

# Analisa Khromisasi Elektroplating pada Tool Steel

I Komang Astana Widi<sup>1</sup>, Wayan Sujana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>1</sup>aswidi@yahoo.com

## ABSTRAK

*PT.Pindad di Turen Kabupaten Malang telah memproduksi amunisi pada tahun 2017 sekitar 600 juta, namun terdapat permasalahan pada poros regang amunisi tersebut dimana pada bagian permukaan yang dilapisi khrom menghasilkan ketebalan yang tidak merata dan tidak konsisten sehingga akan berdampak pada kualitas senjata amunisi tersebut. Beberapa bahkan tidak memenuhi ketebalan lapisan yang distandardkan sehingga banyak produk amunisi yang reject atau gagal. Berdasarkan permasalahan tersebut, kami mencoba meneliti dan mengamati pada beberapa variabel proses yang mempengaruhi tingkat ketebalan lapisan khrom yang terbentuk sehingga produksi amunisi ini dapat menghasilkan ketebalan yang konsisten sesuai standart yang diinginkan. Dengan demikian produksi akan semakin efektif dan efisien. Penelitian ini akan memfokuskan pada peran arus dan waktu proses dengan metode electroplating diantaranya 20 s/d 30 Ampere dengan waktu proses antara 15 hingga 45 menit.*

*Pengamatan dan pengujian serta analisis akan dilakukan terhadap hubungan antara sifat kekerasan, ketebalan dan densitas lapisan yang terbentuk. Pengamatan cacat pada permukaan lapisan khrom juga akan menjadi perhatian penting, mengingat cacat retak memiliki peran penting dalam menghasilkan daya luncur amunisi.*

**Kata kunci :** elektroplating, amunisi, khrom, arus, densitas, ketebalan

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Industri dibidang HANKAM saat merupakan target sekaligus tujuan penelitian oleh RISTEKDIKTI. Salah satu industri yang bergerak dibidang tersebut adalah PT. PINDAD dalam memproduksi amunisi.

Jenis lapis *chrome* ini banyak dibutuhkan antara lain untuk peralatan industri seperti komponen mesin tenun, komponen kendaraan bermotor, komponen mesin produksi. Khususnya komponen mesin produksi yang berada di Divisi Munisi PT.Pindad yang pada proses produksinya membutuhkan banyak komponen yang memerlukan pelapisan *hardchrome* untuk mendapatkan sifat khusus seperti ketahanan aus, seperti poci, poros kalibreer, poros peregang dan untuk poros peregang sendiri masih ada poros peregang I, peregang II dan seterusnya tergantung terhadap kerumitan proses produksi dari munisi tersebut.

PT.Pindad merupakan salah satu BUMN yang memiliki bisnis di industri pertahanan. Berbagai produk militer seperti senjata, munisi, dan kendaraan tempur menjadi

keahliannya. Menurut data yang dikumpulkan oleh Liputan6.com pada Januari 2017 setidaknya ada beberapa produk dari Pindad yang sudah banyak digunakan baik di dalam negeri maupun di luar negeri, disisilain beberapa produk ini merupakan produk terlaris seperti munisi 5,56 mm, senapan serbu SS2, Panser. Khusus untuk munisi ini merupakan produk dari Pindad yang terlaris terbukti dengan sudah ratusan juta amunisi yang sudah diproduksi pindad sampai saat ini. Kebutuhan itu baik digunakan untuk TNI dan Polri atau juga untuk di export ke berbagai negara. Untuk memasok kebutuhan TNI sendiri Pindad setiap tahunnya harus memproduksi munisi sebanyak 600 juta peluru, dan belum lagi menyediakan pesanan dari negara lain. Dari data tersebut diharapkan Divisi Munisi PT.Pindad diharapkan memenuhi targetnya.

