

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.1.1. Alat Penelitian

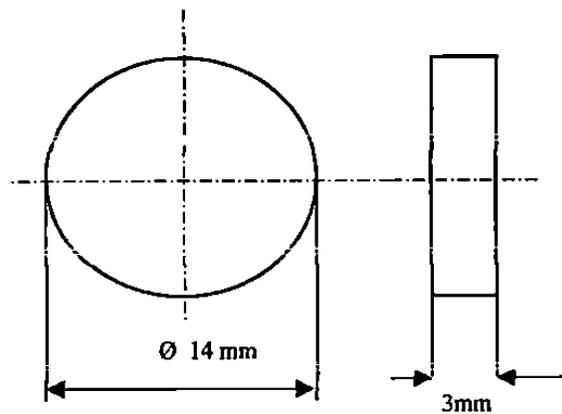
Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin bubut  
Tempat : Bengkel bubut Gamping Yogyakarta.
2. Jangka sorong
3. Mesin pengamplas  
Tempat : Laboratorium Material Teknik Mesin UMY
4. Kertas amplas dengan ukuran mesh 220, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500
5. *Stop watch*
6. Alat pelapis krom  
Tempat : Bina Krom, Bogem, Sleman, Yogyakarta
7. Kamera foto makro
8. Mikroskop untuk uji metalografi (Struktur mikro)  
Tempat : Laboratorium Bahan Diploma Teknik Mesin, UGM
9. Alat uji kekerasan *vickers*  
Tempat : Laboratorium Bahan Diploma Teknik Mesin, UGM
10. Alat uji Korosi  
Tempat : Laboratorium PTAPB-BATAN Yogyakarta
11. Kamera *digital*
12. Alat pendukung lainnya.

### 3.1.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Spesimen baja HQ 760, dengan dimensi spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Tebal 3 mm dan Diameter 14 mm



Gambar 3.1. Dimensi Spesimen Penelitian

2. Kertas tisu, kain lap, kuas, penjepit aki dan kawat besi
3. Autosol
4. Air bersih
5. *Detergen*
6. Larutan pembersih (HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
7. Larutan pelapis :
  - a) Pelapisan Nikel, larutan yang digunakan sebagai elektrolit adalah larutan nikel cerah dari *type Watts*, dengan komposisi sebagai berikut :
    - Nikel Sulfat : 330 gr/liter
    - Nikel Chlorida : 45 gr/liter
    - Boric Acid : 38 gr/liter
    - Temperatur : 45 - 67<sup>0</sup>C
    - pH : 1,5 – 4,5
    - Rapat Arus : 250-1000 A/m<sup>2</sup>

Sebagai anoda digunakan logam nikel murni yang berbentuk plat

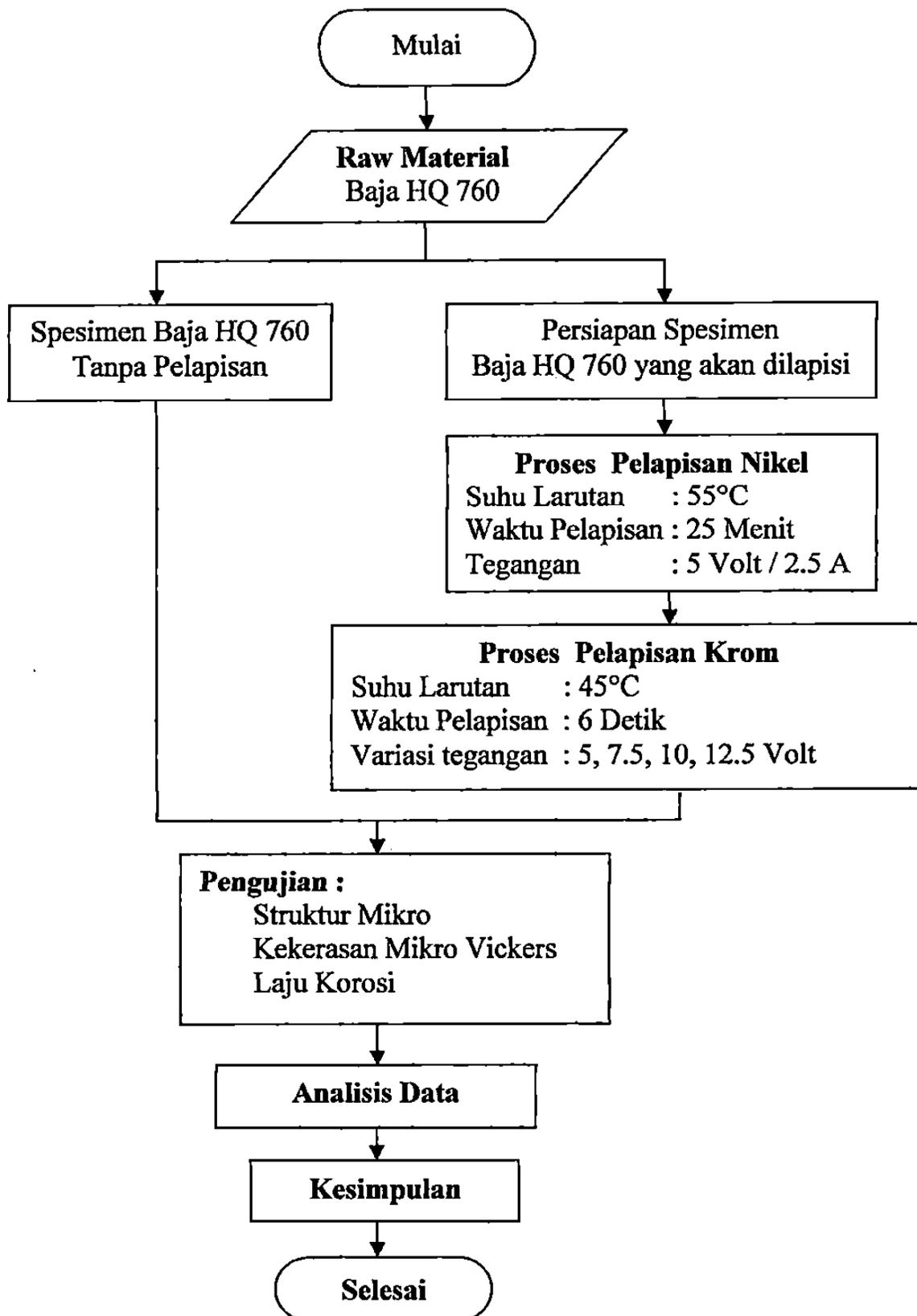
b) Pelapisan Khrom, larutan yang digunakan sebagai elektrolit adalah larutan krom dekoratif, dengan komposisi sebagai berikut :

- Chromic acid ( $\text{CrO}_3$ ) : 250 gr/liter
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  : 2,5 gr/liter
- Temperatur : 40-55<sup>0</sup>C
- Rapat Arus : 500-2500 A/m<sup>2</sup>
- Anoda yang digunakan adalah Timbal (Pb).

### 3.2. Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di beberapa tempat. Untuk pemotongan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin bubut di bengkel bubut Gamping Yogyakarta. Proses pengampelasan dan pemolesan dilakukan di laboratorium material teknik UMY, setelah dilakukan pemolesan spesimen selanjutnya dilakukan proses *elektroplating* krom di Bina Krom, Bogem, Sleman, Yogyakarta. Kemudian untuk uji foto makro, uji struktur mikro, dan uji kekerasan dilakukan di laboratorium Diploma Teknik Mesin UGM. Sedangkan untuk uji kerosi dilakukan di laboratorium PTADP BATAN Yogyakarta

### 3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2. Diagram alir penelitian

### 3.5. Persiapan dan Pembuatan Spesimen

Proses pengolahan spesimen dimulai dengan pemotongan material baja HQ 760 yang berbentuk balok-balok yang cukup besar menjadi spesimen yang berbentuk silinder berdiameter 14 mm dengan ketebalan 3 mm, menggunakan mesin bubut kemudian dilanjutkan dengan pemolesan permukaan spesimen, pemolesan ini dilakukan agar lapisan krom dan nikel benar-benar merata pada bagian permukaan spesimen.

Langkah-langkah pembuatan dan pengolahan spesimen adalah sebagai berikut:

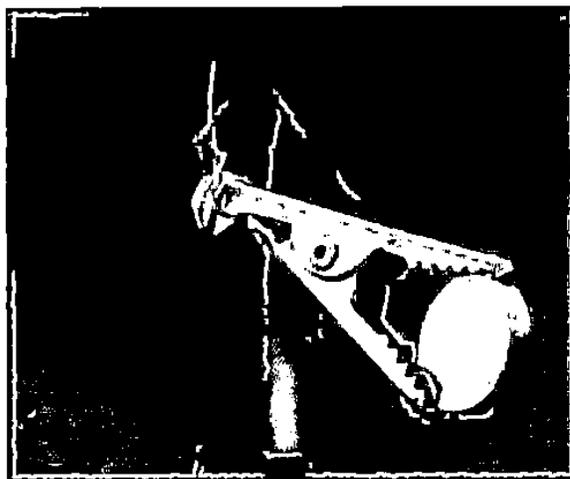
1. Proses pemotongan material baja HQ 760 menggunakan mesin pemotong logam (mesin bubut) berbentuk silinder dengan diameter = 14 mm dan tebal = 3 mm.
2. Memasang kertas amplas diatas kaca datar dengan cara direkatkan menggunakan isolasi *double layer*.
3. Menghaluskan salah satu sisi dari spesimen tersebut dengan cara menggosokkan di atas mesin pengamplas yang telah dipasang kertas amplas. Untuk permulaan menggunakan kertas amplas dengan ukuran mesh 220 sambil didinginkan dengan air dengan cara meneteskannya saat dilakukan pemolesan. Kemudian dengan langkah yang sama secara berurutan diganti dengan kertas amplas yang lebih halus dengan ukuran mesh 400, 600, 800, 1000, 1200 dan yang terakhir paling halus yaitu ukuran mesh 1500.
4. Untuk mendapatkan spesimen yang halus rata dan mengkilap, spesimen harus digosok menggunakan autosol.

### 3.6. Proses Pelapisan Krom

Sebelum proses pelapisan dilaksanakan, persiapkan dahulu spesimen yang akan digunakan dalam percobaan, serta peralatan yang akan digunakan untuk pengambilan data. Selanjutnya spesimen terlebih dahulu dibersihkan dengan menggunakan *detergen*, larutan HCl dan larutan  $H_2SO_4$  kemudian diberikan lapisan pendahulu yaitu lapisan nikel.

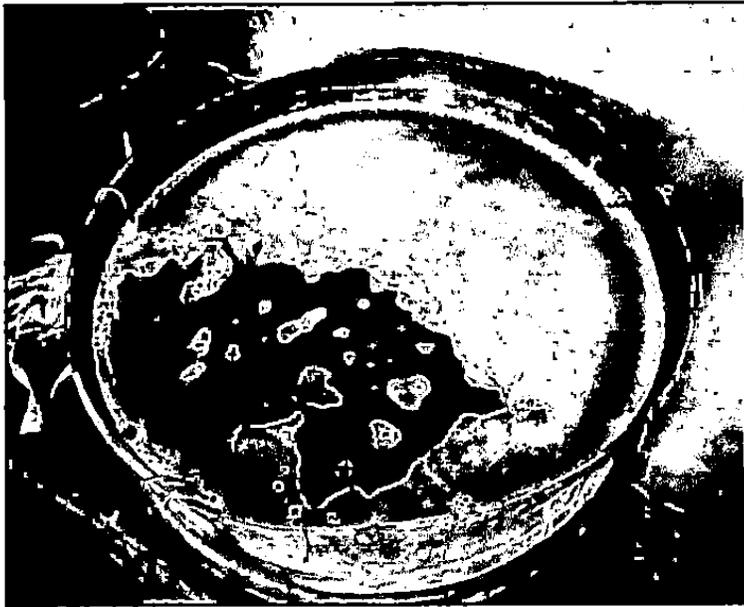
Langkah-langkah *elektroplating* krom adalah sebagai berikut:

1. Menjepit spesimen, sebelum dilakukan pembersihan dan pelapisan krom spesimen terlebih dahulu dijepit dengan menggunakan penjepit dengan sifat konduktor yang baik.



**Gambar 3.3.** Penjepitan Spesimen

2. Spesimen dimasukkan dalam bak yang berisi air agar terbebas dari kotoran-kotoran yang menempel. Jika pada spesimen terdapat minyak atau lemak, maka terlebih dahulu dicuci menggunakan bensin agar terbebas dari minyak/lemak. Pastikan bahwa spesimen telah terbebas dari minyak atau lemak, setelah itu cuci dengan menggunakan air sabun, untuk membersihkan bensin yang masih menempel, kemudian bilas dengan menggunakan air bersih untuk membersihkan air sabun (*detergen*)



**Gambar 3.4.** Pencucian spesimen dengan air sabun (*detergen*)

3. Memasukkan spesimen kedalam larutan HCl selama  $\pm$  15 menit, pencelupan ini berfungsi untuk menghilangkan oksida-oksida yang terdapat pada permukaan spesimen. Setelah benda diperkirakan sudah bersih, kemudian diangkat lalu dicuci lagi dalam air sabun kemudian bilas dengan air bersih.

