

**PENGARUH ARUS DAN WAKTU PELAPISAN *HARD CHROME* TERHADAP KETEBALAN LAPISAN DAN TINGKAT KEKERASAN MIKRO PADA PLAT BAJA KARBON RENDAH AISI 1026 DENGAN MENGGUNAKAN  $CrO_3$  250 gr/lt DAN  $H_2SO_4$  2,5 gr/lt PADA PROSES ELEKTROPLATING**

**Danang Tarwijayanto <sup>1</sup>, Wahyu Purwo Raharjo <sup>2</sup>, Teguh Triyono <sup>2</sup>**

Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret  
Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

**Keywords :**

*Electroplating*  
*Hard chrome*  
*Hardness*  
*Coating Thickness*  
*Current*

**Abstract :**

*This research has aim to determine the influence of variations in current and time of hard chrome plating process on the coating thickness and micro hardness on low carbon steel plate AISI 1026. With using variation current and time of coating, the coating can be determined the best conditions and coating thickness can be determined and the highest hardness.*

*Coating performed in an electrolyte solution with a content of 250 gr /ltr and  $H_2SO_4$ . Specimens AISI 1026 serves as the cathode and lead (Pb) as the anode. Parameter variation coating include currents (0.5, 1, 1.5 and 2 Ampere), and a coating time (30, 40, 50 and 60 minutes). Coating thickness measurement using a coating thickness measuring instrument dualscope ® MPOR. Micro hardness testing is done using micro Vickers hardness with a load of 200 gr.*

*The results showed that the greater current and the time dyeing higher so hardness values is higher. The highest hardness value in the use of currents 2A with a coating of 60 minute in the amount of 455.93 VHN. The highest coating thickness variation of the coating time 50 minutes with a current of 2A current is equal to 4.033 µm. The thickness optimum coating at 50 minutes and decreased coating at 60 minutes. The highest efficiency of cathode coating using a current of 2A coating at 50 minutes is equal to 84.49%.*

**PENDAHULUAN**

Dewasa ini perkembangan teknologi rekayasa pelapisan listrik (elektroplating) telah banyak memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap laju pertumbuhan industri dalam skala besar hingga industri dalam skala kecil. Baja merupakan salah satu logam yang banyak digunakan oleh masyarakat dan industri, misalnya pada bidang otomotif, konstruksi, dan kerajinan. Hanya sayangnya mutu logam akan menurun akibat adanya keausan yang disebabkan karena gesekan.

Korosi merupakan penurunan mutu logam yang diakibatkan karena reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. Korosi ini menjadi beban dalam industri. Tidak hanya menurunkan daya guna dari logam, namun korosi juga mengakibatkan kerugian dari segi penampilan.

Pelapisan logam adalah salah satu cara finishing logam yang banyak dipakai agar terhindar dari korosi.

Sifat aus, keras, tangguh dan ulet suatu bahan dasar perlu dipertimbangkan dalam suatu aplikasi. Berikut adalah sebagian elemen pada mesin yang mengalami gesekan dan saling kontak dengan komponen yang lain: *brake piston, cylinder liner, sock adsorber, piston ring, hydraulic rot, dies and molds*.

Dengan adanya gesekan yang terjadi pada kedua komponen yang saling kontak akan mengakibatkan keausan. Maka perlu dilakukan tahap penyelesaian (*finishing*) untuk mengurangi kerugian-keugian yang diakibatkan aus.

*Finishing* diperlukan bagi logam-logam yang mudah mengalami korosi, misalnya baja yang termasuk murah dan kuat sehingga efektif. *Finishing* juga berfungsi dekoratif. Bumper pada mobil misalnya, tidak hanya dikehendaki awet, tahan korosi, tetapi juga agar tetap mengkilap selama dipakai. salah satu cara yang dipakai adalah dengan memberi lapisan pada permukaan logam untuk mendapatkan lapisan yang tebal dengan permukaan yang keras.