Untuk menjaga kualitas dan meningkatkan efisiensi pada proses pelapisan *hardchrome* dalam penelitian ini peneliti memilih variasi arus dan waktu sebagai acuan terhadap kekerasan pelapisan dan tingkat ketebalan pada baja perkakas yang merupakan bahan dari poros peregang dan poros kalibreer yang

keduanya merupakan matriks dari proses produksi munisi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori Pelapisan

Pelapisan logam merupakan suatu cara yang dilakukan untuk memberikan perubahan sifat tertentu pada permukaan benda kerja, dengan demikian benda kerja tersebut akan mengalami perbaikan sifat mekaniknya dan tidak menutup kemungkinan pula akan mengalami perbaikan sifat fisiknya. Pelapisan logam merupakan bagian akhir dari proses produksi yang dilakukan setelah benda kerja mencapai tahap bentuk akhir atau setelah dilakukan proses permesinan dan dilakukan proses pelapisan penghalusan terhadap permukaan benda kerja. Oleh sebab itu proses pelapisan merupakan suatu pekerjaan finishing atau sering disebut dengan proses penyelesaian akhir dari suatu benda kerja.

#### 2.1.1 Jenis Pelapisan Logam

##### A. Pelapisan Dekoratif

Pelapisan dekoratif bertujuan untuk menambah keindahan tampak rupa/secara tampilan suatu produk benda kerja. Pelapisan ini sangat digemari oleh masyarakat karena warna yang cemerlang dan tidak mudah korosi. Khalayak ramai sudah lazim menggunakan istilah *vernikel*, *verkrom* dan semacamnya. Pelapisan tembaga, nikel, krom memang paling banyak untuk pelapisan: kawat, baja dan masih banyak lagi. Di dunia *plating*, yang populer adalah *tembaga*, *nikel* dan *krom*. Berbagai barang rumahtangga, meubel, alat dapur, alat sport, alat tulis, konstruksi, part kendaraan bermotor tidak lepas dari *vernikel/verkrom*. Setiap hari ditemui dan digauli, maka pelapisan dekoratif ini lah yang paling dikenal.

##### B. Pelapisan Protektif

Pelapisan protektif bertujuan untuk melindungi logam/benda kerja dari pengaruh korosi yang disebabkan oleh reaksi dengan lingkungan. Hal ini disebabkan oleh karena logam pelapis dapat memutuskan interkasidengan lingkungan sehingga akan terhindar dari proses oksidasi

##### C. Pelapisan untuk Sifat Khusus Permukaan

Pelapisan ini bertujuan untuk mendapat sifat khusus pada permukaan benda kerja/suatu produk akhir misalnya sifat mekaniknya seperti kekerasan. Selain itu juga dapat mendapat sifat fisik yang lebih baik misalnya ketebalan

lapisan serta tampak rupa secara tampilan. Dengan kata lain pelapisan ini merupakan paduan antara lapisan dekoratif dan protektif untuk mendapat sifat khusus pada permukaan yang lebih baik. Salah satu pelapisan yang sering digunakan adalah pelapisan krom.

### 2.2 Material Logam

Material di golongan menjadi empat yaitu logam, plastik, keramik dan komposit. Logam dipakai sebagai material utama dalam bidang teknik karena kekuatan, keuletan relatif tinggi, relatif mudah diubah menjadi produk lain. Relatif tahan terhadap temperatur tinggi. Material logam dibagi menjadi dua lagi yaitu *ferrous* dan *non ferrous*. Logam yang termasuk dalam *ferrous* adalah:

1. Besi cor (besi cor putih, besi cor kelabu, besi cor *nodular* dan besi cor *malleable*).
2. Baja karbon (baja karbon rendah, baja karbon medium, baja karbon tinggi).
3. Baja paduan (baja paduan rendah, baja paduan tinggi).

### 2.3 Baja

Baja (*steel*) merupakan suatu campurab antara besi dan karbon dimana unsur penyusun utamanya adalah karbon. Selain itu mengandung pula campuran unsur lain yang jumlahnya dibatasu seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), Mangan (Mn).

### 2.4 Krom (Chrome)

Khrom sebagai unsur yang ditemukan tahun 1797. Penggunaan khrom dalam alloy, misalnya alloy besi, khromnya tidak sebagai khrom murni, cukup 75% khrom-besi, dengan melebur bijih khromit tanpa lakukan tambahan. Khrom juga dipakai untuk komponen refraktori. Dalam lakukan logam, selain dipakai untuk *plating*khrom, juga untuk khromisasi, anodisasi, coating ubahan khromat, pasivasi, pembersihan permukaan dan etsa. Pencegahan korosi, sampai stripping deposit.