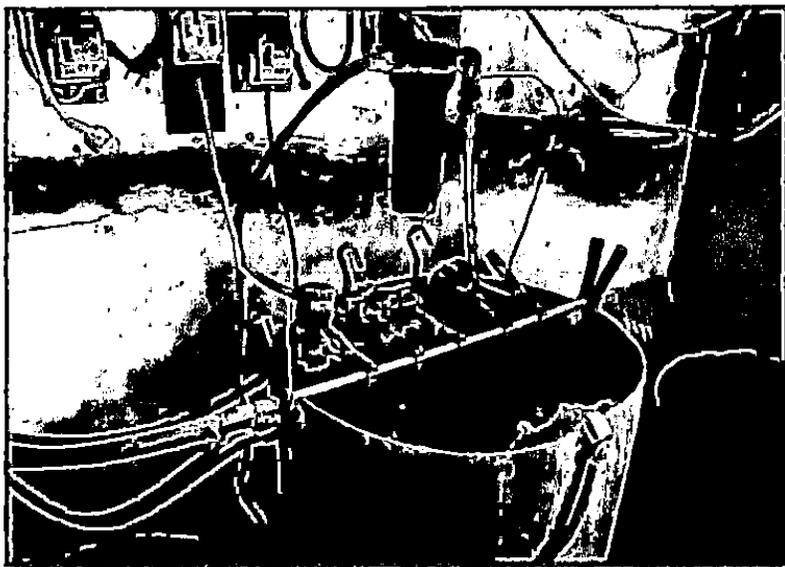


**Gambar 3.5.** Pembersihan Spesimen

4. Memasukkan spesimen kedalam larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) selama  $\pm$  5 menit sambil digoyang-goyangkan. Pencelupan ini berfungsi untuk

untuk pengaktifan, agar keadaan permukaan spesimen terbebas dari oksida-oksida, setelah itu diangkat dan siap untuk diplating.

5. Sebelum melakukan *elektroplating* nikel panaskan dahulu larutan dengan menggunakan *heater* sampai pada suhu kurang lebih  $40^{\circ}\text{C}$ – $67^{\circ}\text{C}$ . Pastikan kabel-kabel dan anoda terpasang dengan benar, untuk anoda nikel dihubungkan dengan kutub positif dari *out-put rectifier* dan spesimen pada kutub negatif dari *rectifier*. Hidupkan *blower* angin untuk menghasilkan gelembung udara dan hidupkan filter agar larutan selalu dalam keadaan bersih. Kemudian posisikan arus/tegangan *rectifier* pada tegangan listrik 5volt/2.5 A.
6. Setelah semuanya siap maka gantung spesimen dengan menggunakan kawat penggantung pada pipa tembaga yang telah dihubungkan dengan kutub negatif dari *rectifier*. Pastikan spesimen tercelup sempurna dalam larutan, setelah itu hidupkan *rectifier* dan biarkan spesimen tercelup selama 25 menit. Selama waktu proses pelapisan berlangsung spesimen tidak diangkat-angkat keluar karena hal ini akan berpengaruh terhadap hasil dari pelapisan.



Gambar 3.6. Proses *Elektroplating* Krom

7. Setelah waktu pencelupan  $\pm$  25 menit, matikan *rectifier* dan angkat spesimen lalu celupkan kedalam air bersih, setelah itu kembali di celupkan

kedalam larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sambil digoyang-goyangkan setelah itu angkat dan lakukan proses pelapisan khrom.

8. Sebelum melakukan proses pelapisan khrom panaskan dahulu larutan elektrolit kurang lebih  $40^{\circ}C$ –  $60^{\circ}C$  dan pastikan rangkaian listrik telah terpasang dengan benar. Anoda khrom dihubungkan dengan kutub positif dari *out put rectifier* sedangkan spesimen dihubungkan dengan kutub negatif dari *out put rectifier*.
9. Setelah semuanya telah siap, masukkan spesimen satu persatu kedalam larutan krom sesuai dengan variasi tegangan listrik yang diinginkan yaitu 5, 7,5, 10 dan 12,5 kemudian dihubungkan dengan kutub negatif dari *out-put rectifier* dan biarkan proses pelapisan berlangsung  $\pm 6$  detik, setelah proses pelapisan selesai angkat spesimen kemudian dicuci kedalam air bersih setelah itu keringkan, dan proses pelapisan untuk variasi tegangan listrik 5 volt telah selesai, selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan pelapisan krom untuk variasi tegangan listrik 7,5, 10 dan 12,5, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut ini.

**Tabel 3.1.** Spesifikasi variasi dan kondisi pelapisan khrom

<b>SPESIFIKASI PELAPISAN KROM</b>				
<b>No</b>	<b>Tegangan Listrik</b>	<b>Suhu Larutan</b>	<b>Waktu Celup</b>	<b>Jumlah</b>
1	5 Volt / 2,5 A	$45^{\circ}C$	6 Detik	2
2	7,5 Volt / 2,5 A	$45^{\circ}C$	6 Detik	2
3	10 Volt / 2,5 A	$45^{\circ}C$	6 Detik	2
4	12,5 Volt / 2,5 A	$45^{\circ}C$	6 Detik	2



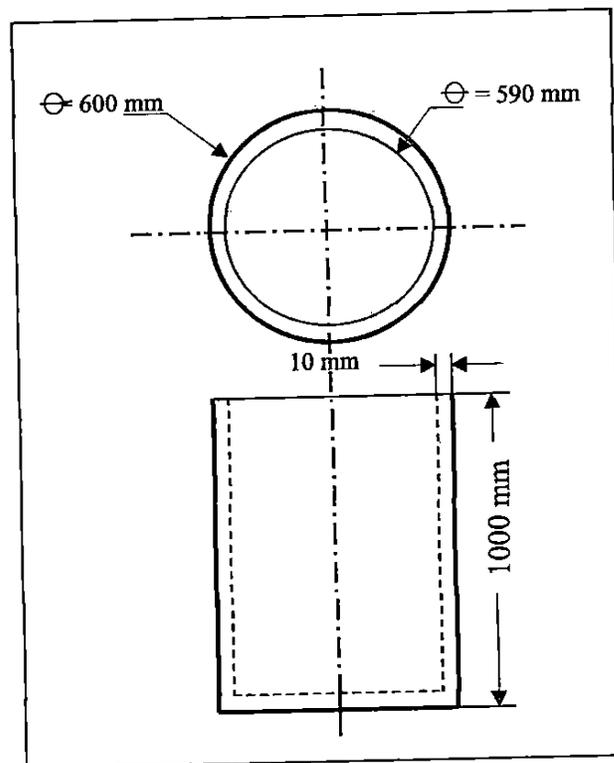
Gambar 3.7. *Rectifier* untuk Pelapisan Krom



Gambar 3.8. Bagian proses pelapisan krom

Spesifikasi bejana pelapisan krom :

Bahan bejana : Plastik  
Diameter luar bagian atas : 60 cm  
Diameter bagian dalam : 59 cm  
Diameter luar bagian bawah : 60 cm  
Tinggi : 100 cm



Gambar 3.9. Skema Bejana Pelapisan Krom

### 3.7. Perlakuan dan Pengujian

Spesimen tanpa dan dengan dilakukan perlakuan siap untuk dilakukan pengujian. Sebelumnya terlebih dahulu dilakukan foto makro selanjutnya dilakukan pengujian metalografi (struktur mikro), pengujian kekerasan dan pengujian korosi. Berikut ini penjelasan masing-masing dari pengujian serta jumlah spesimen yang digunakan dalam pengujian, seperti di tunjukkan pada Tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3.2.** Jumlah spesimen dalam pengujian

<b>No</b>	<b>Spesimen</b>	<b>Uji Struktur mikro</b>	<b>Uji Kekerasan</b>	<b>Uji Korosi (Elektrolisis)</b>
1	Tanpa Pelapisan	1	1	-
2	Pelapisan Nikel	1	1	1
3	Pelapisan Krom 5 Volt	1	1	1
4	Pelapisan Krom 7,5 Volt	1	1	1
5	Pelapisan Krom 10 Volt	1	1	1
6	Pelapisan Krom 12,5 Volt	1	1	1
<b>JUMLAH</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5</b>

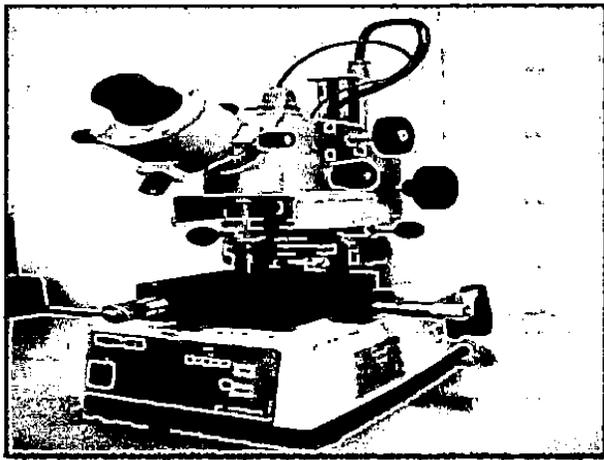
#### 3.7.1 Pengujian kekerasan

Pengujian *vickers* pertama kali diperkenalkan oleh R. Smith dan G. Sandland pada tahun 1925 di Inggris. Uji kekerasan Vickers ini didasarkan pada prinsip yang sama dengan Brinel, yaitu dengan cara penekanan penetrator piramid intan (injakan indentor) yang mempunyai sudut puncak  $136^\circ$  ke permukaan benda uji. Dalam injakan yang dihasilkan oleh penetrator membentuk sisi empat bersegi

Alat uji yang digunakan dalam pegujian ini yaitu alat uji dengan jenis *Micro Hardness Tester* milik Laboratorium bahan teknik, Diploma Teknik Mesin UGM seperti pada Gambar 3.10. berikut ini.

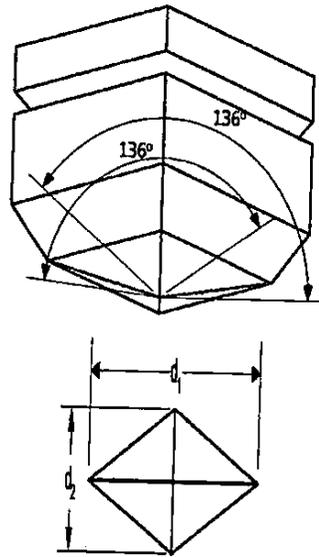
Spesifikasi alat uji kekerasan :

Nama alat uji	: <i>Micro Hardness Tester</i>
Tipe	: 38505 ( <i>inverted microscove</i> )
Daftar	: B2
Sandi pokok	: 221
Kode barang	: 0800
Satuan ke	: 147
Baban identasi	: 153,2 – 2450 N
Waktu pembebanan	: 5-10 Detik
Di produksi oleh	: Karl Frank GMBH Weinheim-Birkenau



**Gambar 3.10.** Alat Uji Kekerasan *Micro Hardness Tester* dengan jenis *inverted microscove* di Labororium Diploma Teknik Mesin UGM

Perhitungan kekerasan didasarkan pada panjang diagonal segi-empat bekas injakan (penekanan indentor), nilai kekerasannya disebut dengan kekerasan Vickers atau VHN (*Vickers Hardness Number*). Pengujian dilakukan pada tiga titik, hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai rata-rata kekerasan benda uji. Beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200 gf, dengan waktu pembebanan 5 detik. Maka nilai D diperoleh dari rata-rata  $D_1$  dan  $D_2$ . Prinsip pengukuran kekerasan Vickers dapat dilihat pada Gambar 3.11. dan besarnya dapat dihitung dengan dengan persamaan 3.1. berikut ini



**Gambar 3.11.** Skema kerja pengujian vickers (*Wilson Mechanical Division America Chain & Cable Company, Inc*)

$$HV = \frac{2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)P}{D^2} = \frac{2 \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)P}{D^2} = \frac{1,854 P}{D^2} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

P = beban tekan yang diberikan (kg)

D = panjang diagonal bekas injakan penetrator (mm)

$\theta$  = sudut puncak penetrator  
=  $136^\circ$

Bekas injakan oleh penetrator diamati dengan menggunakan mikroskop sehingga panjang diagonal bekas injakan penetrator dapat ditentukan. Hasil pembacaan dalam satuan strip, serta untuk mengetahui hasil pengukuran diagonal dalam satuan mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Dan pembesaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200X.

Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat uji kekerasan
2. Menyambungkan alat uji kekerasan tersebut dengan sumber listrik AC dari PLN
3. Menyiapkan spesimen yang akan di uji

4. Meletakkan spesimen uji tepat pada bagian bawah dari ujung indentor, pastikan spesimen posisinya rata diatas tempat alat uji yang sudah di siapkan agar didapatkan penekanan indentor secara merata
5. Pilih berat beban yang akan digunakan sebagai beban terpasang, dalam pengujian ini digunakan beban 200 gf/(0.2 kg)
6. Dengan menggunakan alat uji tersebut, pilih permukaan yang paling rata dan tekan tempat tersebut selama 5 detik dengan menggunakan indentornya, kemudian catat angka hasil kekerasannya (VHN)
7. Demikian selanjutnya dilakukan pada setiap spesimen pada 3 titik yang di pilih secara acak.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian ini yaitu kesejajaran dan kerataan antara permukaan atas dan bawah spesimen pada saat sebelum dilakukan penekanan. Sehingga diperoleh bekas injakan yang mendatar, ini ditunjukkan sesuai dengan bentuk piramida dibawah mikroskop. Jika bentuk dasar piramida berbentuk layang-layang maka bisa di pastikan bahwa permukaan spesimen tidak rata. Hal ini sangat menentukan keakuratan nilai diameter bekas injakan yang terbentuk oleh penetrator alat uji *vickers*, jika dalam perataannya mengalami kesulitan disarankan untuk menggunakan resin, sehingga lebih mudah untuk diratakan.

