

# Efek Tegangan Listrik dan Waktu Proses Elektroplating Krom Keras terhadap Tebal Lapisan

K Suarsana<sup>1)\*</sup>, I M. Astika<sup>2)</sup>, D.N.K Putra Negara<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Naskah diterima 18 Oktober 2019; disetujui 28 Oktober 2019

doi: <https://doi.org/10.24843/JEM.2019.v12.i02.p05>

## Abstrak

Proses pelapisan krom keras merupakan proses akhir atau tahap penyelesaian pada kebanyakan pembuatan komponen agar tidak cepat aus, seperti pada poros, pasak, ring piston, silinder, bearing dan crank shaf. Dalam bidang industri sifat mekanik yang banyak diperlukan pada logam yang dipergunakan adalah kemampuannya untuk tahan aus dan tahan korosi yang mana kita ketahui logam mempunyai reaksi yang sangat aktif terhadap perubahan temperatur dan cuaca, maka perlu dilakukan pelapisan sehingga kemungkinan suatu bahan logam terkena korosi bisa dihambat. Bahan spesimen yang di gunakan adalah Baja St 60 (C 0.40%; Mn 7%; Si 0.28%; P+S 0.09%; Fe 98,53%) dengan variasi tegangan listrik: 4, 6, dan 8 volt, untuk variasi waktu elektroplating krom keras 30, 45, dan 60 menit. Pengujian yang dilakukan dengan pengukuran ketebalan lapisan menggunakan skala foto mikro dan menghitung ketebalan lapisan permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan listrik yang digunakan dan semakin lama waktu proses pelapisan krom keras maka meningkat ketebalan lapisannya. Ketebalan lapisan permukaan yang paling tebal didapatkan pada tegangan 8 volt dengan waktu pelapisan 60 menit dengan ketebalan lapisannya sebesar 89,37  $\mu\text{m}$ , sedangkan ketebalan lapisan permukaan tipis didapat pada tegangan 4 volt dengan waktu pelapisan 30 menit ketebalan lapisannya sebesar 20,18  $\mu\text{m}$ . Jadi tegangan listrik dan waktu electroplating dapat mempengaruhi dan memberikan efek terhadap ketebalan lapisan yang terjadi pada Baja St.60.

Kata kunci: Elektroplating, krom keras, tebal lapisan dan baja St.60

## Abstract

The hard chrome coating process is the final process or completion stage in most parts making so as not to wear out quickly, such as on the shaft, pegs, piston rings, cylinders, bearings and crank shafts. In the industrial field of mechanical properties that are much needed in the metal used is its ability to withstand wear and corrosion resistance which we know metals have a very active reaction to changes in temperature and weather, coating is necessary so that the possibility of a metal being corroded can be inhibited. The specimens used were Baja St 60 (C 0.40%; Mn 7%; Si 0.28%; P + S 0.09%; Fe 98.53%) with variations in electrical voltage: 4, 6 and 8 volts, for time variations hard chrome electroplating 30, 60 and 90 minutes. Tests carried out by measuring the thickness of the layer use a micro photo scale and calculate the thickness of the surface layer. The results showed that the higher the voltage used and the longer the coating process was hard chrome, the thickness of the layer increased. The thickest surface layer thickness was obtained at 8 volts with a coating time of 60 minutes with a layer thickness of 89.37  $\mu\text{m}$ , while the thickness of the thin surface layer was obtained at a voltage of 4 volts with a coating time of 30 minutes layer thickness of 20.18  $\mu\text{m}$ . So the electrical voltage and time of electroplating can affect and give effect to the thickness of the coating that occurs in Steel St.60.

Keywords: Electroplating, hard chrome, thick layer and steel St.60

## 1. Pendahuluan

Di bidang industri sifat mekanik yang paling banyak diharapkan ada pada logam yang dipergunakan adalah kemampuannya untuk tahan aus (abrasion resistance), dan tahan korosi (corrosion resistance) yang mana kita ketahui logam mempunyai reaksi yang sangat aktif terhadap perubahan temperatur dan cuaca, sehingga kemungkinan suatu bahan logam terkena korosi sangat besar. Berbagai produk dari logam diperlukan pengerjaan akhir (finishing), dimana dari pengerjaan akhir ini juga diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik tertentu. Salah satu teknologi yang dilakukan untuk memperbaiki dan mengurangi kelemahan tersebut adalah dengan cara pelapisan yaitu pelapisan krom keras sehingga komponen tidak cepat aus seperti pada ring piston, crank shaft, silinder, bearing, dan lain-lain [1]. Elektroplating krom keras merupakan