#### 2.4.1 Krom dan sifatnya

Khromium/khrom adalah termasuk bahan logam nonferro yang dalam tabel periodik termasuk grub VIB dan diberi lambang Cr. Logam krom lebih, mulia dari besi (Fe) dengan sifat sebagai berikut :

Tabel 2.1 Sifat – sifat logam khrom  
(Lowenheim, F.A., 1978)

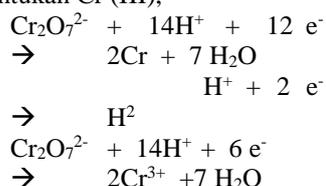
Berat Atom	52,01
Nomor Atom	24
Struktur Atom	BCC
Berat Jenis	7,91 gr/cm <sup>3</sup>
Titik Cair	1920 °C
Valensi	2 ; 3 ; 6
Titik Didih	2260 °C
Koefisien Muai Panas	6,20 in/°C
Daya Hantar Panas	38,5 Cal/m.Jam

Sifat lain yang menonjol adalah mudah teroksidasi dengan udara membentuk lapisan kromium oksida pada permukaan. Lapisantersebut akan bersifat kaku, tahan korosi, tidak berubah warna terhadap perubahan cuaca. Akan tetapi akan larut dalam sam klorida, sedikit larut dalam asam sulfat, dan tidak akan larut dalam asam nitrat.

Sifat mekanis khrom sangat peka terhadap pengotor, riwayat lakuan mekanisnya, ukuran butiran, kondisi permukaannya dan lain – lain. Karbon, belerang dan oksigen biarpun sedikit, sangat mempengaruhi keliatanya. Khrom bereaksi dengan halogen, hidrogen klorida, perklorat membentuk lapisan tipis khrom yang menghasilkan kepasifan, sehingga tahan korosi. Dalam larutan netral kepasifan itu terjaga, tetaoi dalam larutan asam, harus diberi oksidator, tetapi jangan ada asam hologen.

Pada sistem bak asam khromat, walau efisiensi arus plating nya rendah (untuk yang cerah 10 – 25 %), laju desposisi tetap besar karena rapat yang digunakan besar pula. Tegangan listrik sesuai rapat arus tersebut juga besar, antara 4 sampai 12 volt.

Asam khromat dalam larutan asam pekat bak plating berada kebanyakan sebagai ion dikhromat. Pada katoda setidaknya tiga reaksi berlangsung: deposisi khrom, pengeluaran hidrogen, pembentukan Cr (III),



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

#### 2.4.2 Klasifikasi Pelapisan Khrom

##### 1. Pelapisan khrom dekoratif

Pada pelapisan ini umumnya sebelum dilakukan pelapisan dengan krom terlebih dahulu dilakukan pelapisan dengan tembaga kemudian nikel. Tebal lapisan yang dihasilkan dari pelapisan khrom dekoratif berkisar antara 0,25 – 0,5 µm. Hasil yang paling penting adalah secara tampak rupa atau sifat fisik saja.

##### 2. Pelapisan khrom keras (*hardchrome*)

*Hardchrome* plating merupakan istilah industri bagi plating khrom rekayasa, bukan dekoratif. Depositanya lebih tebal (bukan harus lebih keras), maka waktu plating juga lebih lama dan perlu pengetahuan kecepatan plating secara baik.

Khrom merupakan teknik berkeunggulan fisik dan mekanis: angka gesekan lebih kecil, keras, tahan korosi dan panas. Khrom juga dapat dipergunakan untuk sebagai substract yang sifatnya harus dipertimbangkan untuk menentukan tebal deposit khromnya. Anodanya sama dengan plting khrom dekoratif normal, yaitu timbel atau alloy timbel/10% timah-antimon.

Perbedaan utama plating khrom keras dengan yang dekoratif ialah bahwa depositnya jauh lebuh tebal dan sifat fisiknya amat penting. Kelainan sedikit dapat berakibat fatal, bukan sekedar mengganggu kecemerlangan/penampilan. Karena waktu plating lebih lama, kondisi diatur dan dikontrol ketat.

*Modifikasi* plat khrom dilakukan dengan cara lakuan mekanis/kimia khusus, membentuk lubang-lubang atau saluran-saluran tertentu, menghasilkan khrom berpori. Ada pula proses khrom hitam atau berwarna. Ini bukan logam khrom murni melainkan mengandung oksida serta bahan lain.