### 3.7.2 Pengujian struktur mikro

Dalam pengujian struktur mikro, kualitas, dan mutu bahan ditentukan dengan mengamati struktur di bawah mikroskop, disamping itu pula dapat mengamati cacat dan bagian yang tidak teratur. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop cahaya, tetapi apabila diperlukan pembesaran yang tinggi maka dipergunakan mikroskop cahaya. Dalam hal tertentu dipakai alat khusus yaitu mikroskop pirometri untuk mengamati perubahan-perubahan yang disebabkan oleh perubahan temperatur atau juga dapat dipakai penganalisa mikro untuk menganalisa kotoran kecil dalam struktur. Dengan pertolongan mikroskop dapat diteliti permukaan logam yang telah dipoles. Selain deformasi permukaan dapat

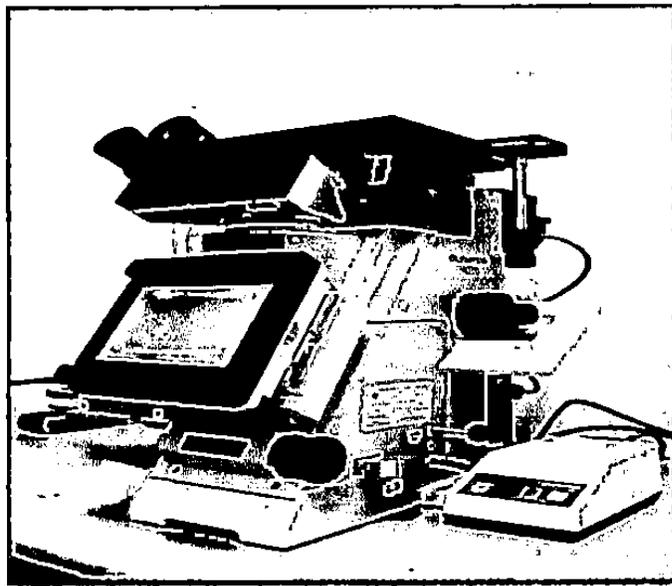
diperiksa juga susunan dari logam tersebut (ferit dan ferlit) dan untuk mengetahui ketebalan lapisan dalam bentuk foto spesimen yang diuji.

Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan alat uji dengan jenis *Olympus Metallurgical Microscope* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12, di Laboratorium Bahan Diploma Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan perbesaran 200X.

Spesifikasi alat uji metalografi (Struktur mikro) :

Nama alat uji : Mikroskop Logam Olympus

Model : PME 3



**Gambar 3.12.** Alat uji struktur mikro (*Olympus Metallurgical Microscope*)  
Di Laboratorium Diploma Teknik Mesin UGM

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian struktur mikro adalah sebagai berikut :

1. Meyiapkan spesimen an akan di uji (baja HQ 760)
2. Spesimen yang sudah siap, di mounting dengan resin, diampelas dan dipoles
3. Spesimen diesta dengan larutan  $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ , lalu dibilas menggunakan air bersih kemudian dikeringkan menggunakan kain halus

4. Menyiapkan mikroskop optik dan perlengkapannya yang telah dilengkapi dengan kamera beserta satu roll film berwarna dan dan dihubungkan dengan komputer
5. Menghidupkan tombol *power* pada alat uji struktur mikro
6. Meletakkan spesimen pada meja uji dan tegak lurus dengan lensa
7. Mengatur fokus sampai kelihatan permukaan yang paling jelas, kemudian lakukan langkah pemotretan dengan memfokuskan tepat pada spesimen uji melalui *Olympus metallurgical microscope* dan *Olympus photomicrographic system* dalam pengujian ini digunakan pembesaran 200 X
8. Setelah pemotretan selesai dilakukan, kemudian roll film dicuci (*Photo Scan*) dan dapat dilihat hasilnya dalam bentuk gambar.

### 3.7.3 Pengujian Korosi

Ada beberapa cara pengujian laju korosi yang dapat ditemui di lapangan. Salah satu uji korosi logam yang sering digunakan adalah cara polarisasi dengan menggunakan tiga sel elektroda tafel. Pengujian korosi dilaksanakan dengan menggunakan metode elektrolisis, menggunakan alat uji korosi tipe sel tiga elektroda yaitu PGS- 201 T bertempat di laboratorium milik PTAPB-BATAN Yogyakarta.

Prosedur untuk pengujian korosi ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan spesimen
2. Penyiapan larutan korosi yaitu air laut P.5X. (P.5 X artinya air laut yang digunakan telah dilakukan pemurnian sebanyak 5 kali, yaitu dimana untuk menghasilkan 1 liter elektrolit, digunakan 800 ml aquades ditambah dengan 200 ml air laut).

#### 3. Pemasangan spesimen

Spesimen dipasang pada elektroda kerja dengan permukaan yang halus menghadap keluar (agar tercelup larutan media pengkorosi), kemudian elektroda dipasang pada sel elektro kimia dan diikuti pemasangan elektroda kalomel dan platina pada sel elektrokimia.

4. Larutan air laut dimasukkan ke dalam sel elektrokimia sampai semua elektroda tercelup
5. Semua elektroda dihubungkan pada potensiostat
6. Pengukuran potensial lawan log intensitas arus benda uji

Spesifikasi alat uji korosi :

Nama alat uji	: Potensiostat/Galvanostat
Model	: PGS 201 T
Rentang tegangan	: -2500 mV samapai dengan 2500 mV
Rentang arus	: 200 nA sampai dengan 2 A
Diproduksi oleh	: Tacussel Electronique, Prancis



**Gambar 3.13.** Gambar alat uji korosi Potensiostat PGS-201T di Laboratorium PTAPB-BATAN Yogyakarta

7. Pengukuran dilakukan dengan memberikan potensial pada elektroda kerja dar -2500 mV sampai dengan 2500 mV dengan laju scanning 20 mV/menit. Analisa dimulai dengan menekan tombol “starting”.
8. Hasilnya berupa potensial vs log intensitas arus. Penentuan intensitas arus korosi ( $I_{kor}$ ) dengan cara analisa tafel secara semi manual sehingga didapat data  $I_{kor}$ ,  $E_{kor}$ ,  $\beta_{kat}$  dan  $\beta_{an}$ .

Pada pengujian ini akan diukur intensitas arus korosi ( $I_{kor}$ ) spesimen yang dicelupkan kedalam laruta dengan media larutan korosi yaitu air laut. Ketepatan

penentuan harga  $I_{kor}$  sangat diperlukan, karena  $I_{kor}$  berbanding dengan laju korosi suatu logam didalam lingkungannya.

Dengan mengukur besar arus yang mengalir pada rangkaian sel tiga elektroda, maka laju korosi dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 3.2 berikut ini (Jones, D.A., 1991).

$$r = 0,129 \frac{i(EW)}{D} \dots\dots\dots(3.2)$$

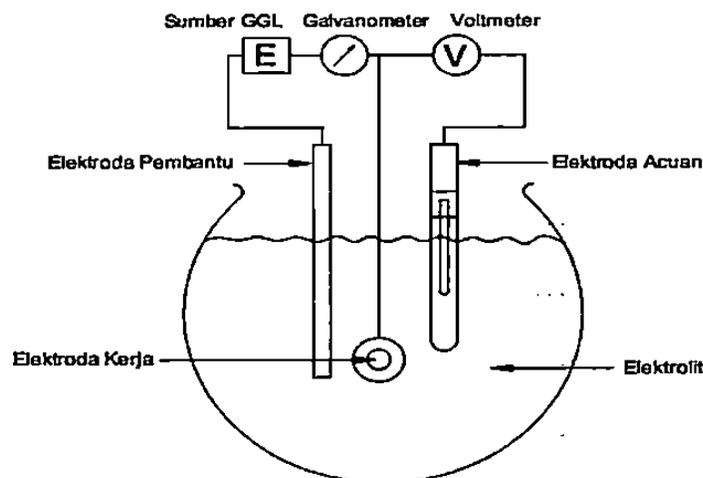
dengan  $r$  = laju korosi (mpy)

$i$  = rapat arus korosi ( $\mu A/ cm^2$ )

$EW$  = berat equivalen

$D$  = Massa jenis campuran ( $gr/cm^3$ )

Skema alat uji tiga sel elektroda diperlihatkan pada Gambar 3.14 berikut ini.



Gambar 3.14. Skema alat uji korosi tipe tiga sel elektroda.

Pengujian ini menggunakan tiga elektroda yaitu:

1. **Elektroda kerja** (*working electrode*)

Elektroda kerja sebagai elektroda yang akan diteliti, digunakan istilah elektroda kerja sebagai ganti dari anoda karena penelitiannya tidak terbatas hanya pada perilaku yang bersangkutan dengan anoda, tetapi juga menyelidiki tentang perilaku katoda

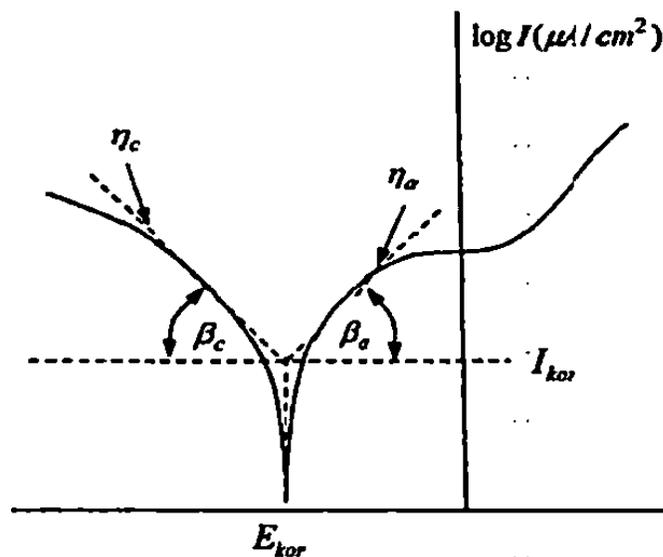
## 2. Elektroda pembantu (*counter/auxiliary electrode*)

Elektroda pembantu adalah elektroda kedua yang khusus untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial. Platina emas dan titanium dapat digunakan sebagai bahan elektroda pembantu.

## 3. Elektroda acuan (*reference electrode*)

Elektroda acuan adalah elektroda yang digunakan sebagai titik dasar yang sangat mantap untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Elektroda acuan yang sering digunakan adalah elektroda kalomel jenuh.

Ketiga elektroda tersebut dicelupkan ke dalam larutan elektrolit pada tabung elektrokimia dan terhubung dengan potensiostat/galvanostat. Proses korosi dimulai dengan pemberian potensial pada elektroda kerja dari -2000 mV sampai dengan 2000 mV dan di-*scanning* dengan kecepatan tertentu kemudian diplot pada diagram kurva potensial lawan logaritma intensitas arus seperti pada Gambar 3.15 berikut ini.



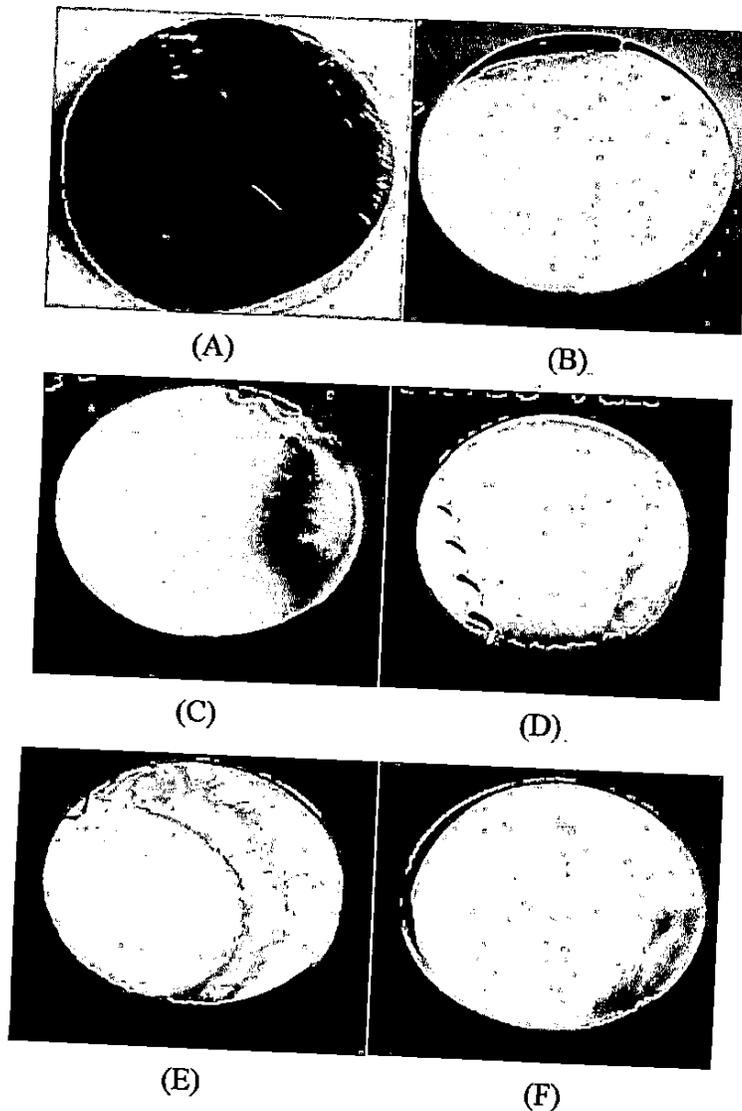
Gambar 3.15. Kurva potensial vs log intensitas arus



**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Hasil Uji Foto Makro**

Pengjian foto makro ini dilakukan untuk memperoleh perbandingan secara visual antara spesimen tanpa dan dengan dilakukan proses *elektroplating*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut ini.



