

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA PENGARUH BESAR TEGANGAN LISTRIK  
TERHADAP KETEBALAN PELAPISAN CHROM  
PADA PELAT BAJA DENGAN PROSES  
ELEKTROPLATING**

**OLEH**

**MUHAMMAD AZHAR AHMAD**

**D21105080**



**JURUSAN MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2011**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Judul Tugas Akhir :

**ANALISA PENGARUH BESAR TEGANGAN LISTRIK TERHADAP  
KETEBALAN PELAPISAN CHROM PADA PELAT BAJA DENGAN PROSES  
ELEKTROPLATING.**

Disusun oleh :

**MUH. AZHAR AHMAD**

**SHAIFULLAH**

**D 211 05 080**

**D 211 05 046**

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Makassar, agustus 2011

Menyetujui

Dosen pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

DR. Ir. John Leonard, DEA

Hairul arsyad, ST., MT

NIP.195304191980031001

NIP. 197503222002121001

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Amrin Rapi, ST, MT

NIP. 19690111 199421001

## ABSTRAK

Muhammad azhar ahmad (D21105080) and Shaifullah (D21105046). **Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom pada Pelat Baja dengan Proses Elektroplating.** (2011). Dibimbing oleh DR. Ir. Johannes Leonard, DEA dan Hairul Arsyad, ST., MT.

*Electroplating* adalah pelapisan permukaan logam dengan proses elektrokimia. Penggunaan baja pada masa sekarang ini sangatlah pesat, umumnya banyak digunakan untuk mengatasi alat-alat permesinan, konstruksi maupun pipa minyak atau gas. Peningkatan sifat-sifat fisis baja dapat dilakukan dengan proses pelapisan menggunakan metode *electroplating*. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan pengaruh variasi tegangan listrik dan lama waktu *electroplating* terhadap ketebalan pada baja karbon rendah dengan pelapisan krom. Manfaat dilakukan penelitian yaitu untuk mendapatkan informasi pengaruh tegangan listrik dan waktu terhadap ketebalan baja karbon rendah dengan pelapisan krom. Dalam kegiatan penelitian ini menggunakan baja karbon rendah yang dilapisi dengan menggunakan metode *electroplating* dengan variasi tegangan listrik 2,4,6,8,10 volt serta lama waktu pelapisan 4, 8, dan 12 menit. Selanjutnya dilakukan pengujian ketebalan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketebalan lapisan krom keras pada tegangan 2,4,6,8,10 volt pada lama waktu, 4 menit: 29, 90, 48, 9, 55  $\mu\text{m}$ , lama waktu 8 menit : 15, 143, 133, 81, 46  $\mu\text{m}$ . lama waktu 12: 46, 116, 171, 104, 27  $\mu\text{m}$  menit. Kemudian dapat disimpulkan semakin lama proses *electroplating* maka akan semakin tebal hasil pelapisan yang terjadi. Dan arus terbaik untuk hasil pelapisan adalah 4 volt.

**Kata kunci:** volt, waktu, ketebalan, baja karbon rendah dan *electroplating*.

## KATA PENGANTAR

*Assalamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh,*

Puji syukur kami panjatkan kehadirat ALLAH SWT, atas banyaknya berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Salam dan salawat kepada Rasulullah Muhammad SAW sebagai tauladan kami yang telah menghantarkan kita selalu menuntut ilmu untuk bekal dunia dan akhirat.

Akhirnya penyusunan **Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom pada Pelat Baja dengan Proses Elektroplating** sudah ada dihadapan pembaca. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua penulis, terima kasih atas doa, dorongan semangat, dan sumber inspirasi agar dapat melakukan yang terbaik.

Tak lupa pula penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan petunjuk, terutama kepada :

1. Bapak DR. Ir. Johannes Leonard, DEA. Selaku pembimbing pertama atas segala petunjuk dan masukannya terhadap tugas akhir ini.
2. Bapak Hairul Arsyad, ST., MT. Selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, arahan, masukan, bantuannya terhadap kami selama penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.

3. Bapak Amrin Rapi, ST, MT selaku Ketua Jurusan Mesin.
4. Bapak Ir. Luther Sule, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
5. Bapak Muh. Noor Umar, selaku Kepala Perpustakaan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak, Ibu dosen serta staf Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kepada seluruh CREW bengkel CV. Anugrah Chrome terutama Kanda Khalik yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Thanks buat Uchenk, Sukman, Agus, Herman, Yusla dan NOZZ 05
9. Terima kasih kepada Fadhillah Dila yang selalu menyemangati disaat semuanya terasa berat.
10. Dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan tidak sempat disebutkan namanya.

Akhir kata, terima kasih atas semuanya dan kami sangat berharap, tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa(i) sub program Metalurgi. Oleh karena itu, masukan dan kritikan rekan-rekan kiranya dapat membantu pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Makassar, Agustus 2011

Penulis

**DAFTAR ISI**

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Abstrak .....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi .....	vi
Daftar Notasi .....	viii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Grafik .....	xii
Daftar Lampiran.....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
<b>II. TEORI DASAR .....</b>	<b>5</b>
A. Baja .....	5
B. Elektroplating .....	12
C. Elektrokimia .....	15
D. Larutan elektrolit.....	16
E. Anoda.....	19

F. Air .....	23
G. Tahapan proses pelapisan .....	24
H. Ketebalan .....	28
I. Berat .....	28
J. Cacat-cacat electroplating .....	29
III. METODE PENELITIAN .....	31
A. Waktu dan Tempat .....	31
B. Alat dan bahan .....	31
C. Metode Pengambilan data .....	32
D. Prosedur Penelitian .....	32
E. Instalasi Pengujian .....	36
F. Spesimen .....	40
G. Flow Chart.....	41
H. Jadwal Kegiatan .....	43
IV. DATA dan ANALISIS .....	44
A. Data Hasil .....	44
B. Analisa Grafik .....	50
C. Analisa Cacat-Cacat Pelapisan .....	60
V. KESIMPULAN dan SARAN.....	64
A. Kesimpulan.....	64
B. Saran.....	65
VII. DAFTAR PUSTAKA.....	66
VIII.LAMPIRAN	

**DAFTAR NOTASI**

<b>NO</b>	<b>SIMBOL</b>	<b>KETERANGAN</b>	<b>SATUAN</b>
1	V	Tegangan	Volt
2	I	Kuat Arus Listrik	Am/dm <sup>2</sup>
3	m	Massa	gram
4	t	Waktu	Menit

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1	Kawat baja	5
Gambar 2	Mekanisme proses pelapisan	12
Gambar 3	Bentuk-bentuk anoda	23
Gambar 4	Skematis rangkaian lapis listrik	25
Gambar 5	Simulasi pengambilan data ketebalan	35
Gambar 6	Instalasi Pengujian	36
Gambar 7	Rectifier	36
Gambar 8	Bak larutan	37
Gambar 9	Rak	37
Gambar 10	Pemanas listrik	38
Gambar 11	Alat pengujian ketebalan	38
Gambar 12	Alat ukur berat	39
Gambar 13	Dimensi spesimen	40
Gambar 14	Spesimen	40
Gambar 15	Spesimen kode A	57

Gambar 16	Spesimen kode B	58
Gambar 17	Spesimen kode C	59
Gambar 18	Cacat material bayang-bayang hitam	61
Gambar 19	Cacat material yang terbakar	62
Gambar 20	Cacat material lapisan terkelupas	63

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1	Spesifikasi baja	11
Tabel 2	Spesifikasi anoda terlarut	21
Tabel 3	Jadwal penelitian	43
Tabel 4	Hasil uji ketebalan Spesimen Sebelum Pelapisan	45
Tabel 5	Hasil uji ketebalan Spesimen setelah Pelapisan	46
Tabel 6	Selisih berat specimen sebelum dan setelah pelapisan	48
Tabel 7	Selisih tebal specimen sebelum dan setelah pelapisan	49

**DAFTAR GRAFIK**

Grafik 1	Besar perubahan selisih tebal specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses electroplating 4 menit.	51
Grafik 2	Besar perubahan selisih tebal specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses electroplating 8 menit.	53
Grafik 3	Besar perubahan selisih tebal specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses electroplating 12 menit.	55

## **DAFTAR LAMPIRAN**

A. Lampiran 1. Tabel Sekunder Hasil Penelitian.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

*Elektroplating* atau biasa disebut dengan lapis listrik adalah suatu proses pengendapan logam pada permukaan suatu logam atau non logam (benda kerja), secara elektrolisa. Endapan yang terjadi bersifat adhesif terhadap logam dasar.

Dalam teknologi pengerjaan logam, proses lapis listrik termasuk ke dalam proses pengerjaan akhir (metal finishing). Fungsi utama dari pelapisan logam adalah memperbaiki penampilan (*dekoratif*) misalnya : pelapisan emas, perak, kuningan, dan tembaga. Juga memperbaiki kehalusan atau bentuk permukaan dan toleransi logam dasar, misalnya ; pelapisan nikel, chromium. Selain itu juga melindungi logam dasar dari korosi baik itu melindungi dengan logam yang lebih mulia seperti pelapisan platina, emas dan baja atau melindungi dengan logam dasar yang kurang mulia seperti pelapisan seng pada baja dan terakhir adalah meningkatkan ketahanan produk terhadap gesekan (*abrasi*), misalnya pelapisan chromium keras.

*Elektroplating* berkembang sangat pesat dengan menjelma menjadi industri kecil dan menengah di berbagai Negara berkembang, perlahan proses pelapisan listrik ini menjadi kebutuhan di bidang perindustrian dan menjadi pilihan utama dari berbagai metode pelapisan yang lain dikarenakan prosesnya mudah serta biaya yang relatif terjangkau juga bahan-bahan yang digunakan mudah terjangkau. Disamping itu khususnya di kota Makassar, proses *electroplating* belum banyak dikenal oleh khalayak umum, hanya

sebagian kecil bahkan hanya komunitas-komunitas tertentu saja walaupun telah banyak industri kecil yang mulai merintis usaha ini.

Penulis juga mengumpulkan informasi-informasi tentang *electroplating* dari berbagai sumber, dikarenakan *electroplating* bukan hanya mencakup lingkup keilmuan dari jurusan mesin. Pelapisan dengan *electroplating* juga mencakup beberapa ilmu dasar seperti kimia dan elektro. Salah satu hal yang menjadi pemicu bagi penulis adalah penelitian mengenai *electroplating* ini sama sekali belum tersentuh di jurusan mesin fakultas teknik universitas hasanuddin. Berangkat dari fenomena di atas maka penulis mencoba untuk menganalisa proses *electroplating* dengan variabel tegangan listrik dan lama proses *electroplating*, dimana variabel inilah yang mampu divariasikan dengan pasti jika dibandingkan dengan variabel yang lainnya. Variasi tegangan listrik yang diberikan pada proses *electroplating* akan sangat mempengaruhi hasil akhir dari pelapisan juga lama waktu proses pelapisan akan sangat mempengaruhi ketebalan dari pelapisan.

Dari uraian diatas, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul : **Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom pada Pelat Baja dengan Proses Elektroplating.**

## **B. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan untuk dilapis adalah baja carbon rendah ST 37 berupa plat dengan dimensi 50 x 40 x 4 dalam satuan millimeter.
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah chrome cair ( $\text{CrO}_3$ ) yang merupakan bahan pelapis.
3. Data yang akan dilakukan adalah mengukur ketebalan lapisan hasil *electroplating* dan berat.
4. Besar tegangan listrik yang dipilih adalah 2 volt, 4 volt, 6 volt, 8 volt, 10 volt.
5. Lama waktu proses *electroplating* yang dipilih adalah 4, 8, dan 12 menit.
6. Metode penelitian adalah penelitian eksperimen.

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Menentukan pengaruh variasi besar tegangan listrik dan lama waktu proses *electroplating* terhadap ketebalan pelapisan
2. Menentukan ketebalan maksimum dan berat lapisan maksimum pada specimen setelah proses *electroplating*.
3. Menganalisa cacat-cacat hasil pelapisan.

#### **D. Manfaat Penelitian**

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Secara khusus memberikan gambaran kepada mahasiswa variabel-variabel yang berpengaruh terhadap hasil pelapisan pada proses *electroplating* dengan menggunakan material pelapis yaitu krom.
  - b. Secara umum sebagai penambah wawasan mahasiswa mengenal proses pelapisan material dalam hal ini *electroplating*.
2. Bagi Akademik
  - a. Sebagai referensi untuk perkembangan dan penelitian selanjutnya mengenai *electroplating*.
  - b. Merupakan pustaka tambahan untuk menunjang proses perkuliahan.
3. Bagi Industri
  - a. Menjadi bahan pertimbangan, untuk diperhatikan dalam proses produksi, sehingga bisa memperoleh hasil pelapisan yang jauh lebih baik.
  - b. Sebagai bahan informasi untuk mengetahui variabel-variabel yang berpengaruh pada pelapisan crom pada baja.

## II. TEORI DASAR

### A. Baja

#### 1. Pengertian Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2 % hingga 2,1 % berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 1,7 %, sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1.7 %. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai pepadu yang dapat mempengaruhi sifat dari baja. Penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, tergantung dari pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat.



Gambar 1 : Kawat Baja  
Sumber : Asatrio (2010)

## 2. Klasifikasi Baja

Baja secara umum dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu :

### a. Baja Karbon (*Carbon steel*)

Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja yaitu :

#### 1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon antara 0,025% – 0,25% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 – 30 kg karbon. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

- a) Baja karbon rendah ( *low carbon steel* ) yang mengandung 0,04 % - 0,10% C untuk dijadikan baja – baja plat atau strip.
- b) Baja karbon rendah yang mengandung 0,05% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
- c) Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% - 0,20% C digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, membuat baut atau dijadikan baja konstruksi.

## **2. Baja Karbon Menengah**

Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 kg. baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

## **3. Baja Karbon Tinggi**

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung kadar karbon antara 0,56% -1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70 – 130 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya.

## **b. Baja Paduan (*Alloy steel*)**

### **1. Baja Paduan Rendah**

Bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih kecil dari 8% (menurut Degarmo 2005). Sumber lain, misalnya Smith dan Hashemi menyebutkan 4%, misalnya : suatu baja terdiri atas 1,35%C; 0,35%Si; 0,5%Mn; 0,03%P; 0,03%S; 0,75%Cr; 4,5%W (Dalam hal ini  $6,06% < 8%$ )

### **2. Baja Paduan Tinggi**

Bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih dari atau sama dengan 8% (atau 4% menurut Smith dan Hashemi), misalnya : baja HSS (High Speed Steel) atau SKH 53 (JIS) atau M3-1 (AISI) mempunyai kandungan unsur :

1,25%C; 4,5%Cr; 6,2%Mo; 6,7%W; 3,3%V. Sumber lain menyebutkan:

- a. Lowalloy steel (baja paduan rendah), jika elemen paduannya  $\leq 2,5 \%$
- b. Medium alloy steel (baja paduan sedang), jika elemen paduannya 2,5 – 10 % C.
- c. High alloy steel (baja paduan tinggi), jika elemen paduannya  $> 10 \%$ .

Baja paduan adalah campuran yang sengaja dibuat antara baja karbon dengan unsur-unsur lain yang akan mempengaruhi sifat-sifat baja,

misalnya sifat kekerasan, liat, kecepatan membeku, titik cair, dan sebagainya yang bertujuan memperbaiki kualitas dan kemampuannya. Penambahan unsur-unsur lain dalam baja karbon dapat dilakukan satu atau lebih unsur, tergantung dari karakteristik atau sifat khusus yang dikehendaki.

