

**PENGARUH RAPAT ARUS DAN JARAK ELEKTRODA
TERHADAP TEBAL LAPISAN PADA PROSES
HARD CHROME PLATING**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

DIMAS SURYA KUSUMA
NIM : 0610620041-62

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2010**

**PENGARUH RAPAT ARUS DAN JARAK ELEKTRODA
TERHADAP TEBAL LAPISAN PADA PROSES
HARD CHROME PLATING**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**DIMAS SURYA KUSUMA
NIM : 0610620041-62**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Winarno Yahdi Atmodjo, Ir., MT.
NIP. 19460804 198303 1 001**

**Sugiarto, ST., MT.
NIP. 19690417 199512 1 001**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH RAPAT ARUS DAN JARAK ELEKTRODA
TERHADAP TEBAL LAPISAN PADA PROSES
HARD CHROME PLATING**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**DIMAS SURYA KUSUMA
NIM. 0610620041-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 4 Agustus 2010

Skripsi 1

Skripsi 2

Ir. Suharto, MT.

NIP. 19531030 198212 1 001

Ir. I Made Gunadiarta, MT.

NIP. 19461001 197702 1 001

Komprehensif

Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D.

NIP. 19590703 198303 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.

NIP. 19720903 199702 1 001

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat ALLAH SWT atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya sesuai dengan harapan penulis.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat kelulusan dan menyelesaikan studi di Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Dalam penulisan skripsi ini penulis dibimbing dan dibantu oleh banyak pihak. Oleh karena itu, tidak berlebihan kiranya dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng., Dr.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan tenaga serta memberikan petunjuk dan bimbingan selama penulisan skripsi ini.
4. Bapak Sugiarto, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan tenaga serta memberikan petunjuk dan bimbingan selama penulisan skripsi ini.
5. Kedua orang tua tercinta yang telah memberi bimbingan dan dukungan kepada penulis.
6. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Dengan segala daya upaya, penulis mengakui bahwa penyusunan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Untuk itu segala koreksi, saran dan kritik dari pembaca merupakan sumbangan yang sangat besar bagi penulis. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca dan dunia pendidikan.

Malang, Juli 2010

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Pelapisan Logam.....	5
2.3 <i>Electroplating</i>	5
2.3.1 Sumber Arus.....	7
2.3.2 Elektrolit.....	7
2.3.3 Elektroda.....	8
2.3.4 Potensial Elektroda.....	9
2.3.5 Elektrolisis dan Ionisasi.....	11
2.4 Hubungan Hukum Faraday dengan <i>Electroplating</i>	12
2.5 <i>Throwing Power</i>	14
2.6 Pelapisan Krom Keras (<i>Hard Chrome Plating</i>).....	15
2.6.1 Elektrolit yang Digunakan.....	17
2.6.2 Material Anoda yang Digunakan.....	18
2.6.3 Mekanisme Reaksi.....	18

2.7	Pengaruh Rapat Arus (<i>Current Density</i>) Terhadap Hasil <i>Electroplating</i>	19
2.8	Konduktansi Elektrolit pada <i>Electroplating</i>	20
2.9	Ketebalan Lapisan.....	22
2.9.1	Pengujian Ketebalan Lapisan.....	23
2.10	Hipotesa.....	23

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian.....	24
3.2	Variabel Penelitian.....	24
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.3.1	Waktu Penelitian.....	24
3.3.2	Tempat Penelitian.....	24
3.4	Peralatan dan Spesimen Uji yang Digunakan.....	25
3.4.1	Peralatan yang Digunakan.....	25
3.4.2	Spesimen Uji yang Digunakan.....	28
3.5	Prosedur Penelitian.....	29
3.6	Proses Pelapisan.....	30
3.7	Metode Pengujian Ketebalan.....	33
3.8	Rancangan Penelitian.....	35
3.9	Diagram Alir Penelitian.....	36

IV. DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Penelitian.....	37
4.2	Pembahasan.....	37
4.2.1	Pengaruh Variasi Rapat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Hasil Proses <i>Hard Chrome Plating</i>	37
4.2.2	Pengaruh Jarak Elektroda Terhadap Ketebalan Lapisan Hasil Proses <i>Hard Chrome Plating</i>	39

V. PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	42
-----	-----------------	----



DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

NO.	JUDUL	HALAMAN
Tabel 2.1	Potensial Reduksi Standar (Deret Volta).....	10
Tabel 2.2	Konsentrasi Elektrolit Untuk <i>Hard Chromium Plating</i>	17
Tabel 2.3	Hambatan Jenis Larutan Elektrolit.....	21
Tabel 3.1	Rancangan Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Pada Jarak Elektroda 3 cm.....	35
Tabel 3.2	Rancangan Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Pada Jarak Elektroda 9 cm.....	35
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Hasil Proses <i>Hard Chrome Plating</i> Dengan Variasi Rapat Arus Pada Jarak Elektroda 30 mm.....	37
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Hasil Proses <i>Hard Chrome Plating</i> Dengan Variasi Rapat Arus Pada Jarak Elektroda 90 mm.....	37



DAFTAR GAMBAR

NO.	JUDUL	HALAMAN
Gambar 2.1	Proses <i>Electroplating</i>	6
Gambar 2.2	Susunan Sel Elektrolisis.....	11
Gambar 2.3	Skema Haring Blum <i>Cell</i>	15
Gambar 2.4	Skema Percobaan <i>Hull Cell</i>	23
Gambar 3.1	Mesin Pemotong (<i>Power Hack Saw</i>).....	25
Gambar 3.2	<i>Centrifugal Sand Paper Machine</i>	26
Gambar 3.3	Timbangan Digital.....	26
Gambar 3.4	Skema Instalasi Pengujian.....	27
Gambar 3.5	<i>Thermo Control</i>	27
Gambar 3.6	<i>Coating Thickness Gauge</i>	28
Gambar 3.7	Dimensi Benda Kerja.....	28
Gambar 3.8	Skema Proses Pelapisan.....	30
Gambar 3.9	Serbuk ACTANE [®] 345.....	32
Gambar 3.10	Larutan ACTANE [®] 345 (<i>Pickling Asam</i>).....	32
Gambar 3.11	<i>Chromic Acid</i>	33
Gambar 3.12	Spesimen Kalibrasi Alat <i>Coating Thickness Gauge</i>	34
Gambar 3.13	Titik Pengukuran Ketebalan Lapisan.....	34
Gambar 3.14	Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Variasi Rapat Arus dan Jarak Elektroda Terhadap Ketebalan Lapisan.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Tebal Lapisan
- Lampiran 2 Sertifikat Material
- Lampiran 3 Gambar Kegiatan Penelitian
- Lampiran 4 Surat Keterangan Penelitian



RINGKASAN

Dimas Surya Kusuma, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2010, *Pengaruh Rapat Arus dan Jarak Elektroda Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Proses Hard Chrome Plating*, Dosen Pembimbing: Winarno Yahdi Atmodjo dan Sugiarto.

Proses pelapisan *hard chrome* merupakan proses *finishing* yang banyak diaplikasikan pada dunia industri logam dan industri permesinan. Pelapisan *hard chrome* ini memiliki sifat-sifat yang tidak dimiliki oleh hasil pelapisan logam lain, seperti koefisien gesek rendah, tahan korosi, tahan aus, meningkatkan kekerasan permukaan, dan sebagainya. Dalam industri permesinan tidak sedikit komponen-komponen mekanik yang mengalami *undersized*, sehingga sebagian besar industri lebih memilih untuk melakukan rekondisi terhadap lapisan *hard chrome* pada komponen tersebut, untuk mendapatkan ketebalan lapisan yang sesuai dengan dimensi awal maka perlu dilakukan perhitungan dan optimalisasi variabel-variabel yang mempengaruhi proses pelapisan *hard chrome*. Variabel-variabel yang berpengaruh pada proses *electroplating* antara lain rapat arus, konsentrasi larutan elektrolit, temperatur elektrolit, jarak elektroda dan waktu pelapisan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rapat arus dan jarak elektroda terhadap ketebalan lapisan dari hasil proses *hard chrome plating*.

Pada penelitian ini variasi rapat arus yang digunakan adalah 25, 35, 45, 55 dan 65 (A/dm^2) dan jarak elektroda yang digunakan adalah 3 dan 9 (cm). Larutan elektrolit yang digunakan yaitu 300 gr/l *Chromic Acid* dan 3 gr/l Asam Sulfat. *Pickling Asam* menggunakan larutan ACTANE® 345 sebanyak 120 gr/l. Temperatur dijaga konstan pada 50°C dan waktu pelapisan selama 60 menit. Selanjutnya nilai ketebalan lapisan diukur dengan menggunakan alat ukur ketebalan lapisan atau *coating thickness gauge*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi rapat arus dan semakin kecil jarak elektroda maka nilai ketebalan lapisan semakin meningkat. Dari hasil penelitian didapatkan nilai ketebalan lapisan yang terendah sebesar 14,40 μm pada spesimen dengan rapat arus 25 A/dm^2 dan jarak elektroda 9 cm. Sedangkan nilai ketebalan lapisan tertinggi sebesar 38 μm pada spesimen dengan rapat arus 65 A/dm^2 dan jarak elektroda 3 cm.

Kata kunci: *hard chrome plating*, jarak elektroda, ketebalan lapisan, rapat arus

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam merupakan material yang paling banyak digunakan dewasa ini dalam berbagai proses terutama kalangan industri. Pada proses pengerjaan logam perlu dilakukan proses *finishing* untuk menyempurnakan benda kerja yang dihasilkan. Tujuan dari proses *finishing* adalah agar benda kerja dapat memenuhi baik secara fungsional, nilai ekonomis maupun dari segi estetika. Salah satu proses *finishing* yang cukup penting di dunia adalah proses pelapisan dengan *electroplating*.

Pada awal perkembangannya, *electroplating* dilakukan hanya untuk memenuhi aspek estetika saja, yaitu untuk mempercantik penampakan luar atau dengan kata lain hanya memiliki fungsi *decorative* saja. Namun dalam perkembangannya lebih lanjut, khususnya di kalangan industri, *electroplating* merupakan proses *finishing* yang cukup penting untuk memperoleh sifat-sifat pada permukaan logam antara lain: ketahanan korosi, ketahanan aus, ketahanan terhadap suhu tinggi, konduktifitas listrik dan lain sebagainya.

Chromium merupakan salah satu logam pelapis yang banyak diaplikasikan dalam bidang industri. Salah satu jenis *electroplating* yang menggunakan *chrome* sebagai pelapis adalah *hard chrome plating* atau pelapisan krom keras. Proses *hard chrome plating* secara umum banyak diaplikasikan pada komponen-komponen mekanik. Hal ini dikarenakan *chrome* memberikan lapisan pada permukaan logam yang memiliki sifat mekanis dan fisis, antara lain: kekerasan yang tinggi, ketahanan aus yang baik, koefisien gesek yang rendah, tahan terhadap serangan korosi, ketahanan terhadap suhu tinggi dan permukaan yang mengkilap.