teknik pelapisan suatu logam yaitu melapisi logam induk dengan logam pelapis sehingga didapatkan permukaan logam yang dilapis lebih keras dibandingkan dengan sebelum dilapisi. Karena sifat khas krom yang sangat tahan karat maka pelapisan krom mempunyai kelebihan tersendiri bila dibandingkan dengan pelapisan lainnya. Selain sifat dekoratif dari pelapisan krom, keuntungan lain dari pelapisan krom adalah dapat dicapainya hasil pelapisan yang keras [2]. Penelitian tentang pelapisan krom keras pada cobalt paduan sebagai pelapisan krom keras alternatif. Hasil yang diperoleh bahwa dengan meningkatnya arus maka akan meningkatkan kualitas hasil pelapisan seperti kekerasan, laju pelapisan, efisiensi katoda, dan ketahanan terhadap korosi [3]. Penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa ketebalan lapisan akan semakin meningkat seiring dengan naiknya kuat arus dan bertambahnya titik distribusi arus, hasil kekerasan permukaan

\*Korespondensi:

E-mail: [ktsuarsana@yahoo.com](mailto:ktsuarsana@yahoo.com)

berdasarkan hasil uji kekerasan Vickers akan semakin meningkat dengan naiknya kuat arus dan bertambahnya titik distribusi arus [4]. Dari prinsip dasar elektroplating maka dapat dilakukan pelapisan logam krom keras pada baja St 60. Dengan adanya perubahan tegangan dan waktu pelapisan pada proses elektroplating maka nantinya akan diketahui ketebalan lapisan serta di harapkan diperoleh ketebalan yang dapat memberikan masukan untuk meningkatkan kualitas. Dari hal ini maka yang akan dijadikan bahan penelitian yaitu tentang pengaruh tegangan listrik dan waktu Elektroplating krom keras pada baja St 60 terhadap ketebalan lapisan permukaan..

## 2. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas dan terarah maka perlu diberikan metode penelitian yaitu :

1. Perlakuan perubahan tegangan listrik yang digunakan dalam proses elektroplating ini adalah sebesar 4 Volt, 6 Volt dan 8 Volt.
2. Lamanya waktu pelapisan yang di gunakan adalah 30 menit, 45 menit, 60 menit.
3. Arus listrik yang digunakan tetap dalam proses elektroplating ini adalah 50 ampere
4. Temperatur yang digunakan pada proses elektroplating ini adalah 60°C
5. Larutan yang digunakan tetap (tanpa penggantian).
6. Sifat yang diuji adalah kekerasan dan pengukuran ketebalan lapisan krom yang terbentuk.
7. Sebelum pelapisan dilakukan maka terlebih dahulu dilakukan pembersihan dengan larutan asam ( $H_2SO_4$ ) dan larutan HCL [5].

### 2.1. Elektroplating

Elektroplating termasuk kedalam proses yang secara umum disebut proses elektrolisa. Biasanya elektrolisa dilakukan dalam suatu bejana yang disebut sel elektrolisa yang berisi cairan elektrolit. Pada cairan tercelup paling tidak 2 elektroda masing - masing elektroda dihubungkan dengan arus listrik, terbagi menjadi kutub positif (+) dan negatif (-) dikenal sebagai anoda (+) dan katoda (-). Selama proses lapis listrik berlangsung terjadi reaksi kimia pada daerah elektroda / elektrolit baik reaksi reduksi maupun oksidasi. Pada anoda terjadi oksidasi dan pada katoda terjadi reduksi. Larutan elektrolit merupakan komponen yang utama sebagai berikut:

1. Menyediakan sumber ion bagi logam yang akan diendapkan.
2. Membentuk kompleks ion dari logam yang diendapkan.
3. Meningkatkan konduktivitas.
4. Menstabilkan larutan dari hidrolis atau bentuk - bentuk lain dekomposisi.
5. Mengatur pH.
6. Mengubah sifat fisik endapan.
7. Memodifikasi sifat - sifat larutan yang terlibat.

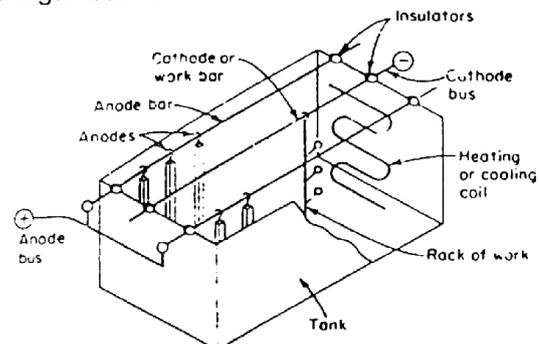
Pada pelapisan logam krom (Cr) ada bermacam-macam jenis larutan elektrolitnya, misalnya larutan yang terdiri dari asam kromat dan satu atau lebih