*Chromizing* atau pemberian lapisan krom merupakan metode yang banyak digunakan dalam industri guna mendapatkan permukaan logam yang keras. Metode ini dipilih karena lebih mudah diaplikasikan pada baja dengan kadar karbon rendah dan pengerjaannya juga lebih mudah dibandingkan metode-metode yang lain. Cara yang umum digunakan untuk pelapisan adalah pelapisan secara listrik (elektroplating) yaitu proses pelapisan logam maupun non logam secara elektrolisis melalui penggunaan arus searah (DC) dan larutan kimia

(elektrolit) yang berfungsi sebagai penyuplai ion-logam untuk membentuk lapisan logam pada katoda.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dari hasil pelapisan kromium diantaranya adalah temperatur, konsentrasi larutan, tegangan, rapat arus dan waktu pelapisan. Maka untuk mendapatkan ketebalan dan kekerasan yang paling baik, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi agar nantinya proses pelapisan krom keras yang akan diterapkan pada baja karbon rendah tipe AISI 1026 dengan pengaruh arus dan waktu terhadap kekerasan didapat hasil yang lebih baik.

#### PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian diatas maka permasalahan dalam penelitian ini adalah “Bagaimana pengaruh arus dan waktu pada proses pelapisan hard chrome terhadap ketebalan lapisan dan tingkat kekerasan mikro pada baja karbon rendah AISI 1026 dengan proses elektroplating dengan menggunakan larutan elektrolit  $\text{CrO}_3$  250 gr/ltr dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2,5gr/ltr”.

#### BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang dipakai dalam penelitian ini yaitu:

1. Benda uji yang dipakai yaitu plat baja karbon rendah AISI 1026
2. Larutan elektrolit yang digunakan adalah :
  - a) Asam kromat ( $\text{CrO}_3$ ) sebanyak 250 gr/ltr
  - b) Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sebanyak 2,5 gr/ltr
3. Temperatur larutan elektrolit konstan 25-30 °C.
4. Anoda yang dipakai adalah anoda timbal/timah hitam (Pb)
5. Jarak anoda dan katoda dibuat konstan yaitu sebesar 100 mm.

#### TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik pada proses elektroplating *hard chrome* terhadap ketebalan dan kekerasan mikro pada plat baja karbon rendah AISI 1026 menggunakan  $\text{CrO}_3$  250 gr/ltr dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2,5 gr/ltr”.
- 2) Untuk mengetahui pengaruh waktu proses elektroplating *hard chrome* terhadap ketebalan dan kekerasan mikro pada plat baja karbon rendah AISI 1026 menggunakan  $\text{CrO}_3$  250 gr/ltr dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2,5 gr/ltr”.
- 3) Untuk mengetahui pengaruh arus dan waktu pada proses elektroplating *hard chrome* terhadap efisiensi katoda.

#### TINJAUAN PUSTAKA

Ahmad (2011), mengadakan penelitian tentang pengaruh besar tegangan listrik terhadap ketebalan pelapisan krom pada plat baja dengan proses elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh variasi tegangan listrik dan lama waktu *electroplating* terhadap ketebalan pada baja karbon rendah dengan pelapisan krom. dari hasil

penelitian ini menunjukkan bahwa semakin lama proses *electroplating* maka akan semakin tebal hasil pelapisan yang terjadi.

Malau (2009), melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan, suhu dan lama proses pelapisan krom keras terhadap kekerasan dan laju keausan spesifik lapisan krom pada permukaan baja S45C. Pelapisan dengan krom dilakukan dalam larutan elektrolit dengan kandungan asam kromat 250 g/liter, asam sulfat 2,5 gr/liter. Parameter pelapisan meliputi variasi tegangan (3, 4 ½, 6 dan 9 V), suhu (40, 45, 55 dan 60°C) dan lama pelapisan (30, 40, 50 dan 60 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan krom dapat meningkatkan kekerasan maksimum menjadi 900 VHN<sub>0,25</sub>. Kekerasan dan keausan spesifik lapisan krom dipengaruhi oleh tegangan, suhu dan lama pelapisan. Lapisan krom memiliki keausan spesifik ( $1,25 \times 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{kg}$ ) lebih rendah dibandingkan dengan keausan spesifik raw material sebesar  $34,9 \times 10^6 \text{ mm}^2/\text{kg}$ . Tegangan, lama dan suhu pelapisan yang paling tepat masing-masing adalah 6 V, 50 menit dan 55 °C untuk memperoleh hasil optimum / terbaik dengan kekerasan tertinggi dan keausan spesifik terendah. 120 dan 140 A/dm<sup>2</sup>, sedangkan kondisi optimum dicapai pada rapat arus 100 A/dm<sup>2</sup> yang menghasilkan kekerasan 840 VHN.

Adyani (2009), dari penelitian yang telah dilakukannya, menyatakan bahwa ketebalan lapisan akan semakin meningkat seiring dengan naiknya kuat arus dan bertambahnya titik distribusi arus, hasil kekerasan permukaan berdasarkan hasil uji kekerasan *Vickers* akan semakin meningkat dengan naiknya kuat arus dan bertambahnya titik distribusi arus.