Salah satu aplikasi penggunaan *hard chrome plating* adalah pada poros hidrolis alat-alat berat. Dimana poros hidrolis ini merupakan komponen yang tidak murah harganya. Namun, dalam aplikasinya poros hidrolis ini mengalami *undersized* atau penurunan dimensi dari dimensi

awalnya atau bahkan mengalami kerusakan pada lapisannya. Harga poros hidrolis yang tinggi menyebabkan sebagian besar perusahaan atau industri lebih memilih melakukan rekondisi pada lapisan *hard chrome* yang rusak, sehingga pengeluaran dapat ditekan. Untuk mendapatkan melakukan rekondisi ini perlu dipertimbangkan beberapa hal, diantaranya ketebalan lapisan yang ingin dicapai, apakah setelah pelapisan akan dilakukan proses permesinan dan yang tidak kalah penting adalah memperhatikan variabel-variabel yang mempengaruhi ketebalan lapisan dan kualitas lapisan. Untuk mendapatkan ketebalan lapisan sesuai dengan yang diinginkan perlu dilakukan optimalisasi pada variabel-variabel yang berpengaruh pada *electroplating*.

Salah satu variabel yang berpengaruh pada *electroplating* adalah besarnya kuat arus listrik yang dialirkan melalui elektrodanya. Besarnya arus listrik yang dialirkan mengindikasikan besarnya arus ion di dalam larutan elektrolit yang dipengaruhi oleh besarnya beda potensial listrik yang diberikan pada kedua elektroda (anoda dan katoda) dan besarnya tahanan listrik pada larutan elektrolit yang digunakan.

Besarnya tahanan listrik pada elektrolit dipengaruhi oleh jenis elektrolit yang digunakan dan jarak anoda katoda. Oleh karena itu jarak antara anoda dan katoda mempengaruhi arus listrik yang mengalir di dalam larutan elektrolit. Pada proses *electroplating* biasanya digunakan istilah rapat arus (*current density*), yaitu besarnya arus listrik yang mengalir tiap luasan benda kerja yang akan dilapisi.

Pada penelitian ini akan dikaji mengenai hubungan rapat arus dan jarak elektroda terhadap distribusi ketebalan logam pelapis pada baja dengan metode *hard chrome plating*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh rapat arus dan jarak elektroda terhadap tebal lapisan pada proses *hard chrome plating*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjadikan penelitian ini lebih terarah maka perlu ditetapkan batasan-batasan masalah berikut ini:

1. Larutan elektrolit yang digunakan adalah campuran antara *chromic acid* dengan asam sulfat.
2. Material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah baja AISI 1045.
3. Jarak elektroda yang digunakan yaitu 3 dan 9 cm.
4. Temperatur operasi yang digunakan konstan yaitu 50°C.
5. Proses *pickling* yang digunakan adalah *pickling* asam dengan larutan ACTANE® 345 dengan konsentrasi 120 gr/l selama 1 menit.
6. Waktu pelapisan yang digunakan sama yaitu 60 menit.
7. Hanya membahas distribusi ketebalan hasil dari proses *hard chrome plating*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rapat arus dan jarak elektroda terhadap tebal lapisan pada proses *hard chrome plating*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat antara lain:

1. Untuk menambah wawasan dan menambah referensi bagi peneliti selanjutnya.
2. Dapat memberikan masukan bagi dunia industri tentang pengaruh rapat arus dan jarak elektroda terhadap distribusi ketebalan lapisan untuk mendapatkan kualitas lapisan yang optimal.
3. Hasil penelitian dapat diaplikasikan secara meluas untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Arif Lukmanul Hakim (2004) meneliti pengaruh *current density* dan jarak anoda-katoda terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan pada proses pelapisan krom keras. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental nyata, variasi *current density* (45, 55 dan 65 A/dm²) dan jarak anoda-katoda (3, 6, 9 cm) sebagai variabel bebas serta kekerasan dan kekasaran permukaan sebagai variabel terikat. Dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa semakin tinggi *Curent Density* yang digunakan nilai kekerasan permukaan lapisan krom keras meningkat sedangkan nilai kekasarannya menurun. Semakin jauh jarak anoda-katoda nilai kekerasan permukaan lapisan krom keras menurun dan kekasarannya meningkat.

Wildan Firdaus Mulyadi (2007) meneliti tentang pengaruh temperatur, rapat arus dan waktu dari proses pelapisan *hard chromium* pada material St 41 yang telah mengalami proses perlakuan panas terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan yang terbentuk. Parameter yang diamati adalah pengaruh variasi rapat arus 45, 60 dan 75 (A/dm²), pengaruh variasi waktu 30, 45 dan 60 menit, pengaruh variasi temperatur 45, 50 dan 55 (°C) Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur maka akan menurunkan nilai kekerasan permukaan material. Semakin tinggi rapat arus maka ketebalan logam pelapis akan semakin meningkat sehingga kekerasan permukaan akan semakin meningkat pula. Semakin lama waktu pelapisan akan meningkatkan nilai kekerasan permukaan logam pelapis. Nilai kekerasan maksimum sebesar 945 VHN dicapai pada spesimen yang telah mengalami proses *hardening* pada temperatur 45°C, waktu 30 menit dan rapat arus 75 A/dm².

2.2 Pelapisan Logam

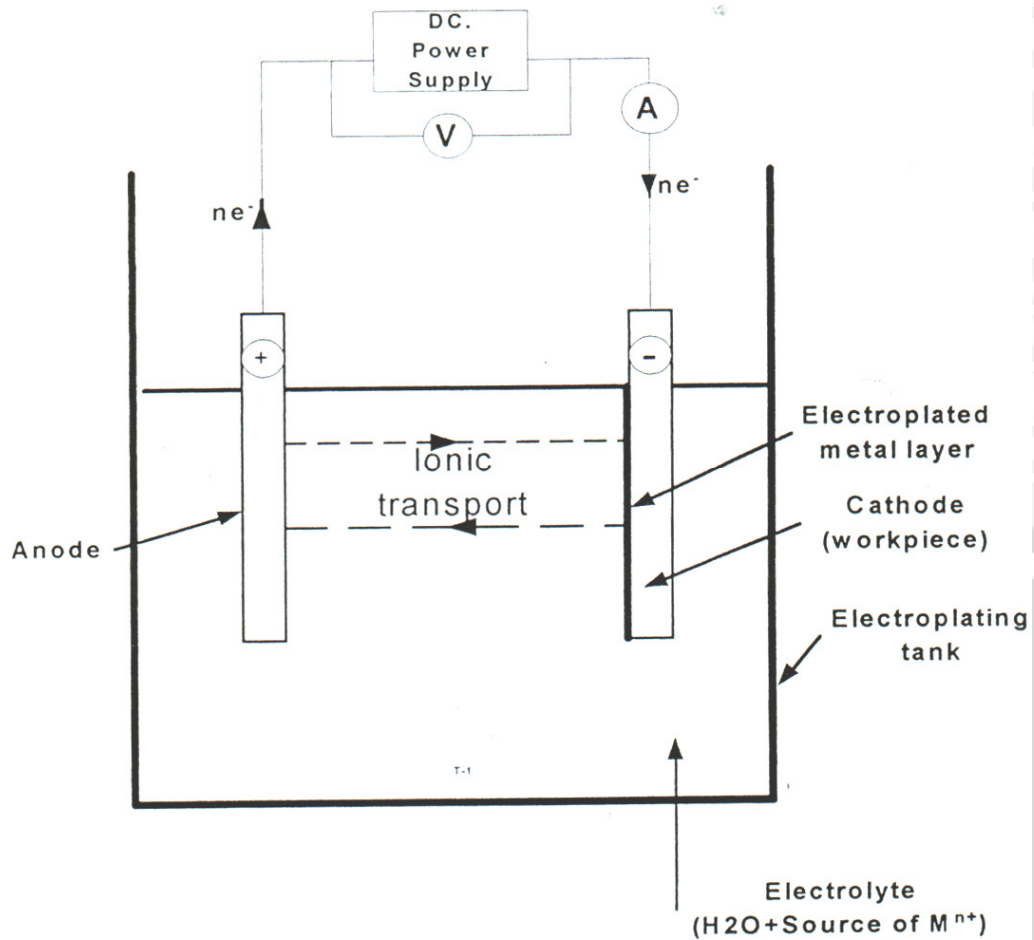
Banyak benda di sekitar kita yang diberi sentuhan akhir berupa lapisan logam, baik untuk melindungi maupun untuk memperindah logam dibawahnya yang menyediakan kekuatan, kekakuan dan sifat dapat dibentuk (Chamberlain, 1991:269). Material pelapis merupakan penghalang yang sinambung antara permukaan logam dan lingkungan sekitarnya. Sifat-sifat ideal bahan pelapis dari logam ini dapat diringkaskan sebagai berikut:

- 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 retak di permukaannya.
- c. Sifat-sifat mekanik seperti kelenturan dan kekerasannya harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.
- d. Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori.

2.3 *Electroplating*

Electroplating adalah suatu proses pengendapan logam pelindung atau logam yang dikehendaki di atas logam lain dengan cara elektrolisa (Lowenheim, 1974:60). Dalam metode ini komponen bersama dengan batangan atau lempengan logam yang akan disalutkan, direndam dalam suatu elektrolit yang mengandung garam-garam logam penyalut (Chamberlain, 1991:270).

Skema proses *electroplating* dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Proses *electroplating*
 Sumber: Hartomo, 1992:25

Prinsip dasar pelapisan logam secara listrik adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda dan elektrolit yang digunakan (Taufik, 2004:1). Dengan adanya arus yang mengalir dari sumber maka elektron “dipompa” melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam dasar.

Proses pelapisan listrik memiliki empat komponen penting, yaitu:

1. Katoda, merupakan elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana logam yang akan dilapisi diletakkan pada posisi ini.
2. Anoda, merupakan elektroda positif dalam larutan elektrolit dan pada umumnya merupakan sumber ion logam yang akan melapisi.

3. Larutan elektrolit, merupakan media penghantar yang dapat berupa asam, basa atau garam. Pada *hard chromium plating* larutan elektrolit ini dapat berfungsi sebagai penyedia logam yang akan menempel pada logam yang akan dilapisi yang larut dalam larutan.
4. Arus listrik. Arus listrik ini mengalir dari anoda ke katoda, arus yang digunakan yaitu arus DC (*Direct Current*).

2.3.1 Sumber Arus

Arus yang digunakan pada proses pelapisan listrik adalah arus searah (*Direct Current/DC*). Arus ini didapat dari sumber arus yang bermacam-macam, yaitu Baterai kering, *Accumulator*, *DC Power Supply*.

Penggunaan sumber arus tergantung dari besar arus yang digunakan selama proses, selain itu juga kestabilan besar arus 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).

2.3.2 Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Sedangkan pengertian larutan itu sendiri adalah campuran homogen antara dua atau lebih zat-zat. Dimana zat yang jumlahnya lebih sedikit disebut zat terlarut, sedangkan yang jumlahnya lebih banyak disebut dengan pelarut. Larutan elektrolit sendiri dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang mempunyai daya hantar arus listrik, karena zat terlarut yang berada didalam pelarut (biasanya air), seluruhnya dapat berubah menjadi ion-ion dengan harga derajat ionisasi adalah satu ($\alpha = 1$).

2. Larutan elektrolit lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang mampu menghantarkan arus listrik dengan daya yang lemah, dengan harga derajat ionisasi lebih dari nol tetapi kurang dari satu ($0 < \alpha < 1$).

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

Dalam pembuatan elektrolit yang harus diperhatikan adalah perbandingan kandungan masing-masing bahan kimia. Perbandingan tertentu menurut jenis elektrolitnya. Prosentase yang sudah ditentukan harus dipenuhi untuk mendapatkan hasil pelapisan yang baik.

Macam-macam larutan elektrolit yang ada diantaranya adalah larutan Alkalin, larutan Pyrophospat, larutan Asam, larutan Cyanida.

2.3.3 Elektroda

Pada *electroplating* terdapat dua buah elektroda, dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda dan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut katoda.