radikal asam yang berfungsi sebagai katalis. Krom yang akan mengendap pada logam/benda kerja adalah krom yang bervalensi 6 ( $Cr_6^+$ ). Derajat keasaman (pH) merupakan sifat yang sangat penting dalam larutan, pengendaliannya yang ketat sangat diperlukan dalam proses elektrokimia. Jika pH terlalu rendah seringkali hidrogen pada katoda dari logam ketika terlalu tinggi maka garam dasar terendapkan dalam larutan, atau terendapkan bersama logam, sehingga menyebabkan hasil yang tidak memuaskan. Pada proses elektroplating, reaksi diharapkan berjalan terus menerus menuju arah tertentu secara tetap, maka hal yang paling penting dalam proses ini adalah mengoperasikan dengan menggunakan arus searah. Mengalirnya arus searah melalui suatu larutan berkaitan dengan gerak partikel bermuatan ion. Ion yang bergerak (migrasi) ke anoda disebut anion, sedangkan yang menuju katoda disebut kation. Tergantung pada reaksinya, proses elektroplating dapat terjadi di katoda yang disebut dengan pelapisan katodik atau kadang - kadang juga terjadi di anoda yang disebut dengan pelapisan anodik. Dari kedua reaksi tadi yang lebih sering dan umum digunakan yaitu pelapisan katodik. Untuk pelapisan katodik (benda kerja pada katoda), yaitu proses elektrolisa untuk mereduksi benda kerja. Sedangkan untuk pelapisan anodik (benda kerja pada anoda) yaitu proses elektrolisa, untuk mengoksidasi benda kerja. Proses elektroplating dilakukan untuk tujuan melindungi permukaan logam dasar dengan sifat logam pelapis yang mempunyai sifat berbeda dengan sifat logam dasarnya.

Proses elektroplating dapat dilakukan dengan memenuhi 4 syarat yang utama yaitu:

- i. Sumber arus DC, bagian ini berfungsi untuk menyuplai arus dalam tangki pelapisan.
- ii. Elektroda negatif yang biasa disebut katoda, bagian ini merupakan tempat benda kerja yang dilapisi dan dihubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus.
- iii. Elektroda positif yang biasa disebut anoda, bagian ini biasanya terbuat dari bahan yang sama dengan bahan yang dipakai dalam pelapisan dan dihubungkan dengan kutub positif dari sumber arus.
- iv. Larutan elektrolit, larutan ini dalam bentuk encer ataupun pekat.

Secara skematis proses lapis listrik ditunjukkan seperti gambar 1.



Gambar 1 Susunan bagian electroplating [6]

## 2.2. Rapat Arus

Dalam proses lapis listrik yang terpenting adalah ketebalan rata-rata dan distribusi endapan pada permukaan katoda. Ketebalan ini tergantung berat total logam yang diendapkan dan luas permukaan endapan yang menyebar. Dalam proses elektroplating dikenal variabel dengan rapat arus yaitu jumlah arus pada suatu permukaan tertentu dan dinyatakan dengan  $A/m^2$ . Umumnya arus akan cenderung terkonsentrasi pada katoda. Jika elektroda dicelupkan dalam larutan yang mengandung ion dari logam yang sama tanpa arus listrik, maka akan terjadi kesinambungan antara kecenderungan logam yang larut dan ion logam yang menjadi logam.

## 2.3. Proses Pelapisan Krom Keras

Dalam perkembangan lapis krom keras banyak hal yang harus diperhatikan. Kemampuan proses akan meningkat lebih banyak pada mutu teknis. Peningkatan mutu yang merupakan aspek teknis adalah mencapai kualitas yang diinginkan untuk memenuhi kebutuhan komponen yang mempunyai sifat seperti yang diharapkan. Ditinjau dari sifat dan pemakaian lapisan krom, maka proses pelapisan krom dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu proses pelapisan krom dekoratif dan proses pelapisan krom keras (hard chromium / industrial chromium).

### **Pelapisan mengkilap atau dekoratif (dekoratif chromium plating)**

Krom dekoratif biasanya dilapiskan setelah benda kerja dilapisi nikel dan biasanya tidak terlalu tebal. Pelapisan krom ini umumnya tipis dan hanya berfungsi untuk memperindah benda kerja.

### **Pelapisan keras (hard chromium plating)**

Krom keras biasanya dilapiskan langsung ke permukaan benda kerja, tanpa ada pelapisan logam lain diantaranya. Pelapisan krom ini biasanya untuk industri atau komponen - komponenomotif banyak digunakan karena memiliki kombinasi sifat - sifat yang unik dan jarang dimiliki oleh bahan lain.

Tabel 1. Macam-macam kondisi untuk pelapisan krom [6].

Application	DECORATIVE PLATE	HARD CHROMIUM
CrO <sub>3</sub> , g/L	250-400	250-400
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , g/L	2,5-4	2,5-4
Cathode	1250-1750	3100-2200
Current density, A/m <sup>2</sup>	38-43	55-60
Temperatur, °C	8-13	25-33
Denposition rate, °C/m/h		

Proses pelapisan krom keras yang sering disebut juga sebagai "industri Chromium plating" atau "engineering chromium plating" pada dasarnya sama dengan proses elektroplating yang lain, yaitu dilakukan dalam suatu rangkaian yang sekurang kurangnya memiliki satu anoda, katoda, dan larutan elektrolit seperti pada Gambar 1.

