 – 10 A
- Merk : Leybold
- Buatan : Jerman



Gambar 3.8 Foto Mesin *Electrolyse*

Sumber: lab. Fisika Universitas Brawijaya

- 2. Dua buah elektroda.
- 3. Larutan HCl 10%.
- 4. Timbangan elektrik.





Gambar 3.9 Foto Timbangan elektrik.
Sumber: Llab. Pengecoran Universitas Brawijaya.

3.7 Bahan Yang Digunakan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah :

1. Baja AISI 1045 sebagai benda kerja
2. Lembaran nikel sebagai anoda pada pelapisan nikel.
3. Larutan 10% (H_2SO_4) untuk proses *pickling*.
4. Larutan watts untuk proses pelapisan nikel, yang terdiri atas :
 - a) *Nickel sulphate* ($NiSO_4$) = 250 g/l
 - b) *Nickel Chloride* ($NiCl_2$) = 30 g/l
 - c) Asam Borat (*Boric Acid*) = 40 g/l
 - d) Air (aquades)

3.8 Tempat dan Waktu Penelitian

Proses elektroplating, pengujian laju korosi dan kekerasan permukaan dilakukan di Politeknik Malang Adapun waktu penelitian dan pengambilan data dimulai pada bulan juni 2009 s/d selesai.

3.9. Prosedur Percobaan

Langkah – langkah yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah :

1. Di persiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian.
2. Dilakukan proses pembersihan benda kerja menggunakan kertas gosok dan.
3. Disiapkan larutan *electrolyte* dan peralatan untuk proses elektroplating nikel.
4. Dipersiapkan instalasi elektroplating.
5. Dilakukan pengukuran berat awal benda kerja.
6. Dilakukan proses *pickling* selama 5 menit menggunakan H_2SO_4 .
7. Benda kerja dikeluarkan, diikuti dengan pembilasan dan pengeringan.

8. Dilakukan proses elektroplating.
9. Benda kerja dikeluarkan, diikuti dengan pembilasan dan pengeringan.
10. Dilakukan pengukuran berat benda kerja setelah pelapisan.
11. Dilakukan uji laju korosi, kemudian dilakukan pengolahan data dengan melakukan metode statistik.
12. Dilakukan pengujian korosi, kemudian dilakukan pengolahan data dengan melakukan metode statistik.
13. Dilakukan pembahasan dan menarik kesimpulan.

3.7 Metode Pengukuran Data

3.7.1. Pengukuran Berat Lapisan

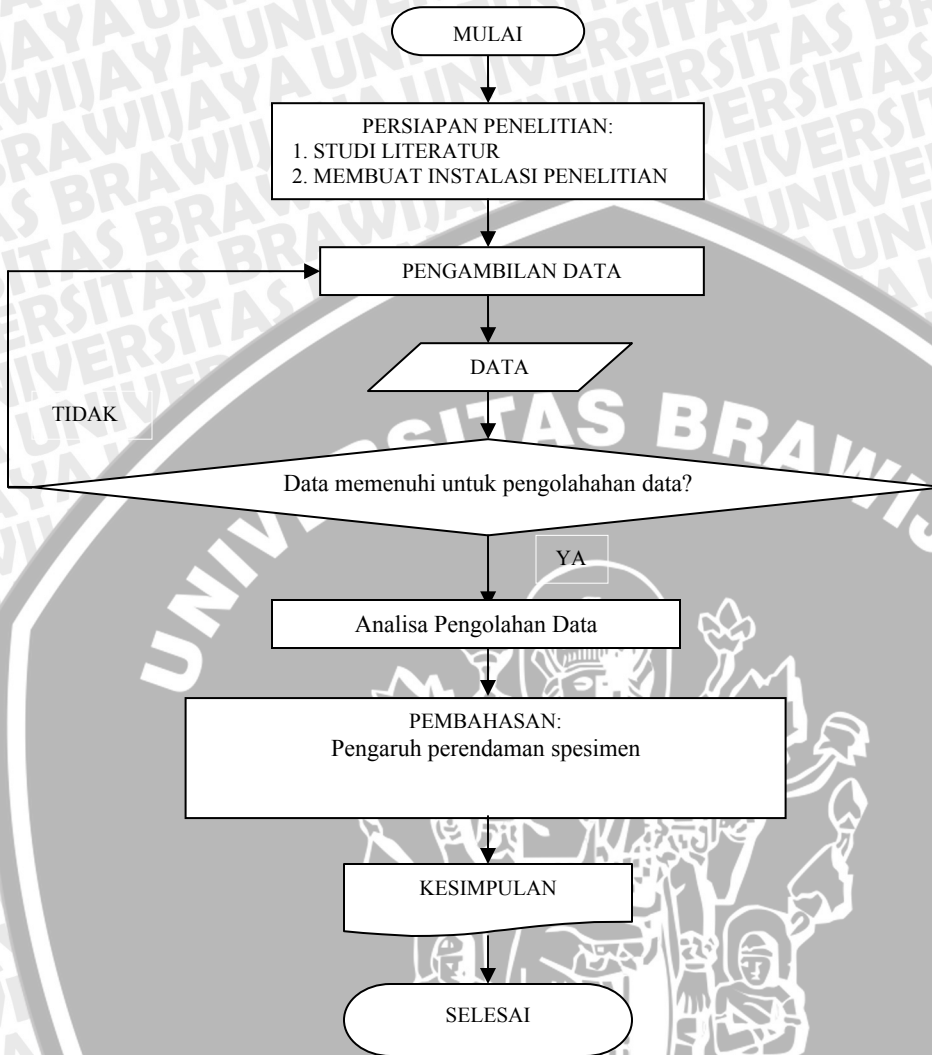
Pengukuran ketebalan ini dapat dilakukan secara analitis (persamaan 2.4) dengan asumsi deposit sepanjang permukaan adalah seragam (Sanders,1950:7). Untuk mengetahui ketebalan deposit nikel maka kita harus mengetahui berat deposit nikel. Maka untuk mengetahui berat deposit nikel, dilakukan penimbangan berat logam sebelum dilapisi dan berat logam setelah dilapisi dengan timbangan elektrik. Selisih berat tersebut adalah berat deposit nikel yang menempel pada logam. Selisih berat tersebut kemudian digunakan untuk menghitung laju korosi.