**Gambar 4.1.** Foto makro pesimen, *Raw material* (A), *elektroplating* nikel (B), *elektroplating* krom 5 volt (C), *elektroplating* krom 7,5 volt (D), *elektroplating* krom 10 volt (E), *elektroplating* krom 12.5 volt (F).

Dari hasil uji foto makro yang di tunjukkan pada Gambar 4.1, dapat terlihat adanya perbedaan secara visual hasil dari proses *elektroplating* maupun *raw material* untuk tiap-tiap spesimen terhadap perlakuan yang telah diberikan. Gambar 4.1.A (Foto makro pesimen *Raw material* ), dimana pada gambar ini dapat terlihat adanya goresan-goresan pada permukaan spesimen. Adanya goresan-goresan pada permukaan tersebut kemungkinan besar disebabkan pada proses pengerjaan spesimen yaitu pada saat dilakukan pengampelasan, dimana arah pengampelasan yang dilakukan secara tidak beraturan.

Gambar 4.1.B yaitu spesimen baja HQ 760 setelah dilakukan *elektroplating* nikel. Secara visual dapat diamati pada permukaan spesimen tersebut, dimana lapisan nikel yang terbentuk cukup merata dan tidak terdapat bagian permukaan yang tidak terlapisi oleh larutan dan juga tidak terdapat lapisan yang terbakar akibat proses *elektroplating*. Akan tetapi pada bagian permukaan spesimen tersebut terlihat adanya butiran-butiran halus, butiran-butiran halus yang terlihat jelas pada Gambar 4.1.B berasal dari kotoran yang menempel pada saat proses pengujian foto makro dilakukan.

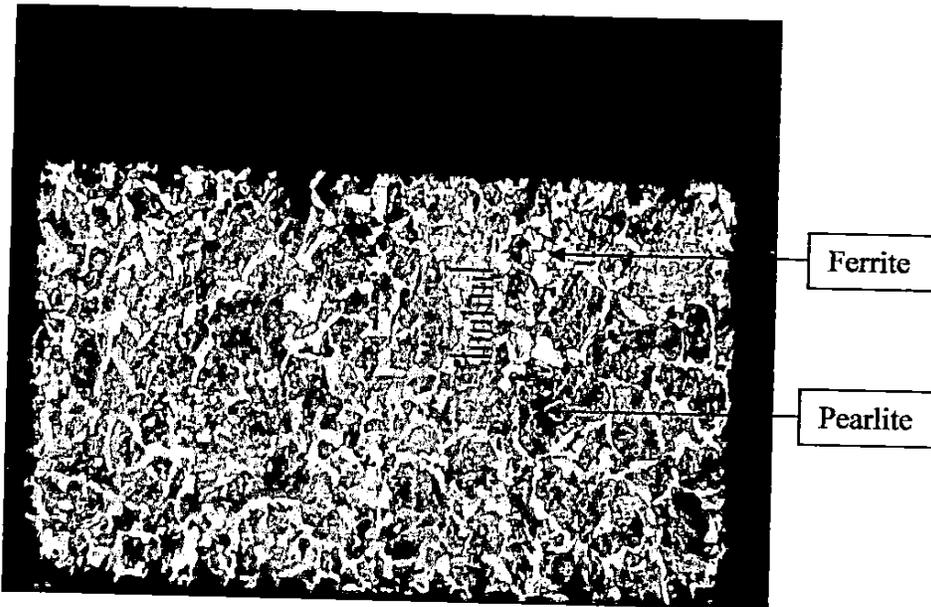
Sedangkan hasil foto makro untuk spesimen yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.C, 4.1.D dan 4.1.E, dapat terlihat adanya beberapa cacat yang terdapat pada permukaan spesimen. Cacat ini terjadi karena kesalahan-kesalahan yang dilakukan pada saat proses *elektroplating*. Dari ke empat gambar tersebut terdapat beberapa cacat yang sama pada bagian permukaan spesimen, cacat tersebut berupa adanya lekukan-lekukan yang berasal dari penjepit yang digunakan untuk menjepit spesimen saat dilakukan proses *elektroplating*. Selain itu adanya cacat pada permukaan spesimen yang berupa adanya bayang-bayang hitam seperti bayangan asap pada permukaan spesimen. Bayang-bayang hitam yang tampak seperti asap ini disebut *staining*, bayang-bayang hitam ini menjadi pembatas antara daerah yang mendapatkan pelapisan yang lebih tebal dibandingkan dengan 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

Kemungkinan juga penyebab dari warna gelap pada permukaan spesimen tersebut berasal dari laju pendinginan spesimen yang terlalu cepat setelah spesimen diangkat dari bak plating (Purwanto., Huda, S., 2005). Dimana pada saat spesimen diangkat dari bak plating, spesimen masih dalam keadaan panas kemudian langsung dicelupkan ke dalam air, Besi atau baja apabila besi tersebut masih dalam keadaan panas kemudian dicelupkan ke dalam air dingin, maka akan terbentuk warna gelap pada bagian permukaan dari besi/baja tersebut.

#### **4.2. Hasil Uji Struktur Mikro**

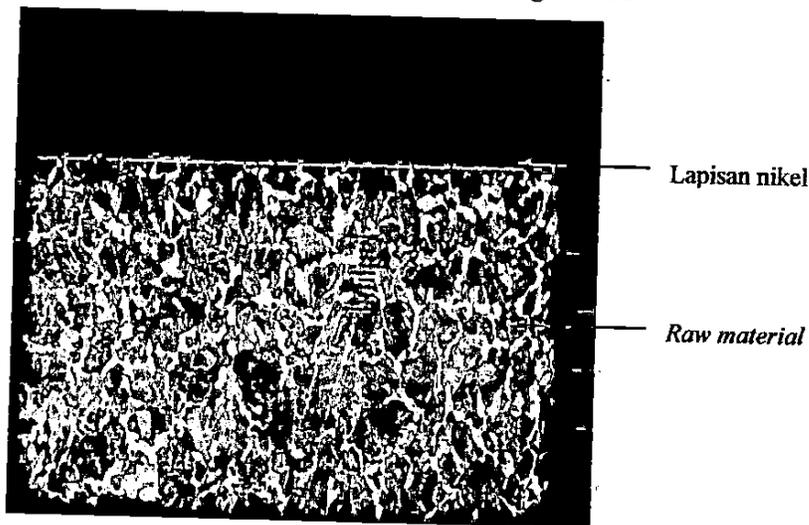
Pengujian struktur mikro ini bertujuan untuk mendapatkan foto-foto struktur mikro material (*micro structure material*). Pada pengujian ini tiap-tiap spesimen diambil satu daerah pemotretan, contohnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.a dan 4.2.b yaitu daerah hasil pemotretan (foto struktur mikro) spesimen *raw material* dan foto struktur mikro spesimen yang telah dilakukan *elektroplating* nikel menggunakan tegangan listrik 5 volt dengan waktu celup 30 menit.

Dalam penelitian ini pengambilan foto-foto struktur mikro untuk tiap-tiap spesimen dilakukan dengan pembesaran 200X dengan skala 50  $\mu\text{m}$  pada saat proses pengambilan gambar. Pemotretan ini dilakukan di Laboratorium *Material Testino* Jurusan Diploma Teknik Mesin UGM. menggunakan mikroskop dengan



Gambar 4.2.a. Foto struktur mikro spesimen tanpa dilakukan proses *elektroplating* (*Raw material*), dengan pembesaran 200X, skala 50  $\mu\text{m}$ .

Gambar 4.2.a menunjukkan struktur kristal material dasar dari baja IIQ 760, dimana struktur kristal dari baja ini tersusun dari fasa ferrite dan pearlite (fasa ferrite berwarna terang dan fasa pearlite berwarna gelap). Ferrite mempunyai sel satuan bcc (*body centered cubic*) yang menunjukkan titik mulur yang jelas dan menjadi getas pada suhu rendah. Sedangkan pearlite, mempunyai sifat yang tangguh, ulet dan kuat, akan tetapi mudah terserang korosi.



Gambar 4.2.b. Foto struktur mikro spesimen setelah dilakukan *elektroplating* nikel dengan pembesaran 200X, skala 50  $\mu\text{m}$ .

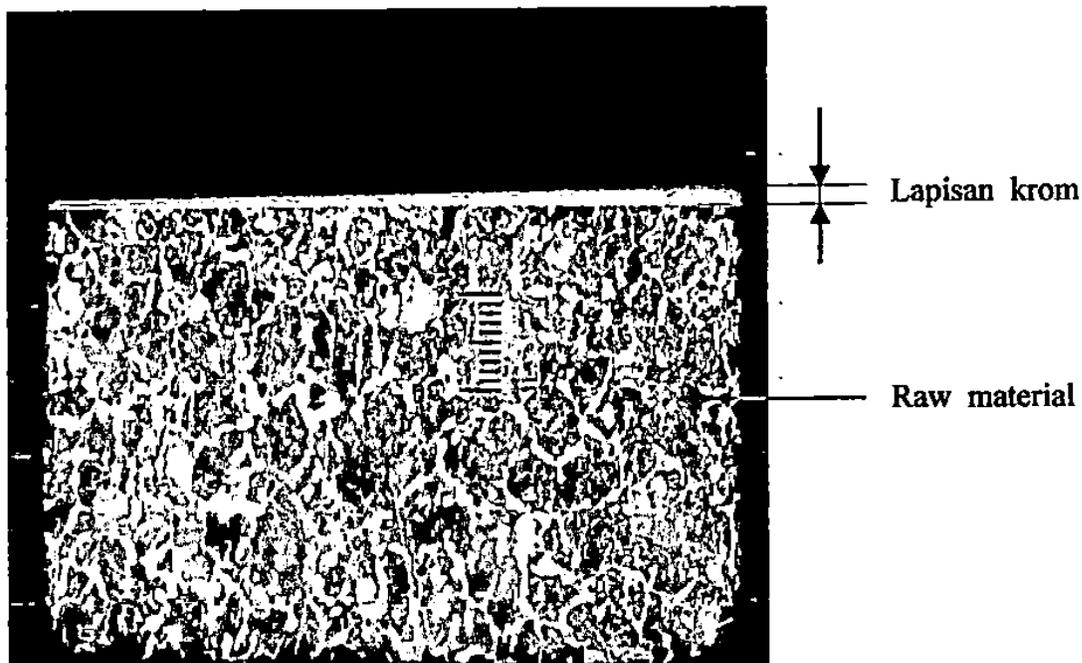
Proses pelapisan nikel dilakukan pada suhu  $55^{\circ}\text{C}$  dengan tegangan listrik 5 volt dengan waktu pelapisan 25 menit. Menurut Riyadi (2006), pada kondisi operasi ini akan membuat pelapisan nikel menghasilkan lapisan yang baik, dimana semua logam nikel akan menempel baik pada seluruh permukaan baja. Disamping itu ketebalan lapisan nikel yang terbentuk juga cukup bagus tidak terlalu tipis dan tidak terlalu tebal, selain itu tidak terdapat cacat lapisan ataupun kerapuhan hidrogen. Proses pelapisan yang dilakukan selama 25 menit ini juga akan menghasilkan lapisan yang cukup merata pada semua sisi permukaan spesimen.

Bila proses pelapisan dilakukan lebih dari 25 menit, misalnya dengan menggunakan waktu pelapisan 60 menit atau 90 menit, maka akan terdapat cacat pada hasil lapisan yang terbentuk, Riyadi (2006). Cacat tersebut antara lain terdapat bagian lapisan nikel yang tidak menempel dengan sempurna pada permukaan spesimen. Hal ini terjadi karena waktu pelapisan yang terlalu lama sehingga arus yang mengalir menimbulkan panas dan lapisan nikel akan menjadi terbakar.

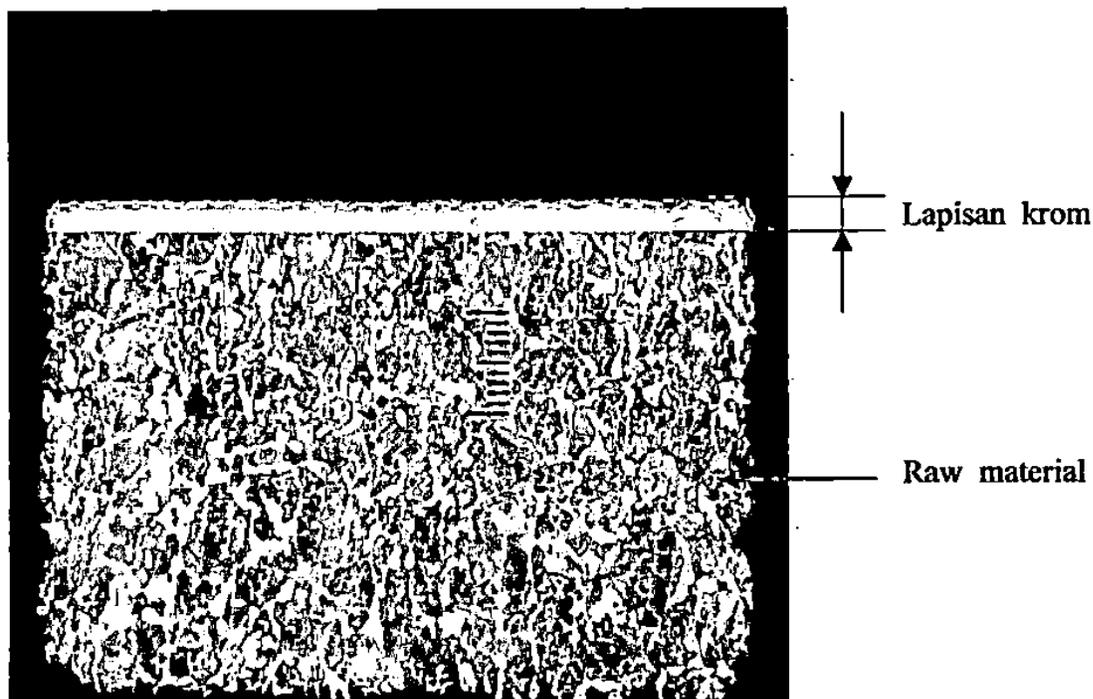
Selain itu proses pelapisan yang terlalu lama juga akan menyebabkan ion hidrogen yang terbentuk pada permukaan katoda mengalami reduksi menjadi gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Gas hidrogen yang mengendap pada permukaan katoda akan semakin banyak, dimana atom-atom hidrogen yang mengendap ini akan menyebabkan daya lekat hasil lapisan menjadi kurang kuat. Sehingga lapisan nikel yang terbentuk menjadi mudah terkelupas atau bahkan tidak melekat sama sekali pada permukaan katoda. Dan juga terdapat cacat yang lain yaitu dengan proses pelapisan yang terlalu lama akan menyebabkan terkonsentrasinya massa nikel diujung bagian bawah lapisan induk, konsentrasi massa lapisan nikel ini terjadi karena adanya efek gravitasi.