## 2.4. Larutan Elektrolit

Krom tidak dapat diendapkan langsung dari larutan yang hanya mengandung CrO<sub>3</sub> dan air saja. Dalam larutan tersebut harus ditambahkan larutan asam yang berfungsi sebagai katalis. Tanpa adanya katalis dalam larutan tersebut tidak akan terjadi pelapisan logam krom, yang terjadi hanya selaput berwarna pada permukaan benda kerja yang dilapisi. Katalis adalah suatu zat yang berfungsi untuk mempercepat atau memperlambat laju suatu reaksi tetapi tidak mempengaruhi hasil reaksi tersebut dan pada akhir reaksi zat tersebut masih tetap ada.

Dikenal ada dua jenis katalis, yaitu :

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

Pada proses pelapisan krom keras, katalis di sini berfungsi untuk mempercepat laju reaksi. Asam yang biasanya digunakan sebagai katalis adalah asam sulfat / asam florida. Bila memakai katalis asam florida, kontrol yang dilakukan sangat sulit karena florida sangat reaktif dalam jumlah yang sangat sedikit sekali. Maka dalam proses pelapisan krom keras ini memakai katalis asam sulfat. Perlu diperhatikan dalam proses pelapisan krom keras adalah pengendalian berat asam sulfat harus pada batas tertentu, biasanya 100:1 (100 bagian asam kromat dan 1 bagian asam sulfat).

## 2.5. Mekanisme Reaksi

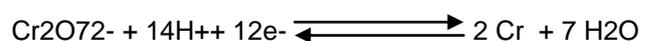
Walaupun larutan yang digunakan dalam proses pelapisan krom keras cukup sederhana, tetapi mekanisme pengendapan krom cukup kompleks. Pengendapan krom dapat terjadi bila krom yang terbentuk diendapkan dari keadaan heksavalen.

Asam krom (CrO<sub>3</sub>) dalam larutan berbentuk asam dichromic H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Perlu dicatat bahwa dalam larutan elektrolit H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ini dalam bentuk ion Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>

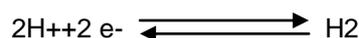
Sedikitnya ada 3 reaksi yang terjadi pada masing-masing elektroda dan berlangsung secara bersamaan. Reaksinya sebagai berikut [6]:

Pada katoda terjadi

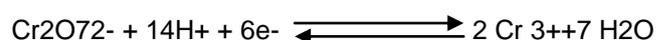
Deposisi atau pengendapan krom.



Evolusi atau pengeluaran hydrogen.

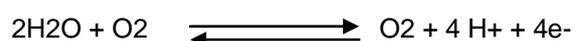


Pembentukan Cr<sup>3+</sup>



Pada anoda terjadi:

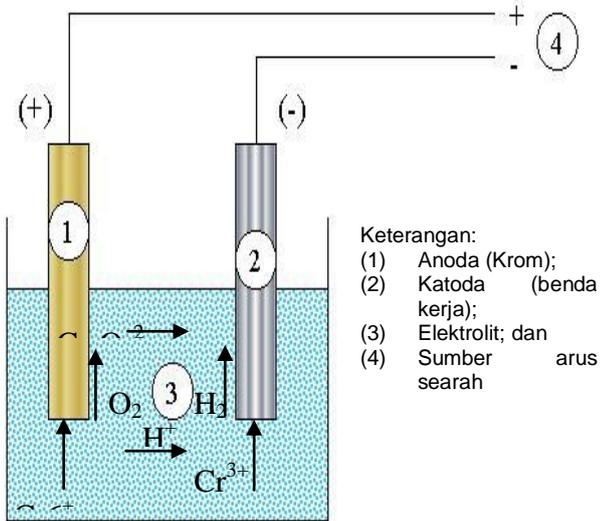
- Evolusi atau pengeluaran oksigen



2) Oksida ion khromat



Mekanisme dan raksi proses terbentuknya lapisan krom dapat dilihat pada gambar seperti berikut ini.



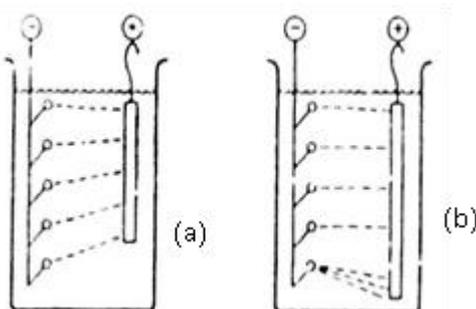
Gambar 2 Mekanisme terbentuknya lapisan krom.