#### 2.5 Metode Pelapisan Logam

Salah satu cara dari finishing logam yang banyak diterapkan adalah pelapisan logam. Mekanisme dari proses ini dapat dilakukan dengan metoda antara lain secara celup panas (*hot dip galvanis*), semprot logam (*metal spraying*) dan secara listrik (elektroplating).

Pelapisan secara celup pana (*hot dip galvanis*) adlah suatu proses pelapisan dimana logam pelapis dipanaskan hingga mencair, kemudian logam yang dilapisi/ logam dasar

dicelupkan kedalam logam cair tersebut. Pelapisan logam dengan cara semprot (*metal spraying*) adalah proses pelapisan logam dengan cara penyemprotan partikel-partikel halus dari logam cair disertai gas bertekanan tinggi serta panas pada logam yang akan dilapisi/logam dasar.

**2.6 Elektroplating**

Elektroplating ialah “elektrodeposisi pelapis/coating logam melekat ke elektroda untuk menjaga substrat dengan memberikan permukaan dengan sifat dan dimensi berbeda dari pada logam basisnya tersebut”. Perumusan itu dapat diperluas ke substrat plastik/polimer (nonkonduktor).

Beberapa proses, misalnya anodisasi aluminium, elektroda yang dimaksud ialah anoda. Akan tetapi kebanyakan, yang disebut elektroda dalam perumusan diatas adalah katoda. Jadi sistem plating terdiri atas: sirkuit luar, elektroda negatif (katoda) yakni barang yang digarap, larutan plating, elektroda positif (anoda).

Maksud elektroplating ialah demi tujuan penampilan (bagus, kilap, cemerlang), perlindungan (terhadap korosi), sifat khas permukaan, serta sifat teknis/mekanis tertentu. Pengelompokan ini tidak tajam namun dapat saling tumpangshuh.

Tujuan dekoratif/penampilan lazim memanfaatkan khrom, tetapi juga emas, perak, kuningan, perunggu, nikel, tembaga dan rhodium. Untuk perlindungan, plating seng paling palinf ekonomis, tetapi kadmium banyak pula dipakai terutama di lingkungan laut. Elektroplating teknik misalnyaagar terlapisi bahan keras, tahan aus dipergunakan pada komponen mesin, zeker dan sebagainya. (Anton J Hartono & Tomijiro Kaneko, 1992).

Elektroplating yaitu suatu proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada elektroda negatif (katoda) dengan cara elektrolisos. Terjadinya suatu endapan pada proses ini adalah karena adanya ion-ion bermuatan listrik berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit yang mana hasil dari elektrolisis tersebut akan mengendap pada katoda, sedangkan endapan yang terjadi bersifat adesif terhadaplogam dasar. Selama proses pengendapan atau deposit berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit baik reaksi reduksi maupun oksidasi dan diharapkan berlangsung terus menerus menuju arah tertentu secara tetap. Untuk itu

dioerlukan arus listrik searah (*direct current*) dan tegangan yang konstan. (Saleh, 1995).

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk endapan ion logam dengan jumlah arus yang dipakai untuk mengendapkannya. Hubungan ini diungkapkan dalam hukum faraday sebagai berikut :

1. Jumlah bahan yang terdekomposisi pada saat berlangsungnya proses elektrolisa berbanding lurus dengan kuat arus (ampere) dan waktu pengarilan arus (detik) dalam suatu elektrolit

2. Jumlah arus yang sama akan membebaskan jumlah ekivalen yang sama dari berbagai unsur.

Pernyataan Faraday diatas dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{I.t.e}{F} \dots\dots\dots(2.1)$$

- Keterangan
- B = berat zat yang terbentuk (g)
  - I = jumlah arus yang mengalir (A)
  - t = waktu
  - e = berat ekiivalen zat yang dibebaskan (berat atom suatu unsur dibagi valensi unsur tersebut)
  - F = jumlah arus yang diperlukan untuk membebaskan sejumlah gram ekivalen suatu zat
  - 1F = 96.500 Coulumb

Hukum faraday sangat erat kaitanya dengan efisiensi arus yang terjadi pada proses pelapisan listrik