Hasil pengujian foto struktur mikro untuk proses *elektroplating* krom terhadap variasi tegangan *elektroplating* dan temperatur proses pelapisan yang berkisar antara  $45^{\circ}\text{C}$ - $67^{\circ}\text{C}$ . Ternyata pada kondisi operasi ini tidak mampu menggetarkan kristal logam dasar, maka tidak terjadi difusi atau tidak terjadi perubahan pada bentuk struktur kristal logam dasar, (Raharjo, S., 2010). Hal ini

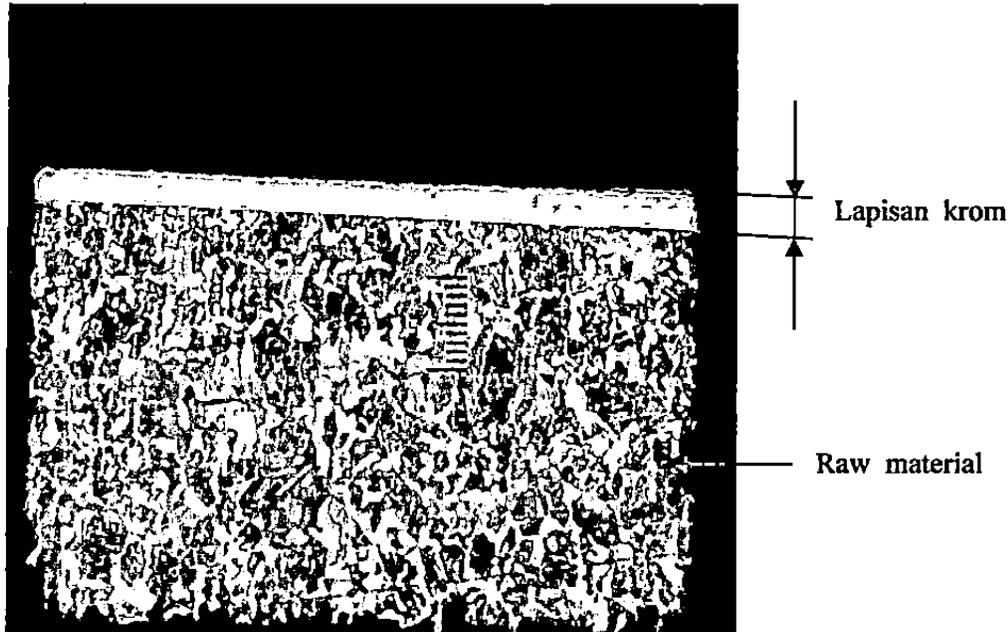
dapat dilihat pada hasil foto struktur mikro material setelah dilakukan *elektroplating* krom seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut ini.



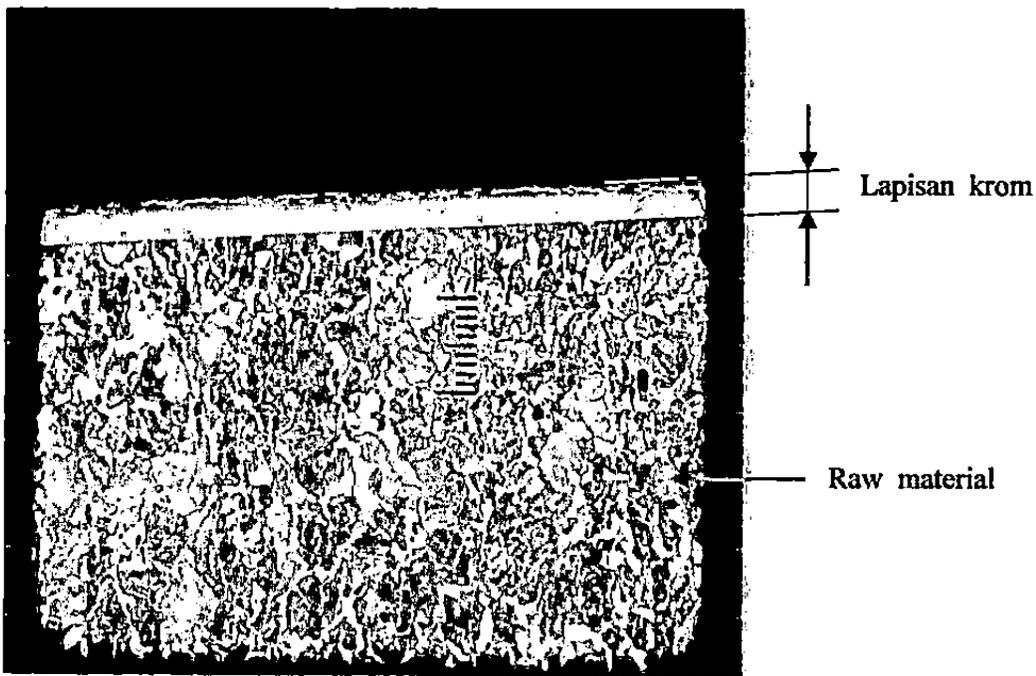
**Gambar 4.3.a.** Foto struktur mikro spesimen setelah dilakukan *elektroplating* krom dengan tegangan listrik 5 volt dengan pembesaran 200X, skala 50  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.3.b.** Foto struktur mikro spesimen setelah dilakukan *elektroplating* krom dengan tegangan listrik 7.5 volt dengan pembesaran 200X, skala 50  $\mu\text{m}$ .



Gambar 4.3.c. Foto struktur mikro spesimen setelah dilakukan *elektroplating* krom dengan tegangan listrik 10 volt dengan pembesaran 200X, skala 50  $\mu\text{m}$ .

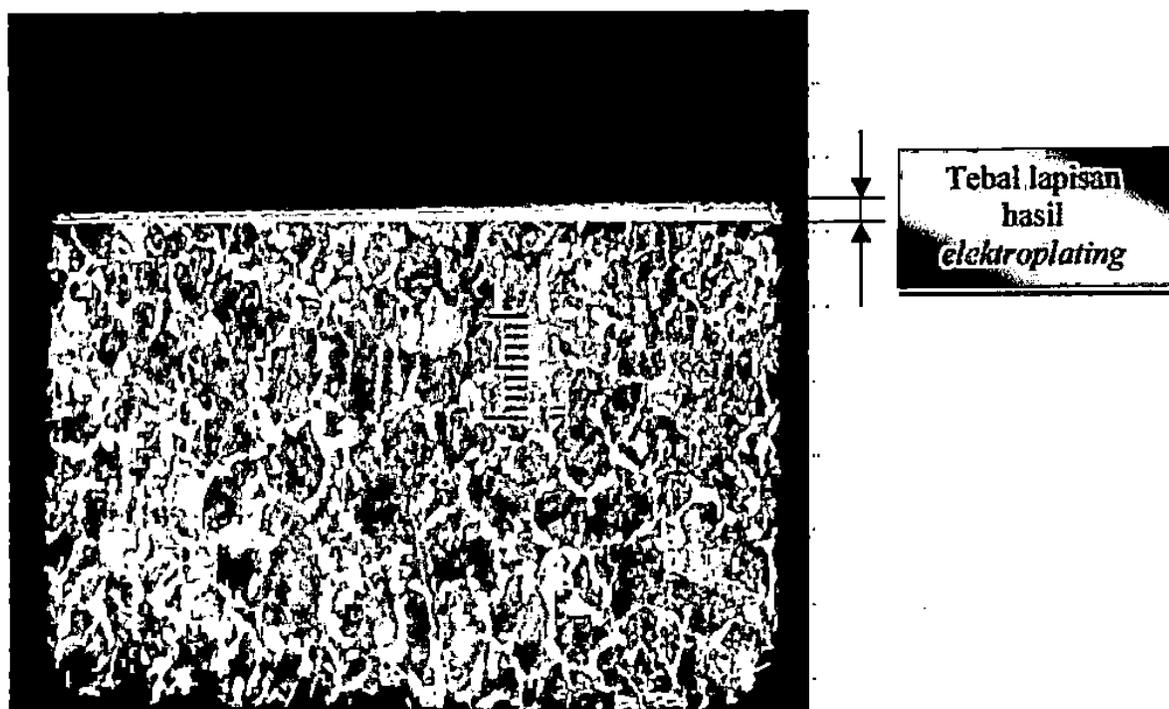


Gambar 4.3.d. Foto struktur mikro spesimen setelah dilakukan *elektroplating* krom dengan tegangan listrik 12,5 volt dengan pembesaran 200X, skala 50  $\mu\text{m}$ .

Gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa untuk proses *elektroplating* krom dengan variasi tegangan listrik 5, 7,5, 10 dan 12,5 volt/2,5 A, dengan temperatur larutan 45°C dan waktu celup 6 detik. Ternyata pada kondisi operasi ini tidak mampu menggetarkan kristal logam dasar, maka tidak terjadi difusi atau tidak terjadi perubahan pada bentuk struktur kristal logam dasar jenis HQ 760.

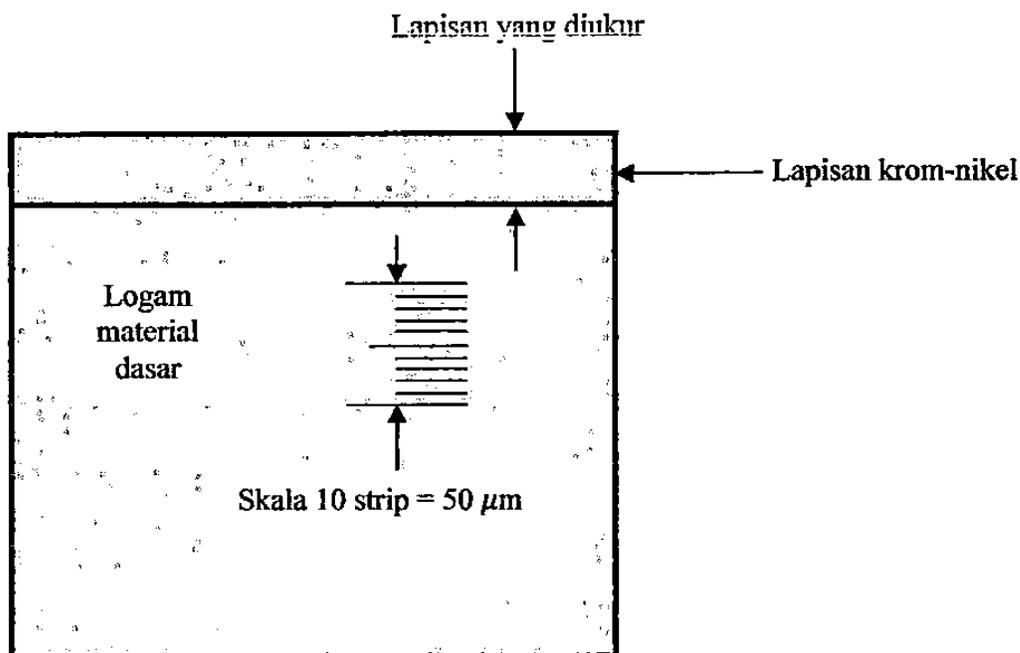
### 4.3. Hasil Uji Ketebalan Lapisan

Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan dengan cara pengamatan spesimen pada mikroskop, kemudian dilakukan pemotretan. Setelah itu pengukuran ketebalan lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen dilakukan dengan cara mengukur lapisan pada foto hasil pemotretan (foto struktur mikro), sehingga dapat diperoleh tebal lapisannya. Sebagai contoh perhitungan tebal lapisan, dipakai data foto struktur mikro dengan tegangan listrik proses pelapisan krom 5 volt, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4. Foto struktur mikro foto spesimen dengan tegangan listrik proses pelapisan krom 5 V dengan pembesaran 200X skala 50  $\mu\text{m}$

Dari foto struktur mikro yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 di ukur ketebalan lapisan pada permukaan spesimen dengan langkah pengukuran dapat di tunjukkan pada Gambar 4.5 berikut ini.