Tahap terjadi ion untuk berpindah ke permukaan elektroda dapat dikategorikan sebagai berikut :

- Perpindahan ion ke katoda sehingga terjadi lapisan di permukaannya.
- Absorpsi atau melalui permukaan ion diatas permukaan katoda.
- Difusi adion melalui permukaan untuk diendapkan dengan energi permukaan yang minimum.
- Ion - ion bermuatan dibawa oleh elektron dengan media elektrolit untuk diendapkan di katoda.

2.6 Anoda

Anoda yang baik berbentuk silinder padat dan untuk ukuran panjang anoda harus disesuaikan dengan panjang benda kerja yang dilapisi. Anoda harus lebih pendek dari benda kerja yang dilapisi untuk menghindari kelebihan arus yang menyebabkan ketebalan yang tidak merata pada ujung benda kerja, seperti terlihat pada gambar 3 :



Gambar 3 (a) Jika noda lebih pendek dari katoda, maka tidak akan terjadi kelebihan arus dan (b) Jika anoda lebih panjang dari katoda, maka akan terjadi kelebihan arus.

2.7. Pelaksanaan Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan alat dan bahan selama penelitian.
- Memasang semua alat untuk proses pelapisan.
- Melakukan proses pembersihan spesimen, sebelum pelapisan dilakukan maka terlebih dahulu dilakukan pembersihan dengan larutan asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan larutan HCL [7].
- Mengukur massa spesimen sebelum dilapisi.
- Pelaksanaan proses pelapisan krom keras.
- Membersihkan spesimen yang telah diplating dengan air bersih.
- Melakukan pengukuran massa dan dimensi spesimen sesudah dilapisi.
- Melakukan pengujian pada masing-masing spesimen

Sesimen uji



Gambar 4 spesimen uji

2.8. Pengukuran Ketebalan Lapisan

Ketebalan lapisan yang terbentuk dapat dicari dengan cara mengukur ketebalan lapisan pada foto mikro yang telah di ambil pada mikroskop, kemudian di bandingkan dengan ketebalan yang sudah diketahui dengan pembesaran yang sama pada saat pengamatan dan pengambilan foto mikro. Mikroskop hanya digunakan untuk mengamati ketebalan lapisan krom. Pencatatan hasil-hasil penelitian ke dalam bentuk tabel.

2.9. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian bertujuan untuk memperoleh dan mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang diperlukan dalam melakukan suatu penelitian agar mendapat hasil yang memuaskan. Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian yaitu:

Variabel bebas, yaitu:

- Tegangan listrik (4 Volt, 6 Volt, 8 Volt)
- Waktu pelapisan (30, 45 dan 60 menit)

Variabel terikat yaitu:

- ketebalan lapisan

### 3. Hasil dan Pembahasan

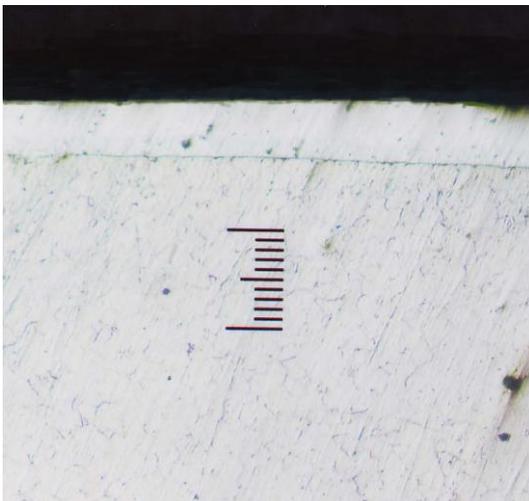
#### 3.1. Pengaruh tegangan dan waktu terhadap hasil pengukuran ketebalan lapisan permukaan.

Pengukuran ketebalan lapisan permukaan dilakukan di Laboratorium Bahan Program Diploma Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan menggunakan alat Metallurgical Microscope dengan pembesaran 200x. Dengan melakukan pengukuran ketebalan lapisan krom pada foto mikro maka ketebalan lapisan dapat di cari sebagai berikut :

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{hasil pengukuran}}{\text{skala pada penggaris}} \times \text{skala pada foto}$$

foto

Salah satu foto mikro diambil pada spesimen dengan perlakuan tegangan 4 volt dan waktu pelapisan 60 menit.



*Ketebalan Lapisan*

Gambar 5 Foto lapisan dengan perlakuan tegangan 4 volt dan waktu pelapisan 60 menit dengan pembesaran 200 x

Pada foto mikro gambar 5 terlihat besar pengukuran ketebalan lapisan krom pada permukaan baja St 60 dan didapat besar pengukuran ketebalan lapisannya adalah 8 mm

Maka ketebalan lapisan krom dapat di cari sebagai berikut:

- Strip skala pada foto menunjukkan 50  $\mu\text{m}$ , Jika diukur dengan penggaris adalah 13 mm
- Sehingga,

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{hasil pengukuran}}{\text{skala pada penggaris}} \times \text{skala pada foto}$$

- Maka, Ketebalan =  $\frac{8 \text{ mm}}{13 \text{ mm}} \times 50 \mu\text{m}$   
= 30.76  $\mu\text{m}$

Hasil foto dan pengukuran semua spesimen dapat dilihat pada gambar dan di catat kedalam tabel.