3.7.2. Pengukuran laju korosi

Pengukuran laju korosi dari lapisan nikel yang telah dilapiskan secara *electro plating* pada spesimen, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membersihkan lapisan dengan kain halus.
2. Mengukur berat spesimen dengan timbangan elektrik.
3. Memasukkan spesimen dalam larutan asam sitrat .
4. Selama 7 hari spesimen direndam dalam larutan coklat.
5. Spesimen dikeluarkan dan dibersihkan dengan air.
6. Mengukur berat spesimen setelah perendaman, selisih berat sebelum pengujian dan setelah pengujian menunjukkan besarnya laju korosi.

Diagram alir pengerjaan tugas akhir

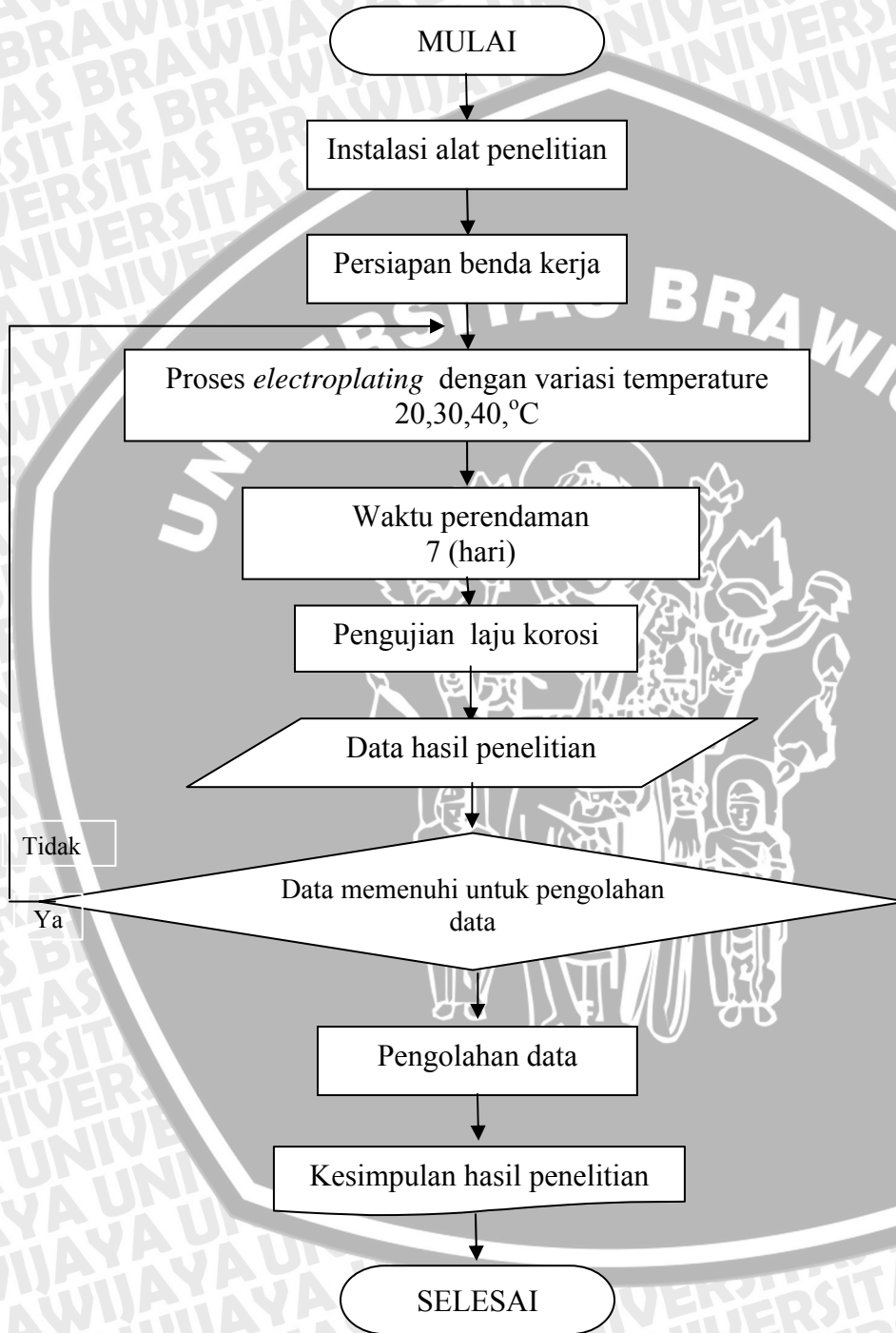


Gambar 3.2 Diagram alir pengerjaan tugas akhir.



3.8 Diagram Alur Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sesuai dengan diagram alir pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

3.9 Metode Pengolahan Data

3.9.1. Rancangan Penelitian

Penelitian akan memberikan hasil atau jawaban yang sesuai dengan sasaran penelitian jika didukung oleh data yang mewakili populasi yang diteliti. Untuk itu diperlukan rancangan penelitian yang sesuai.

Dalam percobaan ini akan diteliti pengaruh dari variasi temperature pada proses nikel *elektro plating* (20°C, 30 °C, 40 °C,) terhadap laju korosi dengan katalis sari coklat.

Pada penenelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan analisa varian satu arah dengan mengulang 3 kali pada tiap interaksi dengan variasi temperature dari 4 tingkat dan waktu pelapisan 4 tingkat.

Pengamatan data dimasukkan dalam tabel berikut :

Tabel 3.1. Rancangan Penelitian hasil Uji Korosi

Waktu Pelapisan (menit)	Pengulangan	Temperatur Pelapisan (°C)		
		Laju Korosi (mpy)		
20	1	X ₁ Y ₁	X ₂ Y ₁	X ₃ Y ₁
	2	X ₁ Y ₁	X ₂ Y ₁	X ₃ Y ₁
	3	X ₁ Y ₁	X ₂ Y ₁	X ₃ Y ₁
30	1	X ₁ Y ₂	X ₂ Y ₂	X ₃ Y ₂
	2	X ₁ Y ₂	X ₂ Y ₂	X ₃ Y ₂
	3	X ₁ Y ₂	X ₂ Y ₂	X ₃ Y ₂
40	1	X ₁ Y ₃	X ₂ Y ₃	X ₃ Y ₃
	2	X ₁ Y ₃	X ₂ Y ₃	X ₃ Y ₃
	3	X ₁ Y ₃	X ₂ Y ₃	X ₃ Y ₃

3.9.2. Analisis Statistik

Untuk menganalisa varian dapat dibuat table variasi rgam dua arah, dimana menguji apakah keragaman hasil penelitian di sebabkan oleh variasi temperatur, waktu perendaman atau interaksi keduanya.