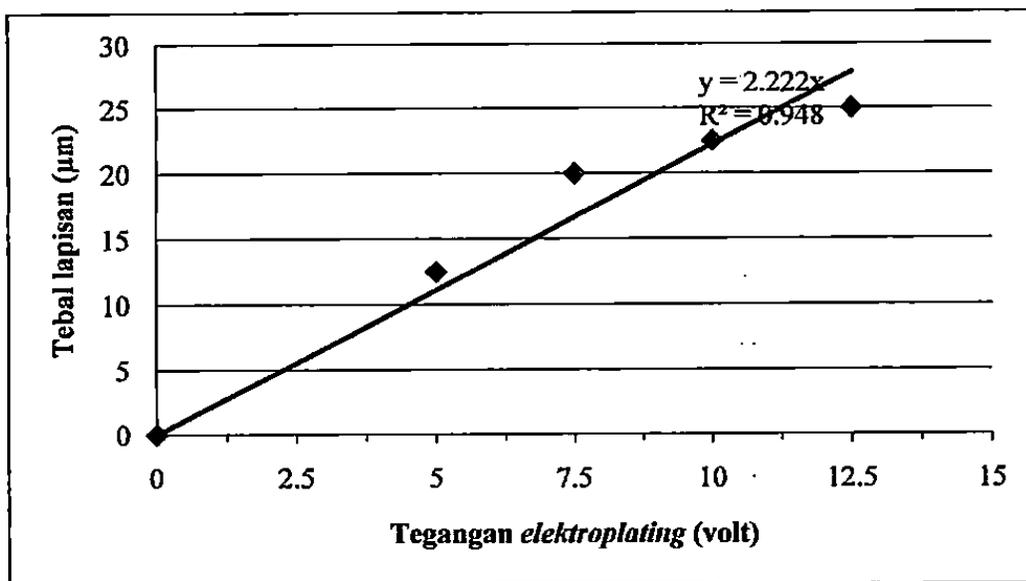
**Gambar 4.5.** Cara pengukuran ketebalan lapisan pada foto struktur mikro spesimen

Dari cara pengukuran ketebalan lapisan pada foto struktur mikro spesimen yang ditunjukkan pada Gambar 4.5, sehingga dengan mudah didapatkan ketebalan lapisannya. Sebagai contoh untuk pengukuran ketebalan lapisan digunakan data pada foto struktur mikro hasil proses *elektroplating* krom dengan menggunakan tegangan listrik 5 volt. Dari pengukuran pada foto struktur mikro tersebut diperoleh hasil pengukuran sebesar  $12,5 \mu\text{m}$ . Lapisan yang diukur pada foto struktur mikro tersebut adalah lapisan krom-nikel dan lapisan yang terbentuk sebelum krom-nikel yang menempel pada permukaan spesimen yang kemungkinan muncul akibat proses preparasi yang kurang baik ataupun muncul akibat proses pelapisan krom-nikel itu sendiri. Selanjutnya dengan menggunakan cara yang sama maka didapatkan ketebalan lapisan untuk masing-masing spesimen yaitu pada tegangan listrik pelapisan 7,5, 10, 12,5 volt dan juga untuk

Setelah semua data ketebalan lapisan sudah diketahui, selanjutnya data tersebut dapat dicatat seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4.1.** Data hasil pengujian ketebalan lapisan

No	Spesimen	Waktu pelapisan (Detik)	Tebal lapisan ( $\mu\text{m}$ )
1	Raw material	-	-
2	Krom 5 volt	6	12,5
3	Krom 7,5 volt	6	20
4	Krom 10 volt	6	22,5
5	Krom 12,5 volt	6	25



**Gambar 4.6.** Grafik hubungan antara tebal lapisan dan tegangan listrik pada proses *elektroplating* krom

Gambar 4.6 menunjukkan adanya hubungan antara variasi tegangan listrik pelapisan krom (5, 7,5, 10 dan 12,5 volt) untuk waktu celup 6 detik terhadap tebal lapisan yang terbentuk. Dimana pada grafik tersebut data hasil pengujian ketebalan lapisan terhadap besarnya tegangan listrik pada proses *elektroplating* ditampilkan dalam bentuk data diskrit sedangkan *trendline* berupa garis kontinu merupakan fungsi persamaan matematik dari data diskrit dengan menggunakan pendekatan regresi linier. Dengan garis *trendline* tersebut maka didapatkan nilai koefisien determinasi (R Square). Nilai koefisien determinasi adalah nilai derajat hubungan erat antara data yang satu dengan data yang lain. Berdasarkan data hasil

pengujian, didapatkan nilai R square = 0.948, dengan persamaan garisnya  $y = 2.222x$ . Nilai koefisien tersebut mendekati 1, artinya hubungan linear searah yang sempurna. Hal ini berarti 94.80 % tebal lapisan hasil dari proses *elektroplating* krom dipengaruhi oleh besarnya tegangan listrik yang digunakan. Maka letak titik-titik atau data diskrit hasil pengujian ketebalan lapisan terhadap besarnya tegangan yang digunakan berada dekat atau mendekati tepat pada garis regresi linear. Oleh karena itu, *trendline* yang dibuat pada grafik berdasarkan ilmu statistik dapat mewakili data diskrit hasil pengujian.

Analisis berdasarkan *trendline* pada Grafik 4.6 tersebut, menunjukkan bahwa seiring dengan naiknya tegangan listrik pada proses *elektroplating* yang digunakan, maka ketebalan lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan tegangan listrik sangat mempengaruhi jumlah muatan listrik yang mengalir dari anoda ke katoda, yaitu dimana semakin besar tegangan listrik yang diberikan maka dengan waktu yang sama jumlah ion-ion yang mengalir ke katoda akan semakin banyak dan semakin cepat akan menempel ke katoda, akan tetapi jika tegangan listrik yang diberikan terlalu besar, maka kemungkinan besar lapisan yang terbentuk pada spesimen akan menjadi hangus. Dengan menggunakan waktu celup selama  $\pm 6$  detik, hasil lapisan yang terbentuk cukup tebal, begitu juga terhadap kondisi permukaan lapisan hasil dari proses *elektroplating* yang terbentuk cukup halus. Pada kondisi operasi dengan menggunakan waktu celup selama  $\pm 6$  detik ini, tidak terdapat adanya butiran-butiran kristal larutan yang dapat mengakibatkan kasarnya permukaan lapisan yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada gambar hasil foto makro pada Gambar 4.1, walaupun telah dilakukan perbedaan tegangan yang digunakan yaitu 5, 7,5, 10 dan 12,5 volt.

#### 4.4. Uji Kekerasan

##### 4.4.1. Data Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada spesimen baja HQ 760 ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis permukaan dari material yang terdiri dari spesimen sebelum dilakukan perlakuan (*Raw material*) dan sesudah dilakukan perlakuan

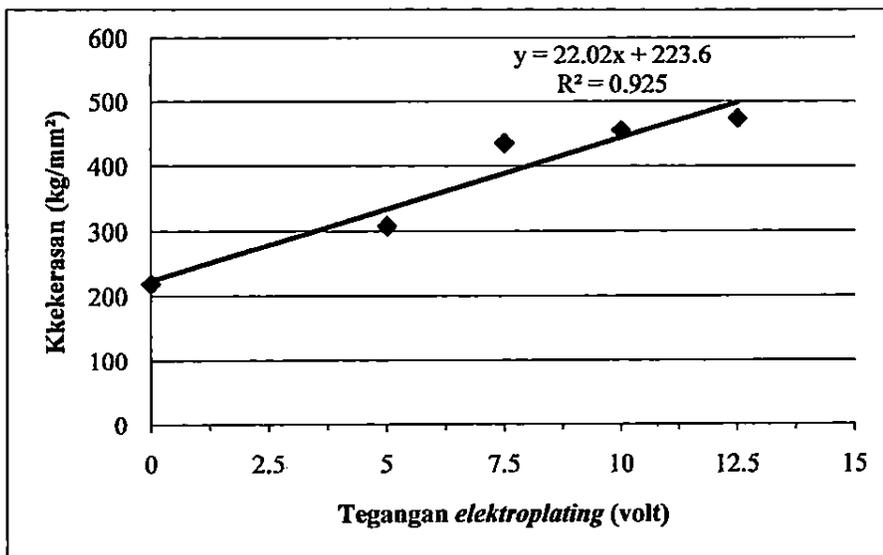
(*electroplating*). Pada pengujian kekerasan ini alat uji yang digunakan adalah *Micro Hardness Tester* MMT-X7 Matsuzawa dimana setiap spesimen pengujian dilakukan pada 3 titik yang dipilih secara acak dan menggunakan pembebanan 200 gf dengan lama waktu pembebanan 5 detik. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

**Tabel 4.2.** Data hasil pengujian kekerasan baja HQ 760 tanpa dan dengan dilakukan proses *elektroplating*

No	Spesimen	d <sub>1</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>2</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>rata-rata</sub> ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan ( $\text{kg/mm}^2$ )	Standar Deviasi ( $\sigma$ )
1	Tanpa Pelapisan ( <i>Raw material</i> )	43,0	40,0	41,50	215,3	23,607
2		40,5	42,5	41,50	215,3	
3		40,0	41,0	40,50	226,1	
					$\Sigma = 218,9$	
4	Nikel	27,0	26,5	26,75	518,3	42,890
5		28,5	28,0	28,25	464,7	
6		30,0	28,5	29,25	433,5	
					$\Sigma = 472,17$	
7	Krom 5 volt	35,0	36,0	35,50	294,3	13,252
8		34,5	33,5	34,00	320,8	
9		34,5	35,0	34,75	307,1	
					$\Sigma = 307,4$	
10	Krom 7,5 volt	29,0	28,5	28,75	448,7	31,502
11		28,0	29,0	28,50	456,9	
12		31,0	30,0	30,50	398,7	
					$\Sigma = 434,77$	
13	Krom 10 volt	27,5	28,0	27,75	481,6	24,587
14		29,0	29,5	29,25	433,5	
15		29,0	28,5	28,75	448,7	
					$\Sigma = 454,6$	
16	Krom 12,5 volt	28,0	29,0	28,50	456,6	14,434
17		27,5	28,0	27,75	481,6	
18		27,5	28,0	27,75	481,6	
					$\Sigma = 473,27$	

Dari tabel hasil pengujian kekerasan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dapat diketahui nilai kekerasan rata-rata dari tiap-tiap spesimen baik sebelum dan sesudah dilakukan proses *elektroplating*, terhadap variasi tegangan pelapisan yang digunakan. Pada tabel tersebut terlihat harga kekerasan spesimen setelah dilakukan *elektroplating* nikel lebih tinggi dari kekerasan spesimen setelah dilakukan pelapisan krom. Adapun kemungkinan penyebab dari tingginya harga kekerasan lapisan nikel tersebut disebabkan pada saat pengujian kekerasan, terjadi elastisitas pada lapisan nikel yang terbentuk setelah penetrator alat uji kembali keposisi semula (setelah dilakukan indentasi), karena pada dasarnya harga kekerasan nikel lebih rendah dari harga kekerasan krom.

Untuk spesimen setelah dilakukan *elektroplating* krom terhadap variasi tegangan yang digunakan, hasilnya dapat dilihat pada grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7 berikut ini.



**Gambar 4.7.** Grafik hubungan antara kekerasan dan tegangan listrik *elektroplating* krom.

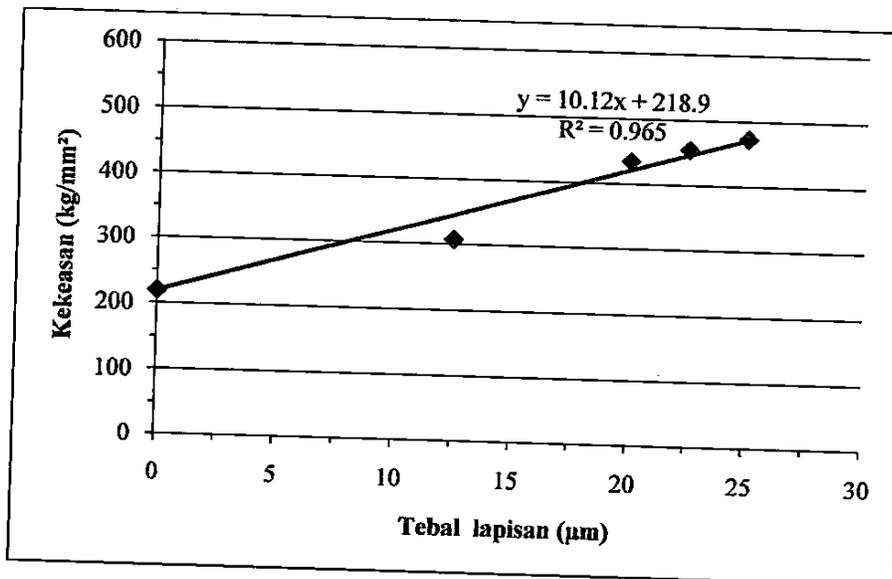
Gambar 4.7 menunjukkan adanya kenaikan harga kekerasan seiring dengan kenaikan tegangan listrik *elektroplating* yang digunakan untuk tiap-tiap spesimen. Berdasarkan grafik tersebut, dimana data hasil pengujian kekerasan terhadap besarnya tegangan listrik *elektroplating* krom yang digunakan, ditampilkan dalam bentuk data diskrit, sedangkan *trendline* berupa garis kontinyu



Dari Tabel 4.2 juga dapat diperoleh hubungan antara tebal lapisan hasil elektroplating terhadap angka kekerasannya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.8 berikut ini.