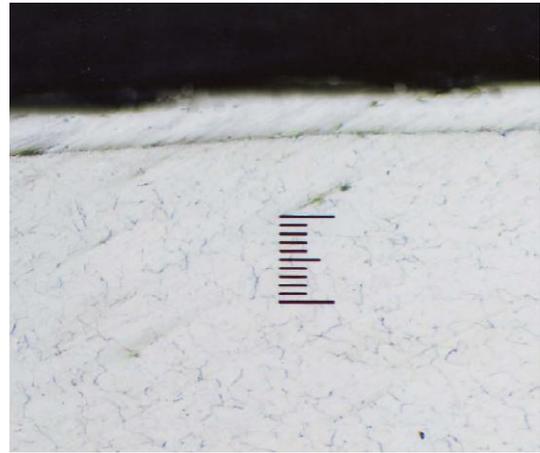


Foto B1, Pada Tegangan 4 Volt dan waktu pelapisan 30 menit

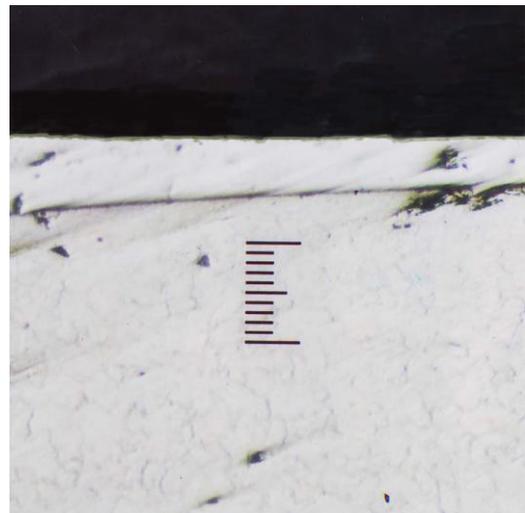


Foto B2, Pada Tegangan 4Volt dan waktu pelapisan 45 menit.