1. Untuk menentukan apakah keragaman dihasilakan dari perbedaan variasi temperature pelapisan, di lakukan uji hipotesis.

$$H_0^1 : a_1 = a_2 = \dots a_i = 0$$

$$H_0^1 : \text{sekurang-kurangnya adalah satu } a_i \text{ tidak sama dengan } 0$$

2. Untuk menentukan apakah keragaman dihasilakan dari perbedaan waktu perendaman, di lakukan uji hipotesis.

$$H_0^2 : b_1 = b_2 = \dots b_j = 0$$

$$H_0^2 : \text{sekurang-kurangnya adalah satu } b_i \text{ tidak sama dengan } 0$$

3. Untuk menentukan apakah keragaman dihasilakan dari perbedaan, variasi temperature, waktu perendaman, variasi pelapisan di lakukan uji hipotesis

$$H_0^2 : ab_{11} = ab_{12} = \dots (ab)_{ij} = 0$$

$$H_0^2 : \text{sekurang-kurangnya adalah satu } (ab)_{ij} \text{ tidak sama dengan } 0$$

Dimana a_i adalah pengaruh temperature ke -1, b_j adalah pengaruh waktu perendaman dan $(ab)_{ij}$ adalah pengaruh keduanya dari hasil variasi diatas dapat diringakas menjadi table dibawah ini :

Table 3.2 Rencana analisa variasi dua arah

Sumber Keseragaman	Derajat Bebas (Db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
Pengaruh A	a^{-1}	JKA	$S_A^2 = \frac{JKA}{a^{-1}}$	$\frac{S_a^2}{S^2}$
Pengaruh B	b^{-1}	JKB	$S_B^2 = \frac{JKB}{b^{-1}}$	$\frac{S_b^2}{S^2}$
Interaksi A dan B	$a^{-1} b^{-1}$	JKAB	$S_{AB}^2 = \frac{JKB}{(a^{-1})(b^{-1})}$	$\frac{S_{ab}^2}{S^2}$
Galat	$ab(n^{-1})$	JKG	$S^2 = \frac{JKG}{(abn)^{-1}}$	
Total	$(abn)^{-1}$	JKT		

Sumber : walpole 1986:452

Langkah – langkah dalam analisa staistik dari tabel diatas dapat dilakukan dengan perhitungan rumus berikut :

$$1. \text{Jumlah seluruh perlakuan} = \sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk}$$

$$2. \text{Jumlah kwadrat seluruh perlakuan} = \sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2$$

$$3. \text{Faktor korelasi (FK)} = \frac{\left(\sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk} \right)^2}{abn}$$

4. Jumlah kuadrat total (JKT)=

$$\sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - \frac{\left(\sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk} \right)^2}{abn}$$

$$5. \text{Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b x^2 \cdot ij}{n} - FK$$

$$6. \text{Jumlah kuadrat pengaruh A (JKA)} = \frac{\sum_{i=1}^a T_i^2}{bn} - FK$$

$$7. \text{Jumlah kuadrat pengaruh B (JKB)} = \frac{\sum_{j=1}^b T_j^2}{an} - FK$$

8. Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB) = JKP – JKA – JKB

9. Jumlah kuadrat galat (JKG) = JKT – JKA – JKB- JKAB

Keterangan :

a = Adalah baris variasi temperatur

b = Banyaknya kolom variasi perendaman

n = Banyaknya variasi pengulangan tiap spesimen

X_{ijk} = Pengamatan ke-k dalam baris ke-i dan kolom ke-j

T = Jumlah dari semua pengamatan

T_i = Jumlah dari semua pengamatan ke- i

T_j = Jumlah dari semua pengamatan ke- j

T_{ij} = Jumlah dari semua pengamatan ke- ij

Jika kesimpulan yang didapat dari uji F adalah sebagai berikut :

- Jika $F_{A \text{ hitung}} > F_{A \text{ tabel}}$, berarti H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, jadi faktor pelapisan berpengaruh terhadap laju korosi.
- Jika $F_{B \text{ hitung}} > F_{B \text{ tabel}}$, berarti H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, jadi faktor perendaman berpengaruh terhadap laju korosi.
- Jika $F_{AB \text{ hitung}} > F_{AB \text{ tabel}}$, berarti H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima, jadi faktor pelapisan dan perendaman berpengaruh terhadap laju korosi.

3.9.3 Analisa Regresi

Analisa regresi digunakan untuk meramalkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dari data yang didapat. Untuk meramalkan hubungan tiap variabel bebas dengan variabel terikat digunakan persamaan polinomial sebagai berikut :

$$Y = a + bx + cx^2$$

Sedangkan untuk meramalkan hubungan interaksi kedua variabel bebas dengan variabel terikat digunakan persamaan multinomial sebagai berikut :

$$Y = a + b_0 x_1 + b_1 x_1^2 + b_2 x_2 + b_3 x_2^2 + b_4 x_2$$

Dan y adalah laju korosi

x_1 dan x_2 temperatu dan waktu perendaman

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 DATA HASIL PENGUJIAN

Setelah proses *elektro plating* kemudian dilakukan pengujian laju korosi data yang di peroleh adalah data kehilangan berat akibat korosi

Adapun langkah – langkah yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah :

1. Persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian.
2. Proses pembersihan benda kerja menggunakan kertas gosok dan *flap disk*.
3. Disiapkan larutan *lectrolyte* dan peralatan untuk proses elektroplating nikel.
4. Dipersiapkan instalasi elektroplating.
5. Diukur berat awal benda kerja.
6. Dilakukan proses *pickling* selama 5 menit menggunakan H_2SO_4 .
7. Benda kerja dikeluarkan, diikuti dengan pembilasan dan pengeringan.
8. Dilakukan proses elektroplating.
9. Benda kerja dikeluarkan, diikuti dengan pembilasan dan pengeringan.
10. Pengukuran berat benda kerja setelah pelapisan.
11. Dilakukan uji laju korosi, kemudian dilakukan pengolahan data
12. Dilakukan pembahasan dan menarik kesimpulan

Tabel 4.1 Berat spesimen sebelum proses pelapisan.

