

**PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN JARAK  
ELEKTRODA TERHADAP KEKERASAN PADA PROSES  
PELAPISAN *HARD CHROME***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



Disusun oleh :

**NATALIA ERLIKA DWI.K.**

**NIM : 0610620083-62**

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

**PENGARUH TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN JARAK  
ELEKTRODA TERHADAP KEKERASAN PADA PROSES  
PELAPISAN *HARD CHROME***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**NATALIA ERLIKA DWI K.  
NIM : 0610620083-62**

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 TEMPERATUR ELEKTROLIT DAN JARAK  
ELEKTRODA TERHADAP KEKERASAN PADA PROSES  
PELAPISAN *HARD CHROME***

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**NATALIA ERLIKA DWI K.  
NIM. 0610620083-62**

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

Skripsi 1

Skripsi 2

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng  
NIP. 19541009 198303 1 002

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.  
NIP. 19720903 199702 1 001

Komprehensif

Ir. Saifuddin Baedowie  
NIP. 19460703 197009 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.  
NIP. 19720903 199702 1 001



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan segala rahmat dan kurnia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Temperatur Elektrolit dan Jarak Elektroda Terhadap Kekerasan Pada Proses Pelapisan *Hard Chrome*”. Skripsi disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Atas terselesaikannya penulisan skripsi ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang Tua, atas kasih sayang dan dukungan yang tidak ada habisnya.
2. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng., Dr.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Material dan dosen pembimbing skripsi.
5. Bapak Sugiarto, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi.
6. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, juga pembaca pada umumnya. Tidak ada hasil karya manusia yang sempurna, kritik dan saran kami harapkan demi menghasilkan karya yang lebih baik.

Malang, Juli 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Pelapisan degan Logam .....	4
2.3 Elektroplating .....	5
2.3.1 Sumber Arus .....	6
2.3.2 Elektrolisis dan Ionisasi .....	6
2.3.3 Elektroda .....	9
2.3.4 Potensial Elektroda .....	10
2.4 Hubungan Hukum Faraday dengan Elektroplating .....	12
2.5 <i>Throwing Power</i> .....	13
2.6 Pelapisan Krom Keras ( <i>Hard Chrome</i> ) .....	14
2.6.1 Penggunaan dari Pelapisan <i>Hard Chrome</i> .....	15
2.7 Larutan <i>Plating</i> .....	16
2.8 Mekanisme Reaksi .....	17
2.9 Pengaruh Temperatur dalam Proses <i>Hard Chrome</i> .....	18
2.9.1 Energi Aktivasi .....	19

2.10	Pengaruh Jarak Elektroda dalam Proses <i>Hard Chrome</i> .....	20
2.10.1	Konduktansi Elektrolit .....	20
2.11	Kekerasan.....	22
2.11.1	Pengujian Kekerasan.....	22
2.12	Hipotesa .....	23

**BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Metodologi Penelitian.....	24
3.2	Variabel Penelitian.....	24
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.3.1	Waktu Penelitian.....	25
3.3.2	Tempat Penelitian.....	25
3.4	Peralatan dan Spesimen Uji yang Digunakan .....	25
3.4.1	Peralatan yang Digunakan .....	25
3.5	Prosedur Penelitian .....	29
3.6	Prosedur Pelapisan.....	30
3.6.1	Proses Perlakuan Awal ( <i>Pre-treatment</i> ).....	31
3.6.2	Proses Pelapisan ( <i>Electroplating</i> ).....	32
3.6.3	Proses Perlakuan Akhir ( <i>Last treatment</i> ).....	33
3.7	Metode Pengukuran Data.....	33
3.7.1	Pengukuran Data Kekerasan .....	34
3.8	Rencana Pengolahan dan Analisis Data .....	34
3.8.1	Rancangan Penelitian.....	34
3.9	Analisis Statistik.....	35
3.9.1	Analisa Varian Dua Arah.....	35
3.10	Diagram Alir Penelitian .....	39

**BAB IV. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Data Hasil Penelitian .....	40
4.1.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan .....	40
4.2	Analisis Statistik.....	41
4.3	Pembahasan.....	45
4.3.1	Pengaruh Variasi Temperatur Elektrolit terhadap Kekerasan Permukaan Hasil Pelapisan <i>Hard Chrome</i> .....	45





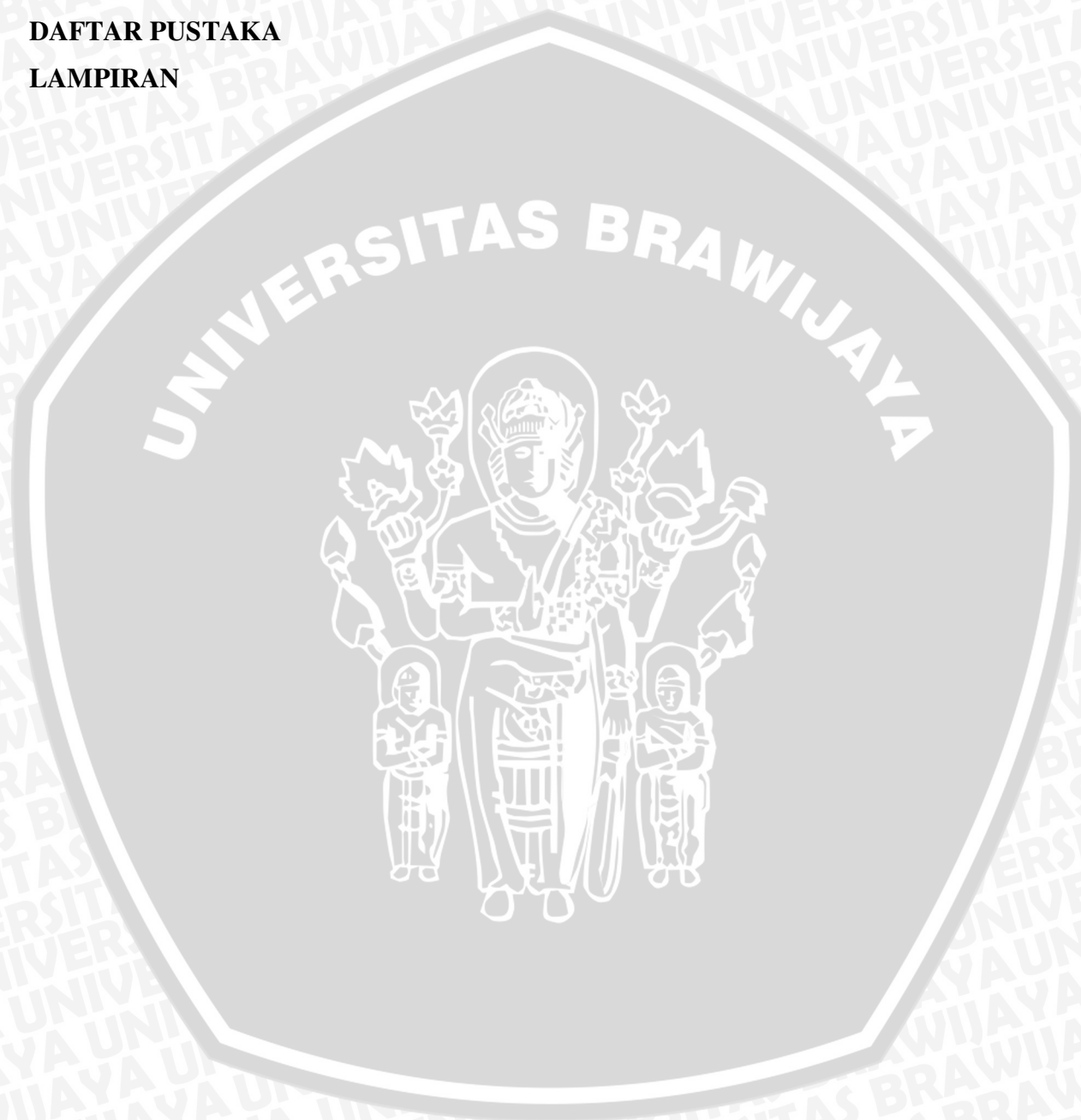
4.3.2 Pengaruh Jarak Elektroda terhadap Kekerasan Permukaan Hasil Pelapisan *Hard Chrome* ..... 47

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan..... 50  
5.2 Saran ..... 50

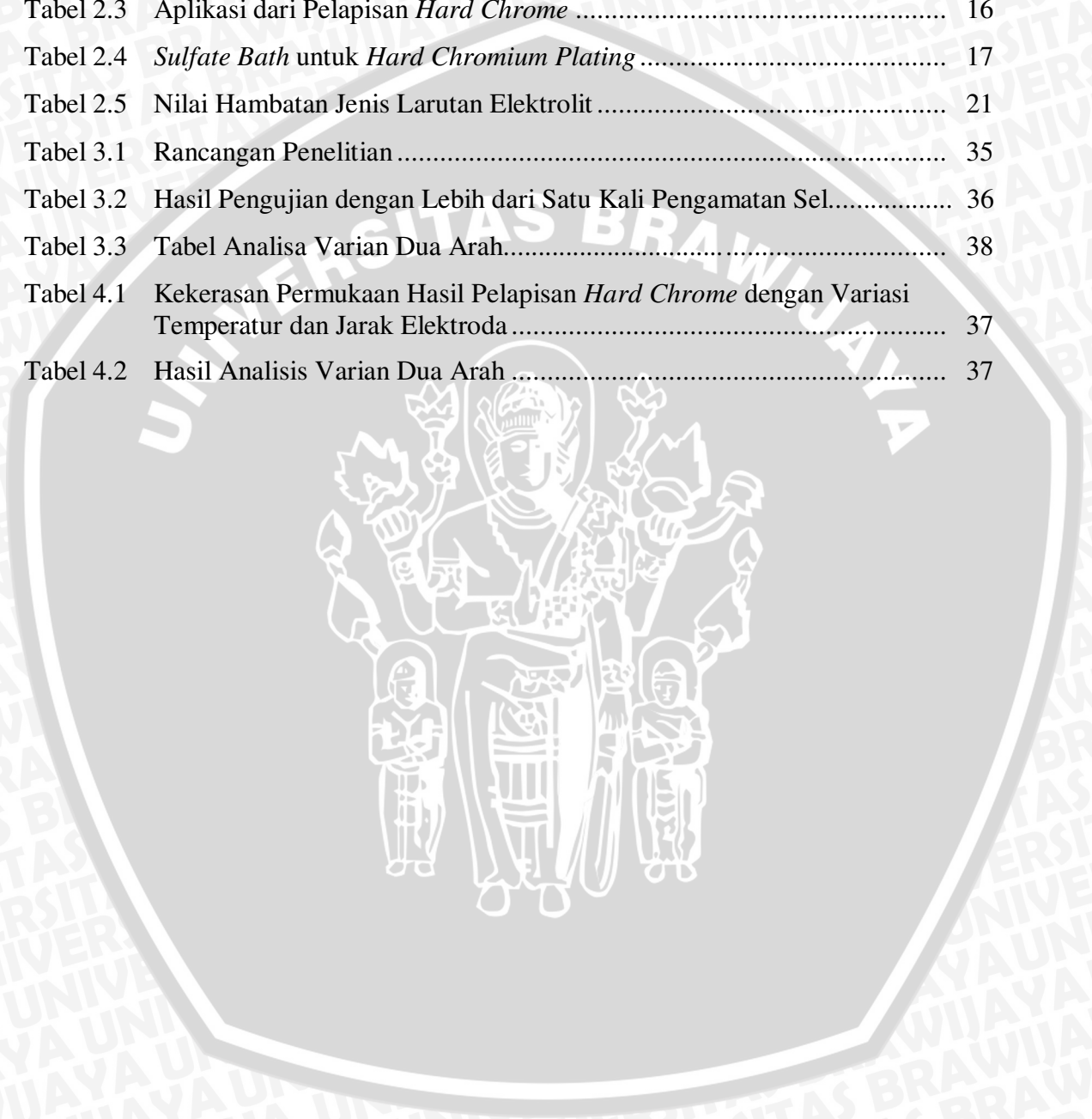
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Daftar Ion.....	9
Tabel 2.2	Potensial Reduksi Standar (Deret Volta).....	11
Tabel 2.3	Aplikasi dari Pelapisan <i>Hard Chrome</i> .....	16
Tabel 2.4	<i>Sulfate Bath</i> untuk <i>Hard Chromium Plating</i> .....	17
Tabel 2.5	Nilai Hambatan Jenis Larutan Elektrolit .....	21
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian .....	35
Tabel 3.2	Hasil Pengujian dengan Lebih dari Satu Kali Pengamatan Sel.....	36
Tabel 3.3	Tabel Analisa Varian Dua Arah.....	38
Tabel 4.1	Kekerasan Permukaan Hasil Pelapisan <i>Hard Chrome</i> dengan Variasi Temperatur dan Jarak Elektroda .....	37
Tabel 4.2	Hasil Analisis Varian Dua Arah .....	37





## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Proses <i>electroplating</i> .....	6
Gambar 2.2	Proses Elektrolisis .....	7
Gambar 2.3	Skema <i>Haring Blum Cell</i> .....	14
Gambar 2.4	<i>Immersion Heater</i> .....	19
Gambar 2.5	Alat Uji Kekerasan <i>Micro Vickers Hardness</i> .....	23
Gambar 3.1	<i>Power Hack Saw</i> .....	25
Gambar 3.2	Timbangan Digital .....	26
Gambar 3.3	Skema Instalasi Elektroplating .....	26
Gambar 3.4	Instalasi Elektroplating.....	27
Gambar 3.5	<i>Thermo Control</i> .....	27
Gambar 3.6	<i>Centrifugal Sand Paper Machine</i> .....	28
Gambar 3.7	Alat Uji Kekerasan <i>Micro Vickers Hardness</i> .....	28
Gambar 3.8	Bentuk dan Dimensi Benda Uji .....	29
Gambar 3.9	Diagram Proses Pelapisan .....	31
Gambar 3.10	Spesimen Uji Kekerasan.....	34
Gambar 3.11	Titik Pengukuran Kekerasan.....	34
Gambar 3.12	Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 4.1	Grafik Hubungan antara Kekerasan dengan Temperatur.....	45
Gambar 4.2	Grafik Hubungan antara Kekerasan dengan Jarak Elektroda .....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