**Tabel 4.3.** Data hasil pengujian serta analisa perhitungan nilai kekerasan dan ketebalan lapisan setelah dilakukan *elektroplating* krom

No	Spesimen	Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )	Tebal lapisan (μm)
1	Raw material	218,9	-
2	Krom 5 volt	307,4	12,5
3	Krom 7,5 volt	434,77	20
4	Krom 10 volt	454,6	22,5
5	Krom 12,5 volt	473,27	25



**Gambar 4.8.** Grafik hubungan antara kekerasan dan ketebalan lapisan krom

Gambar 4.8 menunjukkan adanya kenaikan harga kekerasan seiring dengan meningkatnya ketebalan lapisan hasil *elektroplating* yang digunakan untuk tiap-tiap spesimen. Berdasarkan data hasil pengujian tersebut, besarnya tegangan listrik pada proses *elektroplating* terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan ditampilkan dalam bentuk data diskrit, sedangkan *trendline* berupa garis kontinyu merupakan fungsi persamaan matematik dari data diskrit dengan menggunakan pendekatan regresi linier. Dengan garis *trendline* tersebut maka

diperoleh nilai koefisien determinasi (R Square). Nilai koefisien korelasi adalah nilai derajat hubungan erat antara data yang satu dengan data yang lain. Berdasarkan data hasil pengujian, didapatkan nilai R square = 0.965. Nilai R square ini merupakan koefisien determinasi yang menunjukkan besarnya pengaruh tegangan listrik *elektroplating* krom yang digunakan (sumbu absis x) terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan (sumbu ordinat y), dan dari garis *trendline* diperoleh persamaan matematis regresi linier  $y = 22.02x + 223.6$ , dimana nilai y ini merupakan harga kekerasan yang diprediksi terhadap besarnya tegangan listrik yang digunakan.

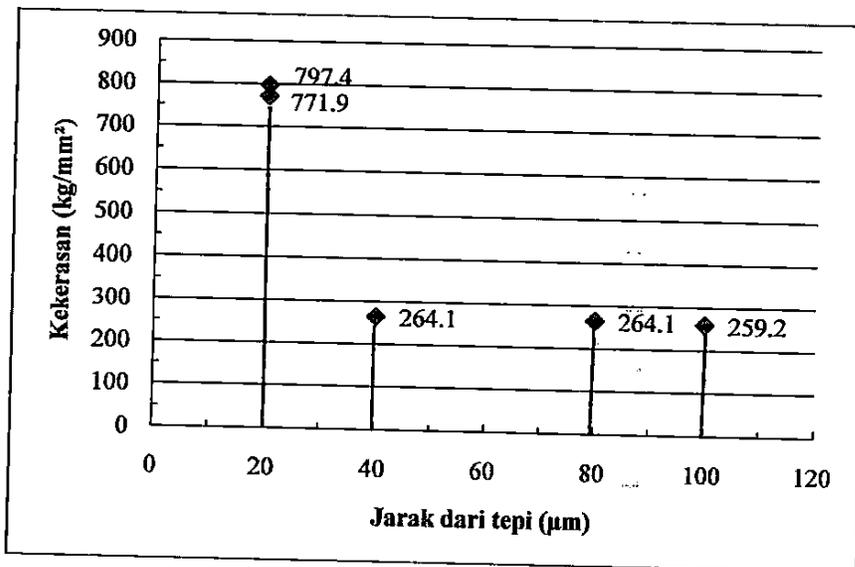
Dengan meningkatnya tebal lapisan krom yang menempel pada permukaan spesimen berbanding lurus terhadap besarnya angka kekerasan dari hasil *elektroplating* krom yang dihasilkan, yaitu 96.50 % kenaikan harga kekerasan dipengaruhi oleh tebal lapisan. Semakin tebal lapisan krom menyatakan banyaknya ion-ion yang menempel ke permukaan spesimen, dari banyaknya ion-ion yang menempel maka ketebalan lapisan yang dihasilkan juga akan semakin bertambah dan ketebalan lapisan merupakan fungsi dari kekerasan, (Adnyani, A.I., Triadi, A.A., 2009)

#### 4.4.2. Hasil Uji Profil Kekerasan

Kedalaman penetrasi ion-ion Cr dan Ni ke dalam spesimen dapat diamati dengan cara mengukur kekerasan spesimen yang telah mengalami proses *elektroplating*. Sebelum dilakukan uji profil kekerasan, spesimen terlebih dahulu dilakukan pemotongan penampang spesimen kemudian dilakukan pemolesan dan dietsa. Pengukuran kekerasan ini dilakukan dari tepi (lapisan hasil *elektroplating*) sampai pada kedalaman tertentu, yaitu pada kedalaman yang memberikan kekerasan yang sama atau hampir sama dengan kekerasan material dasar (*raw material*). Adapun profil kedalaman penetrasi ion-ion Cr dan Ni ke dalam spesimen baja HQ 760 yang di uji adalah pada variasi tegangan 12,5 volt dengan waktu celup 6 detik. Gambar dari profil kekerasan spesimen setelah dilakukan *elektroplating* dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini.



**Gambar 4.9.** Foto profil kekerasan spesimen baja HQ 760 setelah proses *elektroplating* krom dengan tegangan 12,5 volt dengan pembesaran 200X, skala 50  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.10.** Grafik profil kedalaman penetrasi ion Cr dan Ni pada spesimen baja HQ 760 setelah proses *elektroplating* krom dengan tegangan 12,5 volt.

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa hampir tidak terdapat ion-ion Cr dan Ni yang terdifusi ke dalam material dasar baja HQ 760. Hal ini dapat dilihat dari harga kekerasan yang diperoleh terhadap jarak dari tepi titik identasi yang

dilakukan pada saat pengujian, yaitu pada titik identasi 1 yaitu titik identasi dengan jarak 20  $\mu\text{m}$  dari tepi, dimana pada titik identasi ini tepat pada tebal lapisan nikel-krom hasil dari proses *elektroplating*, diperoleh harga kekerasan sebesar 771,9  $\text{kg/mm}^2$  dan pada titik identasi 2, titik identasi dengan jarak 40  $\mu\text{m}$  dari tepi, dimana pada titik identasi ini dilakukn antara lapisan hasil plating dan material dasar, karena ketebalan lapisan nikel-krom pada tegangan 12,5 volt ketebalan lapisannya 25  $\mu\text{m}$  harga kekerasan yang diperoleh hampir sama dengan kekerasan yang dilakukan pada titik identasi 1 yaitu sebesar 797,4  $\text{kg/mm}^2$ .

Sedangkan pada titik identasi 3, 4 dan 5 (titik identasi dengan jarak 40, 80 dan 100  $\mu\text{m}$  dari tepi) diperoleh harga kekerasan yang hampir sama dengan harga kekerasan spesimen raw material yaitu 218,9  $\text{kg/mm}^2$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa ion-ion Cr dan Ni dengan proses *elektroplating* tidak terdifusi kedalam struktur kristal material dasar, kemungkinan besar hal ini dikarenakan suhu larutan pada proses *elektroplating* tidak mampu mendifusikan ion-ion untuk masuk ke dalam struktur material asar.

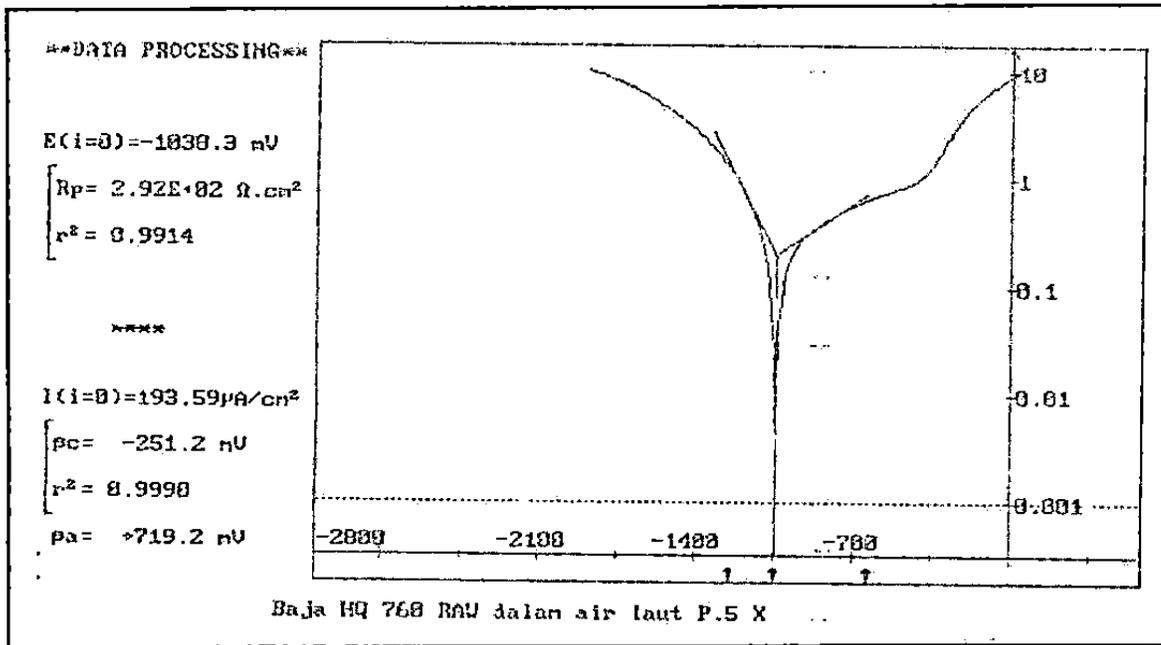
#### 4.5. Hasil Uji Korosi

Pengujian korosi baja HQ760 dilakukan pada medium air laut menggunakan alat uji korosi type sel tiga elektroda yaitu Potensiostat/galvanostat PGS 201 T milik PTAPB-BATAN Yogyakarta.

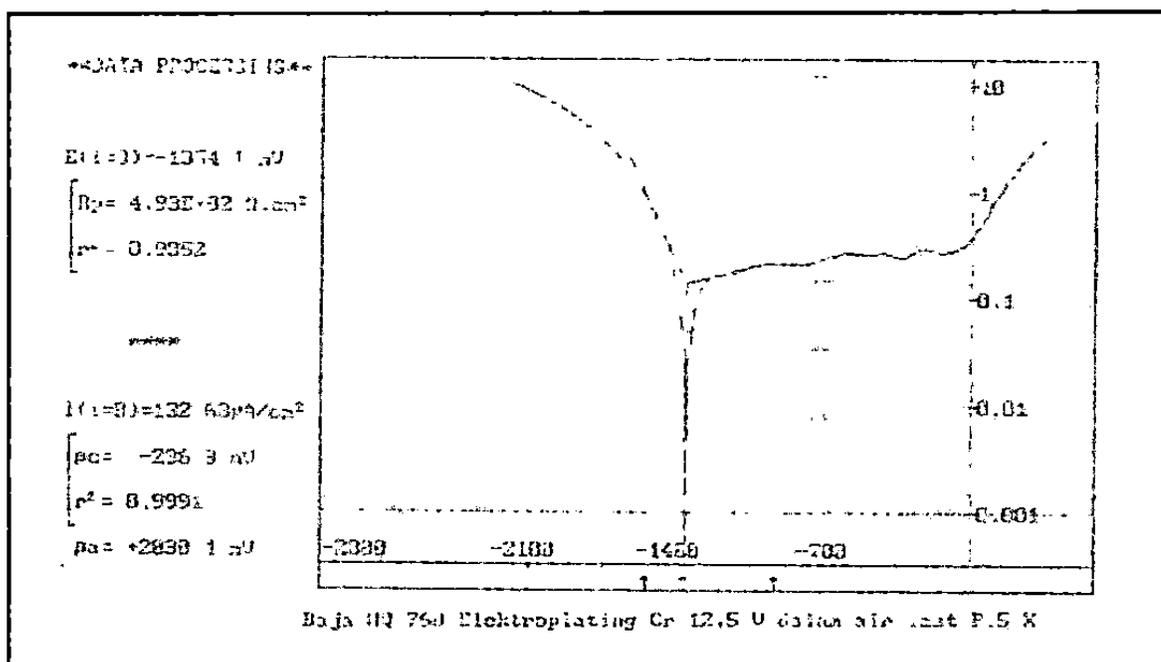
Spesimen yang digunakan dalam pengujian korosi ini berjumlah 5 spesimen, yang terdiri dari :

- 1 Spesimen tanpa perlakuan (*raw material*)
- 4 Spesimen dengan proses pelapisan krom dengan spesifikasi sebagai berikut :
  - 1 Spesimen raw maaterial
  - 1 Spesimen dengan tegangan listrik pelapisan krom 5 Volt
  - 1 Spesimen dengan tegangan listrik pelapisan krom 7,5 Volt
  - 1 Spesimen dengan tegangan listrik pelapisan krom 10 Volt
  - 1 Spesimen dengan tegangan listrik pelapisan krom 12,5 Volt

Pada pengujian ini, hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk kurva polarisasi (grafik tafel) untuk tiap-tiap spesimen, seperti gambar grafik tafel spesimen sebelum diplating (raw material) dan spesimen setelah dilakukan *elektroplating* krom yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut ini.