- **Anoda**

Pada dasarnya anoda yang digunakan pada proses *electroplating* dapat digolongkan dalam dua jenis yaitu:

1. Anoda dapat larut (*soluble*)
2. Anoda tak dapat larut (*insoluble*)

Maksud anoda dapat larut adalah anoda yang selama proses pelapisan memberikan ion-ion logamnya kepada katoda. Sehingga anoda jenis ini makin lama makin habis terkikis. Penggunaan anoda jenis ini mempunyai keuntungan yaitu: membantu pengoperasian dalam menjaga konsentrasi larutan agar tetap dalam batas yang diinginkan secara otomatis. Akan tetapi anoda jenis ini mempunyai beberapa kelemahan yaitu: dalam jangka waktu yang relatif panjang akan menghasilkan kotoran dan memerlukan control untuk memastikan apakah anoda mempunyai fungsi yang baik pada saat operasi. Contoh anoda jenis ini adalah Tembaga, Seng, Nikel, Timah putih, Cadmium, Perak dan lain-lain.

Sedangkan anoda tak dapat larut adalah anoda yang selama proses pelapisan tidak terkikis. Penggunaan anoda jenis ini mempunyai keuntungan

yaitu: tidak membutuhkan pengontrolan kondisi anoda secara khusus dan tidak diperlukan juga pengaturan jarak antar elektroda secara khusus. Adapun kelemahannya adalah memerlukan pengontrolan konsentrasi larutan lebih intensif. Contoh anoda jenis ini adalah Karbon, Platina, Timah hitam dan lain-lain.

Pada proses pelapisan *hard chrome* anoda yang digunakan adalah timah hitam (Pb), anoda Pb hanya berfungsi sebagai transmisi arus. Anoda ini digunakan karena tidak larut dalam asam kromat.

- **Katoda**

Katoda merupakan elektroda yang dihubungkan pada kutub negatif. Logam yang akan dilapis diposisikan sebagai katoda. Pada katoda terjadi reaksi reduksi.

2.3.4 Potensial Elektroda

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 melepas elektron. Pada sel elektrokimia oksidasi terjadi di anoda. Sedangkan 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, dan 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

standar 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 (potensial reduksi standar) yaitu:

Tabel 2.1 Potensial Reduksi Standar (Deret Volta)

Reaksi Elektroda	E^0 (Volt)
$Au^+ + e^- = Au$	+1,68
$Pt^{2+} + 2e^- = Pt$	+1,20
$Hg^{2+} + 2e^- = Hg$	+0,85
$Ag^+ + e^- = Ag$	+0,80
$Cu^{2+} + 2e^- = Cu$	+0,34
$2H^+ + 2e^- = H_2$	0,00
$Pb^{2+} + 2e^- = Pb$	-0,13
$Sn^{2+} + 2e^- = Sn$	-0,14
$Ni^{2+} + 2e^- = Ni$	-0,25
$Cd^{2+} + 2e^- = Cd$	-0,40
$Fe^{2+} + 2e^- = Fe$	-0,44
$Cr^{3+} + 3e^- = Cr$	-0,71
$Zn^{2+} + 2e^- = Zn$	-0,76
$Al^{3+} + 3e^- = Al$	-1,67

Sumber: Trethewey, 1991: 73

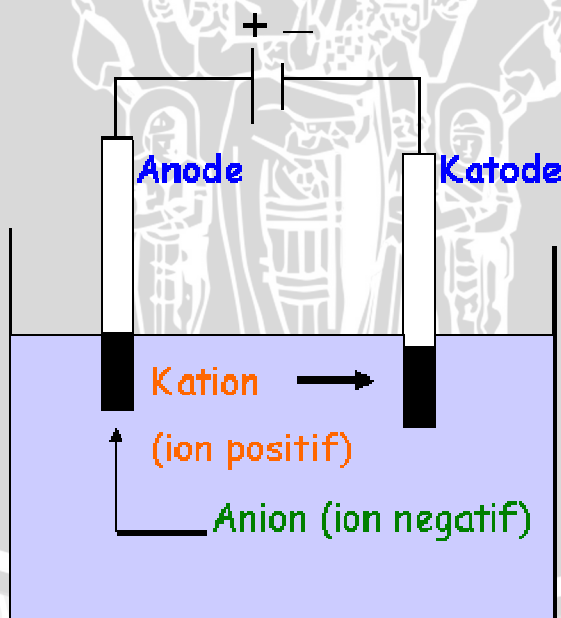
Sifat-sifat deret volta adalah:

1. Logam yang terletak di atas H memiliki harga E_0 positif sedangkan di bawah H mempunyai harga E_0 negatif.

2. Makin atas letak suatu logam pada deret volta, maka harga E_0 logam makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di atas H mudah mengalami reduksi atau sulit teroksidasi. Logam ini disebut logam yang pasif atau logam mulia.
3. Makin ke bawah, harga E_0 dari logam semakin kecil yang berarti logam tersebut sulit tereduksi dan mudah teroksidasi. Logam ini disebut logam yang aktif.

2.3.5 Elektrolisis dan Ionisasi

Jika arus listrik dihubungkan pada larutan *sodium chloride* maka larutan tersebut akan menghantarkan arus listrik dan kemudian akan terurai menghasilkan endapan pada kutub negatif (katoda). Larutan yang dapat menghantarkan listrik disebut larutan elektrolit, sedangkan hantaran listrik yang melalui larutan elektrolit disertai suatu reaksi disebut elektrolisis. Reaksi itu dapat berlangsung karena pengaruh energi listrik. Jadi pada elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia.



Gambar 2.2 Susunan Sel Elektrolisis

Sumber: <http://2.bp.blogspot.com/YxWKZJBXsFs/SjXSuYk1E1I/AAAAAAAAAABM/jpEnEPfUAQs/s320/Picture1hhhhhhhhhhhh.gif>

Elektron (listrik) memasuki larutan melalui kutub negatif (katoda). Spesi tertentu dalam larutan menyerap elektron dari katoda dan mengalami reduksi. Sementara itu, spesi tertentu yang lain melepas elektron di anoda dan mengalami oksidasi. Spesi-spesi tertentu berasal dari larutan yang terurai menjadi ion-ion, proses penguraian ion-ion dari larutan ini disebut ionisasi.

Contoh ionisasi dari larutan elektrolit adalah sebagai berikut:

- $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$
- $NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$
- $CuSO_4 \rightarrow Cu^{2+} + (SO_4)^{2-}$

Ion-ion H^+ , Na^+ , Cu^{2+} merupakan ion positif atau disebut kation, sedangkan Cl^- , SO_4^{2-} merupakan ion negatif atau anion.

Suatu reaksi reduksi dapat menimbulkan potensial listrik tertentu, yang disebut potensial reduksi atau potensial elektroda yang dilambangkan dengan E. Makin mudah suatu unsur mengalami reduksi maka makin besar potensial elektroda yang ditimbulkan, yang menjadi masalah adalah harga E yang sebenarnya pada suatu reduksi tidak dapat dihitung, sebab tidak ada reaksi reduksi yang berlangsung tanpa diikuti reaksi oksidasi.

Misal dari suatu reaksi $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$, tidak dapat diukur harga E yang timbul sebab reaksi ini hanya merupakan setengah reaksi yang berpasangan dengan reaksi oksidasi. Misal reaksi oksidasi $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ yang merupakan reaksi setengah juga. Reaksi lengkap yang terjadi adalah $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$. Jadi potensial yang diukur adalah beda atau selisih dari potensial reduksi Cu^{2+} dan potensial oksidasi dari Zn, besarnya potensial yang terukur ini disebut potensial sel.

2.4 Hubungan Hukum Faraday dengan *Electroplating*

Dalam proses lapis listrik, jumlah perubahan kimia yang terjadi akan sebanding dengan jumlah listrik yang mengalir. Perubahan kimia yang diperlukan tersebut adalah jumlah endapan logam pada permukaan katoda.

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk suatu endapan atau deposit dari ion logam dengan jumlah arus yang dipakai untuk mengendapkannya. Hubungan tersebut diungkapkan dalam hukum Faraday sebagai berikut:

1. Jumlah bahan yang terdekomposisi pada saat berlangsungnya elektrolisa berbanding lurus dengan kuat arus (Ampere) dan waktu pengaliran arus (detik) dalam suatu larutan elektrolit.
2. Jumlah arus yang sama akan membebaskan jumlah ekivalen yang sama dari berbagai unsur.

Pernyataan diatas dapat dirumuskan (Hartomo, 1992:12) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{e \times I \times t}{F} \\
 W &= \frac{Ar \times \frac{V}{R} \times t}{z \times 96500} \\
 W &= \frac{Ar \times \frac{V}{Q \times I} \times t}{z \times 96500} \\
 W &= \frac{Ar \times V \times \frac{a}{Q \times I} \times t}{z \times 96500} \\
 W &= \frac{Ar \times I \times \frac{Q \times I}{a} \times \frac{a}{Q \times I} \times t}{z \times 96500} \\
 W &= \frac{Ar \times I \times t}{z \times 96500} \tag{2-1}
 \end{aligned}$$

dengan:

- W : berat total yang diendapkan (gr)
 Ar : massa atom
 z : valensi
 V : tegangan (Volt)
 R : hambatan (Ohm)
 I : arus listrik yang dialirkan (Ampere)
 Q : hambatan jenis (Ohm.cm)

- l : jarak elektroda (cm)
 a : luas permukaan benda kerja (cm²)
 t : waktu (detik)

Dari rumus di atas ketebalan endapan secara teoritis dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Density} = \frac{\text{Berat endapan}}{\text{Volume}} \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right] \quad (2-2)$$

atau:

$$\text{Volume} = \frac{\text{Berat endapan}}{\text{Density}} [\text{cm}^3] \quad (2-3)$$

Dengan mengukur langsung luas permukaan benda kerja (katoda) dengan asumsi bahwa serba merata di seluruh permukaan, ketebalan endapan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Luas permukaan katoda}} \quad (2-4)$$

Dengan kata lain bahwa arus total yang mengalir melalui sel (sistem) menghasilkan besar logam yang diendapkan secara keseluruhan.

2.5 Throwing Power

Hasil *electroplating* sangatlah diinginkan untuk mendapatkan permukaan yang halus dan ketebalan yang merata di seluruh luasan benda kerja. Kemampuan larutan penyalut (elektrolit) untuk menghasilkan ketebalan yang merata pada permukaan katoda dengan bervariasinya jarak antara anoda-katoda disebut *throwing power* yang biasanya dinyatakan dengan prosentase (%).

Larutan Asam Kromat mempunyai angka *throwing power* yang jelek. Oleh karena itu jarak antara anoda dan katoda sangat mempengaruhi hasil dari pelapisan krom.

Besarnya angka *throwing power* dapat diuji dengan Haring-Blum *Cell* seperti pada gambar 2.3. Dua katoda diletakkan dengan jarak yang berbeda dari anoda, kemudian dilakukan *electroplating*. Berat endapan

logam dinyatakan dengan w_1 dan w_2 , jarak masing-masing katoda dengan anoda dinyatakan dengan x_1 dan x_2 .