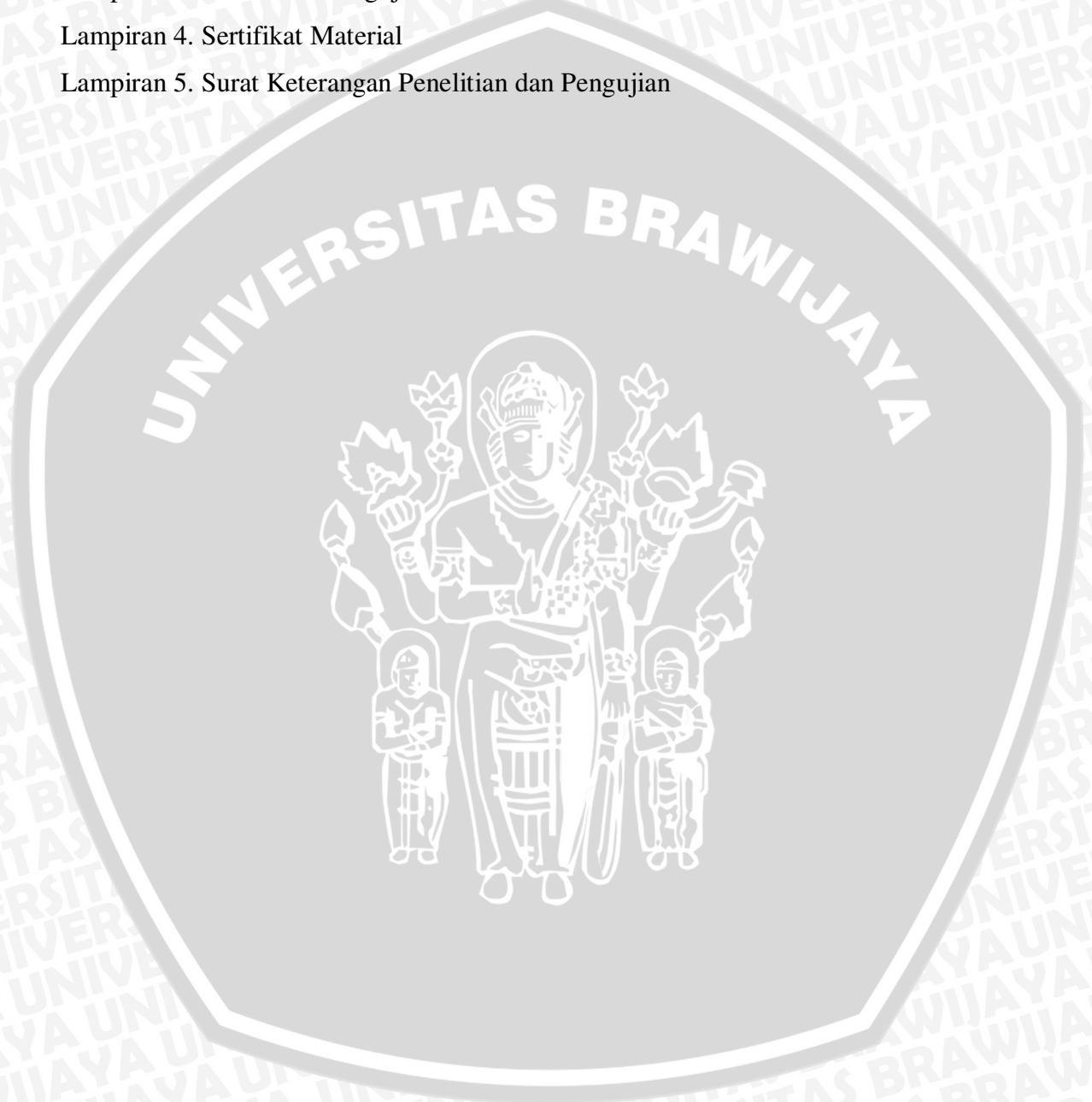
Lampiran 1. Foto Mikro Spesimen Hasil Pelapisan *Hard Chrome*

Lampiran 2. Proses Pelapisan *Hard Chrome*

Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Kekerasan

Lampiran 4. Sertifikat Material

Lampiran 5. Surat Keterangan Penelitian dan Pengujian



## RINGKASAN

**Natalia Erlika Dwi K**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2010, *Pengaruh Temperatur Elektrolit dan Jarak Elektroda terhadap Kekerasan Hasil Pelapisan Hard Chrome*, Dosen Pembimbing: Winarno Yahdi Atmodjo dan Sugiarto.

Proses pelapisan krom keras (*Hard Chrome*) adalah salah satu proses akhir (*finishing*) dari pengerjaan logam yang banyak diterapkan dalam industri logam maupun industri permesinan. Pelapisan krom keras banyak digunakan untuk benda kerja yang pada penggunaannya memerlukan sifat-sifat tertentu, karena pelapisan krom keras mempunyai sifat-sifat unik yang jarang dimiliki oleh bahan lain. Dalam proses pelapisan logam, kekerasan permukaan adalah salah satu sifat yang paling banyak diinginkan dari hasil pelapisan krom keras. Karena sifat kekerasan dapat menyatakan kekuatan suatu bahan. Dalam proses *electroplating* hal-hal yang mempengaruhi hasil pelapisan di antara lain adalah rapat arus (*current density*), konsentrasi larutan elektrolit, temperatur larutan elektrolit dan waktu yang digunakan selama proses berlangsung. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekerasan dari hasil proses pelapisan *hard chrome*.

Metode penelitian yang digunakan adalah *true experimental research* dengan variasi temperatur elektrolit yang digunakan adalah 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C dan jarak elektroda yang digunakan adalah 3 dan 9 cm. Nilai kekerasan lapisan didapatkan dengan melakukan pengujian menggunakan metode pengujian *Micro Vickers Hardness*. Lalu dilakukan perbandingan nilai kekerasan terhadap variasi temperatur dan jarak elektroda untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur dan jarak elektroda.

Pada penelitian ini didapatkan pengaruh temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekerasan hasil pelapisan. Yaitu, kekerasan mengalami peningkatan dengan meningkatnya temperatur elektrolit. Sedangkan jarak elektroda yang semakin besar akan menghasilkan nilai kekerasan yang semakin kecil. Nilai kekerasan yang paling tinggi didapatkan pada temperatur elektrolit 60°C dan jarak elektroda 3 cm yaitu 274,33 VHN. Dan nilai kekerasan yang paling rendah didapatkan pada temperatur elektrolit 40°C dan jarak elektroda 9 cm yaitu 181,33 VHN.

**Kata kunci:** jarak elektroda, kekerasan, pelapisan *hard chrome*, temperatur elektrolit



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Proses pelapisan krom keras (*hard chrome*) adalah salah satu proses akhir (*finishing*) dari pengerjaan logam yang banyak diterapkan dalam industri logam maupun industri permesinan. Proses pelapisan ini cukup luas penggunaannya untuk berbagai aplikasi teknik karena selain untuk menghasilkan tampilan yang dekoratif (indah) serta perlindungan bagi logam yang dilapisi dari pengaruh lingkungan, juga menambah sifat-sifat logam sesuai yang dikehendaki.

Pelapisan krom keras banyak digunakan untuk benda kerja yang pada penggunaannya memerlukan sifat-sifat tertentu, karena pelapisan krom keras mempunyai sifat-sifat unik yang jarang dimiliki oleh bahan lain. Sifat yang paling penting dari pelapisan krom keras adalah kekerasan, daya lekat, ketahanan korosi dan memiliki koefisien gesekan yang rendah, dalam industri logam dan permesinan sifat-sifat tersebut diatas sangat penting.

Dalam proses pelapisan logam, kekerasan permukaan adalah salah satu sifat yang paling banyak diinginkan dari hasil pelapisan krom keras. Karena sifat kekerasan dapat menyatakan kekuatan suatu bahan.

Dalam proses *electroplating* hal-hal yang mempengaruhi hasil pelapisan diantara lain adalah rapat arus (*current density*), konsentrasi larutan elektrolit, temperatur larutan elektrolit dan waktu yang digunakan selama proses berlangsung.

Arif Lukmanul Hakim (2005) meneliti pengaruh *current density* dan jarak anoda-katoda terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan pada proses pelapisan krom keras. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa secara statistik menunjukkan bahwa semakin tinggi *current 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.

Yogi Prasetyo (2006) meneliti pengaruh temperatur dan waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan plat baja pada proses pelapisan *hard chrome*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa temperatur larutan elektrolit, waktu pelapisan dan interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap perubahan kekerasan permukaan plat baja hasil pelapisan *hard chrome*.

Temperatur dan jarak elektroda terbukti memiliki peranan penting dalam menentukan hasil pelapisan krom keras, selain itu kekerasan merupakan sifat yang dibutuhkan dalam pelapisan krom keras. Maka dari itu dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap pengaruh temperatur dan jarak elektroda terhadap kekerasan pada pelapisan krom keras.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh temperatur dan jarak elektroda terhadap kekerasan logam pelapis.

### 1.3 Batasan Masalah

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

1. Larutan elektrolit yang digunakan adalah campuran antara asam khromat dengan asam sulfat. Dengan konsentrasi larutan 300g/l *chromium trioksida* ( $\text{CrO}_3$ ), serta 3g/l asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
2. Material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah baja AISI 1045.
3. Jarak Elektroda yang digunakan 3 dan 9 (cm).
4. Rapat arus yang digunakan yaitu  $45\text{A}/\text{dm}^2$ .
5. Proses *pickling* yang digunakan adalah *pickling* asam dengan konsentrasi 120gr/lt ACTANE 345 selama 1 menit.
6. Hanya membahas kekerasan hasil dari proses elektroplating *hard chrome*.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur dan jarak elektroda terhadap kekerasan pada proses pelapisan *hard chrome*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan sumbangan berupa hasil penelitian dalam bidang pelapisan logam yang dapat digunakan sebagai tambahan referensi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.
2. Dapat dijadikan referensi untuk pengembangan teknologi pelapisan logam sehingga dapat diaplikasikan dalam industri permesinan.
3. Hasil penelitian dapat diaplikasikan secara meluas untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan industri.
4. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dan referensi untuk membuat penelitian tentang *electroplating* yang menggunakan bahan sejenisnya atau penelitian yang lebih luas.



## 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/dm<sup>2</sup>) 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 *current 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.

Yogi Prasetyo (2006) meneliti pengaruh temperatur dan waktu pelapisan terhadap kekerasan permukaan plat baja pada proses pelapisan *hard chrome*. Temperatur larutan elektrolit yang diteliti sebesar 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C, dan waktu pelapisan yang diteliti sebesar 45 menit, 50 menit dan 60 menit. Dari pengujian serta analisis data dapat disimpulkan bahwa temperatur larutan elektrolit, waktu pelapisan dan interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap perubahan kekerasan permukaan plat baja hasil pelapisan *hard chrome*. Rata-rata kekerasan tertinggi sebesar 220,333 HV didapatkan pada kondisi temperatur 60°C dan waktu pelapisan 60 menit. Sedangkan rata-rata kekerasan terendah sebesar 178,667 HV didapatkan pada kondisi temperatur 45°C dan waktu pelapisan 45 menit.

#### 2.2 Pelapisan dengan Logam

Banyak benda disekitar kita yang diberi sentuhan akhir berupa lapisan logam baik untuk melindungi maupun untuk memperindah logam dibaliknya yang menyediakan kekuatan, kekakuan dan sifat dapat dibentuk (Chamberlain,1991:269). Sebagai contoh kita melihat tempat sampah yang

digalvanisasi, kaleng kemasan makanan yang dilapisi timah, bagian-bagian kendaraan yang mengkilap karena dilapisi krom.

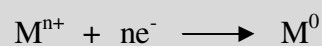
Lapisan metalik merupakan penghalang yang sinambung antara permukaan logam dan lingkungan sekelilingnya. Sifat-sifat ideal bahan pelapis dari logam dan lingkungan sekelilingnya ini dapat diringkas sebagai berikut :

1. Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap serangan lingkungan dibanding logam yang dilindungi.
2. Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau retak di permukaannya.
3. Sifat-sifat mekanik seperti kelenturan dan kekerasannya harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.
4. Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori.

### 2.3 Elektroplating

Elektroplating adalah suatu proses pengendapan logam pelindung atau logam yang dikehendaki diatas logam lain dengan cara elektrolisa (Lowenheim, F.A, 1974:60). Dalam metode ini komponen bersama dengan batangan atau lempengan logam yang akan dilapis, direndam dalam suatu elektrolit yang mengandung garam-garam logam pelapis (Chamberlain,1991:270).

Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda atau elektrolit yang digunakan. Secara elektrokimia prosesnya dapat dilihat sebagai berikut :



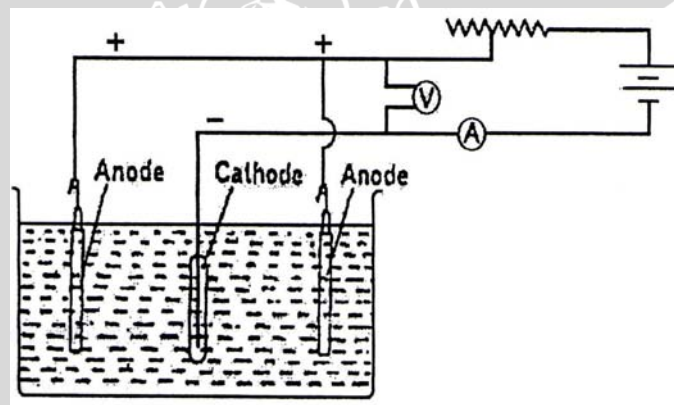
Dengan adanya arus yang mengalir dari sumber listrik maka elektron “dipompa” melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang dilapisi.



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*)

Skema proses *electroplating* dapat dilihat pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Proses *Electroplating*

Sumber: *The Canning Handbook on Electroplating* (1978:273)

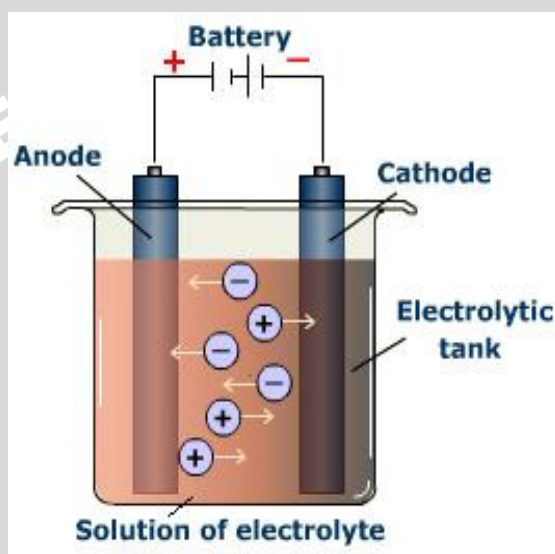
### 2.3.1 Sumber arus

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*. Ditinjau dari kestabilan arus yang dibutuhkan maka sumber arus yang paling baik adalah *DC power supply* (catu daya arus searah).



### 2.3.2 Elektrolisis dan Ionisasi

Jika arus listrik dihubungkan pada larutan *sodium chloride* maka larutan tersebut akan dapat menghantarkan arus listrik dan kemudian larutan akan terurai menghasilkan endapan pada katoda. Larutan yang dapat menghantarkan listrik disebut larutan elektrolit sedang proses penguraian ion-ion dari larutan tersebut disebut ionisasi. Proses ionisasi yang diakibatkan oleh adanya arus listrik tersebut dinamakan proses elektrolisis. Proses elektrolisis dapat dilihat pada gambar 2.2:



Gambar 2.2 Proses Elektrolisis  
Sumber : [www.tutorvista.com](http://www.tutorvista.com)

Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Berdasarkan daya hantar listriknya larutan elektrolit dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang mempunyai daya hantar arus listrik yang besar, yang tergolong elektrolit kuat adalah :

- Asam kuat, antara lain:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  dan lain-lain.
- Basa kuat, yaitu basa-basa golongan alkali dan alkali tanah, antara lain :  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$  dan lain-lain.

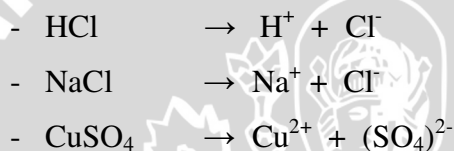
➤ Garam-garam yang mempunyai kelarutan tinggi, antara lain : NaCl, KCl, KI,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan lain-lain.

- Larutan elektrolit lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang memiliki daya hantar arus listrik yang kecil, yang tergolong elektrolit lemah adalah:

- Asam lemah, antara lain:  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan lain-lain.
- Basa lemah, antara lain:  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  dan lain-lain.
- Garam-garam yang sukar larut, antara lain:  $\text{AgCl}$ ,  $\text{CaCrO}_4$ ,  $\text{PbI}_2$  dan lain-lain.

Contoh ionisasi dari larutan elektrolit adalah sebagai berikut :



Dimana ion-ion  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  merupakan ion positif atau disebut kation, sedangkan  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{SO}_4)^{2-}$ , merupakan ion negatif atau disebut anion. Daftar nama ion dapat dilihat pada tabel 2.1 :



Tabel 2.1 Daftar ion

Cation	Anion
Alumunim ( $Al^{3+}$ )	Bromide (Br)
Ammonium ( $NH_4^+$ )	Carbonate ( $CO_3^{2-}$ )
Barium ( $Ba^{2+}$ )	Chlorate ( $ClO_3^-$ )
Cadmium ( $Cd^{2+}$ )	Chloride (Cl)
Calcium ( $Ca^{2+}$ )	Chromate ( $CrO_4^{2-}$ )
Cesium ( $Cs^+$ )	Cyanide (CN)
Chromium(III) or chromic ( $Cr^{3+}$ )	Dichromate ( $Cr_2O_7^{2-}$ )
Cobalt(II) or cobaltous ( $Co^{2+}$ )	Dihydrogen phosphate ( $H_2PO_4^-$ )
Copper(I) or cuprous ( $Cu^+$ )	Fluoride (F)
Copper(II) or cupric ( $Cu^{2+}$ )	Hydride (H)
Hydrogen ( $H^+$ )	Hydrogen carbonate or bicarbonate ( $HCO_3^-$ )
Iron(II) or ferrous ( $Fe^{2+}$ )	Hydrogen phosphate ( $HPO_4^{2-}$ )
Iron(III) or ferric ( $Fe^{3+}$ )	Hydrogen sulfate or bisulfate ( $HSO_4^-$ )
Lead(II) or plumbous ( $Pb^{2+}$ )	Hydroxide (OH)
Lithium ( $Li^+$ )	Iodide (I)
Magnesium ( $Mg^{2+}$ )	Nitrate ( $NO_3^-$ )
Manganese(II) or manganous ( $Mn^{2+}$ )	Nitride ( $N^{3-}$ )
Mercury(I) or mercurous ( $Hg_2^{2+}$ )*	Oxide ( $O^{2-}$ )
Mercury(II) or mercuric ( $Hg^{2+}$ )	Permanganate ( $MnO_4^-$ )
Potassium ( $K^+$ )	Peroxide ( $O_2^{2-}$ )
Silver ( $Ag^+$ )	Phosphate ( $PO_4^{3-}$ )
Sodium ( $Na^+$ )	Sulfate ( $SO_4^{2-}$ )
Strontium ( $Sr^{2+}$ )	Sulfide ( $S^{2-}$ )
Tin(II) or stannous ( $Sn^{2+}$ )	Sulfite ( $SO_3^{2-}$ )
Zinc ( $Zn^{2+}$ )	Thiocyanate (SCN)

Sumber : ASM Metals Handbook Vol 5 (1994:68)

### 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.

Ciri-ciri dari elektroda tersebut sebagai berikut:

#### a. Anoda

1. Kutub positif
2. Terjadi reaksi oksidasi
3. Terjadi pelepasan elektron keluar sirkuit.



b. Katoda

1. Kutub negatif
2. Terjadi reaksi reduksi
3. Menerima elektron dari sirkuit luar.

### 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 atau deret volta dapat dilihat pada tabel 2.2:

Tabel 2.2 Potensial Reduksi Standar (Deret Volta)

Reaksi Elektroda	$E^\circ$ (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 sebelah kanan H memiliki harga  $E_0$  positif sedangkan di sebelah kiri H mempunyai harga  $E_0$  negatif.
2. Makin ke kanan letak suatu logam pada deret volta, maka harga  $E_0$  logam makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan H mudah mengalami reduksi atau sulit teroksidasi. Logam ini disebut logam yang pasif atau logam mulia.
3. Makin ke kiri, harga  $E_0$  dari logam semakin kecil yang berarti logam tersebut sulit tereduksi dan mudah teroksidasi. Logam ini disebut logam yang aktif.

## 2.4 Hubungan Hukum Faraday dengan Elektroplating

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

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

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

$$w = \frac{i.t.A}{z.F} \quad (2-1)$$

dengan:

$w$  = berat total yang diendapkan (gr)

$i$  = arus yang dialirkan ( Ampere)

$t$  = waktu (detik)

$A$  = berat atom

$z$  = valensi

$F$  = bilangan Faraday (= 96.500)

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

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

atau:

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

Dengan mengukur langsung luas permukaan benda kerja (katoda) dengan asumsi bahwa serba merata di seluruh permukaan, ketebalan endapan dapat dihitung menggunakan rumus 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 yang di endapkan 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:

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

dimana:

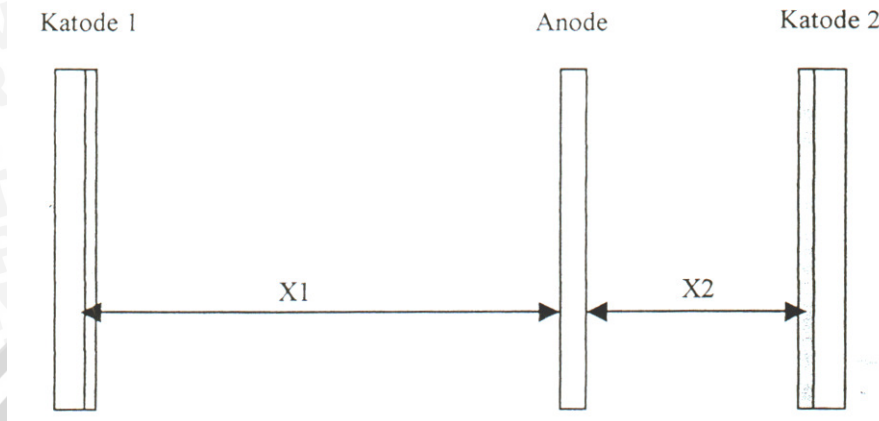
$$K : \frac{x_1}{x_2}$$

$x_1$  : 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*)

Proses pelapisan krom keras pada dasarnya sama dengan proses lapis listrik yang lain, yaitu dilakukan dalam suatu rangkaian yang sekurang-kurangnya memiliki satu anoda, katoda dan elektrolit.

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/cm<sup>3</sup>
- 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* dari *decorative chromium* 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. Deposit yang dihasilkan dari proses *hard chromium plating* ditujukan untuk meningkatkan umur pakai (*life time*) dari suatu komponen dengan memperbaiki sifat permukaan, seperti ketahanan aus, kekerasan, abrasi, ketahanan panas, dan korosi. Selain itu dapat juga digunakan untuk memperbaiki dimensi dari suatu komponen yang mengalami *undersize part*.
2. Hasil pelapisan dari *hard chromium plating* biasanya memiliki ketebalan antara 2,5 sampai 500  $\mu\text{m}$  dan untuk aplikasi tertentu ketebalannya dapat disesuaikan, sedangkan pada *decorative chromium plating*, ketebalan lapisan biasanya berada pada rentang tidak lebih dari 1,3  $\mu\text{m}$ .
3. *Hard chromium plating* dilakukan langsung pada permukaan spesimen, dengan beberapa pengecualian, sedangkan pada *decorative chromium plating* diberikan terlebih dahulu lapisan *undercoats* yang menggunakan nikel dan tembaga, atau nikel saja.

### 2.6.1 Penggunaan dari Pelapisan *Hard Chrome*

Berbagai macam alat-alat perkakas dilapisi dengan *chrome* untuk meminimalkan terjadinya aus, mengurangi gesekan, dan untuk meminimalisir proses terjadinya korosi. Aplikasi dari proses pelapisan *hard chrome* dapat dilihat pada tabel 2.3.



Tabel 2.3 Aplikasi dari Pelapisan *Hard Chrome*

Komponen	Material	Ketebalan ( $\mu\text{m}$ )	Waktu Pelapisan
<i>Plastic molds</i>	<i>Tool steel</i>	5-13	30 min
<i>Piston rings</i>	Baja atau besi tuang	150-255	8 jam
<i>Aircraft engine parts</i>	<i>Nickel-based alloys, high strength steel</i>	75-180	10 jam
<i>Micrometers</i>	Baja	7.5-13	20 min
<i>Crankshafts</i>	Baja	255-3800	...
<i>Cutting tools</i>	<i>Tool steel</i>	1.3	5 min
<i>Hydraulic cylinder</i>	Baja 1045	13	40min

Sumber : ASM Handbook Vol 5 (1994:685)

Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam penggunaan pelapisan *hard chrome*, yaitu sebagai berikut (ASM Handbook Vol 5, 1994:687) :

- Kekerasan dan ketahanan aus dari lapisan *chrome* yang dihasilkan.
- Ketebalan lapisan yang diperlukan.
- Bentuk, ukuran, dan struktur dari spesimen atau komponen yang akan dilapisi.
- Jenis bahan dari spesimen atau komponen yang akan dilapisi.
- *Masking requirement*, jika bagian-bagian tertentu yang akan dilapisi.
- *Dimensional requirement*, apakah akan dilakukan *mechanical finishing* atau tidak.