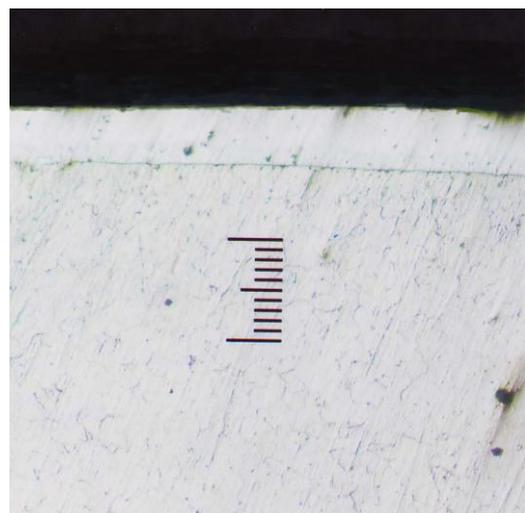


Foto B3, Pada Tegangan 4Volt dan waktu pelapisan 60 menit

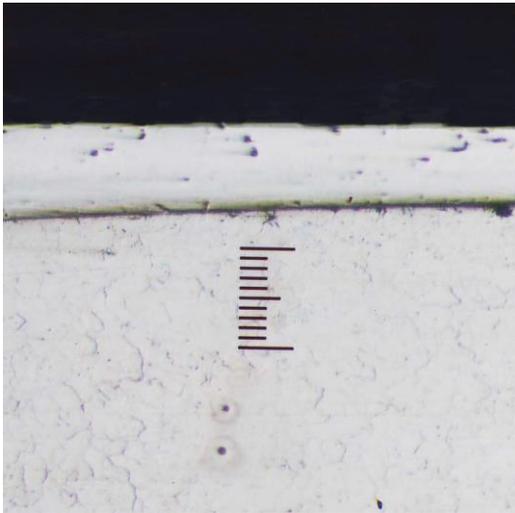


Foto B4, Pada Tegangan 6 Volt dan waktu pelapisan 30 menit

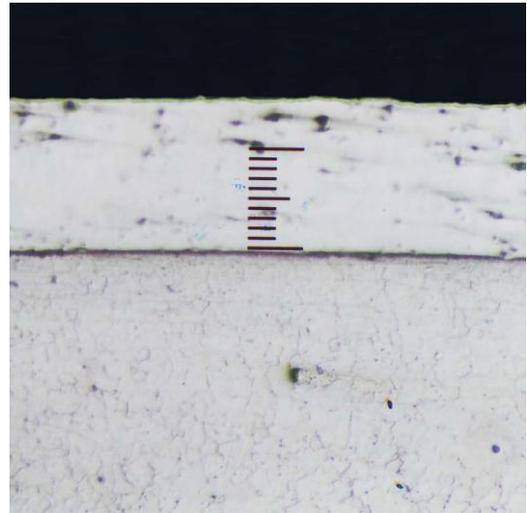


Foto B7, Pada Tegangan 8 Volt dan waktu pelapisan 30 menit

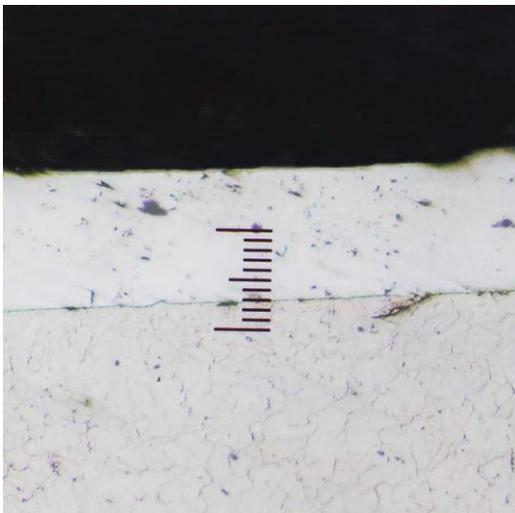


Foto B5, Pada Tegangan 6Volt dan waktu pelapisan 45 menit

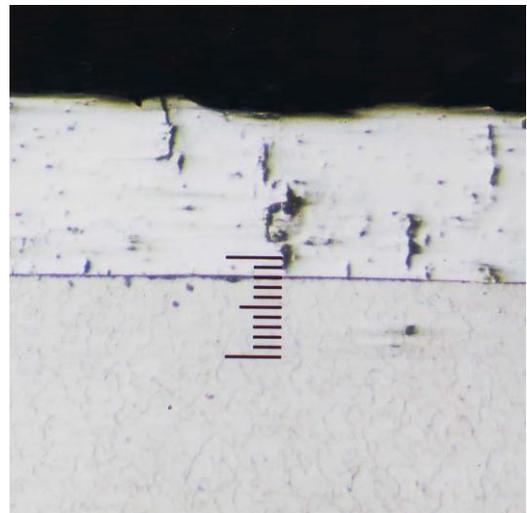


Foto B8: Pada Tegangan 8Volt dan waktu pelapisan 45 menit

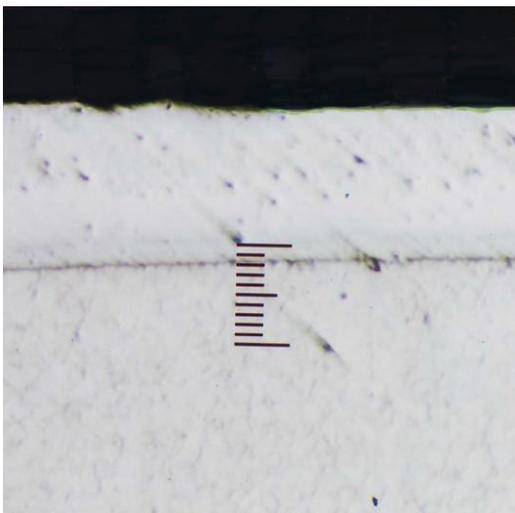


Foto B6: Pada Tegangan 6Volt dan waktu pelapisan 60 menit

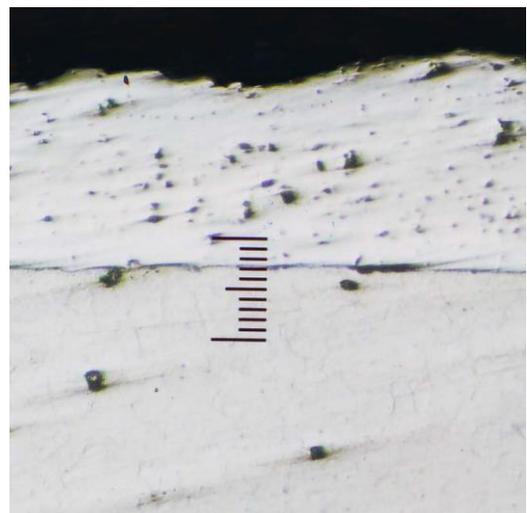


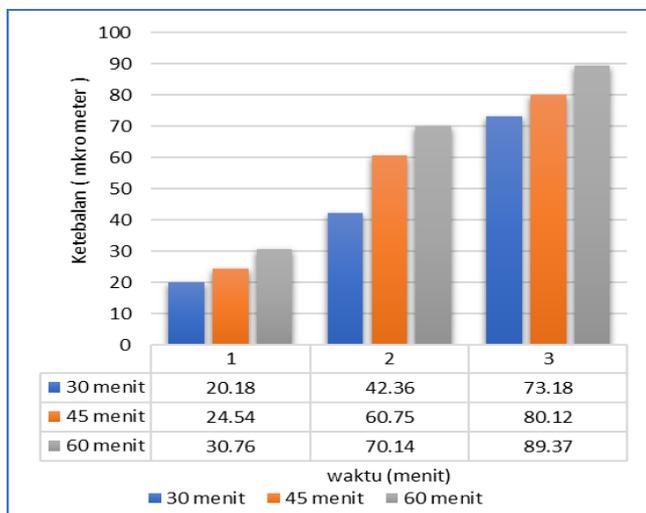
Foto B9: Pada Tegangan 8Volt dan waktu pelapisan 60 menit