Unsur-unsur paduan untuk baja ini dibagi dalam dua golongan yaitu :

1. Unsur yang membuat baja menjadi kuat dan ulet, dengan menguraikannya ke dalam ferrite (misalnya Ni, Mn, sedikit Cr dan Mo). Unsur ini terutama digunakan untuk pembuatan baja konstruksi.
2. Unsur yang bereaksi dengan karbon dalam baja dan membentuk karbida yang lebih keras dari sementit (misalnya unsure Cr, W, Mo, dan V). unsur ini terutama digunakan untuk baja perkakas.

Pengaruh unsur paduan untuk memperbaiki sifat-sifat baja antara lain :

- a. Silisium ( $14\text{Si}$ ) dapat menambah sifat elastis dan mengurangi perkembangan gas di dalam cairan baja. Baja dengan paduan silisium biasanya digunakan untuk membuat pegas.
- b. Mangan ( $25\text{Mn}$ ) merupakan unsur yang harus selalu ada di dalam baja dengan jumlah yang kecil dan sebagai pencegah oksidasi. Dengan demikian setiap proses kimia dan proses metalurgi dapat berlangsung dengan baik. Penambahan unsur mangan (Mn) di dalam baja paduan menambah kekuatan dan ketahanan panas baja paduan itu serta penampilan yang lebih bersih dan mengkilat.

- c. Nikel (28Ni) dapat mempertinggi kekuatan regangannya sehingga baja paduan ini menjadi liat dan tahan tarikan. Penambahan unsur nikel di dalam baja karbon berpengaruh pula terhadap ketahanan korosi. Oleh karena itu baja paduan ini biasa digunakan untuk bahan membuat sudu-sudu turbin, roda gigi, bagian-bagian mobil dan sebagainya.
- d. Chromium (24Cr) dapat memberikan kekuatan dan kekerasan baja lebih meningkat, tahan korosi dan tahan aus. Dengan sifat-sifat itu membuat baja paduan ini baik untuk bahan poros, dan roda gigi. Penambahan unsur chromium biasanya diikuti dengan penambahan nikel.
- e. Molybdenum (42Mo) dengan penambahan molybdenum akan memperbaiki baja karbon menjadi tahan terhadap suhu tinggi, liat, dan kuat. Baja paduan ini biasanya digunakan sebagai bahan untuk membuat alat-alat potong misalnya pahat.
- f. Wolfram (74W) dengan penambahan unsur ini memberikan pengaruh yang sama seperti pada penambahan molybdenum dan biasanya juga dicampur dengan unsur nikel (28Ni) dan chromium (24Cr). Baja paduan ini memiliki sifat tahan terhadap suhu tinggi. Oleh sebab itu, banyak digunakan untuk membuat pahat potong yang lebih dikenal dengan nama baja potong cepat (*HSS/High Speed Steel*).
- g. Vanadium (23V) dengan penambahan unsur ini akan memperbaiki struktur Kristal baja menjadi halus dan tahan aus, terlebih bila

dicampur dengan chromium. Baja paduan ini digunakan untuk membuat roda gigi, dan sebagainya.

- h. Cobalt ( $^{27}\text{Co}$ ) dengan penambahan unsur ini akan memperbaiki sifat kekerasan baja meningkat dan tahan aus serta tetap keras pada suhu yang tinggi. Baja paduan ini banyak digunakan untuk konstruksi pesawat terbang atau konstruksi yang tahan panas dan tahan aus.
- i. Tembaga ( $^{29}\text{Cu}$ ) baja paduan yang memiliki ketahanan korosi yang besar diperoleh dengan penambahan tembaga berkisar 0,5 – 1,5% tembaga pada 99,95 – 99,85% Fe. Baja paduan ini disebut Armco yang digunakan untuk membuat konstruksi jembatan, menara-menara, dan lain-lain.

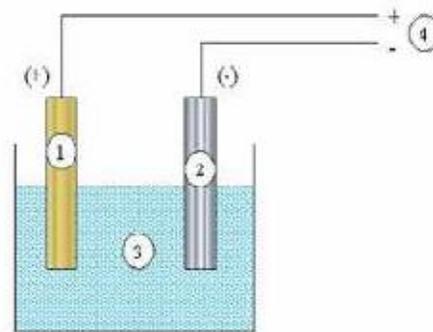
Tabel 1 : Spesifikasi Baja

Nama	Standar Jepang (JIS)	Standar Amerika (AISI), Inggris (BS), dan Jerman (DIN)
Baja karbon konstruksi mesin	S25C S30C S35C S40C S45C S50C S55C	AISI 1025, BS060A25 AISI 1030, BS060A30 AISI 1035, BS060A35, DIN C35 AISI 1040, BS060A40 AISI 1045, BS060A45, DIN C45, CK45 AISI 1050, BS060A50, DIN St 50.11 AISI 1055, BS060A55
Baja tempa	SF 40.45 50.55	ASTM A105-73
Baja nikel khrom	SNC SNC22	BS 653M31 BS En36
Baja nikel khrom molibden	SNCM 1 SNCM 2 SNCM 7 SNCM 8 SNCM22 SNCM23 SNCM25	AISI 4337 BS830M31 AISI 8645, BS En100D AISI 4340, BS817M40, 816M40 AISI 4315 AISI 4320, BS En325 BS En39B
Baja khrom	SCr 3 SCr 4 SCr 5 SCr21 SCr22	AISI 5135, BS530A36 AISI 5140, BS530A40 AISI 5145 AISI 5115 AISI 5120
Baja khrom molibden	SCM2 SCM3 SCM4 SCM5	AISI 4130, DIN 34CrMo4 AISI 4135, BS708A37, DIN34CrMo4 AISI 4140, BS708M40, DIN42CrMo4 AISI 4145, DIN50CrMo4

Sumber : Zainun Achmad, 2006

## B. Elektroplating

*Electroplating* merupakan suatu proses pengendapan zat (ion-ion logam) pada suatu logam dasar (katode) melalui proses elektrolisa. Terjadi proses pengendapan pada katoda disebabkan oleh adanya pemindahan ion-ion bermuatan listrik dari anoda dengan perantara larutan elektrolit, yang terjadi secara terus menerus pada tegangan konstan hingga akhirnya mengendap dan menempel kuat membentuk lapisan permukaan benda logam. Proses *electroplating* melindungi logam dasar dengan menggunakan logam-logam tertentu sebagai pelapis dan pelindung, misalnya nikel, krom, tembaga, seng dan sebagainya. Untuk lebih jelasnya rangkaian dan prinsip kerja proses lapis listrik dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2 : Mekanisme Proses Pelapisan  
Sumber : Suarsana (2008)

Keterangan :

1. Anoda (bahan pelapis)
2. Katoda (benda yang dilapisi)
3. Elektrolit
4. Sumber arus searah

## 1. Pelapisan Tembaga

Dalam pelapisan tembaga digunakan bermacam-macam larutan elektrolit, yaitu :

- a. Larutan asam
- b. Larutan sianida
- c. Larutan fluoborat
- d. Larutan *pyrophosphate*

Diantara empat macam larutan diatas yang paling banyak dipakai adalah larutan asam dan larutan sianida.

## 2. Pelapisan Seng

Seng sudah lama dikenal sebagai pelapis besi yang tahan korosi, murah harganya, dan mempunyai tampak permukaan yang cukup baik. Pelapisan seng pada besi dilaksanakan dengan beberapa cara seperti *galvanizing*, *sherardizing*, atau *metal spraying*. Namun pelapisan secara listrik (*elektroplating*) lebih disukai karena mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan cara-cara pelapisan yang lain, diantaranya:

- a. Lapisan lebih merata.
- b. Daya rekat lapisan lebih baik
- c. Tampak pada permukaan lebih baik

Karena beberapa keuntungan itulah maka lebih banyak dilaksanakan pelapisan secara listrik daripada cara-cara lainnya. Pelapisan seng secara listrik kadang juga disebut elektro-galvanizing. Larutan elektrolit yang

sering digunakan ada dua macam yaitu larutan asam dan larutan sianida. Bila kedua larutan tersebut dibandingkan maka permukaan lapisan hasil penggunaan larutan sianida lebih baik jika dibandingkan dengan larutan asam.

### 3. Pelapisan Nikel

Pada saat ini, pelapisan nikel pada besi banyak sekali dilaksanakan baik untuk tujuan pencegahan karat ataupun menambah keindahan. Dengan hasil lapisannya yang mengkilap maka dari segi ini nikel adalah paling diinginkan untuk melapisi permukaan. Dalam pelapisan nikel selain dikenal lapisan mengkilap, terdapat juga jenis pelapisan yang buram hasilnya. Akan tetapi tampak permukaan yang buram inipun dapat juga digosok hingga halus dan mengkilap.

### 4. Pelapisan Chrom

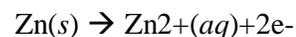
Chrom atau chromium adalah logam non ferro, Proses pelapisan chromium mulai dikenal secara luas pada industri logam sebagai lapisan lindung atau pengerjaan permukaan (*surface treatment/ metal finishing*) pada tahun 1930 dan merupakan lapisan yang mempunyai sifat yang keras, warna putih kebiru-biruan, dan tahan terhadap efek kesusman yang tinggi. Selain nikel maka pelapisan khrom banyak dilaksanakan untuk mendapatkan permukaan yang menarik. Karena sifat khas khrom yang sangat tahan karat maka pelapisan krom mempunyai kelebihan tersendiri bila dibandingkan dengan pelapisan lainnya. Selain sifat dekoratif dan atraktif dari pelapisan Chrom, keuntungan lain dari

pelapisan Chrom adalah dapat dicapainya hasil pelapisan yang keras. Sumber logam krom didapat dari asam krom, tapi perdagangan yang tersedia adalah krom oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) yang berbentuk serbuk. Prinsip dasar pelapisan chrom adalah perpindahan partikel dari plat anoda ( yang terhubung dengan kutub positif (+) sumber arus) dengan plat katoda ( benda kerja/benda yang akan di chrom yang terhubung dengan kutub negatif (-) sumber arus ) melalui media larutan kimia.

### C. Elektrokimia

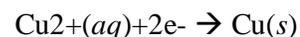
Elektrokimia mempelajari hubungan antara reaksi kimia dan aliran listrik, reaksi yang dimaksud adalah reaksi yang melibatkan adanya pelepasan dan penerimaan elektron atau yang dikenal dengan reaksi oksidasi-reduksi atau reaksi redoks. Reaksi oksidasi merupakan reaksi yang disertai dengan pelepasan elektron.

Contoh :



Reaksi reduksi merupakan reaksi yang disertai dengan penerimaan elektron.

Contoh :



Reaksi oksidasi selalu disertai dengan reaksi reduksi. Oleh karena itu reaksi ini sering disebut sebagai redoks.

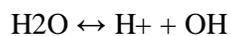
Sel elektrokimia merupakan suatu alat yang terdiri dari sepasang elektroda yang dicelupkan ke dalam suatu larutan atau lelehan ionis dan

dihubungkan dengan konduktor logam pada rangkaian luar. Sel elektrokimia dapat berupa sel galvanis maupun sel elektrolisis.

Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang menimbulkan terjadinya reaksi redoks yang tidak spontan dengan adanya energi listrik luar. Contohnya adalah elektrolisis lelehan NaCl dengan electrode platina. Contoh adalah pada sel Daniel jika diterapkan beda potensial listrik dari luar yang besarnya melebihi potensial Daniell.

#### **D. Larutan Elektrolit**

Diuraikan diatas bahwa suatu proses lapis listrik memerlukan larutan elektrolit sebagai media proses berlangsung. Larutan elektrolit dapat dibuat dari larutan asam, basa dan garam logam yang dapat membentuk muatan ion-ion negatif dan ion-on negatif. Tiap jenis pelapisan, larutan elektrolitnya berbeda-beda tergantung pada sifat-sifat elektrolit yang diinginkan. Sebagai contoh pelapisan tembaga, larutn yang dipakai dibuat dari garam logam cupper sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang akan terurai seperti berikut :



Oleh karena larutan elektrolit selalu mengandung garam dari logam yang akan dilapis. Garam-garam tersebut sebaiknya dipilih yang mudah larut, tetapi anionnya tidak mudah tereduksi. Walau anion tidak ikut langsung dalam proses terbentuknya lapisan, tapi jika menempel pada permukaan katoda akan menimbulkan gangguan bagi terbentuknya mikrostruktur lapisan. Kemampuan/aktivitas dari ion logam ditentukan oleh konsentrasi

dari garam logamnya, derajat disosiasi dan konsentrasi unsur-unsur lain yang ada didalam larutan.

Bila konsentrasi logamnya tidak mencukupi untuk diendapkan, akan terjadi endapan/lapisan yang terbakar pada rapat arus yang relatif rendah. Selain itu, larutan elektrolit harus mempunyai sifat-sifat seperti *Covering power*, *throwing power* dan *levelling* yang baik. Adanya ion klorida dalam larutan yang bersifat asam berfungsi :

1. Mempercepat terkorosi/terkikisnya anoda atau mencegah pasipasi anoda.
2. Menaikkan koefisien difusi dari ion logamnya atau menaikkan batas rapat arus (*limiting current density*).

Sedangkan larutan yang bersifat basa (alkali) yang banyak digunakan pada proses lapis listrik adalah garam kompleks cyanida, karena cyanid kompleks terekomposisi oleh asam. Penggunaan bahan kimia untuk industri electroplating biasanya bisa bertahan lama. Bahan kimia yang digunakan bisa berkurang karena penguapan atau tumpah. Larutan elektrolit misalnya, bisa bertahan sampai sangat lama. Dengan menggunakan indikator untuk mengetahui efektivitas bahan, larutan elektrolit bisa diperbaiki dengan menambahkan bahan tertentu untuk menstabilkan kandungannya. Meskipun penggunaannya sangat hemat, pada umumnya bahan kimia yang digunakan adalah logam berat dan bersifat racun.

Bahan-bahan tersebut berpotensi menjadi sumber cemaran, baik yang masih berupa bahan baku maupun senyawa kimia yang dihasilkan selama proses *electroplating*.

Industri mengekstrak material dari basis sumber daya alam dan memasukkan produk sekaligus limbah pencemar ke dalam lingkungan hidup. Agar pembangunan berwawasan lingkungan dapat terlaksana maka harus dilakukan upaya meminimumkan jumlah limbah melalui pendekatan tata ruang, administratif, maupun teknologi.

Pendekatan teknologi dapat dilakukan melalui tindakan pencegahan terbentuknya limbah pada sumbernya dan juga penanggulangan berupa antara lain pengolahan limbah cair. Suatu kajian terhadap salah satu jenis industri yakni Industri Kecil (IK) Lapis Listrik telah dilakukan untuk mengetahui sampai seberapa jauh jenis industri ini telah melakukan upaya pengolahan limbah cair.

- a. Elektrodialisis untuk memperoleh kembali ion logam dalam larutan pelapisan
- b. Osmosis balik digunakan untuk memperoleh kembali garam pelapisan dan larutan
- c. Penukaran ion adalah proses lain untuk memperoleh kembali logam yang digunakan di banyak pabrik pelapisan
- d. Penguapan memerlukan modal dan biaya energi yang tinggi, tetapi telah dipakai di beberapa tempat untuk menghemat biaya logam dan biaya bahan kimia
- e. Saringan pasir bekerja baik pada tahap penghalusan akhir sesudah pengendapan.