Variabel		Berat Spesimen(gr)		
		A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	1	58.50	58.32	58.74
	2	57.68	58.58	58.46
	3	58.79	57.34	57.48
Σ rata-rata		174,97	174,24	174,68
B ₂	1	58.85	58.57	58.06
	2	58.31	57.98	58.67
	3	58.79	58.79	57.78
Σ rata-rata		175,95	175,34	174,51
B ₃	1	57.52	58.04	56.32
	2	58.22	57.46	58.97
	3	58.49	57.67	57.57
Σ rata-rata		174,23	173,17	172,86

Tabel 4.2 Berat spesimen setelah pelapisan

Variabel			Temperatur pelapisan (°C)			
			20	30	40	
Waktu pelapisan	20	1	58.62	58.84	59.55	
		2	57.89	59.75	58.59	
		3	58.88	57.22	59.78	
	Σ rata-rata			175,39	175,81	177,92
	30	1	56.92	59.12	59.42	
		2	58.56	57.16	59.22	
		3	58.23	59.18	57.98	
	Σ rata-rata			173,71	175,46	176,62
	40	1	57.93	59.22	59.42	
		2	58.56	57.37	56.22	
		3	58.93	58.98	59.31	
	Σ rata-rata			175,42	175,57	174,95

Tabel 4.3 Berat spesimen setelah uji korosi

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)			
		20	30	40	
Berat spesimen sebelum pelapisan (gr)					
Waktu pelapisan	20	58.54	58.78	59.55	
		57.61	59.68	58.53	
		58.71	57.22	59.73	
	Σ rata-rata		174,86	175,68	177,81
	30	57.98	59.08	59.39	
		58.49	57.12	59.19	
		58.15	59.13	57.96	
	Σ rata-rata		174,62	175,33	176,54
	40	57.88	59.19	59.41	
		58.50	57.34	56.20	
		58.90	57.64	59.30	
	Σ rata-rata		175,28	174,17	174,91

Tabel 4.4 Berat yang hilang akibat korosi

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)		
		20	30	40
		Berat yang hilang akibat korosi (gr)		
Waktu pelapisan	20	0.08	0.06	0.04
		0.07	0.07	0.06
		0.08	0.06	0.05
	30	0.09	0.04	0.03
		0.07	0.04	0.03
		0.08	0.05	0.02
	40	0.05	0.03	0.01
		0.06	0.03	0.02
		0.03	0.03	0.01

Untuk menghitung laju korosi digunakan metode pengurangan berat sebagai berikut:

$$\text{mpy} = \frac{534W}{DAT}$$

Keterangan :

W = perubahan berat (gr)

D = densitas logam (gr/cm³)

T = waktu ekspos (jam)

A = luas permukaan spesimen (cm²)

Mpy = *miles per year* adalah jumlah produk korosi yang terjadi dalam waktu tertentu dalam hal ini adalah 1 jam.

Diambil contoh dari tabel 4.4

$$w = 0.08 \text{ gr} = 80 \text{ mgr}$$

$$D = 0.0000166 \text{ gr/cm}^3$$

$$A = 157 \text{ cm}^2$$

$$= \frac{1}{2} \pi r^2$$

$$= 3,14.(10^2) = 157$$

$$T = 10080 \text{ mt}$$

Maka didapat nilai laju korosi sebagai berikut :

Perhitungan laju korosi disajikan dalam tabel 4.5 :

Tabel 4.5 Data perhitunngan laju korosi (mpy)

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)		
		20	30	40
		Laju korosi (mpy)		
Waktu pelapisan	20	1626.16	249.95	12.50
		1422.89	291.60	18.76
		1626.16	249.95	15.63
	30	1829.43	166.63	9.38
		1422.89	166.63	9.38
		1626.16	208.29	6.25
	40	1016.35	124.97	3.13
		1219.62	124.97	6.25
		609.81	124.97	3.13

Tabel 4.6 Pengolahan Data Laju Korosi (mpy)

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)			Σ baris	
		20	30	40		
		Laju korosi (mpy)				
Waktu pelapisan	20	1626.16	249.95	12.50	5513.60	
		1422.89	291.60	18.76		
		1626.16	249.95	15.63		
	Σ kolom	4675.21	791.50	46.89		
	30	1829.43	166.63	9.38		5445.04
		1422.89	166.63	9.38		
		1626.16	208.29	6.25		
	Σ kolom	4878.48	541.55	25.01		
	40	1016.35	124.97	3.13		3233.20
1219.62		124.97	6.25			
609.81		124.97	3.13			
Σ kolom	2845.78	374.92	12.50			
Σ total	12399.46	1707.97	84.40	14191.83		

Tabel 4.7 Jumlah Kuadrat Data Laju Korosi

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)			Σ baris
		A ₁ ²	A ₂ ²	A ₃ ²	
		Laju korosi (mpy)			
Waktu pelapisan	B ₁ ²	2644392.66	15614997.25	33066223.21	
		2024613.13	590386125.38	37974490.71	
		2644392.66	660957061.65	41332779.01	
	Σkolom	7313398.45	1266958184.28	112373492.93	1386645075.66
	B ₂ ²	3346809.46	557682520.77	31387079.06	
		2024613.13	337363500.22	18987245.36	
		2644392.66	550797551.38	16533111.60	
	Σkolom	8015815.25	1445843572.36	66907436.02	1520766823.63
	B ₃ ²	1032965.88	129093176.10	3229123.36	
		1487470.87	185894173.59	9299875.28	
		371867.72	46473543.40	1162484.41	
	Σkolom	2892304.47	361460893.09	13691483.05	378044680.61
Σ total	18221518.17	3074262649.73	192972411.99	3285456579.89	

4.2 Analisa Statistik

4.2.1 Analisa Varian

Setelah diperoleh data dari perhitungan laju korosi maka dilakukan analisa varian dengan menggunakan analisa varian klasifikasi dua arah . analisa ini untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan atau tidak pengaruh temperatur pelapisan (variabel A), waktu pelapisan (variabel B), serta indikasi keduanya (variabel AB). Terhadap laju

korosi logam hasil pelapisan elektro plating. Pengolahan data dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 4.6 Pengolahan Data Laju Korosi (mpy)

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)			Σ baris
		20	30	40	
		Laju korosi (mpy)			
Waktu pelapisan	20	1626.16	249.95	12.50	5513.60
		1422.89	291.60	18.76	
		1626.16	249.95	15.63	
	Σ kolom	4675.21	791.50	46.89	
	30	1829.43	166.63	9.38	
		1422.89	166.63	9.38	
		1626.16	208.29	6.25	
	Σ kolom	4878.48	541.55	25.01	
	40	1016.35	124.97	3.13	
		1219.62	124.97	6.25	
		609.81	124.97	3.13	
	Σ kolom	2845.78	374.92	12.50	
Σ total		12399.46	1707.97	84.40	14191.83