Besarnya angka *throwing power* dapat ditentukan dengan rumus yang diusulkan oleh Field (Fletcher, 1990:392) berikut ini:

$$\%Throwing\ Power = \frac{100(K - B)}{K + B - 2} \quad (2-5)$$

dimana:

$$K : \frac{x_1}{x_2}$$

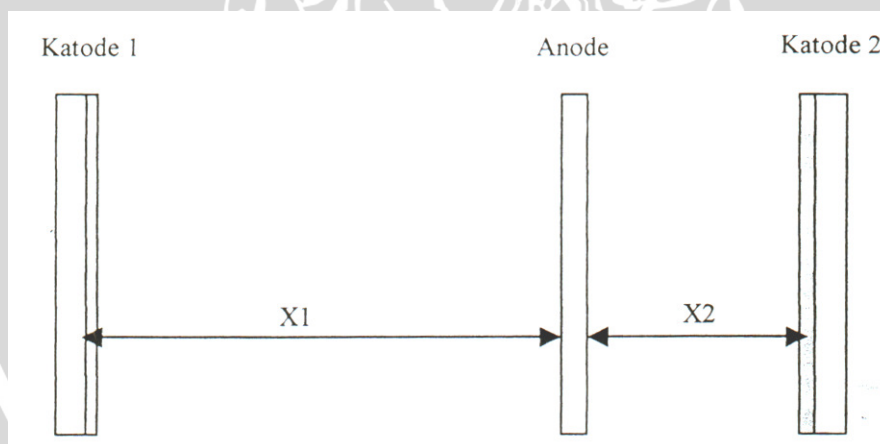
x_1 : Jarak katoda 1 dengan anoda

x_2 : Jarak katoda 2 dengan anoda

$$B : \frac{w_2}{w_1}$$

w_1 : Berat endapan logam di katoda 1

w_2 : Berat endapan logam di katoda 2



Gambar 2.3 Skema Haring Blum Cell
Sumber: Parthasaradhy, 1989:282

2.6 Pelapisan Krom Keras (*Hard Chrome Plating*)

Krom sebagai unsur ditemukan tahun 1977 (Hartomo, 1992:54). Penggunaan krom dalam *alloy*, misalnya *alloy*, besi, kromnya tidak sebagai krom murni, cukup 75% krom besi, dengan melebur biji kromit tanpa perlakuan tambahan.

Krom relatif *inert* dalam berbagai kondisi lingkungan. Karbon, belerang dan oksigen biarpun sedikit, sangat mempengaruhi keuletan logam krom. Krom bereaksi dengan asam, semisal asam nitrat, fosfat, khlorat dan perklorat membentuk lapisan tipis krom yang menghasilkan kepasifan, sehingga tahan korosi (Hartomo, 1992:54). Dalam larutan netral kepasifan itu terjaga, tetapi dalam larutan asam harus diberi oksidator, tetapi jangan ada asam halogen.

Krom sebagai bahan logam pelapis memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Surdia, 1992:53) :

- Lambang : Cr
- Nomor atom : 24
- Massa atom : 52 ^{gr}/mol
- Rapat massa : 7,19 ^{gr}/cm³
- Suhu lebur : 1863°C

Aplikasi pelapisan krom cukup luas, baik untuk tujuan dekoratif maupun untuk dipergunakan bagi keperluan aplikasi teknologi. Dari kedua macam kepentingan serta kegunaan pelapisan krom, maka dapat dibagi menjadi dua yaitu, *decorative chromium* dan *hard chrome*. Perbedaan utama *hard chrome* dan *decorative chrome* ialah bahwa depositnya jauh lebih tebal dan sifat fisiknya amat penting.

Lapisan *hard chrome* disebut juga sebagai *industrial* atau *engineering chromium plating* dan ini berbeda dengan lapisan *decorative chromium*, dimana lapisan *hard chrome* memiliki tujuan sebagai berikut (ASM, 1964:462) :

1. Lapisan *hard chrome* digunakan untuk memperbaiki sifat permukaan dari tahan aus, abrasi, meningkatkan kekerasan, tahan panas dan korosi serta untuk tujuan lain.
2. Ketebalan lapisan normal dari *hard chrome* antara 2,54 sampai 508 μm serta untuk aplikasi tertentu ketebalannya bisa lebih besar, bila dibandingkan dengan lapisan *decorative chromium* yang memiliki ketebalan kurang dari (2,54 μm).

3. Lapisan *hard chrome* langsung dipakai untuk melapisi logam dasarnya dan ini berbeda dengan *decorative chromium* yang memerlukan logam pelapis dasar seperti tembaga dan nikel.

2.6.1 Elektrolit yang Digunakan

Krom tidak dapat diendapkan langsung dari larutan yang hanya mengandung CrO_3 dan air saja. Dalam larutan tersebut harus ditambahkan larutan asam yang berfungsi sebagai katalis. Tanpa adanya katalis dalam larutan tersebut pelapisan krom keras tidak akan berhasil sempurna, yang terjadi hanya selaput berwarna pada permukaan benda kerja yang dilapisi.

Katalis adalah suatu zat yang berfungsi untuk mempercepat atau memperlambat laju suatu reaksi kimia tetapi tidak mempengaruhi hasil reaksi tersebut, dan pada akhir reaksi zat tersebut masih ada. Dikenal dua jenis katalis :

- Katalis yang berfungsi untuk mempercepat suatu reaksi disebut katalisator positif.
- Katalis yang berfungsi untuk memperlambat suatu reaksi disebut katalisator negatif.

Tabel 2.2 Konsentrasi elektrolit untuk *hard chromium plating*

Type of oath	Chromic acid ^(a)		Sulfate ^(a)		Current density		Bath temperature	
	g/L	oz/gal	g/L	oz/gal	A/dm ²	A/in. ²	°C	°F
Low concentration	250	33	2.5	0.33	31-62	2-4	52-63	125-145
High concentration	400	53	4.0	0.53	16-54	1-3.5	43-63	110-145

Sumber : ASM Handbook Vol.5, 1994:689

Pada larutan dengan konsentrasi yang tinggi memiliki keuntungan yaitu larutan kurang sensitif terhadap perubahan konsentrasi, sehingga lebih mudah untuk dikontrol dan memiliki *throwing power* yang baik, karena pada larutan dengan konsentrasi yang tinggi memiliki konduktivitas yang

baik sehingga proses dapat dilakukan dengan penggunaan arus dan temperatur operasi yang rendah (ASM Handbook Vol.5, 1994).

2.6.2 Material Anoda yang Digunakan

Logam krom tidak dapat berfungsi dengan baik sebagai anoda dalam proses pelapisan krom keras, karena logam krom sangat mudah larut dalam larutan asam kromat. Maka dalam proses pelapisan krom keras tidak menggunakan anoda dari krom, selain itu logam krom relatif mahal.

Pada proses pelapisan krom keras anoda yang digunakan adalah timah hitam (Pb), anoda Pb hanya berfungsi sebagai transmisi arus. Anoda ini digunakan karena tidak larut dalam asam kromat dan dengan anoda ini didapat keuntungan yaitu lapisan PbO_2 yang terbentuk pada proses pelapisan akan berfungsi sebagai pengendali ion Cr^{3+} .

Untuk mendapatkan hasil lapisan yang baik maka dimensi dan bentuk anoda dibuat mirip dengan anoda. Hal ini dengan tujuan untuk mendapatkan tebal lapisan yang merata di semua bagian.

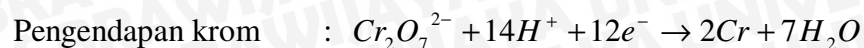
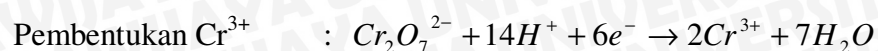
2.6.3 Mekanisme Reaksi

Walaupun larutan yang digunakan dalam proses pelapisan krom keras cukup sederhana, tetapi mekanisme pengendapan krom cukup kompleks. Pengendapan krom dapat terjadi bila krom yang terbentuk diendapkan dari keadaan heksavalen.

Asam kromat (CrO_3) dalam larutan cenderung berbentuk asam *dichromic* ($H_2Cr_2O_7$). Perlu dicatat bahwa dalam larutan elektrolit $H_2Cr_2O_7$ ini dalam bentuk ion $Cr_2O_7^{2-}$.

Sedikitnya ada tiga reaksi yang terjadi pada masing-masing elektroda dan berlangsung secara bersamaan. Mekanisme reaksinya sebagai berikut:

- Pada Katoda



- Pada Anoda
Evolusi oksigen : $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
Oksidasi ion krom : $2Cr^{3+} + 6H_2O \rightarrow 2CrO_3 + 12H^+ + 6e^-$
Pembentukan timbal oksida: $Pb + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 4H^+ + 4e^-$

Langkah-langkah proses pengendapan secara garis besar sebagai berikut:

1. Perpindahan molekul dari larutan ke permukaan katoda.
2. Absorpsi pada permukaan katoda.
3. Pelepasan ion logam dari molekulnya.
4. Pengikatan elektron.
5. Kristalisasi.

2.7 Pengaruh Rapat Arus (*Current Density*) Terhadap Hasil *Electroplating*

Di dalam proses lapis listrik yang lebih penting bukan berat total dari logam yang diendapkan tetapi luas permukaan dimana endapan tersebut menyebar. Karena itu pada proses *electroplating* dikenal istilah rapat arus atau *current density*.

Definisi rapat arus adalah besar arus tiap jumlah luas permukaan benda kerja yang akan dilapisi (Sanders, 1950:4). Atau dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$CD = \frac{I}{A} \quad (2-6)$$

Dengan: CD : rapat arus (A/dm^2)
 I : arus yang dialirkan (A)
 A : luas permukaan katoda (dm^2)

Rapat arus ini memegang peranan yang sangat penting dalam proses *electroplating*. Baik dan buruknya pelapisan ditentukan oleh sesuai atau tidaknya rapat arus yang digunakan dalam proses pelapisan tersebut.

Ketika rapat arus yang digunakan terlalu kecil maka proses pengendapan pada katoda akan berjalan dengan lambat. Ini berarti laju pelepasan elektron, yang berhubungan pada pengendapan logam pelapis secara lambat dengan kata lain terdapat waktu yang cukup bagi inti logam pelapis untuk tumbuh sehingga hanya terdapat sedikit bidang untuk tumbuh inti yang baru, pada akhirnya akan terbentuk butir-butiran yang besar pada permukaan katoda. Sebaliknya apabila rapat arus yang digunakan besar maka akan dihasilkan butir-butiran yang kecil karena besarnya arus yang terjadi menyebabkan cepatnya terbentuk inti baru, sehingga endapan yang terjadi pada permukaan katoda berbutir halus (Parthasaradhy, 1989:54).

Tetapi kita tidak dapat menaikkan rapat arus sampai limit atau batas tertentu, karena akan menimbulkan pelepasan hidrogen yang pada akhirnya akan terjadi pengendapan hidroksida pada logam yang dilapisi. Jika ini terjadi maka endapan yang terjadi halus tetapi berpori dan tampak kusam serta lunak karena adanya hidrogen yang ikut mengendap pada logam yang dilapisi. Besarnya limit rapat arus tidak sama untuk masing-masing kondisi, hal itu dipengaruhi oleh konsentrasi larutan, temperatur dan jenis elektrolit yang digunakan.

2.8 Konduktansi Elektrolit pada *Electroplating*

Konduktansi (*conductance*) elektrolit memiliki peran yang cukup penting dalam proses *electroplating*. Konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolit (Parthasaradhy, 1989:17). Konduktansi (*conductance*) berbanding terbalik dengan hambatan (*resistance*), dimana bila hambatan besar, maka konduktansi makin kecil, begitu pula sebaliknya. Hambatan sendiri bisa dirumuskan sebagai berikut (Parthasaradhy, 1989:17):

$$R = \frac{Q \times l}{a} \quad (2-7)$$

dengan:

R = hambatan (ohm)

Q = hambatan jenis (ohm.cm)

l = jarak anoda dan katoda (cm)

a = luasan elektroda (cm²)

Pada tabel 2.3 berikut ini ditampilkan nilai hambatan jenis beberapa larutan elektrolit.