**Gambar 4.11.a.** Grafik tafel (kurva polarisasi) dari hasil uji korosi spesimen sebelum dilakukan proses *elektroplating* (raw material)



**Gambar 4.11.b.** Grafik tafel (kurva polarisasi) dari hasil uji korosi spesimen setelah dilakukan proses *elektroplating* dengan tegangan 12.5 volt/2.5 A

Kurva tafel yang terdapat pada Gambar 4.11.a dan 4.11.b, grafik tafel hasil dari uji korosi tersebut menggambarkan hubungan antara potensial (E) dalam satuan (mV) sebagai fungsi log arus (I) dalam satuan ( $\mu A/Cm^2$ ). Kurva polarisasi ini menunjukkan reaksi oksidasi dan reaksi reduksi pada elektroda kerja (spesimen yang di uji), dimana pada reaksi oksidasi terjadi peristiwa pelepasan elektron, sedangkan reaksi reduksi adalah reaksi yang menangkap elektron. Potensial korosi dapat diukur dengan ekstrapolasi tafel dari kurva polarisasi, dimana besar-kecilnya nilai rapat arus korosi ( $I_{kor}$ ) menunjukkan banyak atau sedikitnya ion-ion logam yang terlarut dalam larutan elektrolit (air laut), yang berarti bahwa logam mengalami reaksi oksidasi, yang mana terjadi pelepasan elektron sehingga ion-ion positif logam akan larut dalam larutan elektrolit. Jika rapat arus ( $I_{kor}$ ) yang terukur cukup besar, ini berarti ion-ion yang larut didalam larutan juga cukup besar. begitu juga sebaliknya, hal ini berdampak pada pada bagian permukaan logam akan mengalami kerusakan/terkikis sehingga akan mempercepat laju korosi.

Dalam pengujian ini elektrolit yang digunakan adalah air laut dengan kode P.5 X, artinya air laut yang digunakan telah dilakukan pemurnian sebanyak 5 kali, yaitu dimana untuk menghasilkan 1 liter elektrolit digunakan 800 ml aquades ditambah dengan 200 ml air laut. Pemurnian air laut ini dilakukan dengan tujuan agar kandungan NaCl yang ada pada air laut tidak terlalu pekat. apabila air laut yang digunakan dalam pengujian terlalu pekat (tidak dilakukan pemurnian) maka grafik tafel dari hasil uji korosi akan terlalu tinggi, maka alat uji yang digunakan tidak mampu membentuk grafik tafel yang terlalu tinggi. Dalam penelitian ini laju korosi dengan menggunakan metode elektrolisis sel tiga elektroda memiliki arti bahwa laju korosi adalah kedalaman korosi pada suatu bahan dalam kurun waktu tertentu atau bisa diartikan sebagai struktur material

Dari grafik tafel pada Gambar 4.11.a di ketahui besarnya rapat arus korosi ( $I_{kor}$ ) untuk spesimen sebelum dilakukan *elektroplating* sebesar  $193,59 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  maka dari ( $I_{kor}$ ) tersebut dapat dihitung laju korosinya menggunakan persamaan (3.2) yaitu :

$$r = 0,129 \frac{i(EW)}{D}$$

Diketahui : -  $I_{kor}$  spesimen *raw material* =  $193,59 \mu\text{A}/\text{cm}^2$   
 -  $EW = 26,476$   
 -  $D = 7,682 \text{ gr}/\text{cm}^3$

Penyelesaian :

$$r = 0,129 \frac{(193,59).(26,476)}{7,682} = 86,069 \text{ mpy.}$$

Jika laju korosinya dinyatakan dalam mm/tahun :

- 1 mpy = 0.001 inch
- 1 inch = 2,54 cm
- 1 cm = 25,4 mm

$$\text{Maka laju korosinya adalah} = \frac{(86,069).(2,54).(10)}{1000} = 2,186 \text{ mmpy}$$

Maka laju korosi spesimen *raw material* adalah 2,186 mm/tahun.

Grafik tafel pada Gambar 4.11.b, diketahui besarnya rapat arus korosi ( $I_{kor}$ ) untuk spesimen setelah dilakukan *elektroplating* dengan tegangan 12,5 volt sebesar  $132.63 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ , dan dari ( $I_{kor}$ ) tersebut juga dihitung laju korosinya juga menggunakan persamaan (3.2) yaitu :

$$r = 0,129 \frac{i(EW)}{D}$$

Diketahui : -  $I_{kor}$  spesimen tegangan 12,5 volt =  $132.63 \mu\text{A}/\text{cm}^2$   
 $EW = 26,476$   
 -  $D = 7,682 \text{ gr}/\text{cm}^3$

Penyelesaian :

$$r = 0,129 \frac{(132,63).(26,476)}{7,682}$$

$$r = 58,967 \text{ mpy.}$$

Jika laju korosinya dinyatakan dalam mm/tahun :

- 1 mpy = 0.001 inch
- 1 inch = 2,54 cm
- 1 cm = 25,4 mm

$$\text{Maka laju korosinya adalah} = \frac{(58,967) \cdot (2,54) \cdot (10)}{1000} = 1,497 \text{ mmpy}$$

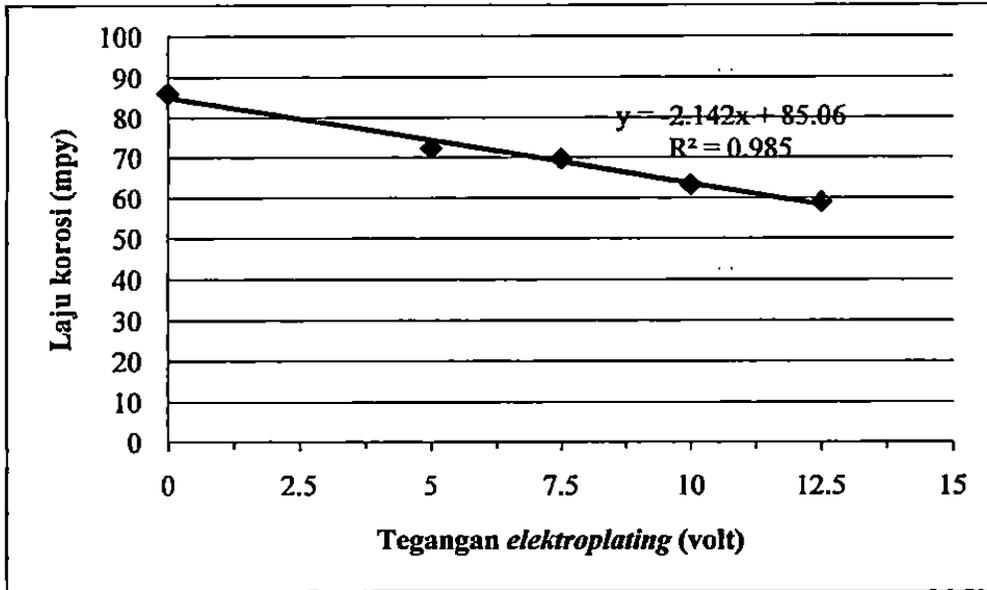
Maka laju korosi spesimen setelah dilakukan *elektroplating* krom menggunakan tegangan listrik 12,5 volt adalah 1,497 mm/tahun.

Dari hasil proses *elektroplating* krom menggunakan tegangan 12,5 volt, laju korosi yang dihasilkan 58,967 mpy, dimana laju korosi ini belum mencapai pada kelompok logam dengan laju korosi yang memadai, karena laju korosi yang dihasilkan belum mencapai dibawah 50 mpy. Seiring dengan meningkatnya tegangan listrik yang digunakan maka laju korosi yang dihasilkan akan semakin menurun, maka dimungkinkan pada proses *elektroplating* krom menggunakan tegangan 17,5 volt akan diperoleh laju korosi dibawah 50 mpy, yaitu dengan laju korosi  $\pm 47.575$  mpy.

Sedangkan untuk spesimen *elektroplating* khrom tegangan 7,5 dan 10 volt, proses cara perhitungannya terdapat pada Lampiran 3. Data rapat arus korosi dan laju korosi pada baja HQ 760 yang meliputi spesimen *raw material*/bahan dasar maupun spesimen yang sudah mengalami proses *elektroplating* krom dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.12 berikut ini.

**Tabel 4.4.** Hasil uji korosi baja HQ 760 dalam larutan air laut P.5 X

Spesimen	$E_{kor}$ (mV)	$I_{kor}$ ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	Laju Korosi (mpy)
Raw material	-1038.3	193,59	86,069
Krom 5 volt	-1546.8	162,71	72,340
Krom 7,5 volt	-1493.8	156,72	69,677
Krom 10 volt	-1503.8	142,31	63,271
Krom 12,5 volt	-1354.1	132,63	58,967



**Gambar 4.12.** Grafik hubungan antara laju korosi dan tegangan listrik *elektroplating*

Berdasarkan data hasil uji korosi baja HQ 760 yang di tunjukkan pada Tabel 4.4, diketahui adanya perbedaan terhadap besarnya nilai ( $I_{kor}$ ) dan laju korosi (mpy) untuk tiap-tiap spesimen, baik sebelum maupun setelah dilakukan *elektroplating* krom. Dimana laju korosi pada spesimen sebelum dilakukan *elektroplating* menunjukkan laju korosi yang lebih besar jika di bandingkan dengan laju korosi spesimen setelah dilakukan proses *elektroplating*. Hal ini disebabkan oleh kandungan kromium (Cr) yang ada pada struktur material dasar baja HQ 760 sangat rendah, sehingga lapisan pasif *kromium oksida* ( $CrO_3$ ) yang terbentuk sangat tipis yang menyebabkan baja tersebut tidak tahan terhadap serangan korosi, khususnya di lingkungan air laut.

Sedangkan besarnya laju korosi untuk spesimen setelah dilakukan *elektroplating*, terlihat adanya penurunan harga  $I_{kor}$  dan laju korosi yang lebih rendah seiring dengan meningkatnya tegangan listrik yang digunakan. Kemungkinan hal ini di sebabkan oleh meningkatnya tebal lapisan pasif *kromium oksida* ( $CrO_3$ ) yang terendap pada permukaan spesimen hasil dari proses *elektroplating*. Besarnya kenaikan tegangan pelapisan yang digunakan, akan membuat ion-ion Cr dan Ni yang menempel ke permukaan spesimen akan semakin bertambah kemudian tebal lapisan yang diperoleh juga akan semakin meningkat sehingga tebal lapisan pasif *kromium oksida* ( $CrO_3$ ) tersebut akan

mampu memperlambat laju korosi dari spesimen tersebut. Dan untuk spesimen dengan tegangan listrik *elektroplating* 12,5 volt merupakan spesimen yang memiliki harga  $I_{kor}$  dan laju korosi yang paling rendah jika di bandingkan dengan tegangan listrik *elektroplating* sebelumnya (5, 7,5 dan 10 volt), karena pada spesimen ini lapisan *kromium oksida* ( $CrO_3$ ) yang terbentuk lebih tebal dari proses *elektroplating* sebelumnya, sehingga spesimen ini merupakan spesimen yang paling tahan terhadap laju korosi khususnya di lingkungan air laut.

Sedangkan dari grafik pada Gambar 4.12 di peroleh hubungan antara besarnya laju korosi spesimen baja HQ 760 terhadap variasi tegangan listrik yang digunakan untuk tiap-tiap spesimen. Dimana dari grafik tersebut diperoleh data hasil pengujian laju korosi terhadap besarnya tegangan listrik pada proses *elektroplating* ditampilkan dalam bentuk data diskrit, sedangkan *trendline* berupa garis kontinyu merupakan fungsi persamaan matematik dari data diskrit dengan menggunakan pendekatan regresi linier. Dengan garis *trendline* tersebut maka diperoleh nilai koefisien determinasi (R Square). Nilai koefisien determinasi adalah nilai derajat hubungan erat antara data yang satu dengan data yang lain. Berdasarkan data hasil pengujian, didapatkan nilai korelasi R square = 0.985, dan diperoleh persamaan matematie regresi linier pada garis *trendline* yaitu  $y = -2.142x + 85.06$ . Nilai koefisien determinasi R square tersebut mendekati 1, artinya hubungan linear searah yang sempurna. Hal ini berarti 98.50 % laju korosi material baja HQ 760 dipengaruhi oleh besarnya tegangan listrik pada proses *elektroplating* krom, sehingga letak titik-titik atau data diskrit hasil uji korosi terhadap besarnya tegangan yang digunakan berada dekat atau mendekati tepat pada garis regresi linear. Oleh karena itu, *trendline* yang dibuat pada grafik berdasarkan ilmu statistik dapat mewakili data diskrit hasil pengujian. Dari garafik tersebut terlihat adanya penurunan laju korosi seiring dengan meningkatnya tegangan yang diberikan pada proses *elektroplating*, sebagai tolak ukur dimulai dari spesimen baja HQ 760 tanpa dilakukan proses *elektroplating*.

Grafik yang di tunjukkan pada Gambar 4.12 dapat di simpulkan bahwa semakin besar tegangan listrik (volt) yang digunakan pada proses *elektroplating*, akan berbanding terbalik dari angka laju korosi yang dihasilkan. Yaitu semakin besar tegangan listrik *elektroplating* yang digunakan, maka spesimen tersebut akan menghasilkan angka laju korosi yang semakin rendah, dengan semakin rendahnya angka laju korosi tersebut maka spesimen tersebut memiliki resistansi yang tinggi terhadap serangan korosi, hal ini dikarenakan seiring dengan kenaikan tegangan yang digunakan akan membuat lapisan pasif  $\text{CrO}_3$  yang menempel pada permukaan spesimen akan semakin bertambah. Dengan bertambahnya lapisan pasif  $\text{CrO}_3$  yang terbentuk akan mampu memutuskan interaksi antara logam dasar terhadap lingkungan yang ada di sekitarnya. Begitu juga sebaliknya jika tegangan listrik *elektroplating* krom yang digunakan semakin kecil, maka angka laju korosi yang di peroleh akan semakin besar dan seiring dengan besarnya angka laju korosi tersebut maka ketahanan spesimen terhadap serangan korosi akan semakin rendah, dengan kata lain spesimen tersebut akan semakin cepat terkorosi.