## 2.7 Larutan *Plating*

Krom tidak dapat diendapkan langsung dari larutan yang hanya mengandung  $\text{CrO}_3$  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. Di kenal dua jenis katalis :

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

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

Komposisi dan kondisi operasi untuk dua larutan *chromic acid*/ sulfat (larutan konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi) untuk *hard chromium plating* diberikan pada tabel 2.4:

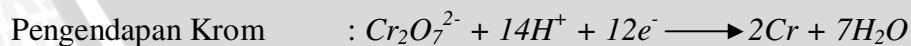
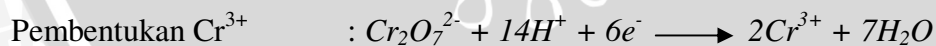
Tabel 2.4 *Sulfate bath* untuk *hard chromium plating*

	Larutan konsentrasi rendah	Larutan konsentrasi tinggi
<i>Chromic acid</i> (g/l)	250	400
Sulfat (g/l)	2,5	4
Rapat arus (A/dm <sup>2</sup> )	31-62	16-54
Temperatur (°C)	52-63	43-63

Sumber: ASM *Handbook* Vol 05 (1994:689)

## 2.8 Mekanisme Reaksi

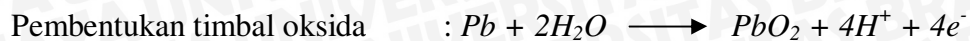
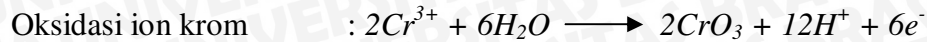
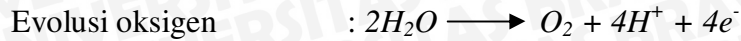
Dalam bak *plating* ketika proses berlangsung terjadi berbagai reaksi yang akan mempengaruhi kualitas hasil pelapisan. Asam kromat dalam larutan asam bak *plating* berada, kebanyakan sebagai ion dikromat. Pada katoda terjadi tiga reaksi yang berlangsung serentak (Hartomo, 1992:56) yaitu: deposisi krom, pengeluaran hidrogen dan pembentukan Cr(III), reaksinya sebagai berikut:



Pengeluaran hidrogen menyedot 80% sampai 90% daya yang diberikan pada sistem. Hanya 10% saja dipergunakan untuk deposisi krom sesungguhnya.

Anoda krom terlarut tidak efisien pada kondisi elektrolisis, apalagi logam krom jauh lebih mahal daripada bentuk CrO<sub>3</sub>, maka digunakan anoda tidak terlarut yakni timbal (Pb). Pada anoda terjadi tiga reaksi serentak (Hartomo, 1992:57) yaitu: pengeluaran oksigen, oksidasi ion kromat dan produksi timbal oksida pada anoda, reaksinya sebagai berikut :





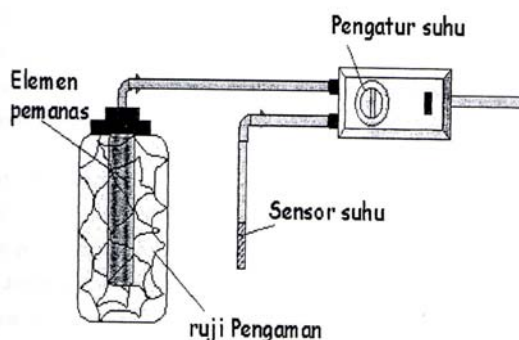
Kebanyakan daya diserap untuk pengeluaran oksigen. Akan tetapi, dua reaksi lain amat penting, oksidasi ulang Cr (III) pada anoda membantu menyeimbangkan produksinya pada katoda dan menjaga tingkat  $\text{Cr}^{3+}$ . Anoda timbal harus tertutup lapisan timbal dioksida, apabila lapisan tersebut hilang atau tidak terbentuk, akan tetapi timbal kromat dan anodanya tidak menjalankan fungsi pengaturan konsentrasi  $\text{Cr}^{3+}$  di baknya. Semua reaksi di atas berlangsung secara serentak dan kondisi temperatur sangat mempengaruhi proses berjalannya reaksi.

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) akibat adanya reaksi pelepasan hidrogen pada katoda. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan. Hal ini sering disebut "pitting". Pitting yang disebabkan oleh adanya gas hidrogen tersebut selain menjadikan hasil pelapisan tampak buruk, juga menyebabkan kerapuhan hasil pelapisan. Sifat rapuh ini akan nampak bila benda kerja dibengkokkan, maka logam pelapis menjadi patah atau retak. Pitting yang berupa lubang-lubang kecil tersebut menjadi jalan bagi berlangsungnya reaksi korosi secara mikro.

## 2.9 Pengaruh Temperatur dalam Proses *Hard Chrome*

Pelapisan logam pada satu jenis elektrolit mungkin bekerja pada suhu  $50^\circ\text{C}$ , tapi pada jenis lain justru tidak boleh bekerja pada suhu panas, atau dengan kata lain harus bekerja pada suhu yang dingin. Karena keadaan itulah maka dibutuhkan pemanasan atau pendinginan elektrolit. Untuk pemanasan elektrolit biasanya digunakan pemanas celup (*immersion heater*) yang dapat diatur suhunya. Skema dari *immersion heater* dapat dilihat pada gambar 2.4:





Gambar 2.4. *Immersion Heater*  
 Sumber: [www.iptek.net.id/ind/terapan](http://www.iptek.net.id/ind/terapan)

### 2.9.1 Energi Aktivasi

Energi aktivasi merupakan energi yang dibutuhkan dan harus dimiliki oleh zat-zat yang bereaksi untuk membentuk keadaan transisi. Selama perubahan kimia molekul-molekul yang bereaksi akan terus bertumbukan ketika molekul-molekul tersebut bergerak secara acak. Tetapi untuk banyak reaksi eksoterm tidak serta merta, pada temperatur kamar kebanyakan molekul sekedar terpentil setelah bertabrakan tanpa bereaksi. Misalnya, dalam suatu campuran hidrogen dan oksigen pada temperatur kamar, molekul-molekul berulang-ulang bertabrakan satu sama lain dan terpentil tanpa perubahan, tetapi jika panas ditambahkan ke dalam wadah, molekul-molekul akan memperoleh cukup energi untuk bereaksi bila mereka bertabrakan.

Besarnya laju reaksi dapat dicari dengan menggunakan persamaan Arrhenius yang menghubungkan antara temperatur ( $T$ ), dengan energi aktivasi.

$$\text{laju reaksi} = A e^{-\frac{E_a}{R T}} \quad (2-4)$$

dengan :

$A$  : tetapan Arrhenius yang harganya khas untuk setiap reaksi

$e$  : dasar logaritma natural = 2,718

$E_a$  : energi aktivasi

$R$  : tetapan gas universal = 0,0821 atm/mol °K = 8,314 J/mol °K

$T$  : temperatur reaksi (°K)

## 2.10 Pengaruh Jarak Elektroda dalam Proses *Hard Chrome*

### 2.10.1 Konduktansi Elektrolit

Konduktansi (*conductance*) elektrolit berperan cukup penting dalam proses *electroplating*. Konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolit (Parthasaradhy,1989:17). Konduktansi 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):

$$R = \frac{ql}{a} \quad (2-5)$$

dengan:

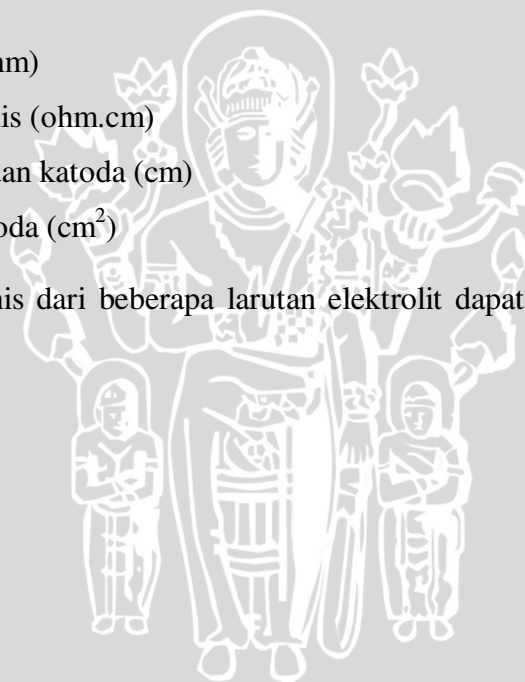
$R$  = hambatan (ohm)

$q$  = hambatan jenis (ohm.cm)

$l$  = jarak anoda dan katoda (cm)

$a$  = luasan elektroda (cm<sup>2</sup>)

Nilai hambatan jenis dari beberapa larutan elektrolit dapat dilihat pada tabel 2.5:



Tabel 2.5 Nilai 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:

$$C = \frac{K \cdot a}{l} \quad (2-6)$$

dengan:

$C$  = konduktansi elektrolit (Siemens)

$K$  = konduktansi spesifik (Siemens/cm)

$a$  = luasan elektroda (cm<sup>2</sup>)

$l$  = 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. Elektrolit menunjukkan peningkatan konduktivitas dengan peningkatan temperatur, suatu sifat yang menunjukkan pergerakan ion yang lebih besar. Peningkatan 2°C pada bak *plating* dapat meningkatkan konduktivitas sekitar 1 % (Parthasarathy,1989:17).

## 2.11 Kekerasan

Kekerasan (Lakhtin, Y 1997) didefinisikan sebagai kemampuan untuk menahan tusukan (penetrasi) benda yang lebih keras dari luar. Ada juga yang mengatakan sebagai kemampuan menahan deformasi plastis atau deformasi permanen. Atau dapat dikatakan bahwa kekerasan juga menyatakan kekuatan suatu bahan.

### 2.11.1 Pengujian Kekerasan

Kekerasan dari lapisan *hard chrome* tidak dapat dihitung secara akurat dengan menggunakan metode pengujian kekerasan yang biasa digunakan seperti Brinell dan Rockwell, karena lapisan deposit yang dihasilkan biasanya terlalu tipis untuk dilakukan pengujian dengan kedua metode diatas. Indentasi yang dihasilkan pada permukaan lapisan dapat terdistorsi oleh spesimen dan dapat mempengaruhi nilai kekerasan.

Sehingga dalam pengujian kekerasan permukaan logam pelapis, digunakan *Micro Vickers Hardness Tester*. Proses pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* mula-mula permukaan benda yang akan diuji ditekan dengan *indenter* berbentuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan-permukaan piramida yang berhadapan adalah sebesar 136°. Alat ini mampu menguji kekerasan material yang ketebalannya sangat tipis dalam ukuran mikron. Data yang dihasilkan dalam satuan VHN (*Vickers Hardness Number*). Pada gambar 2.5 memperlihatkan alat uji kekerasan *Micro Vickers Hardness Tester*.



Gambar 2.5: Alat Uji Kekerasan *Micro Vickers Hardness*  
Sumber: [www.metalkorea.or.kr/Measurable/...cro.html](http://www.metalkorea.or.kr/Measurable/...cro.html)

### 2.12 Hipotesis

Temperatur elektrolit mempengaruhi laju reaksi yang berakibat pada kecepatan pergerakan ion dalam larutan yang berpengaruh terhadap kepadatan lapisan. Jarak elektroda berpengaruh terhadap konduktansi larutan elektrolit yang mempengaruhi kecepatan pergerakan ion dalam larutan, yang berpengaruh terhadap kepadatan lapisan. Kepadatan lapisan yang terbentuk berpengaruh terhadap kekerasan logam pelapis. Dari uraian di atas dapat diduga dengan semakin besar temperatur maka kekerasan akan semakin meningkat dan semakin besar jarak elektroda maka kekerasan akan semakin menurun.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental sejati (*true experimental research*). Dengan model analisa varian dua arah dengan dua variabel bebas dan satu variabel terikat. 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
  - Temperatur yang digunakan : 40,45, 50, 55, 60 ( $^{\circ}\text{C}$ )
  - Jarak elektroda yang digunakan : 3, 9 (cm)
- b. Variabel Terikat
  - Kekerasan Lapisan (VHN)
- c. Variabel terkendali
  - Rapat arus yang digunakan :  $45\text{A}/\text{dm}^2$
  - Konsentrasi larutan yang digunakan *chromium trioksida* ( $\text{CrO}_3$ ) 300g/l, serta asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 3g/l.
  - Proses *pickling* yang digunakan adalah *pickling* asam dengan konsentrasi 120gr/l ACTANE 345 selama 1 menit.
  - Waktu pelapisan yang digunakan : 45menit



### 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.3.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama bulan April-Juli 2010.

#### 3.3.2 Tempat Penelitian

1. Laboratorium Proses Produksi I Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, untuk proses pelapisan *hard chrome*.
2. Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, untuk foto mikro hasil pelapisan *hard chrome*.
3. Laboratorium Pengujian Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang, untuk pengujian kekerasan lapisan hasil pelapisan *hard chrome*.

### 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 dari *Power Hack Saw* dapat dilihat pada gambar 3.1:



Gambar 3.1 *Power Hack Saw*

Spesifikasi :

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

2. Kertas gosok

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

3. Gelas ukur

Untuk mengukur banyaknya atau jumlah larutan.