Tabel 4.7 jumlah kuadrat data laju korosi

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)			Σ baris
		A ₁ ²	A ₂ ²	A ₃ ²	
		Laju korosi (mpy)			
Waktu pelapisan	B ₁ ²	2644392.66	15614997.25	33066223.21	1386645075.66
		2024613.13	590386125.38	37974490.71	
		2644392.66	660957061.65	41332779.01	
	Σ kolom	7313398.45	1266958184.28	112373492.93	
	B ₂ ²	3346809.46	557682520.77	31387079.06	
		2024613.13	337363500.22	18987245.36	
		2644392.66	550797551.38	16533111.60	
	Σ kolom	8015815.25	1445843572.36	66907436.02	
	B ₃ ²	1032965.88	129093176.10	3229123.36	
		1487470.87	185894173.59	9299875.28	
		371867.72	46473543.40	1162484.41	
	Σ kolom	2892304.47	361460893.09	13691483.05	
Σ total		18221518.17	3074262649.73	192972411.99	3285456579.89

Berdasarkan pada tabel 4.6 dan 4.7 didapat oleh hitungan sebagai berikut :

$$1. \text{Jumlah seluruh perlakuan} = \sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk}$$

$$1626.15887 + 1829.42872 + \dots + 3.12606971 = 14191.83$$

$$2. \text{Jumlah kwadrat seluruh perlakuan} = \sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2$$

$$2644392.659 + 3346809.46 + \dots + 1162484.4 = 3285456580$$

$$3. \text{Faktor korelasi (FK)} = \frac{\left(\sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk} \right)^2}{abn}$$

$$\frac{(14191.83)^2}{3 \times 3 \times 3} = 22378683.4$$

$$4. \text{Jumlah kuadrat total (JKT)} = \sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - \frac{\left(\sum_{I=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n X_{ijk} \right)^2}{abn}$$

$$3285456580 - 22378683.4 = 3263077897$$

$$5. \text{Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b x^2_{ij}}{n} - FK$$

$$\frac{5513.595^2 + 5445.036^2 + 3233.202^2 + 1386645076^2 + 1520766824^2 + 378044681^2}{3} - 22378683.4 = 1.45948E+18$$

$$6. \text{Jumlah kuadrat pengaruh A (JKA)} = \frac{\sum_{i=1}^a T_i^2}{bn} - FK$$

$$\frac{5513.595^2 + 5445.036^2 + 3233.202^2}{3 \times 3} - 22378683.4 = 7833527.92$$

$$7. \text{Jumlah kuadrat pengaruh B (JKB)} = \frac{\sum_{j=1}^b T_j^2}{an} - FK$$



$$\frac{1386645076^2 + 1520766824^2 + 378044681^2}{3 \times 3} - 22378683.4 = 4.86493E+17$$

8. Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B (**JKAB**) = JKP – JKA – JKB

$$1.45948E+18 - 7833527.92 - 4.86493E+17 = 9.72985E+17$$

9. Jumlah kuadrat galat (**JKG**) = JKT – JKA – JKB – JKAB

$$3263077897 - 7833527.92 - 4.86493E+17 - 9.72985E+17 = -1.46E+18$$

10. Nilai variasi dari masing – masing perlakuan sebagai berikut

$$S_A^2 = \frac{7833527.92}{3-1} = 3916764$$

$$S_B^2 = \frac{4.86493E+17}{(3-1)} = 2.43E+17$$

$$S_{AB}^2 = \frac{9.72985E+17}{(3-1)(3-1)} = 2.43E+17$$

$$S^2 = \frac{-1.46E+18}{3 \times 3(3-1)} = -8.11E+16$$

11. Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut

Untuk faktor A $F_{hitung} = \frac{S_a^2}{S^2} = \frac{3916764}{-8.11E+16} = 4.83$

Untuk faktor B $F_{hitung} = \frac{S_b^2}{S^2} = \frac{2.43E+17}{-8.11E+16} = 3.00$

Untuk faktor A dan B $F_{hitung} = \frac{S_{ab}^2}{S^2} = \frac{2.43E+17}{-8.11E+16} = 3.00$

Hasil perhitungan analisa varian dua arah dapat ditabelkan seperti dibawah ini :

Tabel 4.8 analisa varian dua arah

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (Db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung	F tabel
Pengaruh A	2	7833527.92	3916764	4.83	2.9
Pengaruh B	2	4.86493E+17	2.43E+17	3.00	2.9
Interaksi A dan B	4	9.72985E+17	2.43E+17	3.00	2.9
Galat	8	-1.46E+18	-8.11E+16		
Total	27	-0,00078798	-0,00064		

Berdasarkan hasil perhitungan analisa varian dua arah yang ditunjukkan pada tabel 4.8 dengan mengambil tingkat keyakinan 95% ($\alpha = 5\%$) dapat diambil kesimpulan :

1. Bila $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$, maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, jadi faktor pelapisan berpengaruh terhadap laju korosi
2. Bila $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$, maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, jadi faktor perendaman berpengaruh terhadap laju korosi
3. Bila $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$, maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima, jadi faktor pelapisan dan perendaman berpengaruh terhadap laju korosi.

4.2.2 Analisa Regresi

4.2.3 Analisa Regresi Polinomial

Analisa regresi digunakan untuk meramalkan hubungan antara variable bebas dan variable terikat dari data yang didapat. Untuk meramalkan hubungan tiap variable bebas dengan variable terikat digunakan persamaan polinomial sebagai berikut:

$$y = a + bx + cx^2$$

sedangkan persamaan normalnya adalah

$$\sum y = an + b\sum x + c \sum x^2$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2 + c \sum x^3$$

$$\sum x^2y = a\sum x^2 + b\sum x^3 + c \sum x^4$$

Tabel 4.9 Perhitungan persamaan regresi hubungan temperatur dengan laju korosi untuk waktu pelapisan 20 menit

Nomer	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	20	1626.16	400.00	8000.00	160000.00	32523.18	650463.55
2	20	1422.89	400.00	8000.00	160000.00	28457.78	569155.60
3	20	1626.16	400.00	8000.00	160000.00	32523.18	650463.55
4	30	249.95	900.00	27000.00	810000.00	7498.40	224951.98
5	30	291.60	900.00	27000.00	810000.00	8748.13	262443.97
6	30	249.95	900.00	27000.00	810000.00	7498.40	224951.98
7	40	12.50	1600.00	64000.00	2560000.00	500.17	20006.85
8	40	18.76	1600.00	64000.00	2560000.00	750.26	30010.27
9	40	15.63	1600.00	64000.00	2560000.00	625.21	25008.56
\sum TOTAL	270	5513.60	8700.00	297000.00	10590000.00	119124.71	2657456.30