Tabel 2.3 Hambatan Jenis Larutan Elektrolit

<i>Plating Bath</i>	<i>Resistivity (Ohm.cm)</i>
<i>Acid Copper</i>	5,6
<i>Rochelle Copper</i>	14,3
<i>High Efficiency NaCN-Copper</i>	6,8
<i>High Efficiency KCN-Copper</i>	5,9
<i>Watts Nickel</i>	19,5
<i>Chromium (standard sulfate type)</i>	2,0
<i>Cyanide Zinc</i>	7,7
<i>Acid Zinc</i>	21,0
<i>Cyanide Cadmium</i>	7,3
<i>Alkaline Tin</i>	16,2
<i>Brass (Cyanide Type)</i>	12,4
<i>Alkaline Cleaner</i>	19,0

Sumber: Parthasaradhy, 1989: 18

Sedangkan konduktansi (*conductance*) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{K \times a}{l} \quad (2-8)$$

dengan:

C = konduktansi elektrolit (Siemens)

K = konduktansi spesifik (Siemens/cm)

a = luasan elektroda (cm²)

l = jarak anoda dan katoda (cm)

Untuk meningkatkan konduktivitas elektrolit dapat ditempuh beberapa cara sebagai berikut:

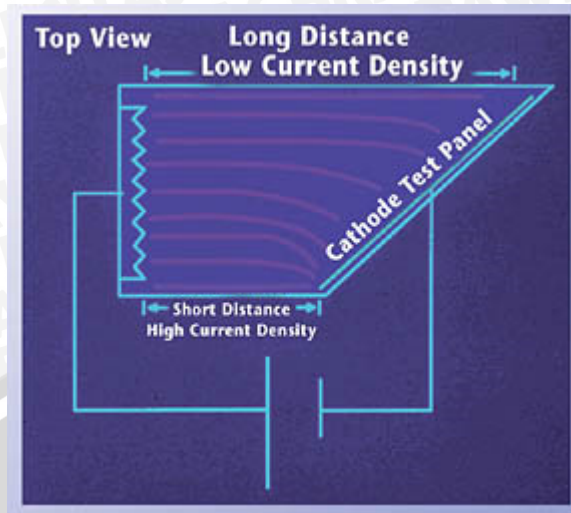
1. Meningkatkan konduktivitas spesifik elektrolit dengan penambahan garam atau asam.

2. Meningkatkan luasan area kontak elektroda, misalnya dengan penambahan anoda.
3. Mengurangi jarak antara anoda dan katoda dengan mendekatkannya sedekat mungkin.
4. Meningkatkan temperatur elektrolit.

Konduktivitas larutan ditentukan oleh jumlah ion (dimana jumlah ion tergantung pada konsentrasi elektrolit yang dipakai) dan kecepatan ion berpindah atau bermigrasi karena pengaruh tegangan listrik yang dipakai. Makin cepat ion bergerak, konduktivitas larutan juga makin besar. Ion H^+ dan OH^- adalah ion yang paling cepat. Oleh karena itu, larutan yang berasal dari asam kuat merupakan konduktor yang lebih baik dibandingkan larutan garam. Asam lemah merupakan konduktor yang jelek karena memiliki jumlah ion yang relatif sedikit. Elektrolit menunjukkan peningkatan konduktivitas dengan peningkatan temperatur, suatu sifat yang menunjukkan pergerakan ion yang lebih besar. Peningkatan $2^\circ C$ pada bak *plating* dapat meningkatkan konduktivitas sekitar 1 % (Parthasaradhy, 1989:17).

2.9 Ketebalan Lapisan

Menurut teori *Hull Cell*, ketebalan lapisan yang terbentuk dalam suatu proses pelapisan listrik akan sangat dipengaruhi oleh jarak antara permukaan yang akan dilapis dengan elektroda lainnya yaitu anoda, sehingga untuk spesimen yang tidak memiliki bentuk datar akan terbentuk suatu lapisan yang tidak seragam antara daerah yang dekat dengan anoda dengan daerah yang memiliki jarak lebih jauh dari anoda. Daerah yang lebih dekat dengan anoda akan memiliki ketebalan yang lebih tebal daripada daerah yang lebih jauh dari anoda. Hal ini dikarenakan daerah yang lebih dekat dengan anoda akan mendapat rapat arus yang lebih besar.



Gambar 2.4 Skema Percobaan *Hull Cell*

Sumber : <http://www.circuitree.com/CT/2003/12/Files/Images/94501.jpg>

Ketebalan lapisan dapat diukur dengan beberapa cara:

1. Menggunakan *Coating Thickness Gauge*
2. Menggunakan foto mikro dari logam

2.9.1 Pengujian Ketebalan Lapisan

Nilai ketebalan lapisan diperoleh dari hasil uji ketebalan lapisan pada spesimen uji dengan menggunakan *coating thickness gauge*. Ada beberapa macam metode yang digunakan oleh alat uji ketebalan lapisan, yaitu induksi elektromagnetik, gelombang ultrasonik dan teknik *Eddy current*.

2.10 Hipotesa

Dengan meningkatnya rapat arus dan semakin dekat jarak elektroda maka hambatan larutan elektrolit makin kecil, laju perpindahan elektron meningkat, sehingga tebal lapisan yang terbentuk semakin tinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental sejati (*true experimental research*). Untuk memperoleh bahan kajian didapat dari berbagai sumber seperti buku, jurnal dari internet dan penelitian sebelumnya.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Variabel bebas
 - Rapat arus yang digunakan : 25, 35, 45, 55 dan 65 (A/dm^2)
- b. Variabel terikat
 - Ketebalan lapisan
- c. Variabel terkendali
 - Jarak anoda-katoda yang digunakan : 3 dan 9 (cm)
 - Temperatur operasi yang digunakan : 50°C
 - Konsentrasi larutan yang digunakan *chromic acid* 300 gr/l, serta asam sulfat (H_2SO_4) 3 gr/l.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

3.3.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan April 2010 dan berakhir pada bulan Juli 2010.

3.3.2 Tempat Penelitian

1. Laboratorium Proses Produksi 1 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya untuk proses pemotongan benda kerja dan pelapisan *hard chrome*.

2. Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, untuk persiapan spesimen dengan menggunakan alat *Centrifugal Sand Paper Machine*.
3. Laboratorium Kalibrasi PT. Inti Ganda Perdana (IGP) Jakarta, untuk melakukan pengujian ketebalan lapisan.

3.4 Peralatan dan Spesimen Uji yang Digunakan

3.4.1 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Power Hack Saw*

Untuk memotong benda kerja sesuai dengan dimensi yang dibutuhkan.



Gambar 3.1 Mesin Pemotong (*Power Hack Saw*)

Spesifikasi :

- Tipe : BSM 210 14240
- Produksi : Kast Maschinenbau GmbH - German

2. *Centrifugal Sand Paper Machine*

Untuk menggosok permukaan benda kerja dengan tujuan membersihkan permukaan dari kotoran dan karat.



Gambar 3.2 *Centrifugal Sand Paper Machine*

Spesifikasi :

- Merk : Saphir
- Buatan : Jerman
- Diameter : 15 cm
- Putaran : 1200 rpm

3. Gelas Ukur

Untuk mengukur banyaknya atau jumlah larutan.

4. Timbangan Digital

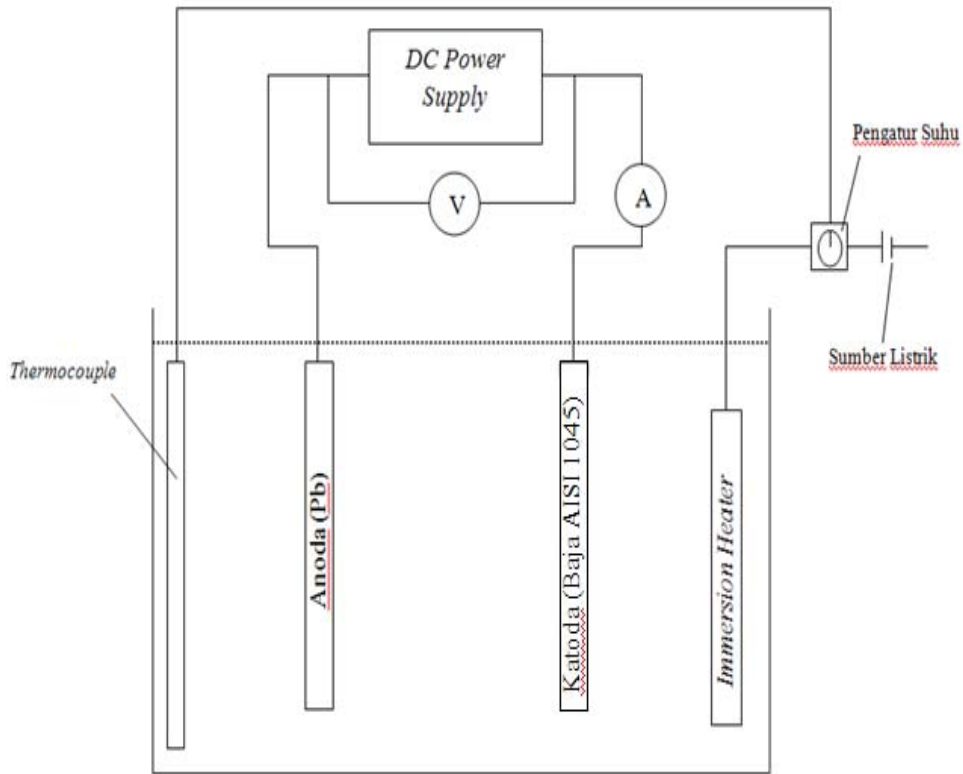
Untuk mengukur berat dari komposisi larutan elektrolit.



Gambar 3.3 Timbangan Digital

5. Instalasi *electroplating*

Untuk melakukan proses pelapisan logam dalam hal ini *hard chrome plating*.



Gambar 3.4 Skema Instalasi Pengujian

6. *Thermo Control*

Untuk menjaga temperatur elektrolit agar tetap konstan.



Gambar 3.5 Thermo Control

7. *Stopwatch*

Untuk menghitung waktu yang digunakan.

8. *Coating Thickness Gauge*

Untuk mengukur ketebalan lapisan.