Efisiensi katoda dapat dituliskan dengan rumus :

$$\eta = \frac{We}{B} \dots\dots\dots(2.2)$$

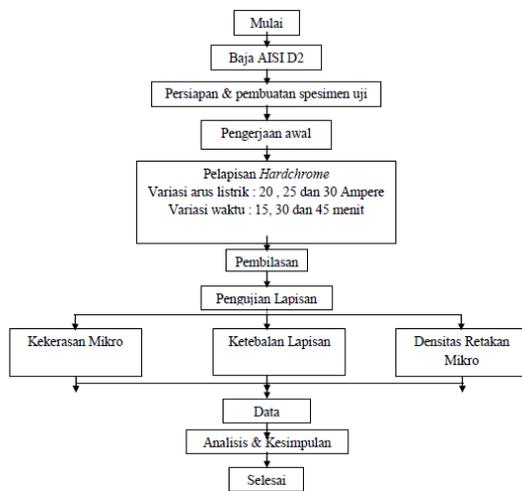
- Dimana :
- $\eta$  = efisiensi katoda (%)
  - We = berat lapisan terukur (gram)
  - B = berat lapisan sesuai hukum faraday (gram)

*Plating* termasuk sala satu cara untuk mencegah/mengurangi terjadinya korosi pada logam dan juga berfungsi sebagai ketahanan bahan serta untuk memperbaiki sifat bahan itu sendiri. Disamping itu *plating* juga memberikan nilai estetika pada logam yang dilapisi, yaitu warna dan teksur tertentu, serta untuk mengurangi tahanan kontak dan meningkatkan konduktifitas permukaan atau daya pantul.

Daya pelaksanaan proses pelapisan listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu arus yang dibutuhkan untuk melapis (rapat arus), temperatur larutan, waktu pelapisan dan konsentrasi larutan. Distribusi perpindahan ion – ion logam selama proses berlangsungnya akan dipengaruhi oleh besarnya arus, luas permukaan logam yang akan dilapisi, temperatur larutan, tegangan dan konsentrasi larutan.

**III. METODE PENELITIAN**

**3.1. Metode Penelitian**



Gambar 3.1. Diagram alir

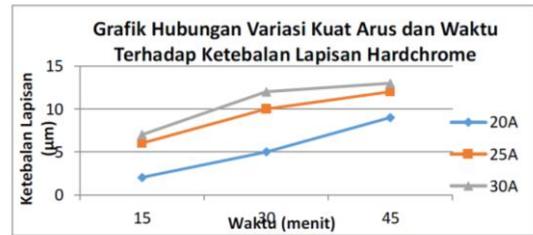
**IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Data Pengujian Ketebalan**

**4.1.1 Data Hasil Pengujian**

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Ketebalan

Arus (Ampere)	Waktu (Menit)	Sebelum Pelapisan (mm)	Setelah Pelapisan (mm)	Tebal Lapisan (µm)
20	15	40,133	40,135	2
	30	40,287	40,292	5
	45	40,107	40,166	9
25	15	39,976	39,982	6
	30	40,037	40,047	10
	45	40,233	40,245	12
30	15	39,935	39,942	7
	30	40,044	40,056	12
	45	40,209	40,222	13



Gambar 4.1. Grafik hubungan variasi kuat arus dan waktu terhadap ketebalan lapisan hardchrome

**4.1.2 Analisa dan Pembahasan**

Berdasarkan grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan ketebalan lapisan akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi nilai kuat arus yang digunakan, maka akan menyebabkan elektron lebih reaktif (lebih mudah bergerak), hal ini juga akan menyebabkan porsi akumulasi pergerakan elektron menuju electroda juga akan semakin besar.

Sedangkan adanya pengaruh besaran waktu proses terhadap ketebalan lapisan juga dapat dilihat pada gambar 4.1. pada grafik menunjukkan semakin lama proses berlangsung, maka proses pergerakan electron juga semakin besar. Hal lain yang perlu diketahui dan berhubungan dengan percobaan ini adalah konsep teoritis mengenai proses electrokimia yang dikemukakan oleh *Faraday*, dimana hukumnya menyatakan secara matematis bahwa massa zat yang terbentuk pada suatu proses electrokimia adalah berbanding lurus dengan kuat arus listrik dan waktu proses. Namun dari gambar 4.1 dapat dilihat ketidak konsistenan kenaikan dari ketebalan lapisan, besar presentase kenaikan pada ketebalan lapisan tertinggi terdapat pada kuat arus antara 20 dan 25 Amper dengan presentase rata-rata kenaikan mencapai 94%, berbeda dengan kuat arus 25 dan 30 amper yang rata-rata presentase kenaikan tidak terlalu tinggi yaitu sekitar 44%. Penjelasan untuk hal ini adalah dikarenakan perbedaan hambatan yanga terlalu besar antara spesimen yang dialiri oleh arus 20 amper dengan arus 25 amper. Spesimen yang dialiri arus sebesar 20 amper memiliki panjang rata-rata 40,17 mm dan spesimen yang dialiri arus lebih besar hanya memiliki rata-rata panjang 40,08. Karena semakin besarnya hambatan namun dengan aliran arus yang lebih kecil