Pengelolaan limbah agar dapat dipakai ulang (*reuse*) menggunakan metode sedimentasi atau pengendapan logam. Adapun caranya antara lain: partikel padat yang bercampur dengan air limbah dapat mengendap secara langsung berdasarkan gaya berat ukuran partikel. Ukuran partikel yang sulit mengendap bisa diatasi dengan menggunakan tawas (alum), feri sulfat, poli aluminium klorida (PAC). Penambahan zat tersebut menyebabkan partikel akan menggumpal dan mengendap.

Untuk proses ulang ini ditambahkan NaOH dalam larutan limbah *elektroplating*. Dengan penambahan natrium hidroksida diharapkan ion logam pengotor terendapkan dalam bentuk *sludge*, sedangkan larutan dapat digunakan lagi setelah terlebih dahulu konsentrasinya disesuaikan dengan standar larutan elektroplating (Purwanto dan Samsul Huda, 2005).

#### **E. Anoda**

Peranan anoda pada proses pelapisan secara listrik sangat penting dalam menghasilkan kualitas lapisan. Pengaruh kemurnian/kebersihan anoda terhadap elektrolit dan penentuan optimalisasi ukuran serta bentuk anoda perlu dipikirkan/diperhatikan. Dengan perhitungan/pertimbangan yang cermat dalam menentukan anoda pada proses pelapisan dapat memberikan keuntungan yaitu meningkatkan distribusi endapan, mengurangi kontaminasi larutan, menurunkan biaya bahan kimia yang dipakai, meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi timbulnya masalah-masalah dalam proses pelapisan.

Adanya arus listrik yang mengalir melalui larutan elektrolit diantara kedua elektroda, maka pada anoda akan terjadi pelepasan ion logam dan oksigen (reduksi), selanjutnya ion logam tersebut dan gas hydrogen diendapkan pada elerktroda katoda.

Peristiwa ini dikenal sebagai proses pelapisan dengan anoda terlarut (*soluble anoda*), tetapi bila anoda tersebut hanya dipakai sebagai penghantar arus saja (*conductor of current*), anoda ini disebut anoda tak larut (*unsoluble anoda*). Dari anoda terlarut akan terbentuk ion logam sewaktu atom logam dioksidasi dan melepaskan elektron-elektron yang sebanding dengan elektron-elektron dari katoda. Ion logam direduksi kembali secara kontinyu dalam atom logam, selanjutnya diendapkan pada katoda. Anoda tidak larut adalah paduan dari bahan-bahan baja nikel, paduan timbal-tin, karbon, platina-titanium dan lain sebagainya.

Anoda ini diutamakan selain sebagai penghantar yang baik juga tidak mudah terkikis oleh larutan dengan atau tanpa aliran listrik. Tujuan dipakainya anoda tidak larut adalah untuk:

1. Mencegah terbentuknya logam yang berlebihan dalam larutan  
Mengurangi nilai investasi peralatan.
2. Menghindari dari kehilangan kerugian penggunaan anoda tidak larut adalah cenderung teroksidasinya unsur-unsur tertentu dari anoda tersebut kedalam larutan.

Oleh karena itu anoda jenis ini tidak bisa digunakan dalam larutan yang mengandung bahan-bahan organik (*organic agent*) atau *cyanid*. Garam

logam sering ditambahkan dalam larutan bertujuan untuk menjaga kestabilan komposisi larutan dari pengaruh unsur-unsur yang larut dari anoda tidak larut.

Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan dalam memilih anoda terlarut antara lain adalah:

- a. Effisiensi anoda yang akan dipakai
- b. Jenis larutan elektrolit
- c. Kemurnian bahan anoda
- d. Bentuk anoda
- e. Rapat dan kapasitas arus yang display
- f. Cara pembuatan anoda

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

Spesifikasi kemurnian anoda yang disarankan dapat dilihat pada tabel :

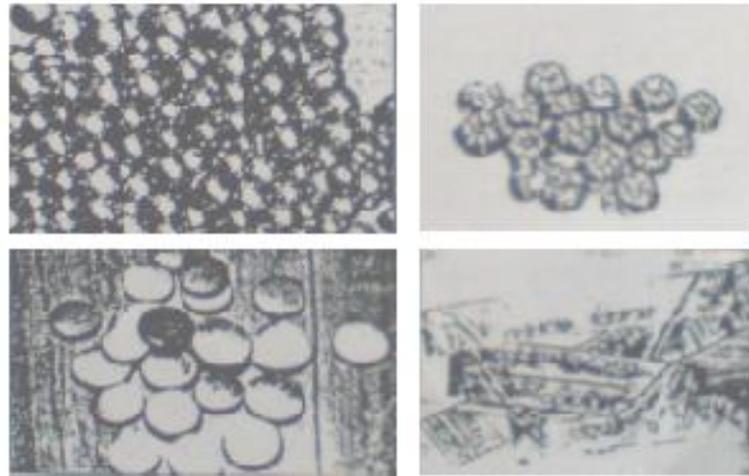
Tabel 2 : Spesifikasi anoda terlarut

No.	Anoda	Kemurnian (%)	Unsur-Unsur Pengotor
1.	Cadmium	99,95	Aq, As, Cu, Fe, Pb, Sb, Ti dan Zn
2.	Copper	99,97	Aq, Cd
3.	Lead Alloy	99,92	Aq, Cu, Cd, Zn
4.	Nickel	99,98	Aq, Cd, Cu, Fe, Pb, Sn, Zn
5.	Tin	99,92	Aq, As, Bi, Cd, Cu, Fe, Pb, S, Sb
6.	Tin - Lead	99,93	Aq, As, Bi, Cu, Fe, S, Pb, Sb, Zn
7.	Silver	99,95	Bi, Fe, Si, S, Sn, Fe, Zn
8.	Zinc	99,98	Cu, Cd, Pb, Sn

Sumber : Asatrio (2010)

Sedapat mungkin menggunakan anoda sesuai bentuk yang akan di lapis. Jarak dan luas permukaan anoda di atur sedemikian rupa, sehingga dapat menghasilkan lapisan yang seragam dan rata. Rapat arus anoda diusahakan dalam range yang dikehendaki agar mudah di kendalikan. Anoda dan gantungannya dapat menyuplay arus dengan sempurna tanpa menimbulkan panas yang berlebihan. Bentuk-bentuk anoda terdiri dari beberapa macam, ada yang berbentuk balok, bulat, palet, lempengan dan kubus, sedangkan ukuran sesuai dengan bentuk anoda tersebut.

Bentuk bulat, kubus dan palet biasanya digunakan dengan memakai keranjang yang berfungsi sebagai tempat penampung anoda. Bentuk-bentuk anoda dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3 : Bentuk-bentuk anoda  
Sumber :Asatrio (2010)

## F. Air

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

1. Air untuk pembuatan larutan elektrolit
2. Air untuk menambah larutan elektrolit yang menguap
3. Air untuk pembilasan dan
4. Air untuk proses pendingin

Fungsi air tersebut dapat ditentukan kualitas air yang dibutuhkan untuk suatu proses. Air ledeng/kota di pakai untuk proses pembilasan, pencucian, proses etsa (etching) dan pendingin. Sedangkan air bebas mineral (aquadest DM) di pakai khusus untuk pembuatan larutan, analisa larutan dan pembuatan larutan penambah.

Air suling (aquadest) dengan ukuran spesifikasi konduktifitasnya tidak melebihi dari 50 microhos. Pada proses pelapisan air yang digunakan harus berkualitas baik, air ledeng/kota yang masih mengandung anion dan kation, jika tercampur dengan ion-ion dalam larutan akan menyebabkan turunnya efisiensi endapan/lapisan. Unsur-unsur yang tidak diinginkan dalam larutan adalah unsur kalsium dan magnesium, karena mudah bereaksi dengan *cadmium cyanid*, *cupper cyanid*, *siler cyanid* dan senyawa-senyawa lainnya, sehingga akan mempercepat kejenuhan larutan.

## G. Tahapan Proses Pelapisan

Proses pelapisan dengan menggunakan metode electroplating dibagi menjadi tiga tahapan yaitu :

### 1. Proses pengerjaan persiapan (pre treatment)

Sebelum proses electroplating dilakukan, permukaan benda kerja yang akan dilapisi harus dalam kondisi benar-benar bersih, bebas dari bermacam-macam pengotor.

#### a. Pembersihan secara mekanik

Pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta geram-geram yang masih melekat pada benda kerja. Biasanya untuk menghilangkan goresan-goresan dan geram-geram tersebut dilakukan dengan mesin gerinda atau roda yang berputar yang diberi abrasif, sedangkan untuk menghaluskan permukaan dilakukan dengan proses *buffing* maupun *polishing*, dalam berbagai tingkat kehalusan yang berbeda. Soda terbuat dari kain kanvas, katun atau kulit, prinsipnya sama dengan proses gerinda, tetapi roda/*wheel* polesnya yang berbeda. Selain proses yang diatas kadang-kadang diperlukan proses lain misalnya *brushing*, *brightening* dan sebagainya.

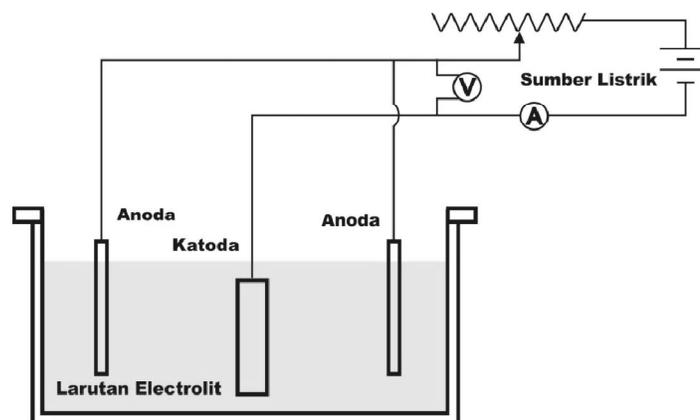
#### b. Pembersihan dengan pelarut (*solvent*)

Proses ini bertujuan untuk membersihkan specimen dari debu, lemak , minyak, garam dan kotoran udara/ mengalami korosi sebelum

proses plating dengan pelarut organik, alkali, dan celup asam, pembersihan dilakukan dengan cara :

1. Pembersihan dengan *Vapour degreasing*.
  2. Pembersihan dengan cara alkali (*alkaline cleaning*).
  3. Pembersihan secara elektro (elektrolitik degreasing).
  4. Pembersihan dengan asam (*acid dipping*).
2. Proses lapis listrik.

Setelah benda kerja betul-betul bebas dari pengotor, maka benda kerja tersebut sudah siap untuk dilapis. Rangkaian sistem pelapisan dapat dilihat seperti yang digambarkan pada gambar.



Gambar 4 : Skematis.rangkaian lapis listrik  
Sumber : Asatrio (2010)

Dalam operasi pelapisan, kondisi operasi perlu/penting sekali untuk diperhatikan. Karena kondisi tersebut menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu pelapisan yang dihasilkan. Kondisi operasi yang perlu di perhatikan tersebut antara lain:

a. Tegangan Arus (*voltage*)

Prinsip dasar dari proses lapis listrik adalah berpedoman atau berdasarkan Hukum Faraday yang menyatakan ;

1. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
2. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisa adalah sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut.

Hukum faraday sangat erat kaitannya dengan efisiensi arus terjadi pada pelapisan listrik. Efisiensi arus listrik adalah perbandingan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen (%) (hukum Ohm).

Tegangan yang digunakan dalam proses lapis listrik atau electroplating yang dapat divariabelkan adalah 2 volt sampai dengan 10 volt sedang amperenya berbanding lurus kecil atau besar dengan tegangannya, maksudnya adalah bila luas permukaan benda kerja bervariasi, maka rapat aruslah yang menyesuaikan dengan besar-kecilnya *voltage*, bila dengan sistem bak asam kromat, efisiensi arus platingnya rendah, laju deposisi tetap besar karena tegangan yang digunakan pada posisi paling besar, pada temperatur yang tinggi daya larut bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan konduktifitasnya tinggi serta

menambah mobilitas ion logam, tetapi viskositas menjadi berkurang, sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya (tomijiro, 1992).

b. pH larutan

pH larutan dipakai untuk menentukan derajat keasaman suatu larutan elektrolit dalam operasi lapis listrik, pH berarti pula  $pOH - pH$  larutan dapat diukur dengan alat ukur pH meter atau pH colorimeter, tujuan menentukan derajat keasaman ini adalah untuk melihat atau mengecek kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang baik.

3. Proses pengerjaan akhir (post treatment)

Benda kerja yang telah dilakukan proses pelapisan (*elektroplating*) biasanya dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan, dan dari fungsi air perlu diketahui tentang kualitas air yang dibutuhkan sebagai contoh air ledeng dipakai untuk pembilasan dan pendinginan sedangkan air bebas mineral (aquades) khusus dipakai untuk pembuatan larutan, analisa dan untuk penambahan unsur kalsium dan magnesium karena mudah bereaksi dengan *cupper cyanid*, *silver cyanid* dan *cadmium cyanid* (purwanto, 2005). Pada umumnya unsur-unsur yang terdapat dalam air adalah kandungan garam-garam seperti : *bicarbonate*, *sulfat*, *chloride* dan nitrat serta untuk unsur logam alkali tidak begitu mempengaruhi konsentrasi larutan.

## H. Ketebalan

Pengertian ketebalan menurut ilmu fisika adalah jarak tegak lurus antara dua bidang sejajar, adapun dalam penelitian ini, cara untuk menentukan ketebalan adalah dengan mencari selisih ketebalan akhir dan ketebalan awal specimen yang mana specimen ini diukur dengan micrometer sekrup, metode ini adalah yang paling mudah dan hasil data yang didapatkan akurat dengan penggunaan micrometer sekrup dengan NST 1 mikron.

Ketebalan awal specimen berbeda dengan ketebalan setelah pelapisan, ini dikarenakan adanya logam pelapis yang melekat di permukaan logam dasar atau specimen yang tentunya selain menambah ketebalan akan berdampak pula dengan berat specimen. Untuk menentukan ketebalan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan lapisan} = \text{Tebal akhir} - \text{tebal awal}$$

## I. Berat

Berat dalam pengertian fisika adalah sifat yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi pada suatu tempat dan memiliki satuan newton. Dalam penelitian ini ditentukan satuan adalah gram, walaupun pada dasarnya alat ukur atau timbangan yang dipakai memiliki NST 1 miligram, timbangan ini disebut timbangan mikro.

Metode pengambilan data berat specimen dilakukan dengan menimbang specimen, meletakkan specimen pada timbangan dan mencatat berat yang

tertera pada skala nilai dari timbangan, pengambilan data dilakukan dua kali, yang pertama adalah pengambilan data berat specimen sebelum pelapisan dan yang ke dua adalah pengambilan data berat specimen setelah pelapisan, dan kemudian dihitunglah selisih berat specimen sebelum dan sesudah pelapisan dengan rumus :

$$\text{Berat lapisan} = \text{berat akhir} - \text{berat awal}$$

#### **J. Cacat-Cacat Electroplating**

Hasil pelapisan dengan metode electroplating tidak selalu sempurna, ada banyak kekurangan-kekurangan yang akan didapati selama proses berlangsung, kekurangan-kekurangan inilah yang menimbulkan cacat pada hasil akhir pelapisan, seperti contohnya adanya *blister* (porositas tertutup berukuran besar) dan *peeling* (porositas tertutup berukuran kecil) akan menurunkan adhesifitas. *Blister* dan *peeling* disebabkan oleh rapat arus yang terlalu tinggi, adanya *impurities* (pengotor), konsentrasi larutan elektrolit yang terlalu tinggi, perlakuan permukaan sebelum proses pelapisan, dan kondisi substrat (logam induk) itu sendiri. Dengan kenaikan rapat arus, kemungkinan terjadinya *blister* dan *peeling*, karena gas hidrogen yang dihasilkan disekitar katoda semakin banyak. Untuk mengurangi produksi gas hidrogen dapat dilakukan dengan menaikkan temperatur proses atau konsentrasi larutan elektrolit.

Saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung gelembung gas hidrogen ( $H_2$ ). Selain itu juga akan timbul kotoran-kotoran akibat proses. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan. Hal ini sering disebut pitting. Kadang juga kotoran akan menempel pada benda yang dilapis, sehingga permukaannya menjadi jelek dan terlapis. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut maka selama proses harus dilaksanakan pengadukan. Dengan adanya pengadukan maka gas hidrogen maupun kotoran tidak akan menempel pada permukaan benda yang dilapis sehingga tidak akan ada pitting. Pitting yang disebabkan oleh adanya gas hidrogen tersebut selain menjadikan hasil pelapisan menjadi tambah buruk juga menyebabkan kerapuhan hasil pelapisan. Sifat rapuh ini akan nampak bila benda kerja dibengkokkan maka logam pelapis menjadi patah atau retak.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan february 2011 di CV. Anugrah Chrome yang berlokasi di Kelurahan Daya, Kecamatan Biringkanaya, Makassar. Adapun kelengkapan penelitian adalah sebagai berikut.

#### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

##### 1. peralatan penelitian

- a. Peralataan Electroplating.
- b. Mesin gerinda potong
- c. Mesin bor
- d. Mesin polishing
- e. Alat uji ketebalan
- f. Timbangan mikro

##### 2. Bahan Penelitian

- a. Spesimen baja karbon rendah ST 37 dengan dimensi 50 mm x 40 mm x 4 mm
- b. Larutan cromic acid ( $\text{CrO}_3$ )
- c. Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- d. Anoda timah hitam (Pb)

### C. Metode Penelitian

Metode eksperimen dengan mengamati perubahan-perubahan variabel-variabel bebas dalam hal ini variasi besar arus listrik dan lama proses electroplating dan selanjutnya dikontrol untuk dilihat pengaruhnya.

### D. Prosedur Penelitian

Adapun tahap penelitian yang akan dilakukan dalam rangka mengumpulkan data hingga penyelesaian masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Persiapan Penelitian

- a. Mempersiapkan bahan, dalam hal ini pelat baja dan krom cair (larutan chromic acid  $\text{CrO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- b. Mempersiapkan alat-alat yang digunakan, dalam proses electroplating.
- c. Mencampur larutan dengan komposisi  $\text{CrO}_3$  80 gr/ltr dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 gr/ltr dengan volume 500 liter, pada bak dengan dimensi 150 cm x 50 cm x 100 cm.
- d. Pembuatan specimen, memotong pelat baja dengan dimensi 50 mm x 40 mm x 4 mm.
- e. Membersihkan benda uji dengan larutan HCL
- f. *Polishing* specimen.
- g. Menimbang specimen (benda uji).
- h. Membersihkan benda uji dengan *detergent*.

- i. Membersihkan benda uji dengan air sabun (*degreasing*) kemudian dibilas dengan air untuk menghilangkan sisa sabun hingga benar-benar bersih.
- j. Merangkai specimen pada rak dan dihubungkan pada kutub negatif dari *rectifier*.

## **2. Proses Pelapisan (*Electroplating*)**

- a. Memasukkan specimen kedalam bak larutan dengan jarak anoda katoda 30 cm.
- b. Mengangkat specimen setelah waktu yang ditentukan.
- c. Mencatat volt meter, ampere, waktu dan suhu proses electroplating.
- d. Polishing, dengan menggunakan alat poles yang bertujuan untuk mengkilapkan dan menghaluskan permukaan specimen.
- e. Membersihkan specimen dengan air dan kemudian melakukan penimbangan berat akhir lapisan dan mengukur ketebalan lapisan.

## **3. Pengukuran Berat Spesimen.**

Pengukuran berat spesimen diadakan di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Mesin Universitas Hasanuddin. Alat yang dipakai adalah timbangan dengan NST 0,001 gram. Adapun langkah pengambilan data berat spesimen seperti berikut :

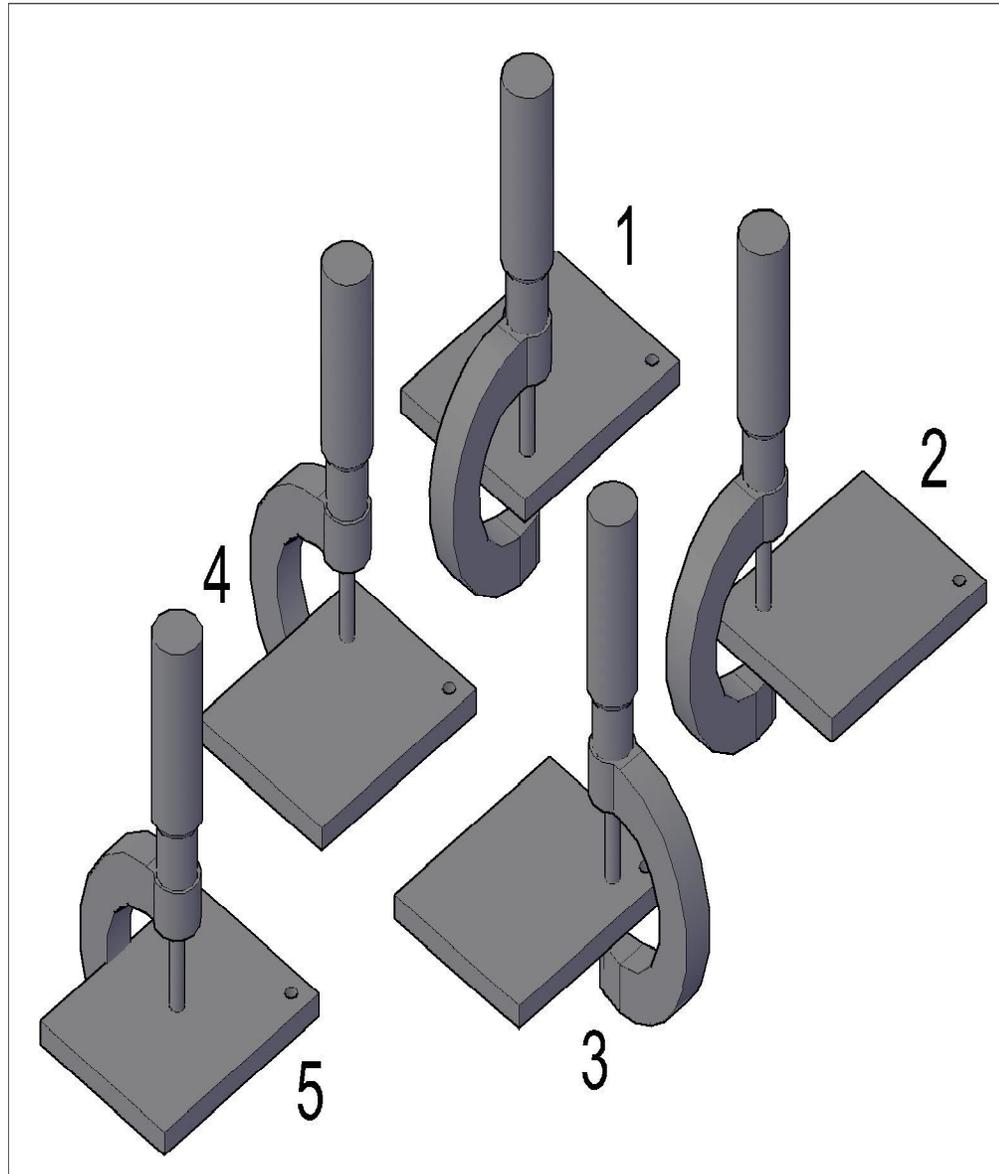
- a. Kalibrasi alat dilakukan untuk mengetahui presisi satuan.
- b. Meletakkan 1 spesimen di atas timbangan yang kemudian melakukan pembacaan skala utama.

- c. Pembacaan skala nonius dilakukan dengan memutar skala putar hingga penunjukan jarum tepat berhimpit dengan jarum statis. Maka didapatkanlah 2 angka dibelakang koma.
- d. Melakukan penimbangan untuk spesimen yang lain.

#### **4. Pengukuran Ketebalan Lapisan.**

Pengukuran tebal lapisan ini dilakukan di politeknik negeri ujung pandang dengan menggunakan micrometer sekrup, alat yang digunakan memiliki NST 0,001 mm (1 mikron). adapun langkah-langkah pengukuran tebal lapisan adalah sebagai berikut :

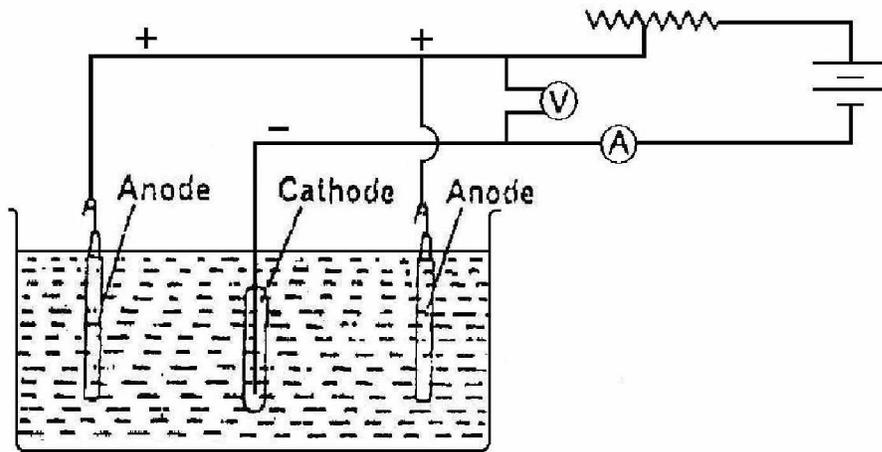
- a. Mengkalibrasi alat micrometer sekrup.
- b. Mengukur ketebalan spesimen di lima bagian berbeda.
- c. Setelah mendapatkan ukuran dari tiap bagian, maka kemudian di rata-ratakan.
- d. Mengukur spesimen lain dengan metode yang sama.



Gambar 5 : Simulasi pengambilan data ketebalan

Sumber : Photo Scan (2011)

### E. Instalasi Pengujian



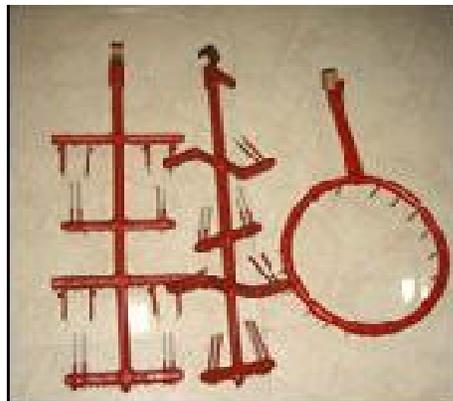
Gambar 6 : Instalasi Pengujian  
Sumber : Valdas Kvedaras (1978)



Gambar 7 : Rectifier  
Sumber : Photo Scan (2011)



Gambar 8 : Bak Larutan  
Sumber : Photo Scan (2011)



Gambar 9 : Rak  
Sumber : Asatrio, (2009)



Gambar 10 : Pemanas Listrik (heater)  
Sumber : Photo Scan (2011)



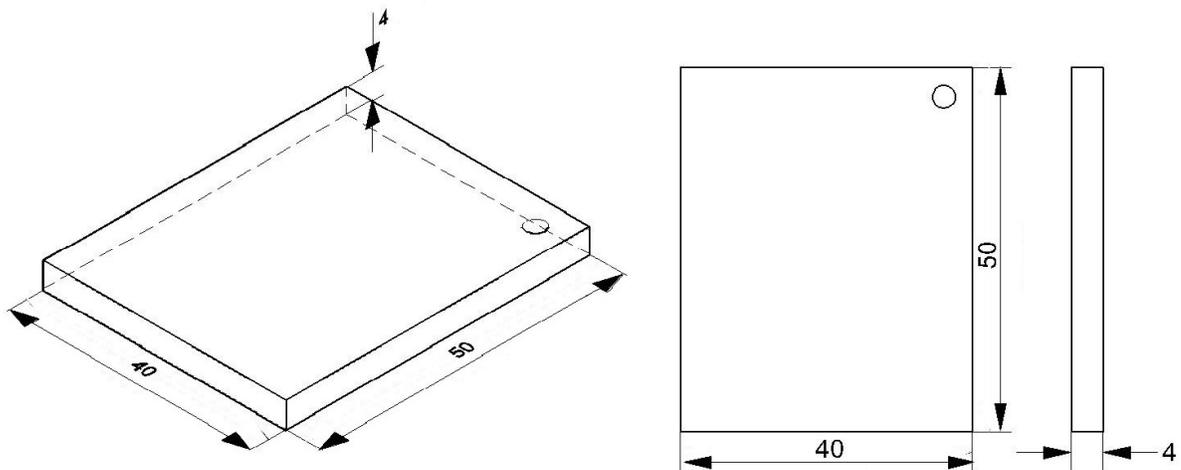
Gambar 11 : Alat Pengujian Ketebalan  
Sumber : Photo Scan (2011)



Gambar 12 : Alat Ukur Berat  
Sumber : Photo Scan (2011)

## F. Spesimen

Ukuran specimen yang akan di uji (skala 1:2) :



Gambar 13 : Dimensi Specimen  
Sumber : Photo Scan (2011)



Gambar 14 : Specimen  
Sumber : Photo Scan (2011)