Gambar 3.6 Coating Thickness Gauge

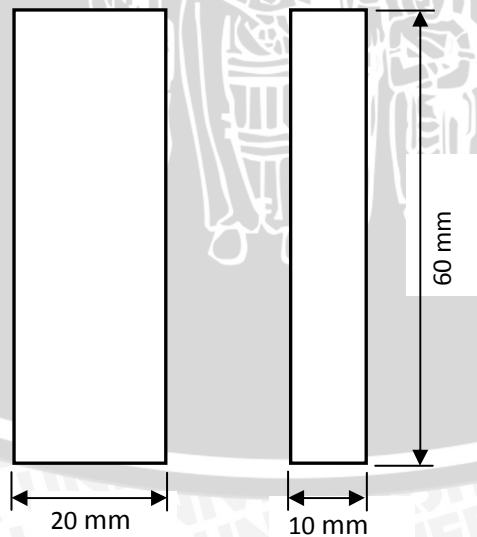
Spesifikasi :

- Merk : PosiTector 6000 FRS
- Buatan : Amerika Serikat
- Tanggal kalibrasi : 15 Januari 2009

9. Berbagai alat *safety*

3.4.2 Spesimen Uji yang Digunakan

Spesimen uji yang digunakan adalah baja standar AISI 1045 dengan dimensi sebagai berikut:



Gambar 3.7 Dimensi Benda Kerja

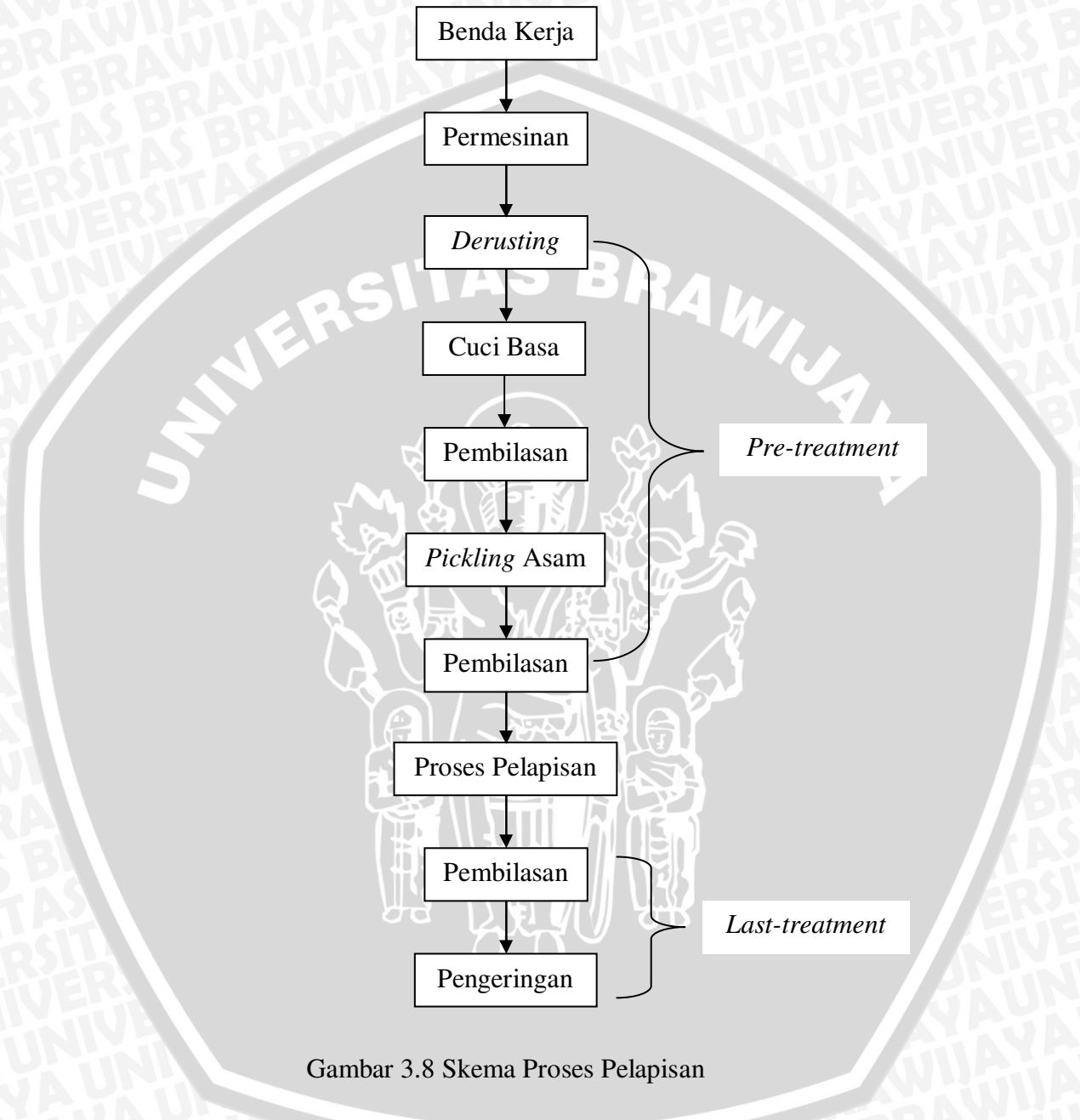
3.5 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Memotong spesimen sesuai dengan bentuk dan ukuran yang ditentukan dengan melakukan proses permesinan.
2. Membersihkan permukaan spesimen dengan menggunakan *centrifugal sand paper machine*.
3. Bilas benda kerja dengan air bersih untuk membersihkan sisa kotoran yang menempel di permukaan benda kerja kemudian dikeringkan.
4. Melakukan proses *masking* atau menutup permukaan benda kerja yang tidak ingin dilapisi, dengan cara menutupnya dengan selotip.
5. Celup benda kerja ke dalam larutan ACTANE[®] 345 dengan konsentrasi 120 gr/l untuk mengikis lapisan oksida, agar mudah mereduksi krom yang dilapiskan. Pencelupan dilakukan selama ± 1 menit.
6. Bilas benda kerja dengan aquades untuk menghilangkan sisa asam yang menempel di permukaan benda kerja kemudian keringkan.
7. Menyiapkan larutan elektrolit dengan memasukkan *chromic acid* dan asam sulfat ke dalam bak *plating* diikuti dengan pengadukan.
8. Panaskan larutan elektrolit sampai 50°C .
9. Mengatur jarak anoda dan katoda sesuai yang ditentukan yaitu 3 dan 9 cm.
10. Atur rapat arus sesuai parameter yaitu 25, 35, 45, 55 dan 65 A/dm^2 .
11. Tunggu sesuai dengan waktu yang ditentukan yaitu 60 menit.
12. Benda kerja dikeluarkan, kemudian dibilas dengan air untuk menghilangkan sisa *Chromic Acid* yang menempel pada benda kerja lalu keringkan.

3.6 Proses Pelapisan

Prosedur pelapisan bisa dijelaskan dalam bentuk skema seperti terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Skema Proses Pelapisan

Proses pelapisan dengan *electroplating* dibagi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Proses perlakuan awal (*pre-treatment*)
2. Proses pelapisan (*plating*)
3. Proses perlakuan akhir (*last-treatment*)

1. Proses Perlakuan Awal (*Pre-treatment*)

Perlakuan awal amat penting dalam menentukan keberhasilan pelapisan, jika perlakuan awal ini berjalan sempurna maka pelapisan akan mempunyai kualitas yang memenuhi syarat.

Tujuan dari perlakuan awal adalah:

- Membersihkan permukaan logam dari minyak, karat dan kotoran-kotoran lainnya.
- Mengaktifkan permukaan benda kerja yaitu dengan menghilangkan lapisan oksida yang ada sehingga lapisan yang terjadi akan menempel dengan baik.

Pre-treatment meliputi:

a. *Derusting*

Hal ini merupakan proses menghilangkan karat dan kotoran lainnya dari permukaan benda kerja, ada dua macam yaitu:

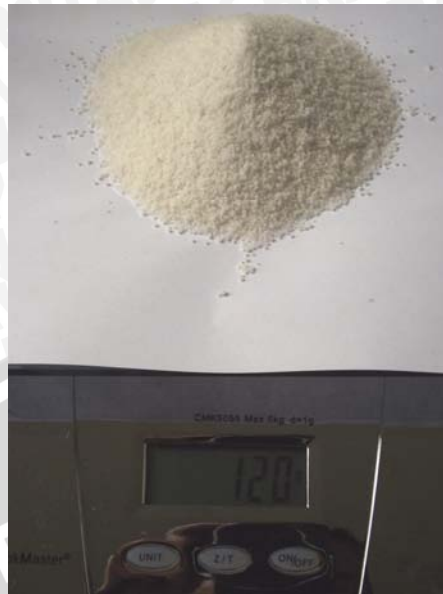
- Secara mekanis, yaitu membersihkan permukaan benda kerja dengan menggunakan kertas gosok dan mesin *sand blasting*.
- Secara elektrik, yaitu membersihkan permukaan benda kerja dengan menggunakan pemolesan secara listrik (*electropolishing*).

b. Pencucian Basa

Digunakan untuk membersihkan permukaan benda kerja lebih lanjut. Proses yang digunakan adalah dengan membersihkan benda kerja dengan air sabun.

c. *Pickling* Asam

Digunakan untuk mengaktifkan permukaan benda kerja yang akan dilapisi. Permukaan benda kerja yang dicuci asam ini akan terkikis lapisan oksidanya sehingga akan mudah mereduksi krom yang dilapiskan. Larutan yang dipakai adalah larutan ACTANE[®] 345 dengan konsentrasi 120 g/l, pada proses ini benda kerja dicelupkan dalam larutan selama ± 1 menit.



Gambar 3.9 Serbuk ACTANE® 345



Gambar 3.10 Larutan ACTANE® 345 (*Pickling Asam*)

d. Pembilasan

Digunakan untuk menetralkan sisa larutan yang menempel pada permukaan setelah dilakukan proses *pickling* asam, pada proses ini benda kerja dibilas dengan air murni (aquades).

2. Proses Pelapisan (*Plating*)

- Komposisi larutan

Chromic Acid : 300 gr/l

Asam Sulfat : 3 gr/l



Gambar 3.11 *Chromic Acid*

- Kondisi operasi
 - Temperatur : 50°C
 - Anoda : Timbal (Pb)
 - Katoda : Baja AISI 1045

3. Proses Perlakuan Akhir (*Last-treatment*)

Proses ini dibutuhkan setelah proses pelapisan *hard chrome* selesai, terdiri dari :

a) Pembilasan

Digunakan untuk membersihkan sisa larutan yang menempel pada permukaan setelah dilakukan proses pelapisan. Pada proses ini benda kerja dibilas dengan air bersih.

b) Pengeringan

Digunakan untuk mengeringkan benda kerja yang telah dibilas, pengeringan ini dilakukan dengan mengusap permukaan benda kerja dengan kain bersih.

3.7 Metode Pengujian Ketebalan

Dalam pengujian ini digunakan *Coating Thickness Gauge* untuk mengukur ketebalan logam pelapis hasil dari pelapisan *hard chrome*.

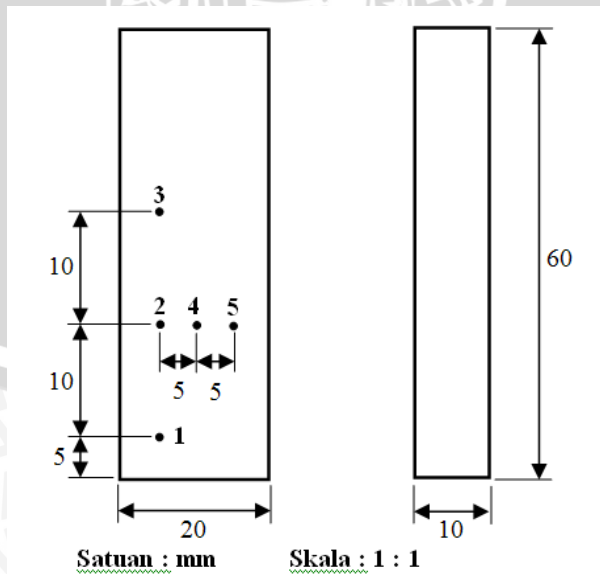
1. Siapkan alat ukur ketebalan lapisan atau *Coating Thickness Gauge*.
2. Pastikan baterai dalam kondisi baik.