Dengan : $X = \text{Temperatur } ^\circ\text{C}$

$Y = \text{Laju korosi (mpy)}$

Dengan memasukan nilai jumlah pada persamaan diatas dipoeroleh :

$$5513.60 = a.9 + b.270 + c. 8700$$

$$119124.71 = a.270 + b.8700 + c. 297000$$

$$2657456.30 = a.8700 + b. 297000 + c. 10590000$$

dengan penyelesaian persamaan diatas didapat nilai a,b, c sebagai berikut :

$$a = 0.56$$

$$b = 4.39$$

$$c = -0.02$$

nilai a,b,c kemudian dimasukan kedalam persamaan polinomial yakni sebagai berikut :

$$y = a + bX + cX^2$$

$$= 0.56 + (4.39 \times 270) + (-0.02 \times 270^2)$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut :

$$y = -134.91$$

setelah mendapat persamaan regresi ini dilanjutkan dengan menghitung besar harga korelasi (R^2) untuk mengetahui seberapa besar hubungan temperatur pelapisan dengan laju korosi yang terjadi.

Harga koefisiensi korelasi (R^2) dihitung dengan menggunakan bantuan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.10 Perhitungan koefisiensi korelasi hubungan temperatur dengan laju korosi untuk pelapisan 20 menit

Nomer	X	Y	y	$(Y - Y_i)^2$	$(Y - y)^2$
1	20	1626,16	1558,40	1618459,46	4590,96
2	20	1422,89	428,49	1142583,60	988824,62
3	20	1626,16	428,49	1618459,46	1434404,97
4	30	249,95	263,83	10821,27	192,82
5	30	291,60	353,97	3889,71	3889,72
6	30	249,95	353,97	10821,28	10821,28
7	40	12,50	15,63	116600,20	9,77
8	40	18,76	279,45	112369,48	67961,96
9	40	15,63	279,45	114475,07	69601,64
Σ_{TOTAL}	270	3185,75	3961,70	4748479,52	2580297,73

Dengan $y = -134.91$

$Y_i = Y_{rata-rata} = 353.972$

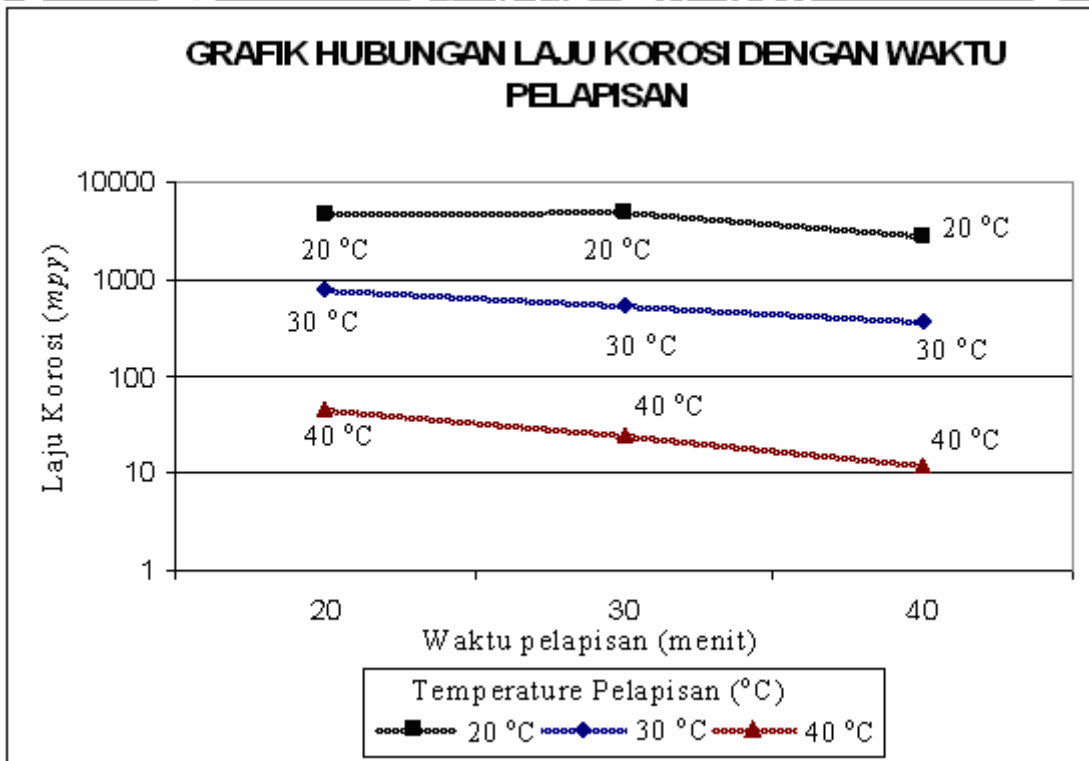
Sehingga diperoleh persamaan seperti berikut

$$R^2 = \frac{\sum(Y - y_i)^2 - \sum(Y - y)^2}{\sum(Y - Y_i)^2} = 0.976$$

Dari persamaan diatas didapat grafik hubungan temperaturpelapisan dengan laju korosi seperti grafik dibawah ini :

4.3 Analisa Grafik

Setelah dilakukan pengolahan data-data yang didapatkan dari hasil pengukuran, dengan menggunakan *software mimicrosoft excel* diperoleh grafik seperti tampak dibawah ini.



Grafik 4.2 Grafik waktu pelapisan terhadap laju korosi

- **Pembahasan laju korosi dengan waktu pelapisan.**

Data hasil pengujian tebal diatas lapisan dengan memvariasi parameter proses pelapisan nikel dapat dilihat pada tabel 3.4. Pada pemakaian rapat arus yang konstan dengan memvariasikan waktu pelapisan maka perubahan tebal lapisan ditunjukkan dengan perubahan berat spesimen sebelum dan sesudah pelapisan, bahwa semakin lama waktu pelapisan maka rata-rata hasil lapisan nikel yang terjadi pada permukaan spesimen semakin tebal. Lapisan permukaan spesimen paling tebal diperoleh pada waktu pelapisan selama 40 menit, Lapisan nikel pada permukaan spesimen paling tipis diperoleh pada waktu pelapisan 20 menit.