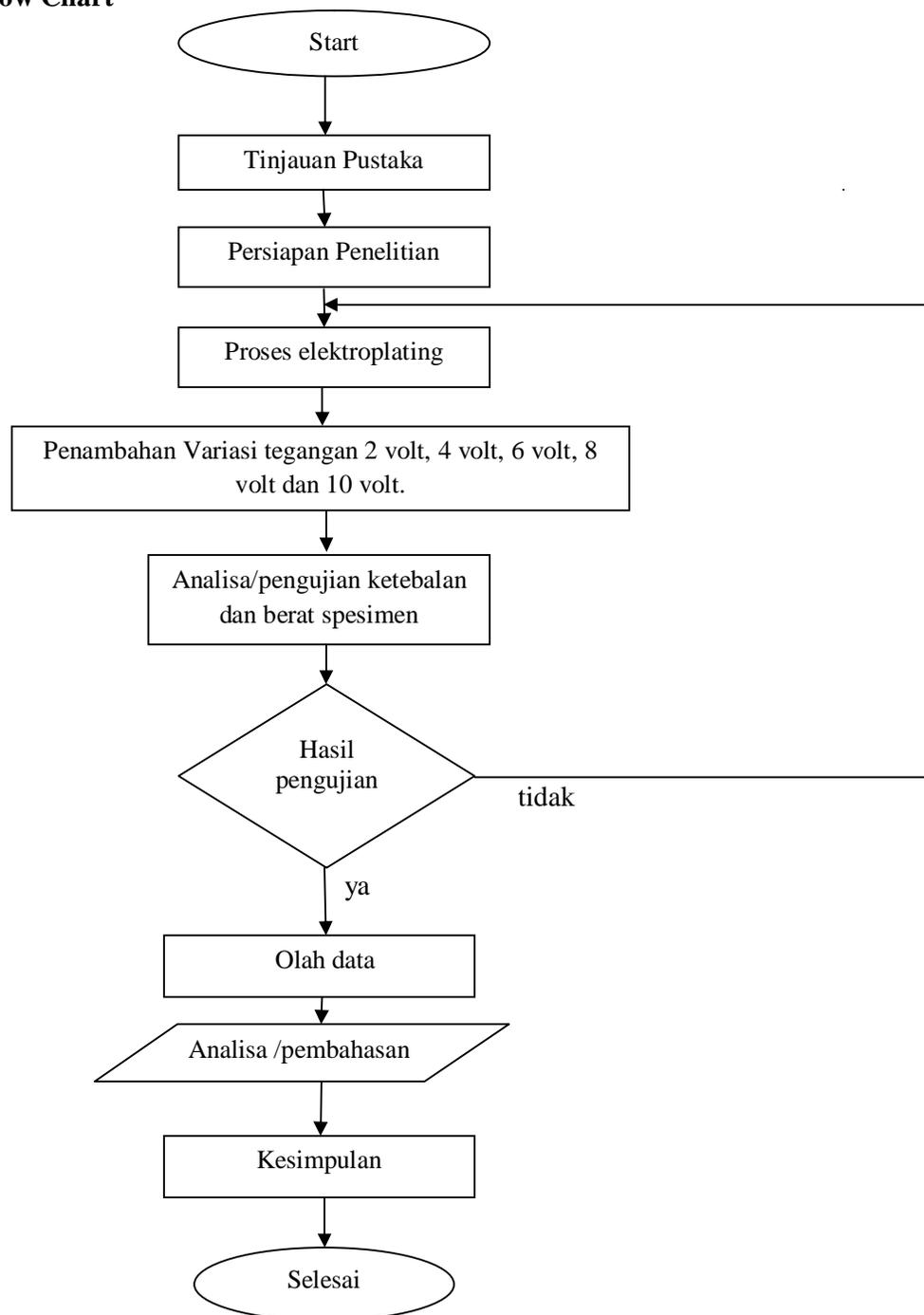
**G. Flow Chart**

Diagram 1. Diagram Alir Penelitian

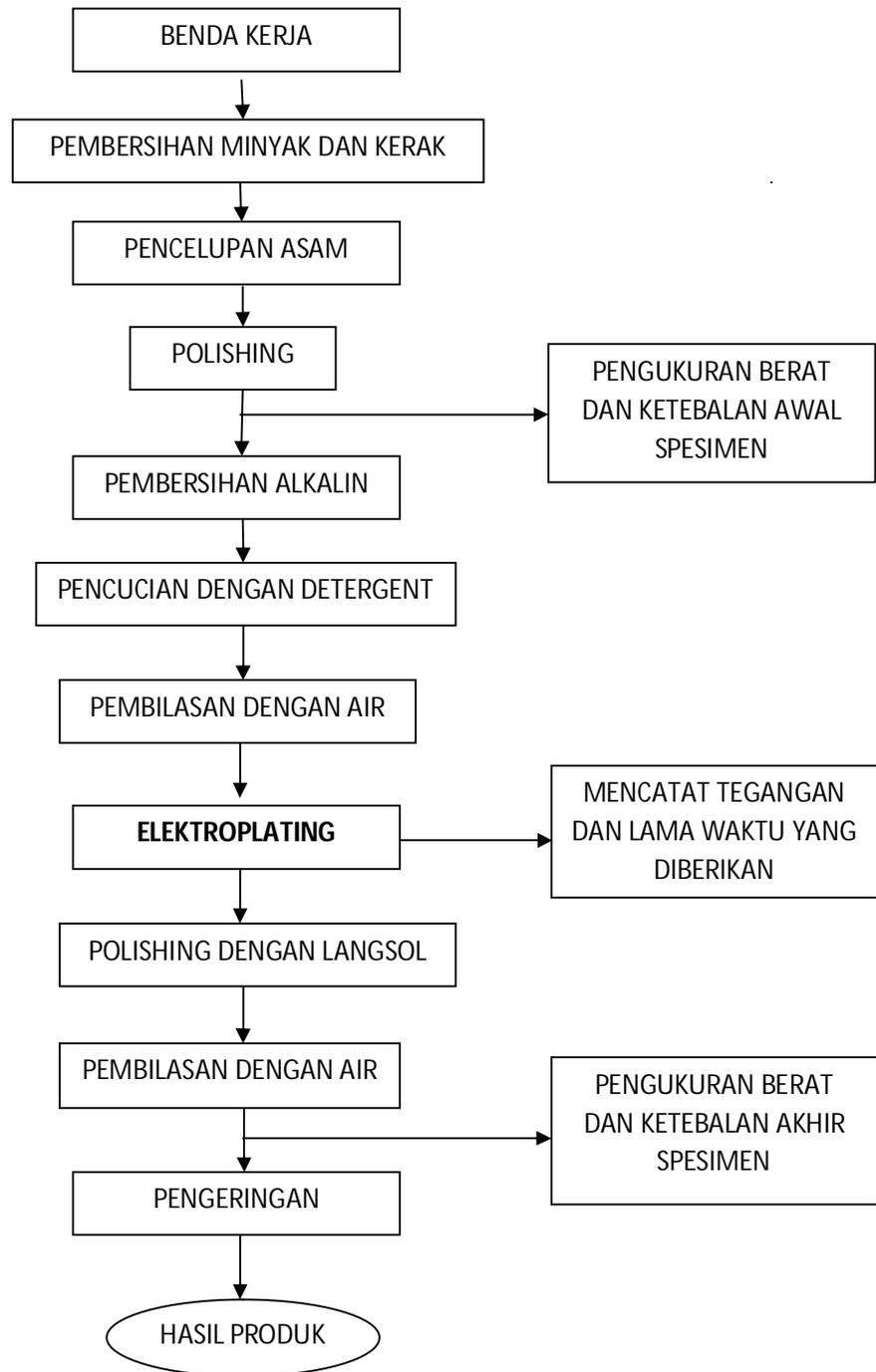


Diagram 2. diagram alir proses elektroplating

## H. Jadwal Penelitian

Table 3. Jadwal Penelitian

No.	Rencana kerja	Bulan ke-				
		I	II	III	IV	V
1	Pengajuan proposal tugas akhir					
2	Pembuatan / pelapisan					
3	Pengambilan data					
4	Pengolahan data					
5	Pembahasan					
6	Kesimpulan dan saran					
7	Seminar					
8	Ujian akhir					

Keterangan :

I = Januari

II = Februari

III = Maret

IV = April

V = Mei

#### IV. DATA DAN ANALISIS

##### A. Data Hasil

Pengukuran tebal lapisan ini dilakukan dengan menggunakan mikrometer sekrup, alat yang digunakan memiliki NST 0,001 mm (1 mikron). Di ambil sampel **specimen A1** untuk memperoleh data. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengkalibrasi alat ukur agar data yang didapatkan presisi, setelah dikalibrasi maka dilakukan pengukuran ketebalan di lima bagian berbeda dari specimen seperti data yang dicontohkan sebagai berikut:

1. Mengukur ketebalan spesimen di bagian sudut kanan bawah. Maka didapatkan nilai ketebalan 3.661
2. Mengukur ketebalan spesimen di bagian sudut kiri bawah. Maka didapatkan nilai ketebalan 3.627
3. Mengukur ketebalan spesimen di bagian sudut kanan atas. Maka didapatkan nilai ketebalan 3.599
4. Mengukur ketebalan spesimen di bagian sudut kiri atas. Maka didapatkan nilai ketebalan 3.641
5. Mengukur ketebalan spesimen di bagian tengah. Maka didapatkan nilai ketebalan 3.639
6. Kemudian dari semua nilai yang didapatkan dijumlahkan kemudian dibagi lima untuk dirata-ratakan 3.633

Hasil penelitian yang dilakukan didapatkan data-data sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Ketebalan Spesimen Sebelum Pelapisan

Kode Material	waktu (menit)	tegangan (volt)	Hasil Uji Ketebalan Spesimen (mm)					Rata - rata (mm)
A1	4	2	3.661	3.627	3.599	3.641	3.639	3.633
A2		4	3.094	3.636	3.667	3.713	3.660	3.554
A3		6	3.730	3.686	3.657	3.705	3.686	3.693
A4		8	3.716	3.642	3.625	3.726	3.692	3.680
A5		10	3.695	3.666	3.705	3.726	3.695	3.697
B1	8	2	3.717	3.797	3.802	3.734	3.777	3.765
B2		4	3.648	3.631	3.601	3.627	3.611	3.624
B3		6	3.697	3.623	3.614	3.642	3.566	3.628
B4		8	3.610	3.639	3.634	3.613	3.608	3.621
B5		10	3.664	3.650	3.605	3.644	3.615	3.636
C1	12	2	3.750	3.750	3.725	3.755	3.710	3.738
C2		4	3.552	3.542	3.518	3.518	3.523	3.531
C3		6	3.614	3.554	3.524	3.519	3.531	3.548
C4		8	3.614	3.691	3.712	3.657	3.637	3.662
C5		10	3.793	3.800	3.707	3.708	3.726	3.747

Tabel 5. Hasil Uji Ketebalan Spesimen Setelah Pelapisan

Kode Material	waktu (menit)	tegangan (volt)	Hasil Uji Ketebalan Spesimen (mm)					Rata - rata (mm)
A1	4	2	3.690	3.656	3.625	3.669	3.668	3.662
A2		4	3.184	3.726	3.755	3.803	3.752	3.644
A3		6	3.776	3.735	3.705	3.755	3.732	3.741
A4		8	3.725	3.651	3.635	3.735	3.700	3.689
A5		10	3.750	3.725	3.758	3.780	3.745	3.752
B1	8	2	3.735	3.810	3.825	3.752	3.780	3.780
B2		4	3.810	3.765	3.735	3.771	3.755	3.767
B3		6	3.832	3.748	3.729	3.777	3.721	3.761
B4		8	3.691	3.710	3.705	3.694	3.709	3.702
B5		10	3.699	3.685	3.650	3.689	3.685	3.682
C1	12	2	3.795	3.795	3.765	3.805	3.755	3.783
C2		4	3.669	3.649	3.625	3.635	3.655	3.647
C3		6	3.775	3.715	3.695	3.690	3.722	3.719
C4		8	3.722	3.789	3.810	3.755	3.755	3.766
C5		10	3.820	3.826	3.735	3.740	3.748	3.774

Pengukuran berat spesimen ini dilakukan dengan menggunakan timbangan mikro dengan NST mg (miligram). Di ambil sampel **specimen A1** untuk memperoleh data. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengkalibrasi timbangan agar data yang didapatkan presisi, setelah dikalibrasi maka dilakukan pengukuran berat specimen seperti data yang dicontohkan, mula-mula specimen di letakkan pada mangkok timbangan kemudian mencatat nilai yang ditunjukkan, setelah itu dilakukan pengukuran dengan metode yang sama berulang-ulang untuk specimen berikutnya.

Proses *electroplating* dilakukan dan setelah itu pengukuran dilakukan kembali untuk menghitung berat setelah pelapisan dan setelah didapatkan berat awal dan berat akhir maka kemudian dikurangkan antara berat awal di kurang dengan berat akhir untuk mengetahui selisih berat material , seperti pada tabel yang telah disajikan. Sebagai contoh berat awal specimen A1 adalah 53.62 mg dan kemudian berat specimen A1 setelah proses electroplating adalah 53.65 mg, maka selisih berat awal dan akhir specimen A1 adalah 0.03 mg.

Tabel 6. Selisih berat Spesimen Sebelum dan Setelah Pelapisan

kode Sampel	waktu (menit)	Tegangan (Volt)	berat Spesimen		Selisih berat Spesimen (gram)
			Sebelum dichrom (gram)	Sesudah dichrom (gram)	
A1	4	2	53.62	53.65	0.03
A2		4	54.32	54.42	0.10
A3		6	55.76	55.81	0.05
A4		8	54.35	54.36	0.01
A5		10	55.94	56.00	0.06
B1	8	2	56.03	56.05	0.02
B2		4	55.06	55.24	0.18
B3		6	54.92	55.07	0.15
B4		8	54.86	54.95	0.09
B5		10	54.53	54.58	0.05
C1	12	2	55.72	55.77	0.05
C2		4	55.66	55.79	0.13
C3		6	55.92	56.11	0.19
C4		8	56.02	56.14	0.12
C5		10	56.21	56.24	0.03

Tabel 7. Selisih Tebal Spesimen Sebelum dan Setelah Pelapisan

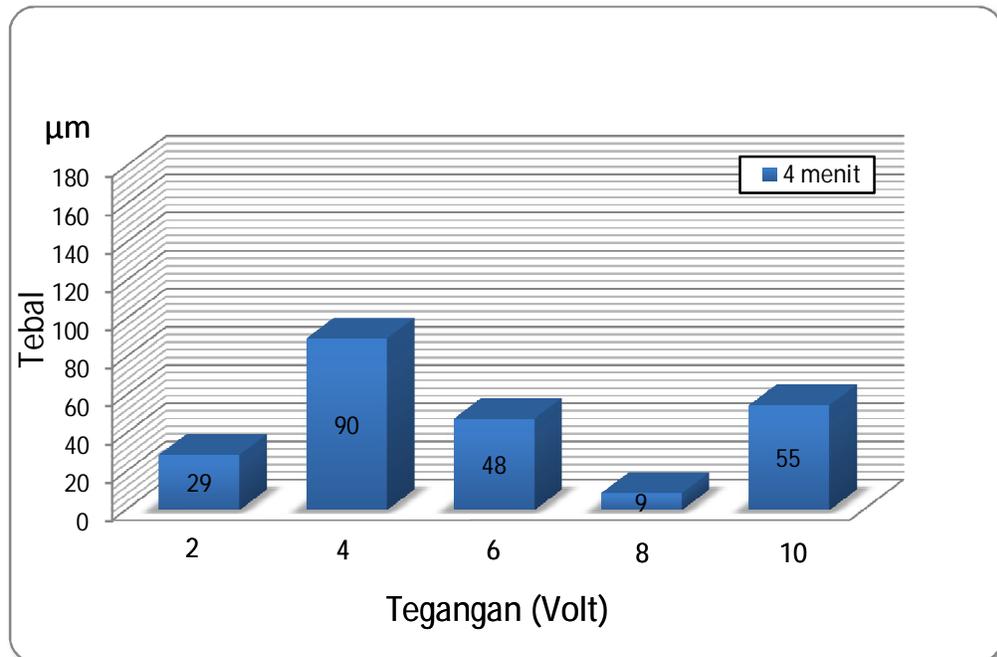
kode Sampel	waktu (menit)	Tegangan (Volt)	tebal Spesimen		Selisih berat Spesimen (mm)
			Sebelum dichrom (mm)	Sesudah dichrom (mm)	
A1	4	2	3.633	3.662	0.029
A2		4	3.554	3.644	0.090
A3		6	3.693	3.741	0.048
A4		8	3.680	3.689	0.009
A5		10	3.697	3.752	0.055
B1	8	2	3.765	3.780	0.015
B2		4	3.624	3.767	0.143
B3		6	3.628	3.761	0.133
B4		8	3.621	3.702	0.081
B5		10	3.636	3.682	0.046
C1	12	2	3.738	3.783	0.045
C2		4	3.531	3.647	0.116
C3		6	3.548	3.719	0.171
C4		8	3.662	3.766	0.104
C5		10	3.747	3.774	0.027