3. Membersihkan benda kerja dengan kain bersih.
4. Letakkan benda kerja di tempat yang rata.
5. Menyalakan alat uji ketebalan lapisan.
6. Melakukan kalibrasi pada alat uji ketebalan lapisan dengan menggunakan *sample* kalibrasi yang telah diketahui ketebalan lapisannya.



Gambar 3.12 Spesimen Kalibrasi Alat *Coating Thickness Gauge*

7. Setelah kalibrasi dilakukan dan hasilnya sesuai dengan nilai yang tertera pada *sample* kalibrasi maka alat *Coating Thickness Gauge* telah siap digunakan dengan cara ditempelkan pada titik yang akan diukur ketebalan lapisannya.
8. Catat nilai ketebalan lapisan yang tertera pada layar *display*.
9. Ulangi pengukuran tebal lapisan pada lima titik tiap spesimen.



Gambar 3.13 Titik Pengukuran Ketebalan Lapisan

3.8 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini akan mencari pengaruh dua faktor yaitu rapat arus dan jarak elektroda terhadap ketebalan lapisan. Rancangan data hasil penelitian seperti pada tabel di bawah ini.

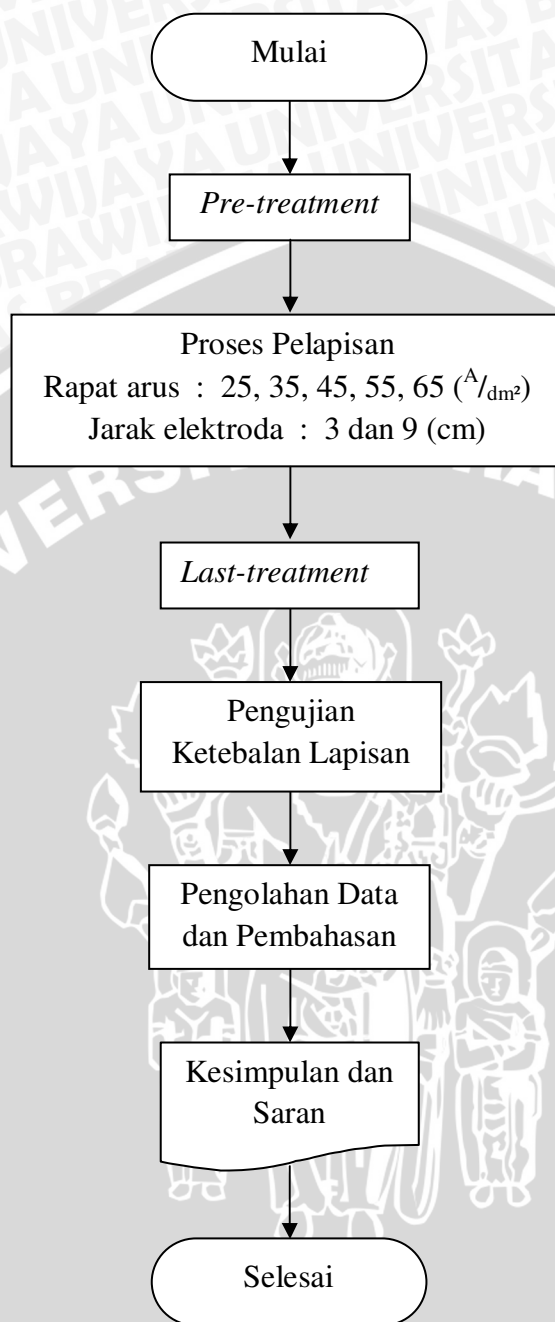
Tabel 3.1 Rancangan Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan pada Jarak Elektroda 3 cm

No.	CD (A/dm ²)	Jarak (mm)	Ketebalan Lapisan (µm)					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	25	30						
2	35	30						
3	45	30						
4	55	30						
5	65	30						

Tabel 3.2 Rancangan Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan pada Jarak Elektroda 9 cm

No.	CD (A/dm ²)	Jarak (mm)	Ketebalan Lapisan (µm)					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	25	90						
2	35	90						
3	45	90						
4	55	90						
5	65	90						

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.14 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4. 1 Data Hasil Penelitian

Setelah dilakukan proses pelapisan *hard chrome*, kemudian dilakukan pengujian ketebalan lapisan di PT. Inti Ganda Perdana (IGP) Jakarta, didapatkan data-data seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Hasil Proses *Hard Chrome Plating* Dengan Variasi Rapat Arus Pada Jarak Elektroda 30 mm

No.	CD (A/dm ²)	Jarak (mm)	Ketebalan Lapisan (μm)					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	25	30	19.67	17.67	17.67	8.67	15.33	15.80
2	35	30	22.00	19.67	18.67	8.67	16.00	17.00
3	45	30	23.33	24.33	24.00	9.67	21.00	20.47
4	55	30	30.67	28.33	24.67	12.00	25.33	24.20
5	65	30	44.33	46.67	42.33	19.67	37.00	38.00

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Hasil Proses *Hard Chrome Plating* Dengan Variasi Rapat Arus Pada Jarak Elektroda 90 mm

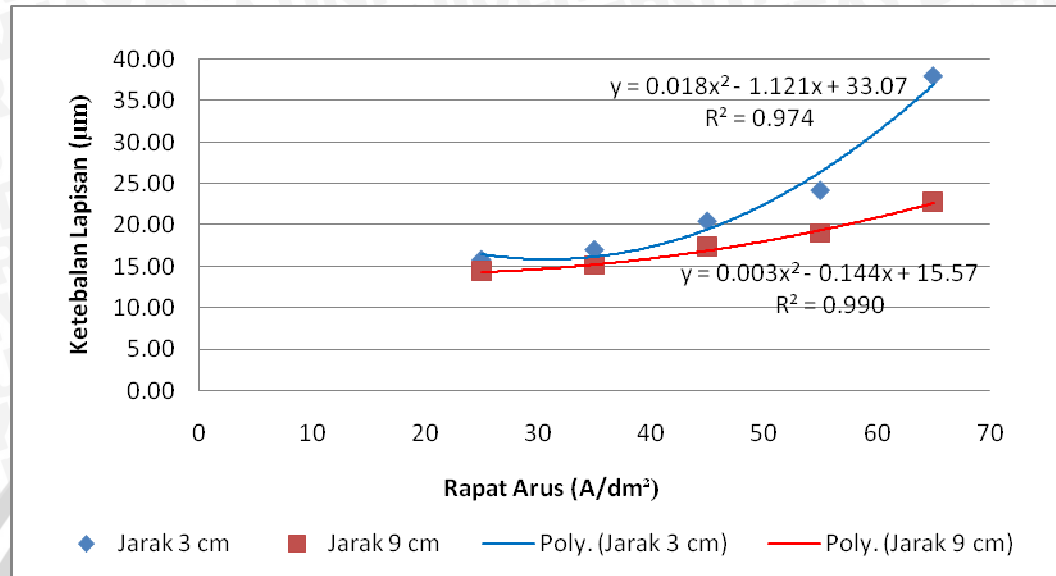
No.	CD (A/dm ²)	Jarak (mm)	Ketebalan Lapisan (μm)					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
1	25	90	16.67	16.33	13.67	8.33	17.00	14.40
2	35	90	18.67	17.00	16.67	8.67	14.67	15.13
3	45	90	21.33	19.67	20.00	8.67	17.33	17.40
4	55	90	22.67	21.67	21.33	10.67	18.67	19.00
5	65	90	27.33	25.33	26.00	12.33	23.00	22.80

4. 2 Pembahasan

4. 2. 1 Pengaruh Variasi Rapat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Hasil Proses *Hard Chrome Plating*

Dari hasil pengujian ketebalan lapisan, maka didapatkan nilai ketebalan lapisan hasil proses pelapisan *hard chrome*. Untuk mempermudah menganalisa maka data hasil pengujian ketebalan lapisan tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik di bawah ini menunjukkan hubungan antara

variasi rapat arus terhadap ketebalan lapisan hasil proses pelapisan *hard chrome*.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Variasi Rapat Arus dan Jarak Elektroda Terhadap Ketebalan Lapisan

Dari grafik hubungan antara variasi rapat arus dan jarak elektroda terhadap ketebalan lapisan dapat diketahui bahwa ketebalan lapisan untuk spesimen dengan jarak elektroda 3 cm lebih tinggi dari spesimen dengan jarak elektroda 9 cm pada semua nilai rapat arus.

Hal ini terjadi karena peningkatan rapat arus mengindikasikan meningkatnya laju pelepasan elektron yang berhubungan pada laju pengendapan logam pelapis di katoda. Dimana semakin tinggi rapat arus maka laju pelepasan elektron semakin cepat, sehingga proses pengendapan logam pelapis di katoda berjalan dengan cepat, akibatnya jumlah deposit logam atau ketebalan lapisan semakin tinggi. Begitu juga ketika rapat arus rendah maka laju pelepasan elektron semakin lambat, sehingga proses pengendapan logam pelapis di katoda berjalan dengan lambat, akibatnya jumlah deposit logam atau ketebalan lapisan semakin rendah.

Hasil yang ditunjukkan grafik di atas sesuai dengan Hukum Faraday yang berkaitan dengan hubungan antara produk suatu endapan atau deposit dari ion logam dengan jumlah arus yang dipakai untuk mengendapkannya.

Hubungan tersebut dirumuskan (Hartomo, 1992:12) dengan persamaan di bawah ini:

$$W = \frac{I \times t \times Ar}{z \times F}$$

dimana :

W = berat total yang diendapkan (gr)

I = arus yang dialirkan (Ampere)

t = waktu (detik)

Ar = berat atom

z = valensi

F = bilangan Faraday (= 96.500)

Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa besarnya arus listrik berbanding lurus dengan berat total yang diendapkan. Semakin tinggi berat total yang diendapkan maka ketebalan lapisan pun akan semakin tinggi. Hubungan antara rapat arus dan ketebalan lapisan yang ditampilkan pada grafik (gambar 4.1) telah menunjukkan kesesuaian dengan persamaan di atas.

4. 2. 2 Pengaruh Jarak Elektroda Terhadap Ketebalan Lapisan Hasil Proses *Hard Chrome Plating*

Dari grafik di atas (gambar 4.1) dapat dilihat bahwa ketebalan lapisan untuk spesimen dengan jarak elektroda 3 cm memiliki ketebalan lapisan yang lebih tinggi dari spesimen dengan jarak elektroda 9 cm. Hal ini berkaitan dengan hambatan larutan elektrolit yang akan mempengaruhi konduktansi dan akan menurunkan efisiensi arus.

Jarak elektroda memiliki peranan yang penting dalam proses elektroplating. Penentuan jarak elektroda yang tidak tepat akan mempengaruhi efisiensi arus. Ketika jarak elektroda terlalu besar maka hambatan dari larutan elektrolit akan semakin besar yang menyebabkan efisiensi arus menurun, dengan menurunnya efisiensi arus maka laju reaksi akan berjalan lambat sehingga proses pengendapan logam pelapis akan berjalan lambat, akibatnya ketebalan lapisan yang terbentuk semakin

rendah. Sebaliknya apabila jarak elektroda kecil maka hambatan dari larutan elektrolit akan semakin kecil sehingga efisiensi arus semakin meningkat yang menyebabkan laju reaksi semakin cepat, akibatnya ketebalan lapisan yang terbentuk semakin tinggi.