4. Timbangan digital

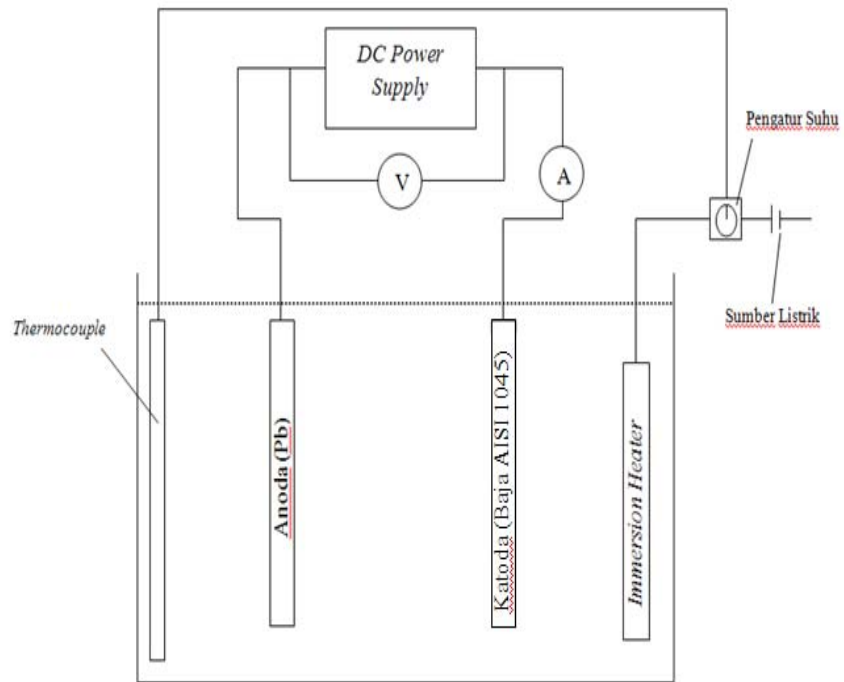
Untuk mengukur berat dari komposisi larutan elektrolit. Bentuk dari timbangan digital dapat dilihat pada gambar 3.2:



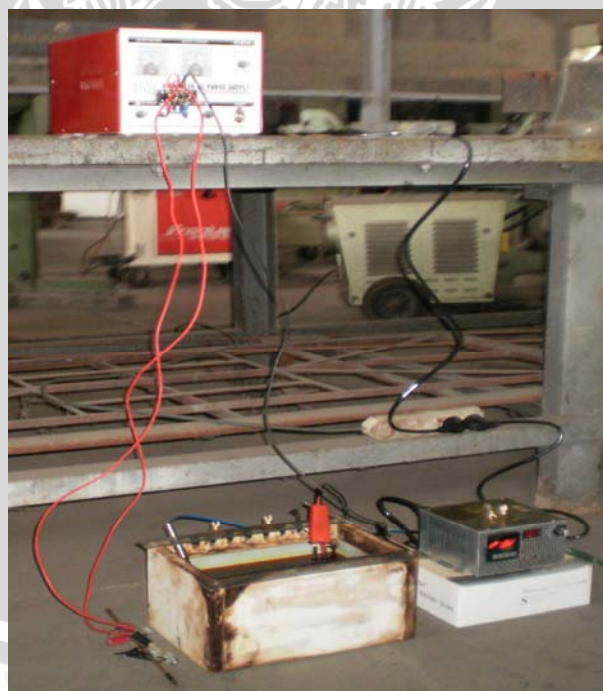
Gambar 3.2 Timbangan Digital

5. Instalasi *electroplating*

Untuk melakukan proses pelapisan logam dalam hal ini *hard chrome plating*. Skema dari instalasi *electroplating* dapat dilihat pada gambar 3.3 dan instalasi *electroplating* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.3 Skema Instalasi Elektroplating



Gambar 3.4 Instalasi Elektroplating

#### 6. Thermo Control

Untuk mengatur dan mengendalikan suhu larutan elektrolit.

Rangkaian *thermo control* dapat dilihat pada gambar 3.5.





Gambar 3.5 *Thermo Control*

7. *Stopwatch*

Untuk menghitung waktu yang digunakan.

8. *Centrifugal Sand Paper Machine*

Digunakan untuk menghaluskan permukaan benda kerja. *Centrifugal sand paper machine* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Centrifugal Sand Paper Machine*

Spesifikasi :

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

9. *Alat Uji Kekerasan Micro Vickers Hardness*

Untuk mengukur kekerasan lapisan. Gambar 3.7 menunjukkan alat uji kekerasan *micro vickers hardness*.



Gambar 3.7 Alat Uji Kekerasan *Micro Vickers Hardness*

Spesifikasi :

- Code No. : 810 – 100E
- Serial No. : 555186
- Model : Mitutoyo MVK – E3 Akashi Corporation Japan
- Idendor : Diamond 136°

10. Berbagai alat safety lainnya.

#### Spesimen uji yang digunakan

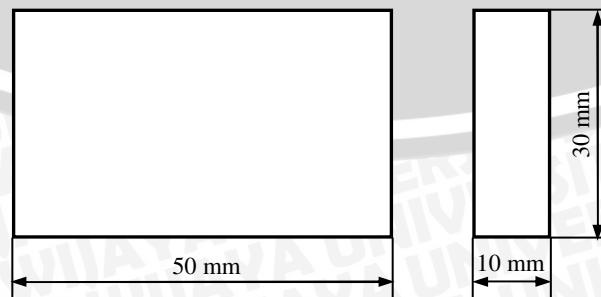
Spesimen uji yang digunakan adalah plat baja AISI 1045, dengan dimensi sebagai berikut:

Panjang : 50 mm

Lebar : 30 mm

Tebal : 10 mm

Bentuk dan dimensi benda uji dapat dilihat pada gambar 3.8.



Skala : 1:1

Gambar 3.8 Bentuk dan dimensi benda uji



### 3.5 Prosedur penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Memotong spesimen sesuai dengan bentuk dan ukuran yang ditentukan.
2. Membersih permukaan spesimen dengan amplas dan menghaluskan permukaan spesimen menggunakan *Centrifugal Sand Paper Machine*.
3. Membilas benda kerja dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel lalu benda kerja dikeringkan.
4. Menutup permukaan benda kerja yang tidak ingin dilapisi menggunakan selotip (*masking*).
5. Melakukan *pickling asam* dengan cara mencelup benda kerja kedalam larutan 120gr ACTANE 345 + 1lt air selama satu menit.
6. Membilas benda kerja menggunakan aquades untuk menghilangkan sisa asam, kemudian mengeringkan benda kerja.
7. Menyiapkan larutan elektrolit dengan konsentrasi larutan yang digunakan *chromium trioksida* ( $\text{CrO}_3$ ) 300g/l, serta asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 3g/l kedalam bak pelapisan.
8. Memanaskan larutan elektrolit sampai temperatur yang telah ditentukan yaitu 40,45, 50, 55, 60 ( $^{\circ}\text{C}$ ).
9. Mengatur jarak anoda dan katoda sesuai yang ditentukan yaitu 3 dan 9 cm.
10. Mengatur rapat arus sesuai yang telah ditentukan yaitu  $45 \text{ A}/\text{dm}^2$ .
11. Melaksanakan proses pelapisan sesuai dengan waktu yang ditentukan yaitu 45 menit.
12. Benda kerja dikeluarkan, kemudian dibilas dengan air untuk membersihkan asam kromat yang masih menempel di permukaan benda kerja lalu keringkan.

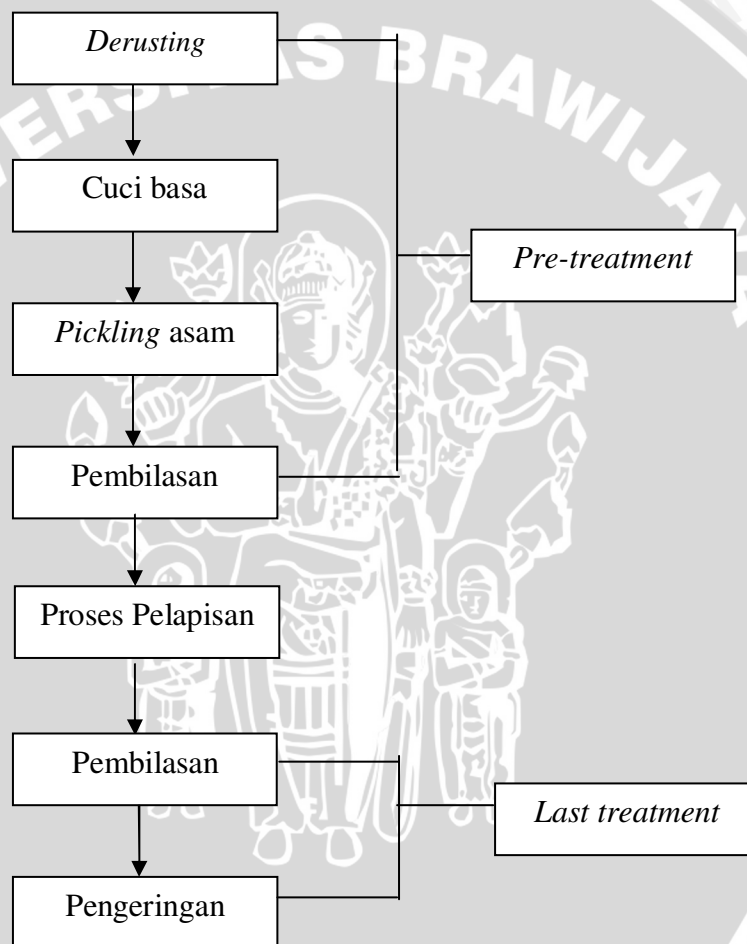


### 3.6 Prosedur Pelapisan

Langkah-langkah yang diambil dalam proses pelapisan ini ada tiga tahap, yaitu:

1. Perlakuan awal (*Pre-treatment*)
2. Melakukan pelapisan (*Electroplating*)
3. Perlakuan akhir (*Last-treatment*)

Skema dari prosedur pelapisan dapat dilihat pada gambar 3.9:



Gambar 3.9 Diagram proses pelapisan

#### 3.6.1 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 hal-hal yang mengganggu proses pelapisan seperti minyak, kotoran, karat, dan lain-lain.
- Mengaktifkan permukaan benda kerja yaitu dengan menghilangkan lapisan oksida yang ada sehingga lapisan yang terjadi akan menempel dengan baik.
- Mengeluarkan bahan-bahan yang dapat menimbulkan kontaminasi pada larutan.

Proses perlakuan awal ini meliputi :

a. *Derusting*

Merupakan proses menghilangkan karat dan terak dari permukaan benda kerja, ada dua macam cara, yaitu:

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

b. Pencucian basa

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

c. *Pickling Asam*

Digunakan untuk mengaktifkan permukaan benda kerja yang akan dilapisi. Permukaan benda kerja yang akan dicuci asam ini akan terkikis lapisan oksidanya sehingga akan mudah mereduksi krom yang dilapiskan. Larutan yang dipakai ialah larutan ACTANE 345 sebanyak 120gr + 1 liter air, pada proses ini benda kerja dicelupkan selama 1 menit.

d. Pembilasan

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

### 3.6.2 Proses pelapisan (*Electroplating*)

Proses pelapisan dilakukan dengan kondisi operasi yang telah ditetapkan sesuai dengan parameter penelitian yang akan diteliti. Bahan dan peralatan yang dibutuhkan harus sudah disiapkan. Persiapan instalasi *electroplating* harus disertai pula dengan pengukuran besarnya parameter-parameter yang akan berperan dalam pelaksanaan proses pelapisan tersebut. Misal, untuk penetapan besar arus dan *voltage* pada catu daya arus searah yang digunakan harus diukur dahulu agar diketahui dengan tepat untuk distabilkan. Begitu pula dengan kondisi temperatur larutan elektrolit, jarak elektroda, konsentrasi larutan dan waktu pelapisan harus benar-benar diukur dan diatur terlebih dahulu.

Setelah seluruh proses persiapan selesai dan instalasi telah disiapkan, maka proses pelapisan mulai dijalankan. Proses pelapisan mulai berjalan aktif ketika seluruh instrumen proses telah berada pada posisi yang tepat dan dalam kondisi arus listrik telah mengalir.

### 3.6.3 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.

b) Pengeringan

Digunakan untuk mengeringkan benda kerja yang telah dibilas, pengeringan ini dapat dilakukan diruang terbuka atau dengan alat pemanas.

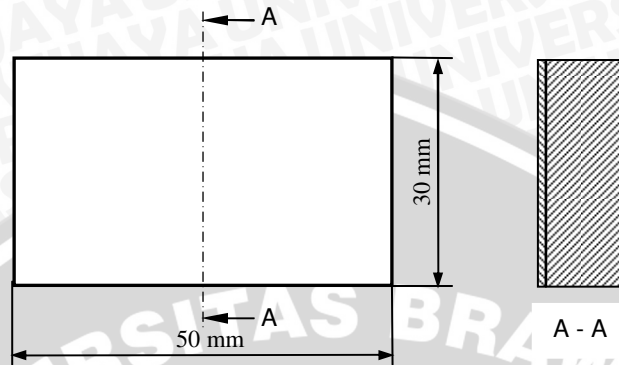
## 3.7 Metode pengukuran data

Pada intinya adalah mengukur kekerasan permukaan lapisan *hard chrome*. Pengujian kekerasan menggunakan *Micro Vickers Hardness Tester* dengan indenter intan 136°.



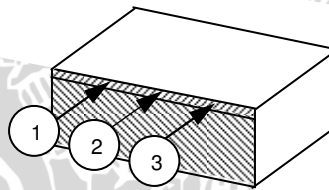
### 3.7.1 Pengukuran data kekerasan

1. Memotong material seperti pada gambar 3.10, kemudian melakukan pengukuran kekerasan sebanyak tiga titik seperti pada gambar 3.11.



Skala : 1:1

Gambar 3.10 Spesimen uji kekerasan



Gambar 3.11 Titik pengukuran kekerasan

2. Menguji kekerasan lapisan dengan menggunakan *Micro Vickers Hardness Tester*.
3. Mencatat data yang tertera pada alat.
4. Diulangi lagi pada spesimen dengan variasi temperatur dan jarak elektroda.