## B. Analisis Grafik

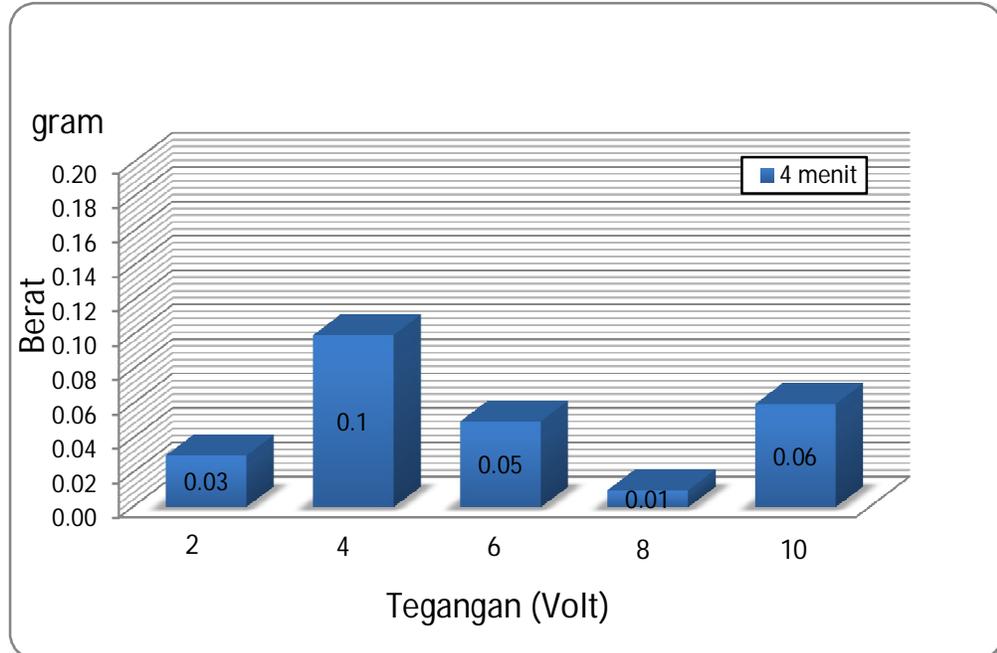
Data yang diperoleh dapat dilihat dari grafik dengan lama waktu proses *electroplating* 4 menit, spesimen dengan tegangan 4 volt merupakan spesimen yang paling tebal lapisannya, dan dilihat dari tabel berat menunjukkan hal yang sama dimana spesimen dengan tegangan 4 volt memiliki selisih berat yang besar dibandingkan dengan spesimen dengan lama waktu proses *electroplating* 4 menit yang lainnya.

Disimpulkan bahwa specimen dengan variasi tegangan 8 volt adalah specimen yang mendapatkan lapisan paling sedikit bahkan hampir tidak terlapisi, jika diamati dengan seksama maka perubahan berat dan ketebalannya sangat kecil sekali. Fenomena dari grafik diatas adalah pelapisan terbaik adalah specimen dengan tegangan 4 volt yang kemudian seiring dengan penambahan tegangan terjadi penurunan ketebalan yang menandakan kurangnya pelapisan yang didapatkan oleh specimen. Hal ini dikarenakan setelah tegangan 4 volt maka rapat arus bertambah seiring dengan bertambahnya besar tegangan yang mengakibatkan pelapisan kurang baik dan memicu terjadinya konsentrasi penebalan di bagian-bagian tertentu dari specimen.

Proses pelapisan variasi tegangan listrik menggunakan waktu kurang dari atau menggunakan lama waktu proses *electroplating* di bawah 5 menit, tidak akan terjadi lapisan krom atau sangat tipis sekali, yang tampak hanya warna hitam logam dasar saja.(samsudi raharjo, 2010)



grafik 1: Besar perubahan selisih tebal specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses *electroplating* 4 menit.

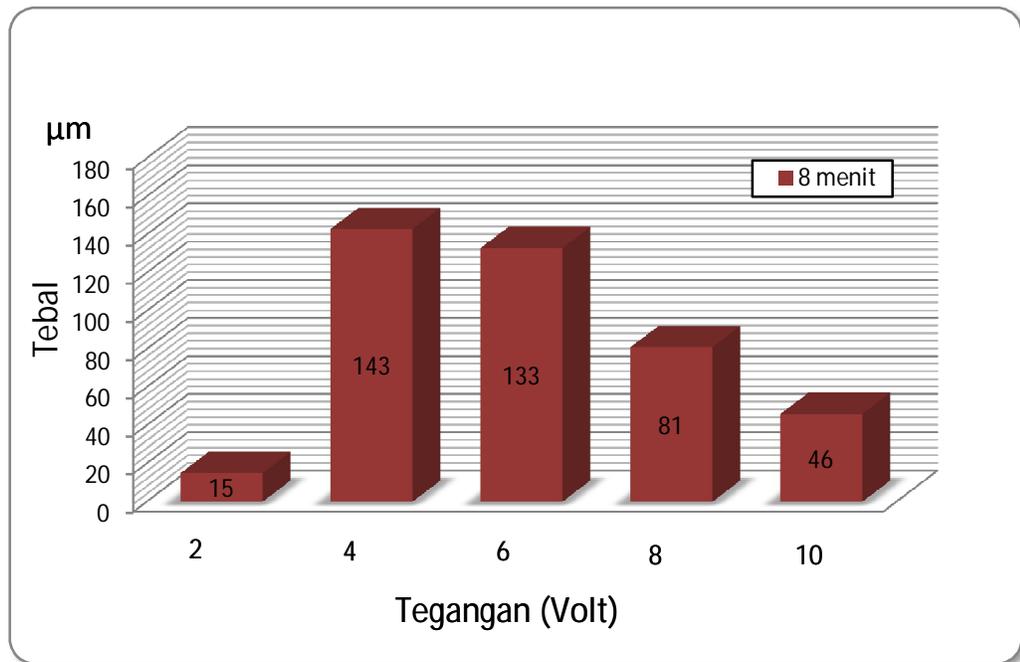


grafik 2: Besar perubahan selisih berat specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses *electroplating* 4 menit.

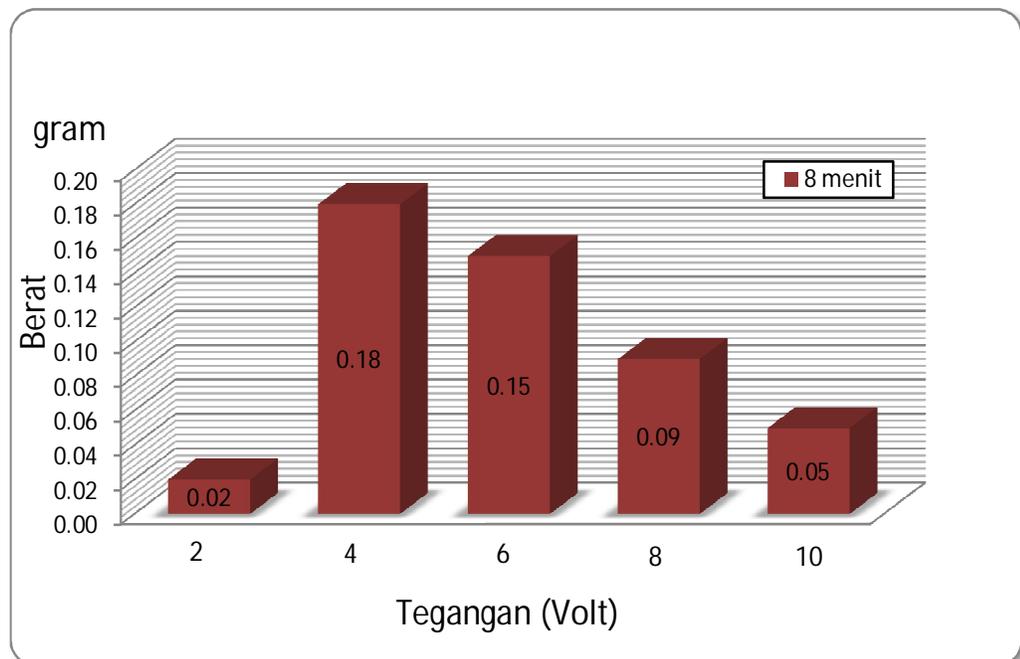
Grafik dengan lama waktu proses *electroplating* 8 menit dapat kita lihat ketebalan meningkat drastis dari 2 volt ke 4 volt dan kemudian ketebalan menurun setelah tegangan ditambahkan, yang dimana spesimen dengan tegangan 4 volt merupakan spesimen yang paling tebal disusul kemudian spesimen dengan 6 volt, kemudian 8 volt dan 10 volt, dan yang paling tipis lapisannya adalah spesimen dengan tegangan 2 volt. Dari table berat juga menunjukkan grafik yang serupa spesimen yang selisih berat terbesar adalah spesimen dengan tegangan 4 volt.

Dibandingkan dengan grafik dengan lama waktu proses *electroplating* 4 menit, spesimen dengan lama waktu 8 menit memiliki nilai tebal dan berat yang lebih tinggi, kita ambil sampel berat specimen 4 volt pada grafik lama waktu *electroplating* 4 menit adalah 90 mikron (A2) sedangkan specimen 4 volt dengan lama waktu *electroplating* 8 menit adalah 143 mikron (B2). Ini menunjukkan bahwa hasil pelapisan dengan lama waktu 8 menit lebih tebal dari hasil pelapisan 4 menit. Ini membuktikan bahwa lama waktu *electroplating* mempengaruhi ketebalan pelapisan oleh karena memberikan waktu yang cukup untuk pengendapan pada katoda (specimen) pada proses *electroplating*.

Hasil dari pelapisan sangat bagus, hampir merata keseluruhan permukaan specimen, walaupun beberapa bagian dari specimen tidak terlapsi dengan baik bahkan terdapat cacat pada daerah batas konsentrasi penebalan, hal ini terjadi pada specimen dengan tegangan paling besar yaitu 10 volt (B5).



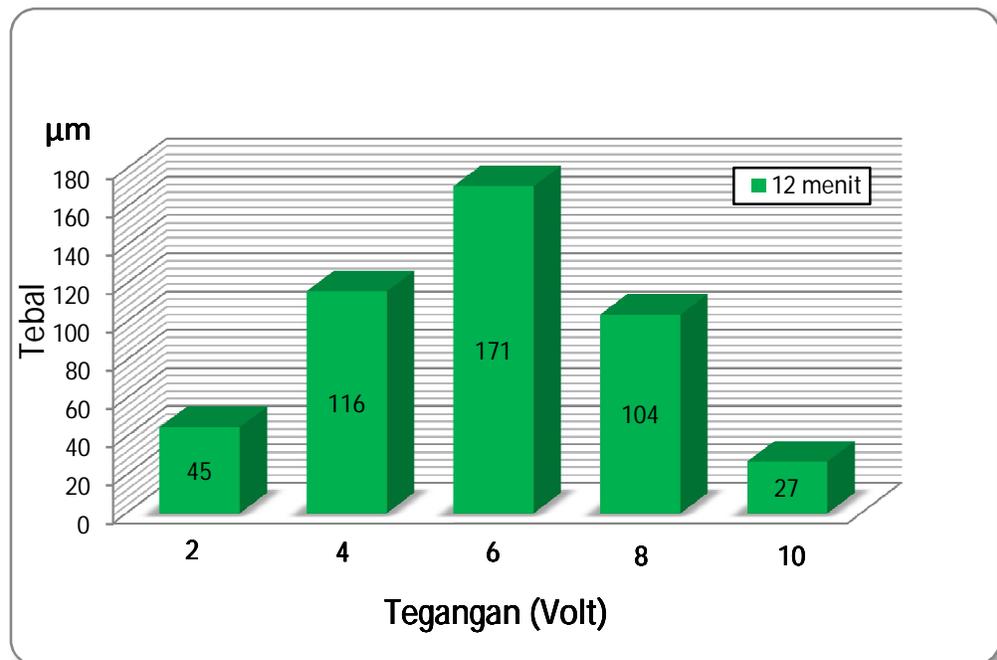
Grafik 3: Besar perubahan selisih tebal specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses *electroplating* 8 menit.



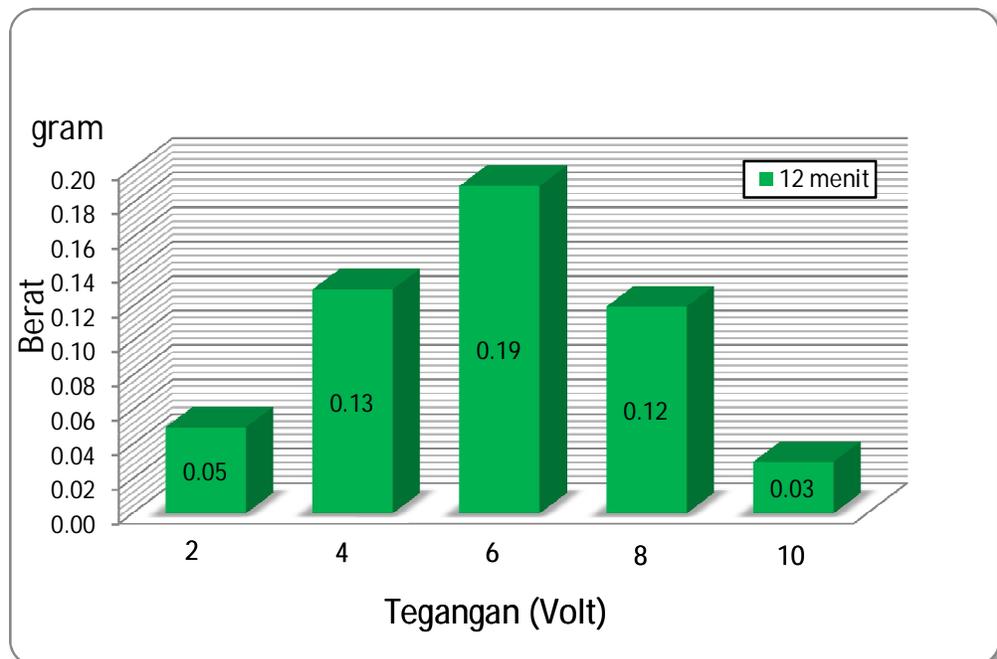
grafik 4: Besar perubahan selisih berat specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses *electroplating* 8 menit.

Grafik dengan lama waktu *electroplating* 12 menit memperlihatkan fenomena yang berbeda dari grafik sebelumnya pada awalnya kenaikan tegangan berbanding lurus dengan ketebalan, yang diperlihatkan oleh spesimen dengan besar tegangan 2 volt, 4 volt dan 6 volt.

Penurunan ketebalan lapisan terjadi pada spesimen yang mendapatkan tegangan 8 volt dan 10 volt, meskipun tegangan bertambah tapi tetap terjadi penurunan, pelapisan paling tebal terjadi pada specimen C3 dengan tegangan yang diberikan 6 volt. Meskipun specimen C3 adalah pelapisan yang paling tebal tapi tidak menunjukkan kualitas sebaik C2 atau specimen dengan tegangan 4 volt. Specimen dengan lama waktu proses *electroplating* 12 menit terdapat banyak cacat-cacat pelapisan diantaranya adalah konsentrasi penebalan, material yang sebagian terbakar, hingga pelapisan yang terkelupas. Dapat dilihat pada specimen C2 dan C3.