Konduktansi (*conductance*) elektrolit memiliki peran yang cukup penting dalam proses elektroplating. Konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolit (Parthasaradhy, 1989:17). Konduktansi berbanding terbalik dengan hambatan. Hambatan sendiri dapat dirumuskan (Parthasaradhy, 1989:17) sebagai berikut:

$$R = \frac{Q \times l}{a}$$

dimana :

- R = hambatan (ohm)
- Q = hambatan jenis (ohm.cm)
- l = jarak anoda dan katoda (cm)
- a = luasan elektroda (cm²)

Sedangkan konduktansi (*conductance*) dapat dirumuskan (Parthasaradhy, 1989:17) sebagai berikut:

$$C = \frac{K \times a}{l}$$

dimana :

- C = konduktansi elektrolit (Siemens)
- K = konduktansi spesifik (Siemens/cm)
- a = luasan elektroda (cm²)
- l = jarak anoda dan katoda (cm)

Dari kedua persamaan di atas dapat diketahui bahwa semakin besar jarak elektroda maka hambatan semakin besar dan konduktansi semakin kecil. Dengan semakin kecil konduktansi maka arus listrik tidak dapat dihantarkan dengan baik, atau dengan kata lain efisiensi arus menurun.

Hasil yang ditunjukkan grafik (gambar 4.1) telah sesuai dengan teori yang ada. Dimana semakin besar jarak elektroda maka hambatan dari larutan elektrolit akan semakin besar dan konduktansi semakin menurun, sehingga efisiensi arus menurun yang menyebabkan laju reaksi berjalan lambat dan deposit logam atau ketebalan lapisan yang terbentuk semakin rendah, begitu juga sebaliknya.



BAB V PENUTUP

5. 1 Kesimpulan

- Rapat arus dan jarak elektroda memiliki pengaruh terhadap tebal lapisan. Hubungan tersebut ditunjukkan dengan grafik parabolik. Dapat diketahui bahwa semakin tinggi rapat arus dan semakin dekat jarak elektroda memberikan pengaruh yakni hambatan larutan elektrolit makin kecil, serta laju perpindahan elektron meningkat sehingga tebal lapisan yang terbentuk meningkat.
- Pengaruh terbesar didapatkan pada spesimen dengan jarak elektroda 3 cm. Apabila dibandingkan antara spesimen dengan jarak elektroda 3 cm dan 9 cm, maka dapat diketahui bahwa nilai tebal lapisan pada jarak elektroda 3cm lebih tinggi daripada jarak 9 cm pada semua nilai rapat arus.
- Dari hasil penelitian didapatkan nilai ketebalan lapisan yang terendah sebesar 14,40 μm pada spesimen dengan rapat arus 25 A/dm^2 dan jarak elektroda 9 cm. Sedangkan nilai ketebalan lapisan tertinggi sebesar 38 μm pada spesimen dengan rapat arus 65 A/dm^2 dan jarak elektroda 3 cm.

5. 2 Saran

1. Pada penelitian ini didapatkan nilai tebal lapisan yang tidak merata pada permukaan benda kerja, dimana penulis rasa perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh jarak elektroda terhadap distribusi arus listrik.
2. Untuk variasi rapat arus yang lebih tinggi belum diketahui apakah akan terdapat suatu nilai maksimum dimana tebal lapisan akan menurun dengan meningkatnya rapat arus atau tebal lapisan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya rapat arus.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Committee. 1994. *ASM Handbook Vol. 5 Surface Engineering*. Ohio: American Society for Metals.
- Chamberlain, J. & Trethewey, K. R. 1991. *Korosi untuk mahasiswa dan rekayasawan*. Jakarta: Gramedia.
- Fletcher, Derek and Frank C. Walsh. 1990. *Industrial Electrochemistry Second Edition*. New York: Chapman and Hall Ltd.
- Hakim, A. L. 2001. *Pengaruh Curent Density Dan Jarak Anoda-Katoda Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan pada Proses Pelapisan Krom Keras*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Hartomo, A. J. & Koneko, T. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- <http://2.bp.blogspot.com/YxWKZJBXsFs/SjXSuYk1E1I/AAAAAAAAABM/jpEnEPfUAQs/s320/Picture1hhhhhhhhhh.gif> (diakses 19 Juli 2010).
- http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-smk/kelas_x/jenis-jenis-larutan-dan-larutan-elektrolit/ (diakses 19 Juli 2010).
- <http://www.circuitree.com/CT/2003/12/Files/Images/94501.jpg>. (diakses 11 Maret 2010).
- Lowenheim, F. A. 1974. *Modern Electroplating*. New York: John Wiley and Son, Inc.
- Mulyadi, W. F. 2007. *Pengaruh Temperatur, Rapat Arus dan Waktu dari Proses Pelapisan Hard Chromium pada Material St 41 yang telah mengalami Proses Perlakuan Panas*. Skripsi tidak diterbitkan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Parthasaradhy, N. V. 1989. *Practical Electroplating Handbook*. New Jersey USA: Prentice-hall, Inc.
- Sanders, A. H. 1950. *Electroplating*. New York: International Textbook.
- Surdia, T. & Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keempat. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Customer
Pelanggan :

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

Material Certificate

Extract of test report according to DIN 50049/EN 10204/2.3

Dikutip dari laporan hasil uji yang mengacu kepada standar DIN 50049/EN 10204/2.3

Certificate Number : TA-STEELJ0117/2010

Your Order No :

Our Bp No : 428/TA-SBY/III/10

Pos	Product	Size	Heat Number	Quantity	Unit
1	HQ 760	90 x 10	118892	850 mm	3 Pcs
2	HQ 760	100 x 10	130269	500 mm	2 Pcs
3					
4					
5					

Chemical Analysis

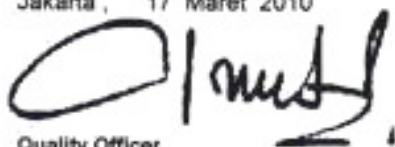
Pos	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Sn	Cu	Al	V	N2	Ce	%
1	0.46	0.24	0.69	0.012	0.012	0.27	0.17	0.02	-	0.3	0.02	-	-	-	-
2	0.44	0.24	0.64	0.013	0.015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3															
4															
5															

Mechanical Values

Pos	Yield Stress N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²	Elongation A ₅ %	Reduction Of Area	Impact V J.	Hardness HBN	Grain Size
1	615	785	20	61	-	235	-
2	510	725	22	60.5	-	215-220	-
3							
4							
5							

Jakarta, 17 Maret 2010

Ultrasonic testing satisfactory



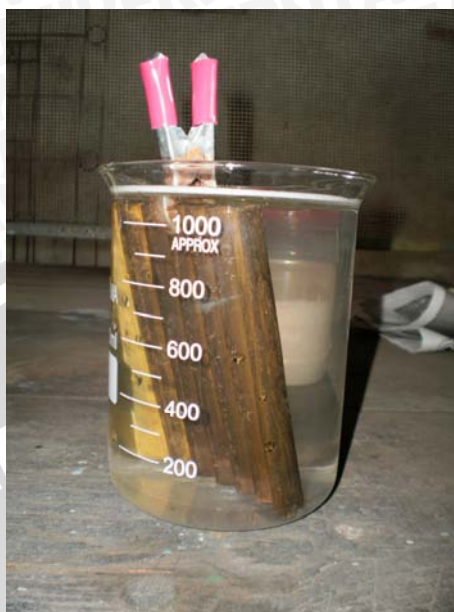
Quality Officer

Petugas Administrasi Quality

Hereby we declare that above mentioned values are
accordance with original mill certificate

Dengan ini kami menyatakan bahwa nilai diatas sesuai dengan
nilai yang ada di mill certificate yang asli

Lampiran 3 Gambar Kegiatan Penelitian



Proses *Pickling* Asam



Sumber Arus DC



Larutan Elektrolit



Proses *Electroplating*



Alat Uji Tebal Lapisan (*Coating Thickness Gauge*)



LABORATORIUM KALIBRASI
PT. INTI GANDA PERDANA

WORK SHEET

Tanggal pelaksanaan : 06 Juli 2010		Tempat pelaksanaan : PT Inti Ganda Perdana	
Alat		Specimen	
Nama : Plat de luas permukaan 12 cm ²		Nama : Coating Thickness Instrument	
Merk : -		Merk : Defelsko	
Type : -		Type : PosiTector 6000 FRS	
No. Seri : -		No. Seri : 129053	
Suhu : 50 °C			
Waktu pengerja : 60 menit			

Item Inspeksi	Standar	Hasil
Kondisi Alat	Bebas karat, bebas cacat	OK

No.	Jarak (mm)	Rapat Arus	Ketebalan Lapisan (µm)				
			1	2	3	4	5
1	30	25	22	13	17	5	15
2	30	25	19	21	20	11	17
3	30	25	18	19	16	10	14
4	90	25	14	17	13	8	18
5	90	25	18	17	15	8	17
6	90	25	18	15	13	9	16
7	30	35	22	20	23	7	12
8	30	35	24	18	16	9	19
9	30	35	20	21	17	10	17
10	90	35	17	18	17	9	15
11	90	35	20	16	17	9	15
12	90	35	19	17	16	8	14
13	30	45	27	29	26	10	22
14	30	45	23	21	27	9	24
15	30	45	20	23	19	10	17
16	90	45	21	19	21	9	17
17	90	45	21	20	20	9	17
18	90	45	22	20	19	8	18
19	30	55	35	25	22	12	28
20	30	55	25	27	27	11	23
21	30	55	32	33	25	13	25
22	90	55	23	20	20	11	19
23	90	55	23	22	21	11	18
24	90	55	22	23	23	10	19
25	30	65	45	38	41	15	37
26	30	65	38	50	41	18	30
27	30	65	50	52	45	26	44
28	90	65	27	26	24	13	23
29	90	65	28	24	29	12	24
30	90	65	27	26	25	12	22

Jakarta, 6 Juli 2010

Dimas Surya K.
Reported

Anisa Belgis
Calibration

Enggal Bowo Laksono
QCO Receiving



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Jln. MT Haryono No. 167 Malang – 65145 Telp. (0341)554291, Fax (0341)554291

SURAT KETERANGAN

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa dibawah ini ;

Nama : **DIMAS SURYA KUSUMA**

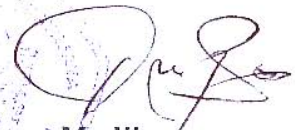
NIM : **0610620041**

Telah melakukan penelitian di laboratorium Proses Produksi I Universitas Brawijaya pada tanggal 19 April 2010 sampai 19 Juli 2010. Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

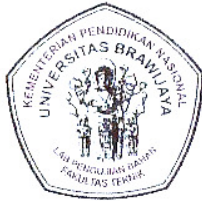
Malang ,26 Juli 2010

Laboran Laboratorium Proses Produksi I

Universitas Brawijaya


Mudjiono
NIP. 19560925 199103 1 001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN

Jl. Mayjen Haryono 167 Telp. 553286 Pes. 214 Malang 65145

Nomor : 112/PT.13.FT.6.M/VII/2010

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa:

Nama : Dimas Surya K.
Nim. : 0610620041
Instansi : Universitas Brawijaya
Program Studi : Teknik Mesin

Benar-benar telah melaksanakan penelitian dan pengambilan data Pengujian Foto Mikrostruktur dan penggunaan Centrifugal di Laboratorium Pengujian Bahan Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang pada tanggal 07 Juni - 15 Juli 2010, guna keperluan penyusunan skripsi dengan judul: "Pengaruh Rapat Arus dan Jarak Elektroda Terhadap Tebal Lapisan Pada Proses *Hard Chrome Plating*."



Malang 26 Juli 2010

Ka. Lab. Pengujian Bahan

Putu Tiadi Setyarini, ST. MT.
NIP. 19770806 200312 2 001