## 3.8 Rencana pengolahan dan analisis data

### 3.8.1 Rancangan penelitian

Rancangan penelitian ini akan mencari pengaruh dua faktor yaitu temperatur dan jarak elektroda pelapisan terhadap kekerasan logam pelapis. Maka dalam penelitian ini digunakan model analisa satu arah dengan interaksi. Ulangan sebanyak tiga kali sehingga secara keseluruhan diperlukan sampel untuk dianalisis. Rancangan penelitian seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Temperatur	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata
40°C				
45°C				
50°C				
55°C				
60°C				

### 3.9 Analisis Statistik

#### 3.9.1 Analisa Varian dua arah

Di dalam pengolahan data untuk analisis statistik digunakan Analisis Varian Dua Arah. Dari Analisis Varian Dua Arah ini akan diketahui ada tidaknya pengaruh jarak elektroda (faktor A) dan waktu pelapisan (faktor B) serta pengaruh interaksi antara keduanya (faktor AB) terhadap kekerasan pada proses *electroplating*.

Faktor A dan B masing-masing mempunyai level  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_r$  dan  $B_1, B_2, B_3, \dots, B_c$ . Jika jumlah pengamatan tiap sel adalah  $t$  kali, dan rancangan dua kategori A dan B dengan masing-masing kategori terdiri atas  $r$  dan  $c$  level, sedangkan pengaruh interaksi antara faktor A dan B dinyatakan dengan  $(\alpha\beta)_{ij}$  dengan  $\alpha_i$  merupakan pengaruh interaksi antara faktor A pada level ke  $i$  dan  $\beta_j$  merupakan faktor B pada level ke  $j$ , maka nilai pengamatan dapat ditulis dalam model matematis sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3-1)$$

dengan  $\mu$  = nilai rata-rata dari seluruh pengamatan

$\alpha_i$  = pengaruh faktor A ke  $i$

$\beta_j$  = pengaruh faktor B ke  $j$

$(\alpha\beta)_{ij}$  = pengaruh interaksi faktor A ke  $i$  dan B ke  $j$

$\varepsilon_{ijk}$  = simpangan pengamatan dari nilai  $Y_{ijk}$

Dan untuk hipotesis dalam penelitian ini dapat ditulis sebagai berikut:

$H_{01}$  :  $A_1 = A_2 = \dots = A_i$ , faktor A (jarak elektroda) tidak berpengaruh terhadap kekerasan.

- $H_{11}$  :  $A_1 \neq A_2 \dots \neq A_i$ , faktor A (jarak elektroda) berpengaruh terhadap kekerasan.
- $H_{02}$  :  $B_1 = B_2 = \dots = B_i$ , faktor B (temperatur) tidak berpengaruh terhadap kekerasan.
- $H_{22}$  :  $B_1 \neq B_2 \neq \dots \neq B_i$ , faktor B (temperatur) berpengaruh terhadap kekerasan.
- $H_{03}$  :  $(AB)_{11} = (AB)_{12} = \dots = (AB)_{ij}$ , faktor A dan B (jarak elektroda dan temperatur) tidak berpengaruh terhadap kekerasan.
- $H_{33}$  :  $(AB)_{11} \neq (AB)_{12} \neq \dots \neq (AB)_{ij}$ , faktor A dan B (jarak elektroda dan temperatur) berpengaruh terhadap kekerasan.

Data hasil pengujian dengan lebih dari satu kali pengamatan sel ditunjukkan seperti tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Hasil pengujian dengan lebih dari satu kali pengamatan sel

Faktor	B						$\Sigma$ baris	Rata- rata
	level	$B_1$	...	$B_j$	...	$B_c$		
A	$A_1$	$Y_{111}$ $Y_{112}$ ...		$Y_{1j1}$ $Y_{1j2}$ ...		$Y_{1c1}$ $Y_{1c2}$ ...	$T_{1..}$	$Y_{1..}$
	...							
	$A_i$	$Y_{i11}$ $Y_{i12}$ ...		$Y_{ij1}$ $Y_{ij2}$ ...		$Y_{ic1}$ $Y_{ic2}$ ...	$T_{i..}$	$Y_{i..}$
	...							
	$A_r$	$Y_{r11}$ $Y_{r12}$ ...		$Y_{rj1}$ $Y_{rj2}$ ...		$Y_{rc1}$ $Y_{rc2}$ ...	$T_{r..}$	$Y_{r..}$
	$\Sigma$ baris	$T_{.1.}$		$T_{.j.}$		$T_{.c.}$	T	
	Rata-rata	$Y_{.1.}$		$Y_{.j.}$		$Y_{.c.}$		Y



Untuk perhitungan maka dipakai rumus-rumus antara lain:

$$\text{Jumlah seluruh perlakuan} = \sum_{i=1}^r \dots \times \sum_{j=1}^c \dots \times \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \quad (3-2)$$

$$\text{Jumlah kuadrat seluruh perlakuan} = \sum_{i=1}^r \dots \times \sum_{j=1}^c \dots \times \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 \quad (3-3)$$

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{\left[ \sum_{i=1}^r \dots \times \sum_{j=1}^c \dots \times \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \right]^2}{rct} \quad (3-4)$$

$$\text{Jumlah kuadrat total (JKT)} = \sum_{i=1}^r \dots \times \sum_{j=1}^c \dots \times \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - FK \quad (3-5)$$

$$\text{Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{i=1}^r \dots \times \sum_{j=1}^c \dots \times T_{ij}^2}{t} - FK \quad (3-6)$$

$$\text{Jumlah kuadrat pengaruh A (JKA)} = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{ct} - FK \quad (3-7)$$

$$\text{Jumlah kuadrat pengaruh B (JKB)} = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rt} - FK \quad (3-8)$$

$$\text{Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B} \\ (JKAB) = JKP - JKA - JKB \quad (3-9)$$

$$\text{Jumlah kuadrat galat} \\ (JKG) = JKT - JKA - JKB - JKAB \quad (3-10)$$

Dari hasil rumus perhitungan di atas maka dapat dibuat tabel analisa varian dua arah seperti terlihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Tabel Analisa Varian Dua Arah

Sumber Keragaman	dB	JK	Varian (KT)	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub> F <sub>db(v<sub>1</sub>,v<sub>2</sub>)</sub>
Faktor A	$r-1$	$JKA$	$S_A^2 = \frac{JKA}{r-1}$	$\frac{S_A^2}{S^2}$	
Faktor B	$c-1$	$JKB$	$S_B^2 = \frac{JKB}{c-1}$	$\frac{S_B^2}{S^2}$	
Interaksi A dan B	$(r-1)(c-1)$	$JKAB$	$S_{AB}^2 = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$	$\frac{S_{AB}^2}{S^2}$	
Galat (error)	$rc(t-1)$	$JKG$	$S^2 = \frac{JKG}{rc(c-1)}$		
Total	$rct-1$	$JKT$			

Keterangan:

Faktor A : Jarak elektroda

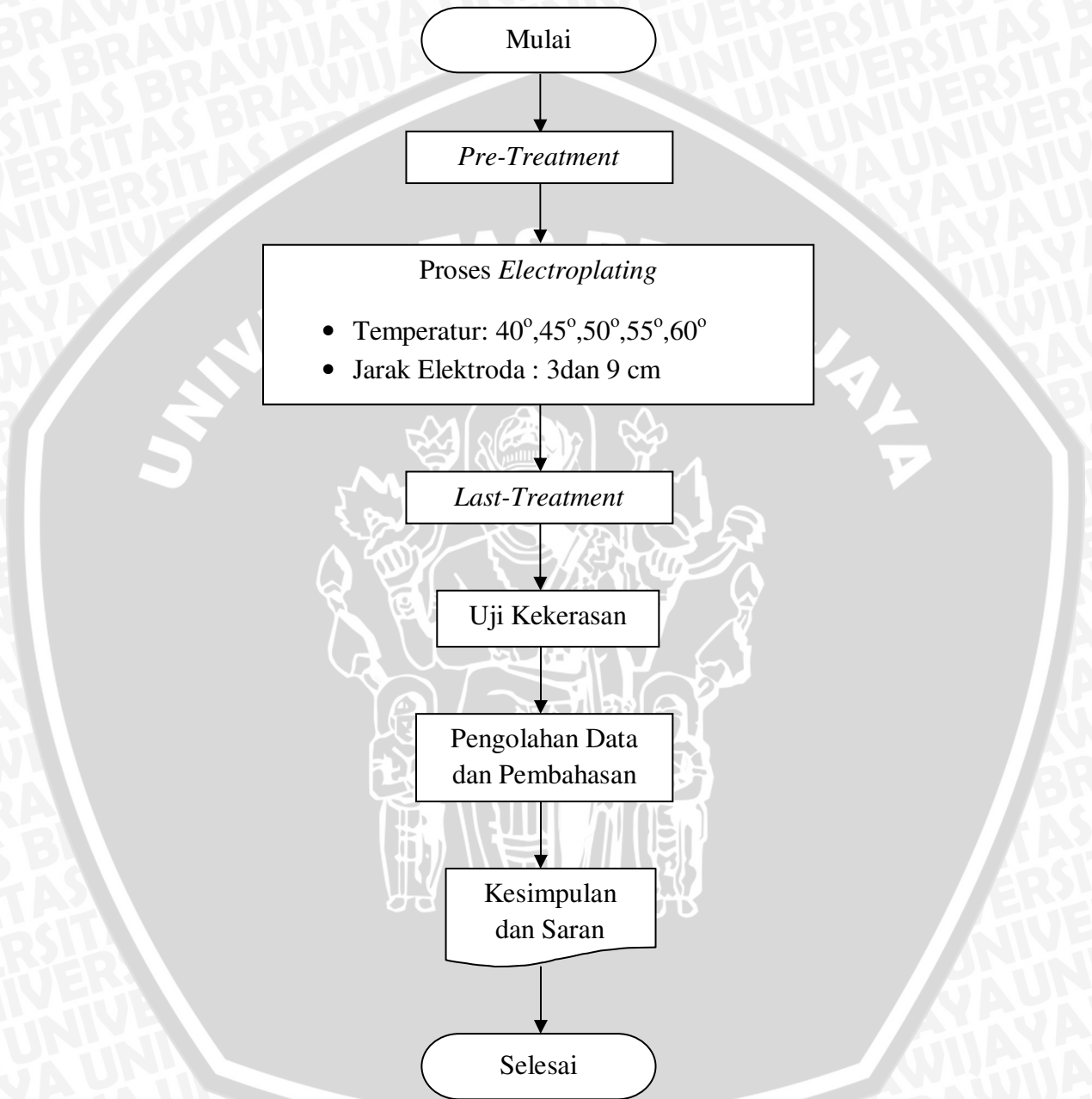
Faktor B : Temperatur elektrolit

Kesimpulan yang diperoleh adalah dengan cara membandingkan antara F<sub>hitung</sub> dengan F<sub>tabel</sub>, yaitu:

- Jika F<sub>A hitung</sub> > F<sub>A tabel</sub>, maka H<sub>01</sub> ditolak dan H<sub>11</sub> diterima. Hal ini menyatakan bahwa jarak elektroda (faktor A) berpengaruh terhadap kekerasan hasil pelapisan.
- Jika F<sub>B hitung</sub> > F<sub>B tabel</sub>, maka H<sub>02</sub> ditolak dan H<sub>12</sub> diterima. Hal ini menyatakan bahwa temperatur (faktor B) berpengaruh terhadap kekerasan hasil pelapisan.
- Jika F<sub>AB hitung</sub> > F<sub>AB tabel</sub>, maka H<sub>03</sub> ditolak dan H<sub>13</sub> diterima. Hal ini menyatakan bahwa jarak elektroda dan temperatur pelapisan (faktor A) berpengaruh terhadap kekerasan hasil pelapisan.

### 3.10 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.12:



Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian kali ini untuk memperoleh kekerasan permukaan hasil pelapisan *hard chrome* digunakan metode pengujian kekerasan *Micro Vickers Hardness*.

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan

Metode pengujian kekerasan dengan menggunakan *Micro Vickers Hardness* dengan variasi temperatur dan jarak elektroda. Data yang dihasilkan memiliki satuan VHN (*Vickers Hardness Number*). Data hasil pengujian kekerasan dengan variasi temperatur dan jarak elektroda dapat dilihat pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 Kekerasan permukaan hasil pelapisan *hard chrome* dengan variasi temperatur dan jarak elektroda.

Temperatur Elektrolit (°C)	Ulangan	Jarak Elektroda (Cm)	
		3	9
40	1	199	180
	2	184	179
	3	191	185
Rata-rata		191,33	181,33
45	1	212	195
	2	211	203
	3	208	200
Rata-rata		210,33	199,33
50	1	223	212
	2	228	218
	3	225	209
Rata-rata		225,33	213
55	1	231	225
	2	236	220
	3	234	218
Rata-rata		233,66	221
60	1	290	246
	2	292	248
	3	288	251
Rata-rata		290	248,33

## 4.2 Analisis Statistik

Setelah data-data hasil pelapisan diperoleh dari hasil pengukuran, maka dilakukan analisis varian dari data-data tersebut untuk mengetahui pengaruh dari variabel pada penelitian ini. Analisis yang digunakan adalah analisis varian dua arah. Analisis varian ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekerasan lapisan. Analisis ini juga digunakan untuk mengetahui terdapatnya interaksi antara temperatur elektrolit dan jarak elektroda yang berpengaruh terhadap kekerasan lapisan.