Tabel 2 Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Permukaan ( $\mu\text{m}$ )

Waktu pelapisan (menit)	Tegangan listrik (Volt)		
	4 Volt	6 Volt	8 Volt
30 menit	20.18 (B1)	42.36 (B2)	73.18 (B3)
45 menit	24.54 (B4)	60.75 (B5)	80.12 (B6)
60 menit	30.76 (B7)	70.14 (B8)	89.37 (B9)

### 3.2. Analisa Grafik Hasil Pengukuran Ketebalan

Berdasarkan gambar 6 yang merupakan hasil pengukuran foto mikro terlihat bahwa ketebalan lapisan meningkat sejalan dengan meningkatnya tegangan listrik dan waktu pelapisan yang lebih lama. Hasil ketebalan lapisan terendah terlihat pada tegangan 4 volt dan waktu pelapisan 30 menit yaitu sebesar 20.18  $\mu\text{m}$ , sedangkan ketebalan lapisan tertinggi terjadi pada tegangan 8 volt dan waktu pelapisan 60 menit yaitu sebesar 89.37  $\mu\text{m}$ . Meningkatnya ketebalan lapisan terjadi karena sampai dengan waktu pelapisan 60 menit krom yang mengendap pada permukaan logam dasar semakin bertambah sejalan dengan waktu pelapisan yang semakin lama.



Gambar 6 grafik hubungan tegangan listrik dan waktu terhadap ketebalan lapisan

Pada foto mikro terlihat ketebalan lapisan tidak merata untuk semua permukaan, ini di pengaruhi oleh tegangan listrik, dimana pada reaksi kimia elektron mengalir akibat selisih tegangan antara anoda dan katoda di dalam larutan, sehingga distribusi daya listrik yang di lepas oleh ion-ion anoda krom tidak merata. Hantaran daya listrik dari anoda kepermukaan datar lebih besar di dibandingkan ke bagian permukaan yang lekuk, sehingga permukaan pada bagian lekuk menerima endapan krom yang lebih tipis dibandingkan dengan permukaan datar, pengukuran foto mikro yang

di catat adalah pada bagian lapisan yang merata (mendapatkan pelapisan yang paling tebal).

## 4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data maka hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: Terjadi peningkatan ketebalan lapisan seiring dengan meningkatnya tegangan listrik. Dari range tegangan listrik 4 volt sampai 8 volt didapat ketebalan lapisan paling tinggi pada tegangan 8 volt. Dari range waktu pelapisan 30 menit sampai 60 menit didapat ketebalan lapisan paling tinggi pada waktu pelapisan 60 menit. Hubungan Interaksi antara tegangan listrik dan waktu pelapisan yakni 8 Volt dan 60 menit, memberikan ketebalan lapisan tertinggi.

## Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Laboratorium Bahan Program Diploma Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta atas bantuannya dengan menggunakan alat Metallurgical Microscope. Dan juga terimakasih kepada Program Studi Teknik Mesin Unud karena difasilitasi dalam penggunaan laboratorium metalurgi.

## Daftar Pustaka

- [1] Kirk Othmer, 1979, *Encyclopedia Of chemical Technologi*. Third Edition, Volume 6. New York.
- [2] Protsenko, V.S., dkk, 2011, *Preparation and Characterization of Nanocrystalline Hard Chromium Coatings Using Eco-Friendly Trivalent Chromium Bath*, Department of Physical Chemistry Ukrainian State University of Chemical Technology Gagarin Av. 8, Ukraine.
- [3] Adyani, I.A.S., 2009, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan Krom Pada Stoneware dan Earthenware*, Jurnal Teknologi Elektro Vol. 8 No. 2 Juli - Desember 2009, Mataram.
- [4] Prado, R.A., 2009, *Electrodeposition of Nanocrystalline Cobalt Alloy Coatings As a Hard Chrome Alternative*, Integran Technologies, Inc. 1 Meridian Rd. Toronto, Ontario, Canada.
- [5] Bettina Kerle, 2000, *Hexavalent Chromium Processes*, Jerman.
- [6] Frederick A. Lowenheim, 1948, *Electroplating*, McGraw-Hill Book Company, USA.
- [7] Bettina Kerle, 2000, *Hexavalent Chromium Processes*, Jerman.