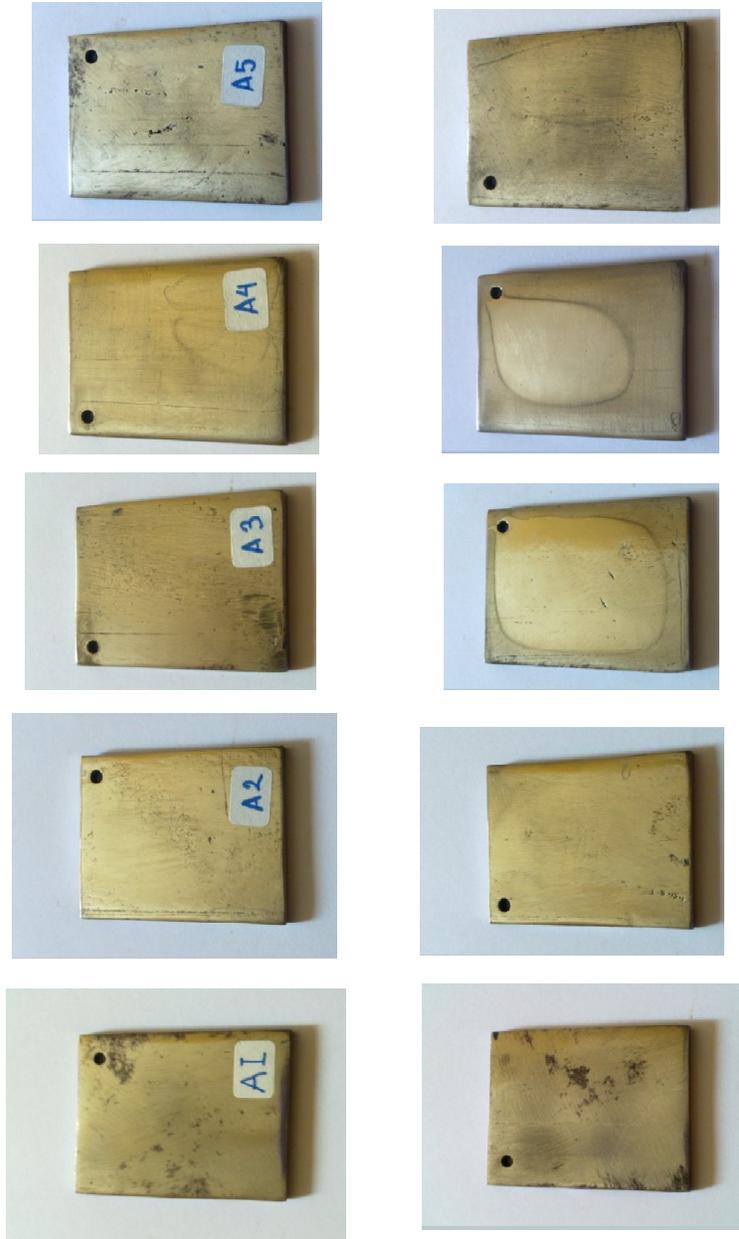


grafik 5: Besar perubahan selisih tebal specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses *electroplating* 12 menit.

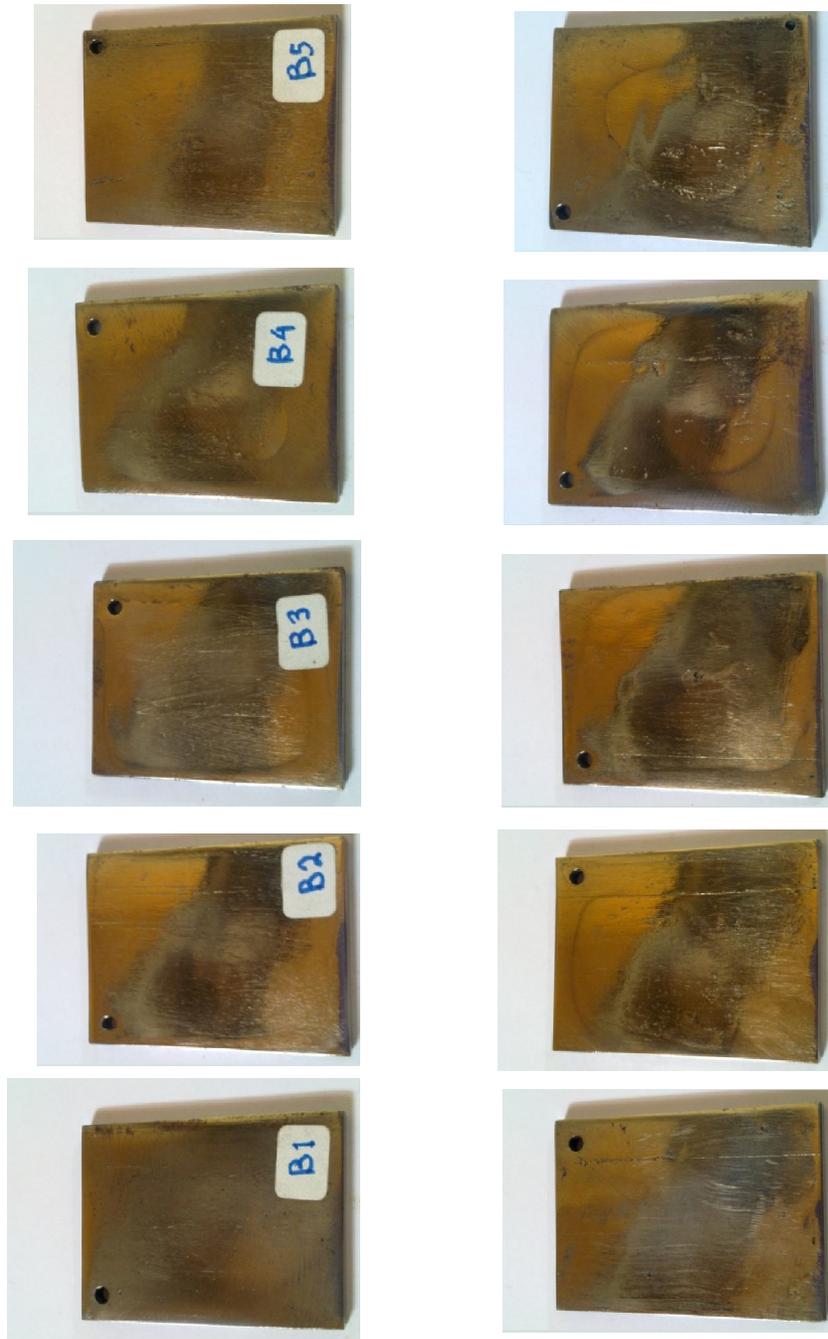


grafik 6: besar perubahan selisih berat specimen dengan variasi tegangan yang berbeda dengan lama waktu proses *electroplating* 12 menit.

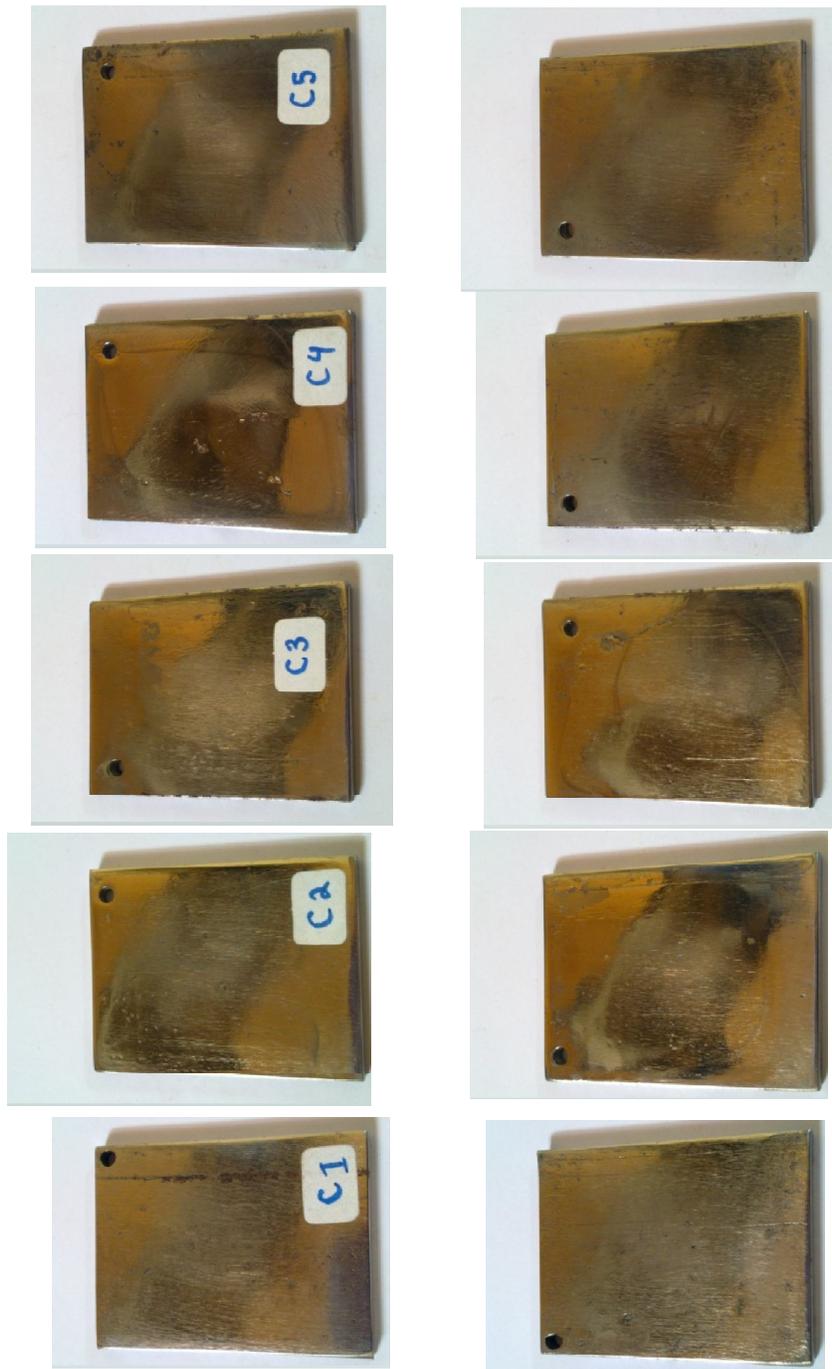
Keseluruhan grafik diperoleh kecendrungan pelapisan terbaik pada tegangan 4 volt, Pelapisan terbaik adalah specimen dengan tegangan yang diberikan 4 volt dengan lama waktu 4 menit (A2), yang mana menunjukkan selisih ketebalan dan berat yang signifikan, pengaruh besar tegangan berbanding lurus dengan rapat arus yang ditimbulkan, juga hal mendasar yang harus kita ketahui adalah besarnya dimensi specimen sangat mempengaruhi proses pelapisan dikarenakan besar atau kecilnya dimensi specimen mempengaruhi besarnya tegangan yang tepat untuk diberikan, dengan kata lain semakin besar dimensi specimen yang ingin dilapis maka tegangan yang diberikan juga akan semakin besar, hal ini untuk mengimbangi kecepatan pelapisan yang dipicu oleh rapat arus yang harus sesuai dengan besarnya dimensi specimen. Dari hasil penelitian juga dapat disimpulkan bahwa untuk specimen dengan dimensi 50 mm x 40 mm x 4 mm tepat untuk diberikan tegangan sebesar 4 volt.



Gambar 15 : Specimen kode A  
Sumber : Photo Scan (2011)



Gambar 16 : Specimen Kode B  
Sumber : Photo Scan (2011)



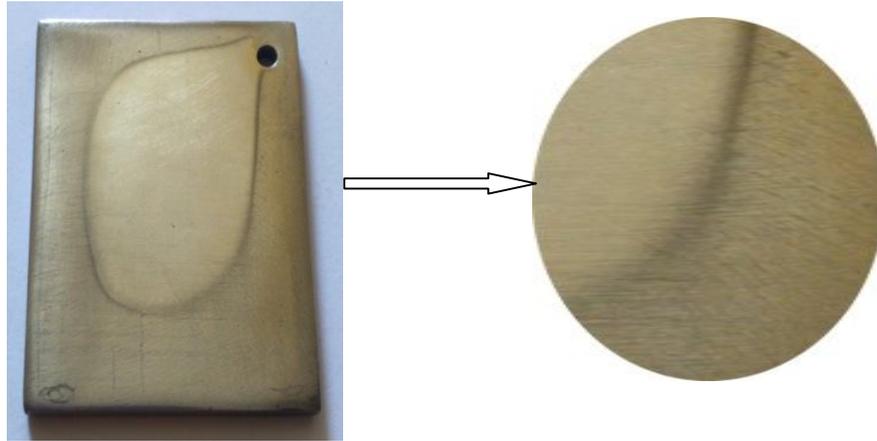
Gambar 17 : Specimen Kode C  
Sumber : Photo Scan (2011)

### C. Analisa Cacat-Cacat Pelapisan

Cacat dalam proses *electroplating* sangat dihindari, oleh karena cacat mampu mengurangi keindahan dari segi dekoratifnya juga bisa membuka peluang material untuk terkorosi. Banyak faktor yang menyebabkan cacat dalam proses pelapisan baik itu cacat yang timbul akibat proses sebelum pelapisan yang kurang baik, ataupun pada saat proses *electroplating* itu sendiri. Pada penelitian ini terdapat beberapa cacat pada material, yang membuktikan bahwa hasil dari pelapisan tidak selalu sempurna terlebih pada penelitian ini variabel-variabel yang di ubah adalah variabel yang sangat mempengaruhi hasil pelapisan baik itu dari segi ketebalan ataupun dari lapisan yang merata, setelah dianalisa lebih dalam, dapat disimpulkan bahwa cacat-cacat dalam proses *electroplating* pada penelitian ini adalah :

#### 1. bayang-bayang hitam pada material

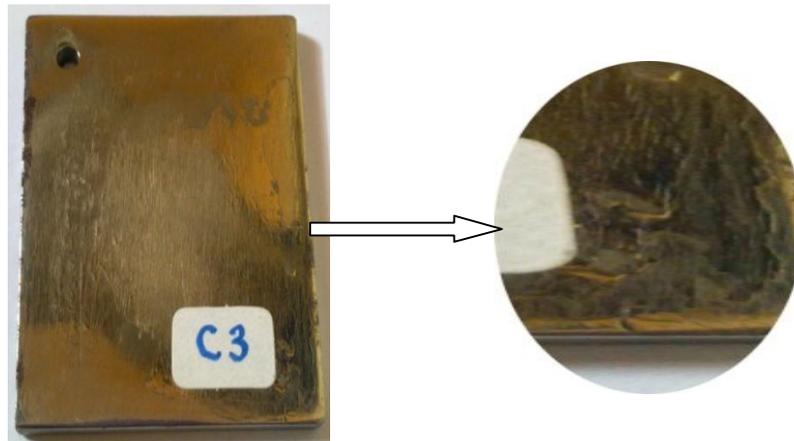
Bayang-bayang hitam atau biasa disebut *staining*, hal ini dapat dilihat dari data maupun mata telanjang bahwa bayang-bayang hitam ini menjadi pembatas antara daerah yang mendapatkan pelapisan yang lebih tebal dibanding daerah yang lainnya, jika diamati lebih cermat, daerah pinggiran dari material adalah daerah yang kurang terlapisi dengan baik. Hal ini dikarenakan reduksi oksidasi paling memungkinkan terjadi lebih cepat di daerah yang luasannya besar. Dari data pengujian ketebalan dapat kita lihat bahwa pada data pengukuran ke5 atau daerah tengah material lebih besar dibandingkan dengan daerah pinggiran dari material. Cacat ini dapat dilihat pada material dengan kode A4.