Hal ini sesuai dengan hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah endapan logam yang terbentuk sebanding dengan jumlah arus listrik yang diberikan dikalikan dengan lamanya operasi berlangsung. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pelapisan serta semakin besar arus yang digunakan maka lapisan nikel yang terjadi pada permukaan spesimen semakin tebal. Kondisi tersebut kemungkinan (merupakan praduga yang didukung oleh teori yang ada) diakibatkan oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah konsentrasi larutan yang digunakan pada saat proses pelapisan. Secara teoritis konsentrasi larutan ini akan berkaitan dengan nilai pH dari larutan. Pada larutan elektrolit nikel mempunyai batas-batas pH yang diijinkan agar proses tersebut berlangsung baik, berkisar antara 1,5 – 5,2. Jika nilai pH melebihi dari nilai yang diijinkan maka akan terjadi sumuran pada permukaan produk dan lapisan nikel kasar pada permukaan benda yang dilapisi. Secara teoritis dinyatakan bahwa kenaikan temperatur akan menyebabkan naiknya konduktivitas dan difusitas larutan elektrolit, berarti tahanan elektrolit akan mengecil sehingga potensial dibutuhkan untuk mereduksi ion-ion logam berkurang sehingga hasil lapisan yang dihasilkan pada permukaan logam akan menurun.

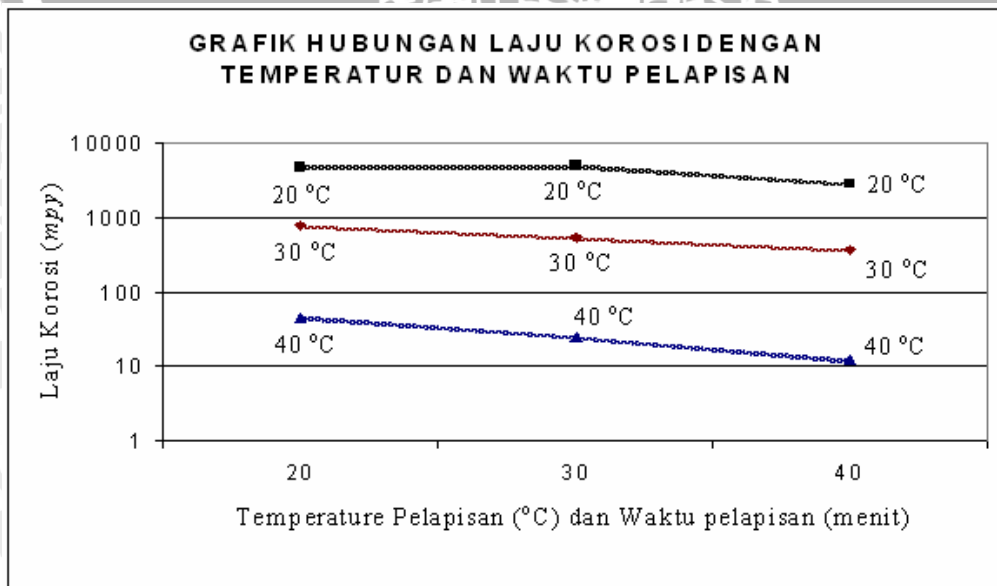
Dari hasil pengujian ini dapat dijadikan dasar untuk melakukan proses pelapisan nikel pada spesimen dalam menentukan arus, waktu dan temperature pelapisan yang digunakan untuk menghasilkan tebal akhir dari lapisan nikel yang diinginkan di permukaan spesimen. Kondisi temperatur harus dijaga konstan, jangan sampai mengalami peningkatan maupun penurunan yang cukup besar karena akan mempengaruhi nilai kualitas maupun kuantitas dari tebal lapisan yang dihasilkan.

- **Pembahasan laju korosi dengan temperatur pelapisan**

Seperti tampak pada grafik 4.2 dapat dilihat korosi logam seperti pada grafik diatas terlihat bahwa laju korosi tertinggi terjadi pada waktu pelapisan 20 menit, sedangkan laju korosi terendah dihasilkan pada temperatur waktu pelapisan 40 menit. Pada kondisi temperatur 20 °C laju korosi sebesar 1626.16 mpy, 1422.89 mpy, 1626.16 mpy, dihasilkan pada waktu pelapisan 20 menit. laju korosi terendah 3.13 mpy, 6.25 mpy 3.13 mpy, dihasilkan pada waktu pelapisan 40 menit.

Semakin lama waktu pelapisan yang digunakan maka semakin rendah nilai laju korosi yang di dapat. Peristiwa ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan maka dihasilkan deposit lapisan yang lebih banyak. Peristiwa ini sesuai dengan hukum Faraday dimana waktu pelapisan berbanding lurus dengan berat deposit lapisan yang terbentuk. Banyaknya deposit lapisan yang terbentuk menyebabkan peningkatan ketebalan pada permukaan logam, umur efektif sebuah lapisan tergantung pada ketebalan serta lingkungan yang ada (Chamberlain, 1991: 274). Oleh karena itu pada pelapisan yang makin lama akan dihasilkan lapisan yang semakin tebal dan umur efektif lapisan yang lebih baik terutama dalam ketahanan terhadap korosi.

- **PEMBAHASAN HUBUNGAN TEMPERATUR, WAKTU PELAPISAN TERHADAP LAJU KOROSI**



Grafik 4.2 Grafik temperatur dan waktu pelapisan

Dari data dapat ditarik kesimpulan bahwa pada temperatur 40°C dan waktu pelapisan 20 menit jumlah hidrogen yang terjebak dalam deposit lapisan berbeda pada kondisi maksimal, ditunjang pula dengan hasil pelapisan yang lebih lama, banyaknya *pitting* pada lapisan menyebabkan terjadinya peningkatan laju korosi. Laju korosi terendah terjadi pada interaksi temperatur 40°C dan waktu pelapisan 40 menit, Peristiwa ini menunjukkan bahwa temperatur 40°C reaksi pelepasan hidrogen sudah banyak dibanding dengan waktu pelapisan 20 menit. Waktu pelapisan selama 40 menit menghasilkan lapisan yang paling tebal dibanding dengan penggunaan waktu pelapisan yang lain, ketebalan lapisan itulah yang dapat meredam terjadinya korosi pada suatu materia



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- Dari hasil pengujian berat lapisan dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pelapisan maka rata-rata hasil lapisan nikel yang terjadi pada permukaan spesimen semakin tebal. Laju korosi terendah terjadi pada interaksi temperatur 40°C dan waktu pelapisan 40 menit, Peristiwa ini menunjukkan bahwa temperatur 40°C reaksi pelepasan hidrogen sudah banyak dibanding dengan waktu pelapisan 20 menit. Waktu pelapisan selama 40 menit menghasilkan lapisan yang paling tebal dibanding dengan penggunaan waktu pelapisan yang lain, ketebalan lapisan itulah yang dapat meredam terjadinya korosi pada suatu material.