mengakibatkan perbedaan presentase yang cukup besar.

#### 4.2 Data Pengujian Kekerasan

##### 4.2.1 Data Hasil Pengujian

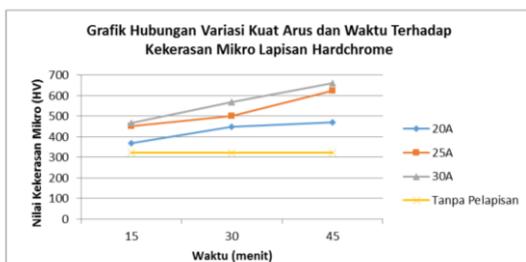
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan

Mikro Lapisan *Hardchrome*

Force : 500 gf Dwell Time : 10 detik

Force : 500 gf Dwell Time : 10 detik

Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Nilai Kekerasan Mikro (HV)			Rata-rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
20	15	389,1	353,1	369	370,4
	30	466,8	450,2	432,1	449,7
	45	482,1	465	465	470,7
25	15	441,4	479,6	432,4	451,1
	30	510,5	481	513,8	501,8
	45	621,8	633,2	619,4	624,8
30	15	462,6	438,3	503,2	468,0
	30	567,6	561,3	576,1	568,3
	45	663,2	668,1	649,2	660,2
Tanpa Pelapisan		332,2	316,9	315,4	321,5



Gambar 4.2. Grafik hubungan variasi kuat arus dan waktu pelapisan terhadap kekerasan mikro lapisan hardchrome

##### 4.2.2 Analisa dan Pembahasan

Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara variasi kuat arus dan waktu terhadap nilai kekerasan mikro. Dimana nilai kekerasan mikro *Raw material* lebih rendah dari pada spesimen yang mengalami proses pelapisan krom keras, *Raw material* memiliki nilai kekerasan mikro 321,5 HV dan naik sekitar 15% untuk yang terendah yaitu pada pencelupan dengan arus 20A selama 15 menit, dan naik sekitar 105% pada pencelupan pada arus 30A selama 45 menit. Dari grafik tersebut secara garis besar menunjukkan kekerasan mikro akan berbanding lurus dengan kuat arus dan waktu proses pelapisan, hal tersebut juga ditunjukkan hubungan antara kekerasan mikro dan ketebalan lapisan yang secara garis besar menunjukkan adanya perubahan yang sebanding dengan ketebalan lapisan. Dengan kuat arus 20A selama 15 menit memiliki ketebalan paling rendah yaitu 2µm akan terus

naik sebanding dengan kuat arus dan waktu yang diberikan dan mencapai nilai ketebalan tertinggi yaitu 13 µm pada pelapisan dengan arus 30A selama 45 menit.