Gambar 18 : Cacat Material Bayang-bayang Hitam  
Sumber : Photo Scan (2011)

## 2. pelapisan tidak merata

Hal inilah yang membuktikan bahwa variasi tegangan sangat menentukan hasil pelapisan. Tegangan tinggi maka akan meningkatkan kerapatan arus, jika rapat arus terlalu tinggi maka akan mengakibatkan lapisan kasar dan bersisik dan akan terbakar (hadromi , 2002). Bayang-bayang hitam inilah yang merupakan daerah material yang terbakar sekaligus sebagai pembatas dari konsentrasi penebalan pelapisan. Cacat ini dapat dilihat pada material dengan kode C3.



Gambar 19 : Cacat Material yang Terbakar  
Sumber : Photo Scan (2011)

### 3. lapisan terkelupas.

Lapisan terkelupas adalah cacat yang diakibatkan oleh proses sebelum pelapisan yang kurang sempurna seperti contohnya pada proses polishing yang kurang baik sehingga menyisakan permukaan yang kurang baik untuk terlapisi dan boleh jadi juga bisa diakibatkan faktor kebersihan, dimana material sebelum dilapis tidak bersih atau menyisakan kotoran pada permukaan yang nantinya mampu mengurangi daya rekat pada pelapisan. Cacat ini dapat dilihat pada material dengan kode C2.



Gambar 20 : Cacat Material Lapisan Terkelupas  
Sumber : Photo Scan (2011)

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

1. Pelapisan terbaik adalah pelapisan dengan tegangan 4 volt dengan lama waktu 4 menit (A2), dikarenakan besar dimensi spesimen dan rapat arus yang tersedia sangat tepat. Dari hasil penelitian juga dapat disimpulkan bahwa untuk specimen dengan dimensi 50 mm x 40 mm x 4 mm tepat untuk diberikan tegangan sebesar 4 volt. Lama waktu proses electroplating juga berpengaruh terhadap ketebalan hasil pelapisan, dari data diperoleh bahwa semakin lama waktu proses elektroplating maka semakin tebal lapisan yang terjadi. Oleh karena semakin lama waktu yang di berikan maka akan memberi kesempatan kepada material pelapis mengendap pada katoda.
2. Perubahan berat minimum dan maksimum yang di dapatkan dari hasil penelitian adalah 1 (mg) pada material A4 dan 19 (mg) pada material C3 dan ketebalan minimum dan maksimum dari hasil pelapisan adalah 9 mikrometer pada material A4 dan 171 micrometer pada material C3.
3. Cacat yang terjadi pada hasil pelapisan pada penelitian ini adalah cacat bayang-bayang hitam, cacat pelapisan tidak merata dan cacat lapisan terkelupas, dimana dari hasil analisa disimpulkan bahwa cacat terjadi lebih disebabkan oleh besar tegangan yang diberikan tidak sesuai dengan besarnya dimensi spesimen, juga diakibatkan proses pengerjaan awal yang kurang baik.

## **B. Saran**

Berdasarkan penelitian yang penulis lakukan maka penulis mengajukan beberapa saran.

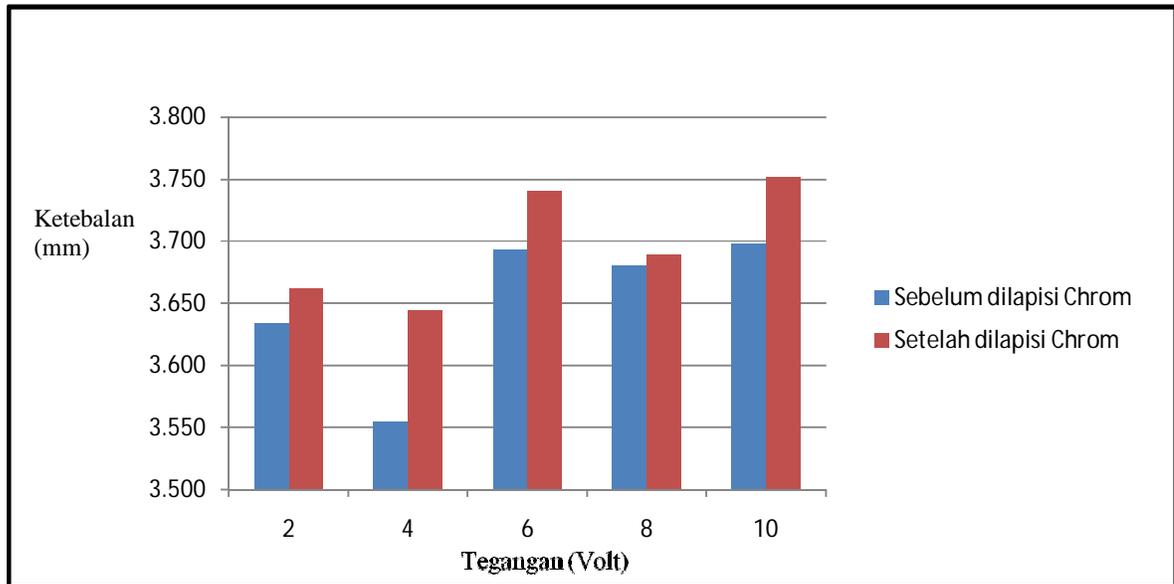
1. Sebaiknya peneliti selanjutnya mengembangkan eksperimen ini dengan memilih variabel penting lainnya sebagai penelitian lanjutan serta memiliki alat-alat sendiri agar tidak bergantung pada bengkel-bengkel krom.
2. Sebaiknya materi electroplating dimasukkan ke dalam materi perkuliahan dengan porsi yang memadai.

## DAFTAR PUSTAKA

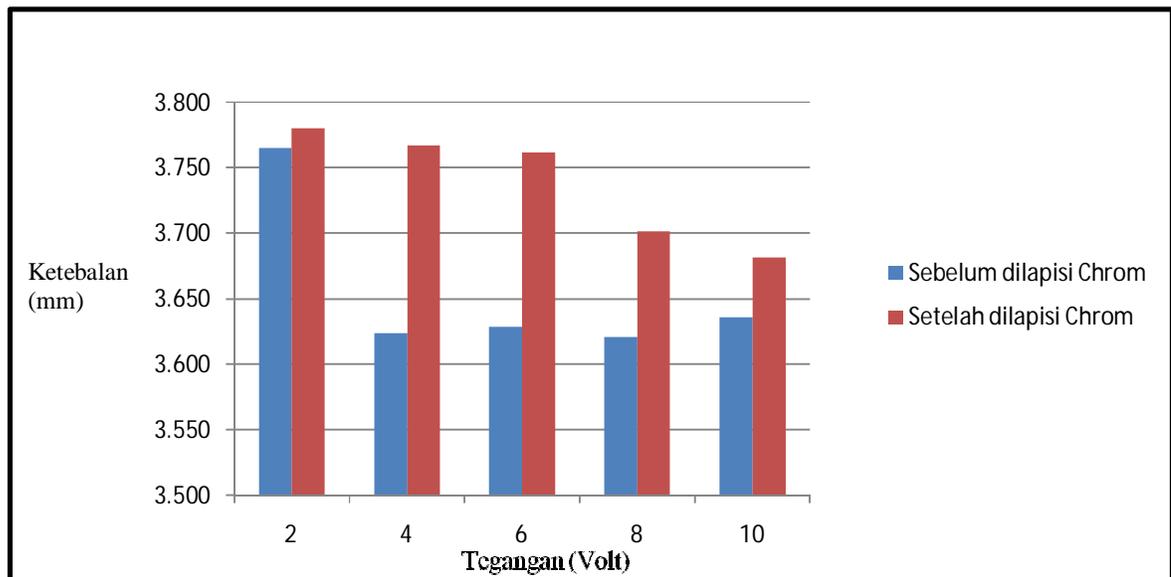
1. Anton J hartono, Tomijiro kaneko, 1992. Mengenal pelapisan logam electroplating. Andi offset, Yogyakarta.
2. Hadromi, 2002. Industri elektroplating kecil dan menengah, Yogyakarta.
3. Nasser kanani, 2006. *Electroplating basic principles, procces and practice*, publisher Elsevier Ltd.
4. Purwanto, syamsul huda, 2005. Teknologi industri elektroplating. universitas diponegoro, Semarang.
5. Raharjo samsudi, 2008. Pemilihan jenis larutan elektrolit sebagai media pelapis krom keras pada baja karbon rendah. *Traksi* Vol.8.
6. Valdsas Kvedaras, Jonas Vilys and Vytantas ciuplys, 2006. Fatigue strength of chromium-plated steel. Vol 12 No. 1 h 1320-1329.
7. Warak, 2002. Pengaruh lama waktu pengekruman terhadap ketebalan dan kekerasan permukaan logam yang dilapis krom. Master thesis ITB, Bandung.

# LAMPIRAN

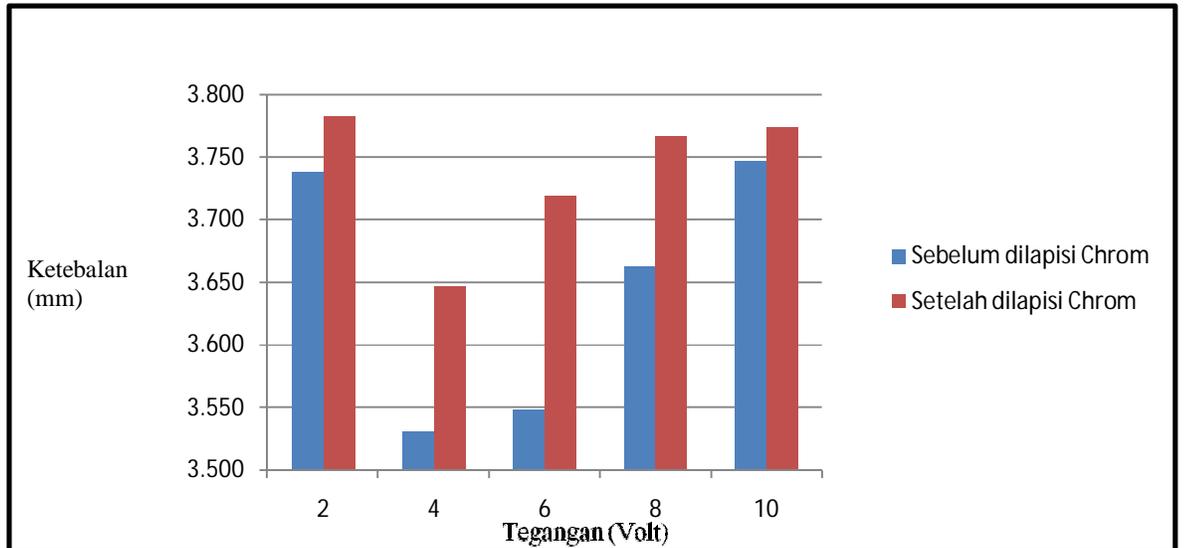
Grafik 4 : Ketebalan Spesimen Sebelum dan sesudah pelapisan ( 4 Menit )



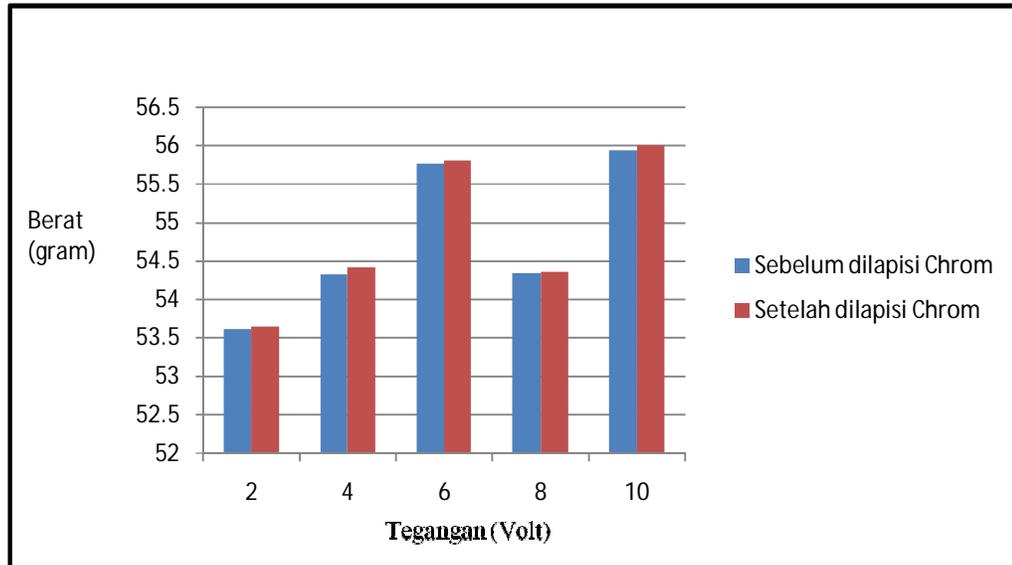
Grafik 5 : Ketebalan Spesimen Sebelum dan Sesudah pelapisan ( 8 Menit )



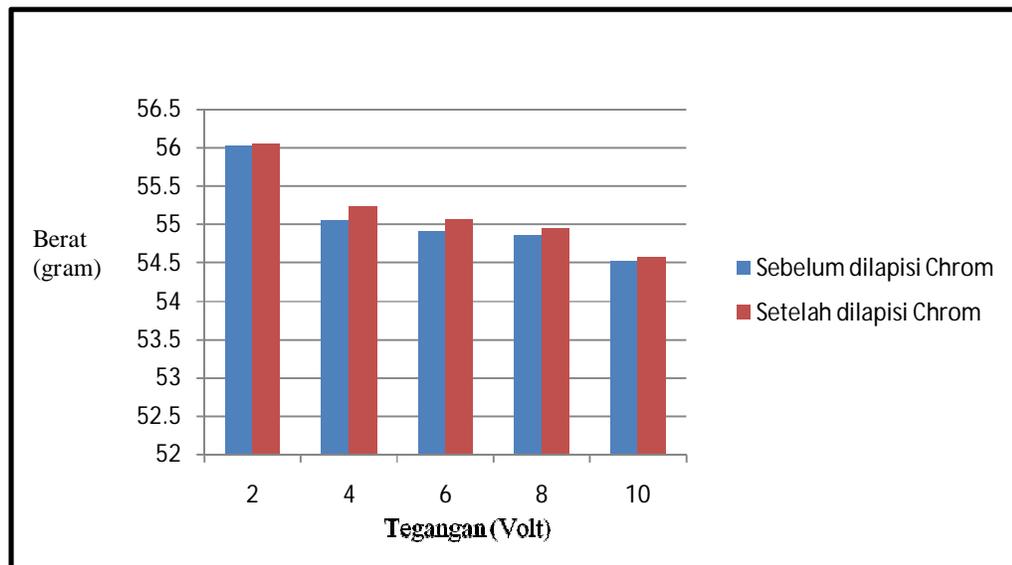
Grafik 6 : Ketebalan Spesimen Sebelum dan Sesudah pelapisan ( 12 Menit )



Grafik 7 : Berat Spesimen Sebelum dan Sesudah Pelapisan ( 4 Menit )



grafik 8 : Berat Spesimen Sebelum dan Sesudah Pelapisan ( 8 Menit )



Grafik 9 : Berat Spesimen Sebelum dan Sesudah Pelapisan ( 12 Menit )