Hipotesis dari temperatur elektrolit (pengaruh A) terhadap kekerasan lapisan adalah:

$$H_{01} : T_{40} \text{ }^{\circ}\text{C} = T_{45} \text{ }^{\circ}\text{C} = T_{50} \text{ }^{\circ}\text{C} = T_{55} \text{ }^{\circ}\text{C} = T_{60} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H_{11} : T_{40} \text{ }^{\circ}\text{C} \neq T_{45} \text{ }^{\circ}\text{C} \neq T_{50} \text{ }^{\circ}\text{C} \neq T_{55} \text{ }^{\circ}\text{C} \neq T_{60} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Hipotesis dari jarak elektroda (pengaruh B) terhadap kekerasan lapisan adalah:

$$H_{02} : l_3 \text{ cm} = l_9 \text{ cm}$$

$$H_{22} : l_3 \text{ cm} \neq l_9 \text{ cm}$$

Hipotesis dari interaksi temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekerasan lapisan adalah:

$$H_{03} : (T, l)_{40 \text{ }^{\circ}\text{C}, 3 \text{ cm}} = (T, l)_{40 \text{ }^{\circ}\text{C}, 9 \text{ cm}} = (T, l)_{45 \text{ }^{\circ}\text{C}, 3 \text{ cm}} = \dots = (T, l)_{60 \text{ }^{\circ}\text{C}, 9 \text{ cm}}$$

$$H_{33} : (T, l)_{40 \text{ }^{\circ}\text{C}, 3 \text{ cm}} \neq (T, l)_{40 \text{ }^{\circ}\text{C}, 9 \text{ cm}} \neq (T, l)_{45 \text{ }^{\circ}\text{C}, 3 \text{ cm}} \neq \dots \neq (T, l)_{60 \text{ }^{\circ}\text{C}, 9 \text{ cm}}$$

dengan  $T$  adalah temperatur elektrolit dan  $l$  adalah jarak elektroda.

Dari data kekerasan lapisan dan penjumlahannya, maka akan diperoleh perhitungan statistik sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah seluruh perlakuan} &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \\ &= 290 + 236 + 218 + \dots + 199 \\ &= 6641 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kuadrat seluruh perlakuan} &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 \\ &= 290^2 + 236^2 + 218^2 + \dots + 199^2 \\ &= 1496745 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{\left[ \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk} \right]^2}{rct}$$

$$= \frac{[6641]}{5 \times 2 \times 3}$$

$$= 1470096$$

$$\text{Jumlah kuadrat total (JKT)} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - FK$$

$$= 1496745 - 1470096$$

$$= 26648,97$$

$$\text{Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c Y_{ij}^2}{t} - FK$$

$$= \frac{44102881}{3} - 1470096$$

$$= 26360,3$$

$$\text{Jumlah kuadrat pengaruh A (JKA)} = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{ct} - FK$$

$$= \frac{1118^2 + 1229^2 + 1364^2 + 1615^2}{5 \times 3} - 1470096$$

$$= 2305,633$$

$$\text{Jumlah kuadrat pengaruh B (JKB)} = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rt} - FK$$

$$= \frac{3452^2 + 3189^2}{2 \times 3} - 1470096$$

$$= 22955,8$$

$$\text{Jumlah kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB)} = JKP - JKA - JKB$$

$$= 26360,3 - 2305,633 - 22955,8$$

$$= 1098,867$$

$$\text{Jumlah kuadrat galat (JKG)} = JKT - JKA - JKB - JKAB$$

$$= 26648,97 - 2305,633 - 22955,8 - 1098,867$$

$$= 288,6667$$



$$\begin{aligned}\text{Kuadrat tengah pengaruh A } (S_A^2) &= \frac{JKA}{r-1} \\ &= \frac{2305,633}{5-1} \\ &= 576,40833\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuadrat tengah pengaruh B } (S_B^2) &= \frac{JKB}{c-1} \\ &= \frac{22955,8}{2-1} \\ &= 22954,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuadrat tengah pengaruh interaksi A dan B } (S_{AB}^2) &= \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)} \\ &= \frac{1098,867}{(5-1)(2-1)} \\ &= 274,7167\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuadrat tengah Galat } (S^2) &= \frac{JKG}{rc(t-1)} \\ &= \frac{288,6667}{5 \times 3(3-1)} \\ &= 14,43333\end{aligned}$$

Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

- Untuk faktor A :  $F_{A\text{hitung}} = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{576,40833}{14,43333} = 39,93591$
- Untuk faktor B :  $F_{B\text{hitung}} = \frac{S_B^2}{S^2} = \frac{22954,8}{14,43333} = 1590,402$
- Untuk faktor interaksi A dan B :  $F_{AB\text{hitung}} = \frac{S_{AB}^2}{S^2} = \frac{274,7167}{14,43333} = 19,03349$

Dengan perhitungan analisis menggunakan *software Microsoft Exel* diperoleh hasil analisis varian dua arah seperti dapat dilihat pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Hasil Analisis Varian Dua Arah

Sumber Keragaman	db	JK	Varian (KT)	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Faktor Temperatur (A)	4	2305,633	576,4083	39,93591	2,87
Faktor Jarak Elektroda (B)	1	22955,8	22954,8	1590,402	4,35
Interaksi A dan B	4	1098,867	274,7167	19,03349	2,87
Galat	20	288,6667	14,433333		
Total	29	26648,97			

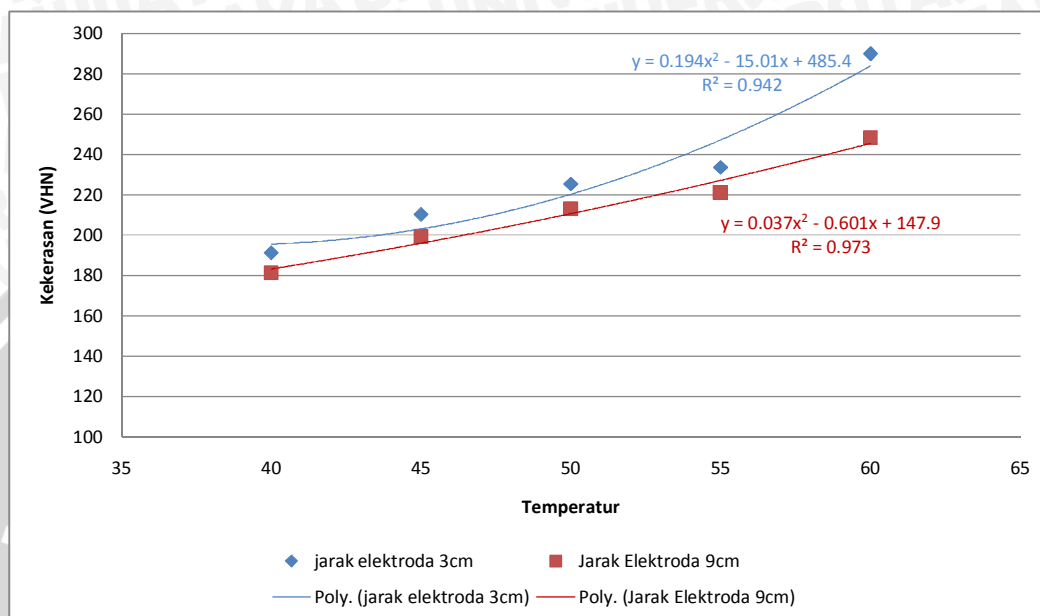
Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1.  $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$ , maka  $H_{01}$  ditolak dan  $H_{11}$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh yang nyata antara temperatur elektrolit terhadap kekerasan lapisan dengan tingkat keyakinan 95 %.
2.  $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$ , maka  $H_{02}$  ditolak dan  $H_{22}$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh yang nyata antara jarak elektroda terhadap kekerasan lapisan dengan tingkat keyakinan 95 %.
3.  $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$ , maka  $H_{03}$  ditolak dan  $H_{33}$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh yang nyata interaksi dari temperatur elektrolit dan jarak elektroda terhadap kekerasan lapisan dengan tingkat keyakinan 95 %.

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Pengaruh Variasi Temperatur Elektrolit terhadap Kekerasan Lapisan

##### Hasil Pelapisan *Hard Chrome*.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara Temperatur dengan Kekerasan

Grafik pada gambar 4.1 di atas menunjukkan kenaikan nilai kekerasan permukaan hasil pelapisan *hard chrome* seiring dengan peningkatan variasi temperatur (40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C), sumbu mendatar (sumbu x) adalah variasi temperatur, sedangkan sumbu tegak (sumbu y) adalah nilai kekerasan (VHN).

Pada gambar 4.1 ini dapat dilihat bahwa nilai kekerasan berbanding lurus dengan penambahan temperatur. Semakin tinggi nilai temperatur maka nilai kekerasannya akan semakin besar pula. Dari kedua grafik dapat dilihat bahwa rata-rata nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada temperatur tertinggi pula yaitu 60°C, sebesar 274,33 VHN pada jarak elektroda 3 cm dan 246,33 VHN pada jarak elektroda 9cm. Hal ini disebabkan karena temperatur yang digunakan selama proses pelapisan merupakan sarana untuk memudahkan terjadinya reaksi dalam larutan elektrolit (ASM, 1994:175).

Temperatur mempengaruhi laju reaksi dari larutan elektrolit, hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius :



$$\text{laju reaksi} = A e^{-\frac{E_a}{R T}}$$

Dimana :

$A$  : tetapan Arrhenius yang harganya khas untuk setiap reaksi

$e$  : dasar logaritma natural = 2,718

$E_a$  : energi aktivasi

$R$  : tetapan gas universal = 0,0821 atm/mol °K = 8,314 J/mol °K

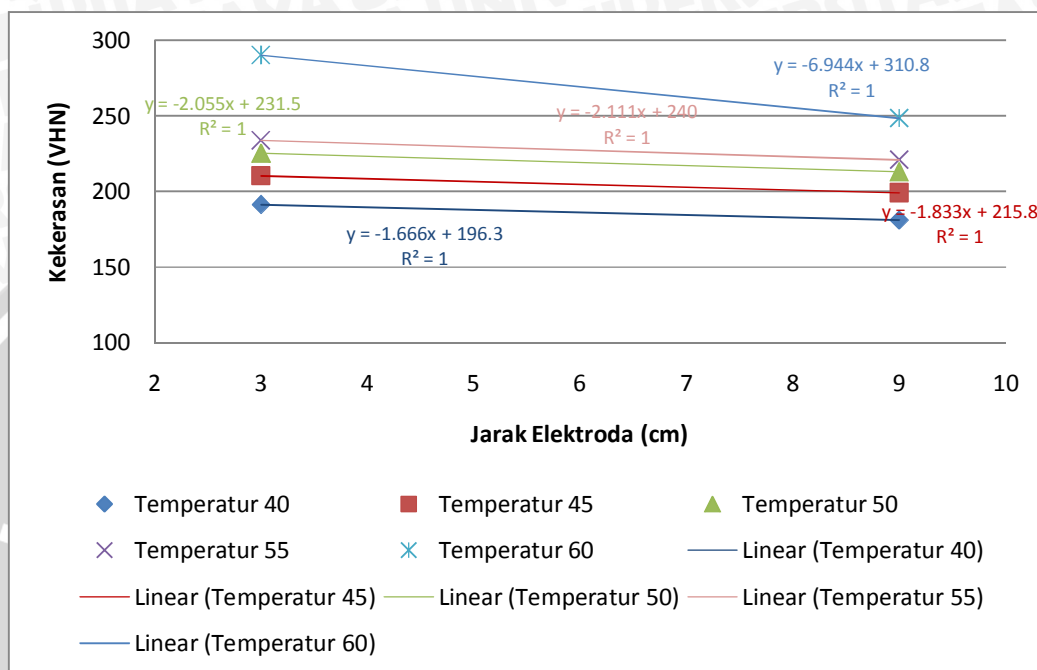
$T$  : temperatur reaksi (°K)

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa dengan penambahan temperatur maka laju reaksi akan meningkat (Chamberlain, 1991:19)

Oleh karena itu temperatur yang lebih tinggi akan meningkatkan laju reaksi kimianya, sehingga akan memperbesar laju arus ion yang mengalir. Semakin cepat laju arus ion maka kepadatan lapisan yang terbentuk akan semakin besar sehingga kekerasan permukaan akan ikut meningkat. Kepadatan lapisan yang semakin meningkat dapat dilihat pada foto mikro pada lampiran 1.

Dari foto mikro dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur elektrolit maka kepadatan lapisan juga akan semakin tinggi. Dapat dilihat pada temperatur yang paling tinggi yaitu 60°C lapisan yang terbentuk tidak memiliki rongga yang besar. Hal ini diakibatkan karena laju reaksi yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur. Semakin cepat laju reaksi maka semakin cepat pula laju arus ion, sehingga lapisan yang terbentuk tidak memiliki banyak rongga dan lebih padat. Sedangkan semakin padat lapisan yang terbentuk maka kekerasan dari lapisan tersebut juga akan semakin meningkat, seperti dapat dilihat pada gambar 4.1 diatas.

### 4.3.2 Pengaruh Jarak Elektroda terhadap Kekerasan Permukaan Hasil Pelapisan *Hard Chrome*.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Kekerasan dengan Jarak Elektroda

Grafik pada gambar 4.2 diatas menunjukkan kenaikan nilai kekerasan permukaan hasil pelapisan *hard chrome* dengan penurunan variasi jarak elektroda (3cm, 9cm), sumbu mendatar (sumbu x) adalah variasi jarak elektroda, sedangkan sumbu tegak (sumbu y) adalah nilai kekerasan (VHN).

Dari gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa nilai kekerasan pada jarak elektroda 3cm lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekerasan pada jarak elektroda 9cm. Hal ini sesuai dengan hipotesa yang dibuat dimana dikatakan bahwa semakin besar jarak elektroda maka nilai kekerasan akan semakin kecil.

Perbedaan lapisan *hard chrome* yang terbentuk dengan divariasikannya jarak elektroda sangat dipengaruhi oleh konduktansi (*conductance*) elektrolit. Konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolit. Konduktansi berbanding terbalik dengan jarak elektroda, dimana bila jarak elektroda besar maka konduktansi akan semakin kecil (Parthasaradhy, 1989:17).