Adanya keterkaitan antara kekerasan mikro dan ketebalan lapisan yang menunjukkan jika nilai kekerasan mikro berbanding lurus dengan naik ataupun turunnya ketebalan lapisan. (Yusep Sukrawan, 2016) dalam penelitiannya meskipun data yang menunjukkan grafik yang fluktuatif tetapi nilai kekerasan tetap akan mengikuti naik dan turunnya ketebalan lapisan. Waktu pelapisan akan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapis. sehingga semakin lama pelapisan akan mengakibatkan menumpuknya endapan lapisan, dan semakin tebal endapan akan meningkatkan nilai kekerasan mikro.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan tentang pengaruh variasi arus 20, 25 dan 30 ampere dengan variasi waktu pelapisan 15, 30 dan 45 menit terhadap ketebalan, kekerasan mikro dan retakan mikro dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dapat diketahui hasil ketebalan dari pelapisan sesuai dengan hukum **Faraday** yaitu ketebalan lapisan berbanding lurus terhadap kuat arus dan waktu pelapisan yaitu semakin besar arus yang diberikan dan semakin lama waktu pelapisan maka semakin tebal lapisan hardchrome. Dengan ketebalan terendah 2 µm pada kuat arus 20 ampere dengan waktu 15 menit. Dan ketebalan tertinggi 13 µm pada kuat arus 30 ampere dengan waktu 45 menit
2. Dapat diketahui hasil kekerasan mikro adalah semakin tebal lapisan maka akan semakin keras nilai kekerasan mikro dari lapisan hardchrome. Nilai kekerasan terendah adalah pada pelapisan dengan arus 20 ampere dan waktu pelapisan 15 menit yaitu sebesar 370,4 HV naik sekitar 15% dari baja AISI D2 yang tidak dilapis dan memiliki kekerasan tertinggi yaitu pada pelapisan dengan arus 30 ampere dan waktu pelapisan 45 menit dengan nilai kekerasan 660,2 HV naik sekitar 105% dari baja tanpa pelapisan.

3. Dapat diketahui hasil dari foto mikro menunjukkan perubahan yang fluktuatif, dimulai dari variasi arus 20A dengan lama 15 menit nilai densitas retakan mikro 31,23 crack/cm mengalami kenaikan pada setiap ditambahnya kuat arus dan waktu pelapisan dan mencapai nilai densitas tertinggi yaitu pada arus 25A dengan lama pelapisan 45 menit mencapai nilai 60,6 crack/cm atau naik sebesar 94% dari nilai densitas pelapisan awal dan mengalami grafik yang terus menurun pada pelapisan berikutnya yaitu mencapai 55% atau sebesar 39,16 crack/cm pada pelapisan dengan arus 30A lama pelapisan 45 menit. Hal ini juga dialami oleh Eko Edy Susanto pada penelitiannya tentang retakan mikro pada lapisan krom yang juga mengalami hasil yang fluktuatif. Pada penelitian tersebut beliau menjelaskan tentang pengaruh kesuaian besar arus yang diberikan terhadap nilai densitas retakan mikro yang dihasilkan.

#### Saran

1. Melakukan pengujian terhadap komposisi larutan hardchrome sehingga mampu mengontrol kestabilan konsentrasi unsur-unsur dalam larutan.
2. Melakukan pengujian mekanik yang lebih banyak sehingga dapat memberi data yang lebih valid lagi
3. Melakukan pengujian SEM sehingga dapat menganalisa lebih detail tentang struktur permukaan lapisan

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hartono, A.J., dan Kaneko, T, 1992, Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating) Edisi I, Andi Offset Yogyakarta.
- K. A. Widi, ING Wardana, The Effect of Chemical Compositions of Tool Steel on The Level of White Layers Homogeneity and the Surface Hardness, International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, IJMMM, 2013
- Komang Astana Widi, Eko Edy Susanto, Teguh Rahardjo, Nanang Dwi Wahyudi, Analisa Pengaruh Krom Baja Assab Df 3 Terhadap Bentuk Korosi Pada Tegangan Listrik Dan Waktu Elektrolapting, Jurnal Flywheel Vol 6 no 1 2015

- Pereira do Nascimento, M., & Voorwald, H.J.C, 2008, *The Significance and Determination by Image Analysis of Microcrack Density in Hardchrome Plating*. State University of Sao Paulo.
- Puspitarini, D.A., 2001, Proses "Hardchrome" Dan Analisis Kadar Krom Pada Limbah "Hardchrome", Praktek Kerja Lapangan Teknik Kimia, Universitas Brawijaya Malang.
- Saleh, A.A., 1995, Pelapisan Logam, Buku Pegangan Industri Elektroplating, Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Bandung.
- Susanto, E.E, dan Subardi, A, Aditya, D.E, 2017, Analisis Tegangan dan Waktu Pada Proses Electroplating Nikel-Krom Terhadap Tebal Lapisan. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Sukrawan, Y, 2016, Analisis Variasi Waktu Proses *Hardchrome* Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Besi Cor Kelabu. Teknik Mesin FPTK Universitas Pendidikan Indonesia Bandung.