5.2 Saran

- Sebaiknya pada penelitian lebih lanjut, harus dilakukan serangkaian pengujian untuk mendapatkan data data tentang sejauh mana pengaruh dari faktor konsentrasi larutan terutama pH larutan yang digunakan untuk mendapatkan mutu lapisan yang baik.
- Sebaiknya pada penelitian lebih lanjut, harus dilakukan penelitian seberapa besar kandungan asan sitrat yang ada pada sari coklat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, J, H. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam*. Yogyakarta : Andi Offset.
- ASM Hand Book Comitte;1964:Metals Handbook;American Society for Metals, ohio.
- ASM International. 1991. *Heating As Volume 4 of the ASM Hand Book*. ASM International.
- Campbell, M. 2008. *Medium Tensile Steel to AISI 1045*. Corus Engineering Steels.
- Chamberlain, J dan Trethewey, R, K. 1991. *Korosi untuk mahasiswa dan rekayasawan*. Jakarta : Gramedia.
- Flack, V. 1989. *Ilmu dan teknologi bahan*. Jakarta : Airlangga.
- Fontana,Mars G. 1987. *Corrosion Engineering*. Singapore : Mc Graw Hill Book Co.
- Hakim, A. L. 2004. *besar rapat arus (current density) pada proses pelapisan krom berpengaruh pada kekerasan dan kekasaran*. Malang: Skripsi tidak dipublikasikan Malang: Universitas Brawijaya.
- Listyono. 2000. *Pengaruh konsentrasi pikling dan lama waktu pikling terhadap kekerasan permukaan hasil electroplating nikel*. Malang: Skripsi tidak dipublikasikan Malang: Universitas Brawijaya.
- Loar, Gary W., 2006, *Nickel Plating*, McGean-Rohco Inc, Ohio.
- Mordechay Schlesinger. 2002. *Electro Chemistry Encyclopedia*. Canada : University of Windsor. <http://www.electrochem.cwru.edu> (diakses 22 maret 2009).
- Parthasaradhy, NV. 1998. *Practical Electroplating Handbook*. New Jersey : Prentice-hall, Inc.
- Sanders, A.H. 1950. *Electroplating*. New York : International Textbook. Co.
- Satriawan, N, B. 2006. *Pengaruh jarak anoda dan katoda pada proses chromeplating terhadap laju korosi* Skripsi tidak dipublikasikan Malang: Universitas Brawijaya.
- Septe, E. 2008. *Korosi"Perusak yang Terbaikan"*, Universitas Bung Hatta.
- Sharma, G. Yadava, R. K. & Sharma, V, K. 2006. Characteristics of Electrodeposited Bi-Co-SiC Composite Coating. India Malaviya National Institute of. Technology.
- Utomo, A. B. 2007. *Pengaruh konsentrasi nickel sulphate pada larutan watts terhadap ketahanan aus dan thermal shock hasil elektroplating*. Skripsi tidak dipublikasikan Malang: Universitas Brawijaya.
- Winston, R & Ullhiq.1986. *Corrosion and Corrosion Control*. Singapore: Wiley, J and Sons.
- Yuherman, W. 1987. *Pengetahuan bahan*, ITS Surabaya.

LAMPIRAN

Tabel 4.1 berat spesimen sebelum proses pelapisan Variasi pelapisan

Variabel		Spesimen (gr)		
		A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	1	58.50	58.32	58.74
	2	57.68	58.58	58.46
	3	58.79	57.34	57.48
B ₂	1	58.85	58.57	58.06
	2	58.31	57.98	58.67
	3	58.79	58.79	57.78
B ₃	1	57.52	58.04	56.32
	2	58.22	57.46	58.97
	3	58.49	57.67	57.57

Tabel 4.2 Berat spesimen setelah pelapisan

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)		
		20	30	40
20	1	58.62	58.84	59.55
	2	57.89	59.75	58.59
	3	58.88	57.22	59.78
30	1	56.92	59.12	59.42
	2	58.56	57.16	59.22
	3	58.23	59.18	57.98
40	1	57.93	59.22	59.42
	2	58.56	57.37	56.22
	3	58.93	58.98	59.31

Tabel 4.3 Berat spesimen setelah uji korosi

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)		
		20	30	40
		Berat spesimen sebelum pelapisan (gr)		
Waktu pelapisan	20	58.54	58.78	59.55
		57.61	59.68	58.53
		58.71	57.22	59.73
	30	57.98	59.08	59.39
		58.49	57.12	59.19
		58.15	59.13	57.96
	40	57.88	59.19	59.41
		58.50	57.34	56.20
		58.90	57.64	59.30

Tabel 4.4 Berat yang hilang akibat korosi

Variabel		Temperatur pelapisan(°C)		
		20	30	40
		Berat yang hilang akibat korosi (gr)		
Waktu pelapisan	20	0.08	0.06	0.04
		0.07	0.07	0.06
		0.08	0.06	0.05
	30	0.09	0.04	0.03
		0,07	0.04	0.03
		0.08	0.05	0.02
	40	0.05	0.03	0.01
		0.06	0.03	0.02
		0.03	0.03	0.01

Tabel 4.5 Data perhitungan laju korosi (mpy)

Variabel		Temperatur pelapisan (°C)		
		20	30	40
		Laju korosi (mpy)		
Waktu pelapisan	20	1626.16	249.95	12.50
		1422.89	291.60	18.76
		1626.16	249.95	15.63
	30	1829.43	166.63	9.38
		1422.89	166.63	9.38
		1626.16	208.29	6.25
	40	1016.35	124.97	3.13
		1219.62	124.97	6.25
		609.81	124.97	3.13

Alat Yang Digunakan

Power supply.



Gambar 1 *Power supply.*

Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang.

Bak *electrolisis*.



Gambar 2 Bak *electrolisis*.
Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang

Anoda



Gambar 4 Anoda
Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang.

Kontrol panel



Gambar.4 Kontrol panel
Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang

Tombol panel



Gambar.5 Tombol panel
Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang

Bahan kimia



Gambar.6 Bahan kimia
Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang

Spesimen





Gambar 7 Spesimen

Indikator waktu



Gambar 8 Indikator waktu

Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang

Gelas ukur



Gambar 9 Gelas ukur

Sumber: Lab. Politeknik Negeri Malang