Rumus dari konduktansi elektrolit adalah sebagai berikut :

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

dengan:

$C$  = konduktansi elektrolit (Siemens)

$K$  = konduktansi spesifik (Siemens/cm)

$a$  = luasan lektroda ( $\text{cm}^2$ )

$l$  = jarak anoda dan katoda (cm)

Dari rumus diatas dapat dilihat bahwa konduktansi berbanding terbalik dengan jarak elektroda. Semakin jauh jarak elektroda maka konduktansi akan semakin kecil.

Seperti sudah dijelaskan diatas, konduktansi berpengaruh pada kecepatan pergerakan ion, dimana bila konduktansi semakin besar maka kecepatan pergerakan ion akan semakin besar pula. Dengan kata lain, kecepatan pergerakan ion berbanding terbalik dengan jarak elektroda. Semakin besar jarak elektroda kecepatan pergerakan ion akan semakin menurun. Penurunan dan peningkatan kecepatan pergerakan ion berpengaruh terhadap kepadatan hasil pelapisan. Dimana semakin tinggi kecepatan pergerakan ion maka kepadatan lapisan juga akan semakin tinggi, sebaliknya apabila kecepatan pergerakan ion semakin kecil maka kepadatan lapisan akan semakin rendah. Perbandingan kepadatan lapisan dari jarak elektroda dapat dilihat pada lampiran 1. Kepadatan lapisan berpengaruh terhadap kekerasan lapisan, dimana semakin besar kepadatan suatu lapisan maka kekerasannya akan meningkat dan semakin kecil kepadatan lapisan maka kekerasannya akan menurun.

Dari foto mikro dapat dilihat bahwa perbedaan jarak elektroda juga memberikan kepadatan lapisan yang berbeda. Pada jarak elektroda yang lebih kecil lapisan yang terbentuk lebih padat dan tidak terdapat rongga-rongga yang besar. Karena semakin besar dan banyak rongga yang terdapat pada hasil lapisan maka kekerasan lapisan akan semakin menurun. Sedangkan pada jarak yang lebih besar lebih banyak terdapat rongga dan hal ini mengakibatkan kekerasan menjadi turun.



Jadi semakin besar jarak elektroda maka kekerasan logam pelapis akan semakin menurun. Seperti dapat dilihat pada gambar 4.2, dimana nilai kekerasan pada jarak 9cm lebih tinggi daripada nilai kekerasan pada jarak 3cm.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan penggunaan temperatur yang semakin tinggi akan meningkatkan kekerasan lapisan *hard chrome*, sedangkan penggunaan jarak elektroda yang semakin besar akan menurunkan kekerasan lapisan *hard chrome*. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang maksimal harus diperhatikan variasi temperatur dan jarak elektroda yang digunakan.

Nilai kekerasan yang paling tinggi didapatkan pada temperatur elektrolit 60°C dan jarak elektroda 3cm yaitu 274,33 VHN. Dan nilai kekerasan yang paling rendah didapatkan pada temperatur elektrolit 40°C dan jarak elektroda 9cm yaitu 181,33 VHN.

### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kerak yang timbul pada anoda setelah proses pelapisan, karena kerak yang timbul pada anoda dapat mempengaruhi hasil pelapisan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan larutan untuk *pickling* asam yang berbeda dengan hasil pelapisan, apakah dengan variasi jenis larutan untuk *pickling* asam dapat mempengaruhi hasil dari pelapisan.



## DAFTAR PUSTAKA

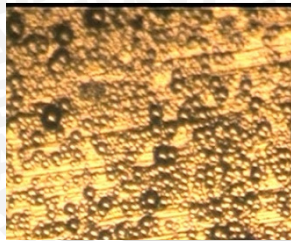
- ASM Handbook Comitee.1994. *Metals Handbook*. Ohio: American Society for Metals.
- Bhusan, B. & Ghupta, B. K. 1991. *Handbook of Tribology: Material Coating and Surface Treatment*. New York: Mc Graw-Hill, Inc.
- Chamberlain, G. 1991. *Electrochemical Engineering Princiles*. New Jersey: Prenticehall, Inc.
- Fletcher, Derek and Frank C. Walsh. 1990. *Industrial Electrochemistry Second Edition*. New York: Chapman and Hall Ltd.
- Hakim, A. L. 2004. *Pengaruh Current 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://www.iptek.net.id/ind/terapan>. (diakses tanggal 21 Maret 2010).
- <http://www.metalkorea.or.kr/Measurable/...cro.html>. (diakses tanggal 9 Maret 2010).
- <http://www.tutorvista.com/content/chemi...ysis.php>. (diakses tanggal 9 Mei 2010)
- Lakhtin, Y. 1965. *Engineering Physical Metallurgy Foreign Language*. Moscow: Publishing House.
- 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: Prentice-hall, Inc.
- Prasetyo, Y. 2006. *Pengaruh Temperatur dan Waktu Pelapisan terhadap Kekerasan Permukaan Plat Baja pada Proses Pelapisan Hard Chrom*. Skripsi Tidak diterbitkan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sanders, A. H. 1950. *Electroplating*. New York: International Textbook. Co.
- Trethewey, K.R. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.



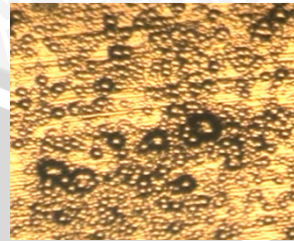
Lampiran 1. Foto Mikro Spesimen Hasil Pelapisan *Hard Chrome*.

Jarak Elektroda 3cm

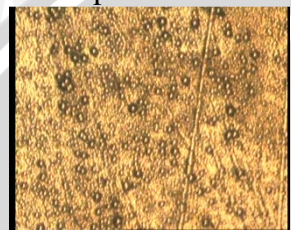
Jarak Elektroda 9cm



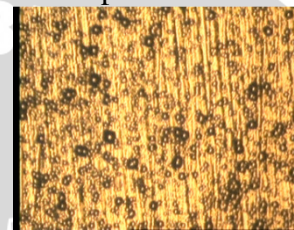
Temperatur 40°C



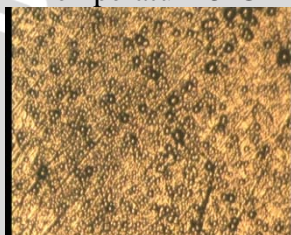
Temperatur 40°C



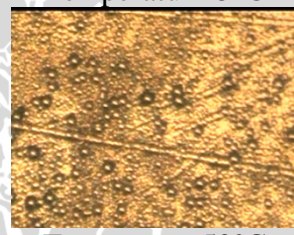
Temperatur 45°C



Temperatur 45°C



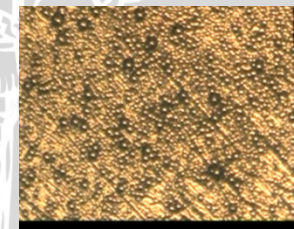
Temperatur 50°C



Temperatur 50°C



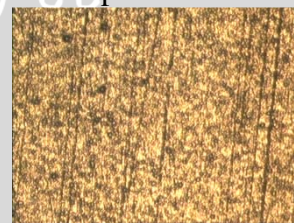
Temperatur 55°C



Temperatur 55°C



Temperatur 60°C

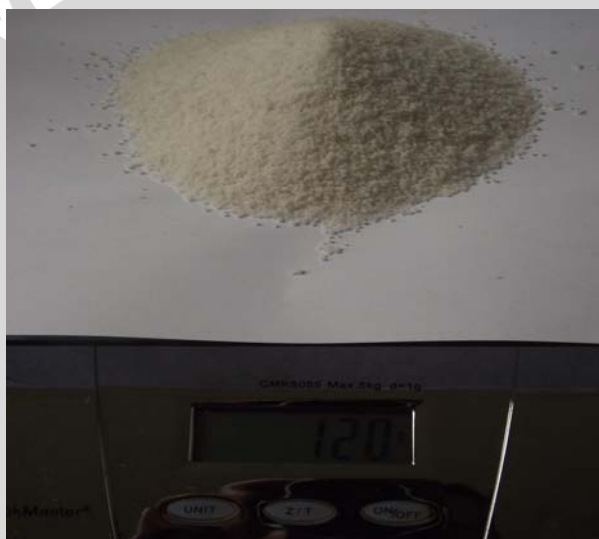


Temperatur 60°C

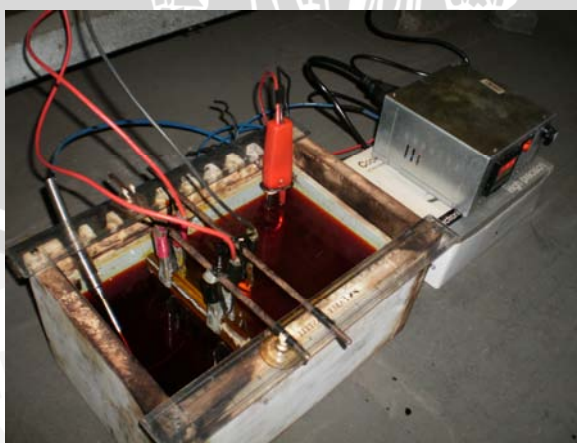
Lampiran 2. Proses Pelapisan *Hard Chrome*



*Chromic Acid*

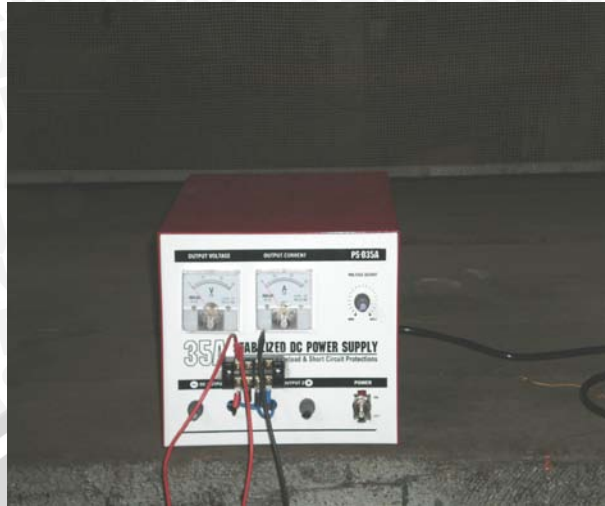


ACTANE 345



Proses Pelapisan

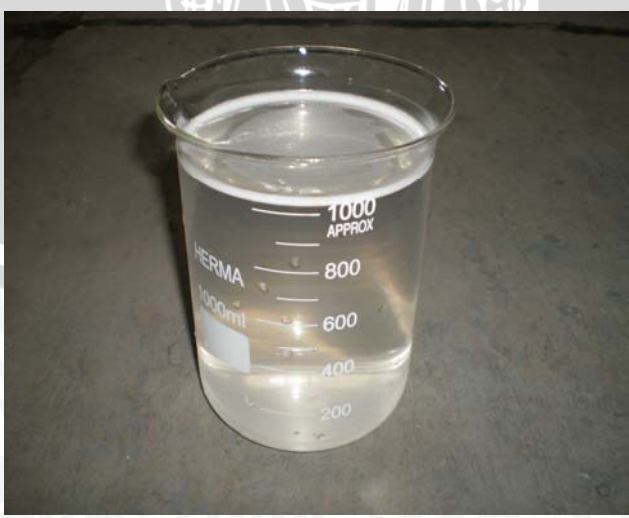




Sumber Arus



Larutan Elektrolit



Larutan *Pickling* Asam



Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Kekerasan



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

Nama : Natalia Erlika Dwi K  
NIM / Jurusan : 0610620083 / Teknik Mesin  
Hari / Tanggal : 8 Juli 2010  
Micro Vickers Hardness Tester  
Code No. : 810 – 100E  
Serial No. : 555186  
Model : Mitutoyo MVK – E3 Akashi Corporation Japan  
Timer : 10 detik  
Beban : 100 gf  
Indentor : Diamond 136 °

Specimen	Point			
	1	2	3	Rata-Rata
T=40°C, S=3cm	199	184	191	191.33333
T=40°C, S=9cm	180	179	185	181.33333
T=45°C, S=3cm	202	211	208	207
T=45°C, S=9cm	189	203	200	197.33333
T=50°C, S=3cm	214	228	218	220
T=50°C, S=9cm	205	218	209	210.66666
T=55°C, S=3cm	220	236	234	230
T=55°C, S=9cm	225	220	218	221
T=60°C, S=3cm	290	272	261	274.33333
T=60°C, S=9cm	246	242	251	246.33333

Malang, 8 Juli 2010  
Kepala Laboratorium



*Handwritten signature*  
**Ir. H. Basuki Widodo, MT**  
NIP. Y : 1018100037



Lampiran 4. Sertifikat Material

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

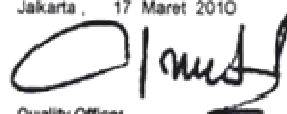
Certificate Number : TA-STEEL0117/2010

Your Order No :					
Our IBp 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 <sup>2</sup>	Tensile Strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation A <sub>5</sub> %	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 5. Surat Keterangan Penelitian dan Pengujian



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 : NATALIA ERLIKA DWI K.

NIM : 0610620083

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 :111/PT.13.FT.6.M/VII/2010

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

Nama : **Natalia Erlika Dwi K**

Nim. : 0610620083

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 Temperatur dan Jarak Elektroda Terhadap Kekerasan Proses Pelapisan *Hard Chrome*."



Malang, 26 Juli 2010

Ka. Lab. Pengujian Bahan

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