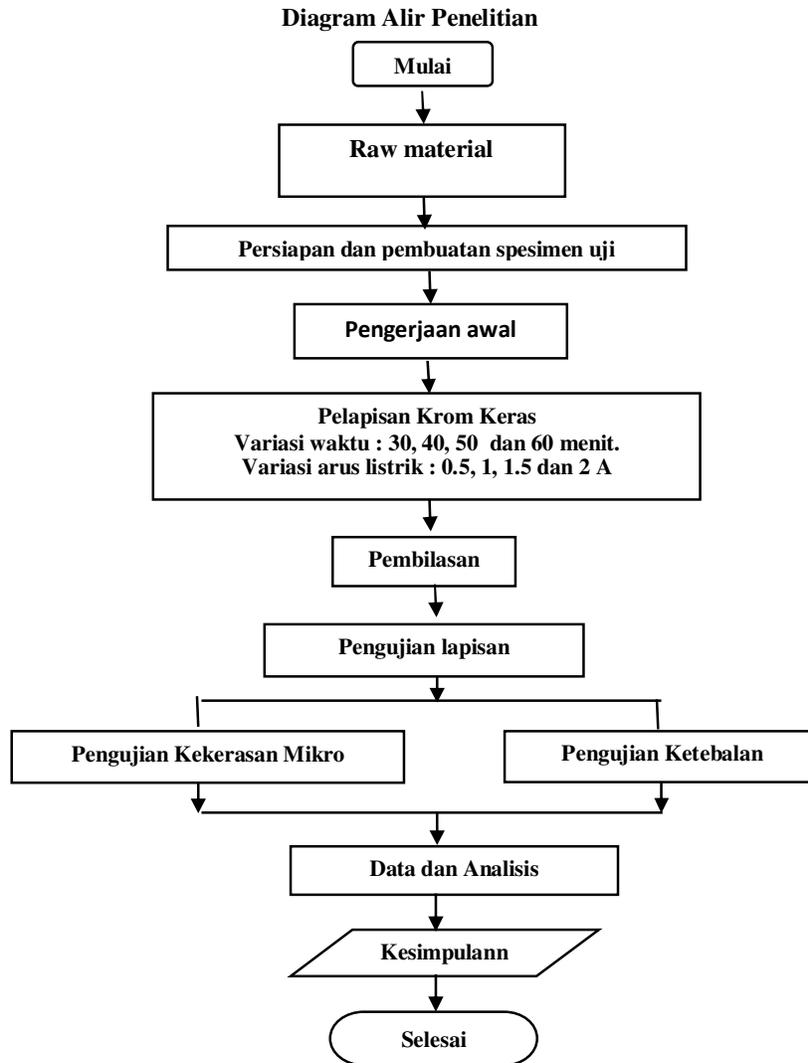
Prado (2009), melakukan penelitian tentang pelapisan krom keras pada cobalt paduan sebagai pelapisan krom keras alternatif. Hasil yang diperoleh bahwa dengan meningkatnya arus maka akan meningkatkan kualitas hasil pelapisan seperti kekerasan, laju pelapisan, efisiensi katoda, dan ketahanan terhadap korosi.

Protsenko dkk (2011), melakukan studi eksperimental mengenai karakteristik pelapisan krom keras dengan larutan trivalen krom. Dalam penelitiannya didapatkan bahwa rapat arus mempengaruhi sifat mekanik yang dihasilkan terutama nilai kekerasannya. Kenaikan nilai kekerasan terbaik ditunjukkan pada saat rapat arus mengalami kenaikan dari 15 sampai 25 A/dm<sup>2</sup>

#### METODELOGI PENELITIAN

##### Alat yang digunakan meliputi :

1. Alat untuk proses pelapisan beserta komponennya seperti *Rectifier*, bak plating, *stop watch*, katoda (spesimen).
2. Alat uji kekerasan *Mikro Hardness Vickers*, alat uji ketebalan lapisan logam *Coating thickness measuring instrument*.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

**Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi:**

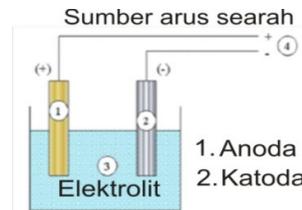
1. Anoda yang digunakan adalah timah hitam (Pb).
2. Baja karbon rendah AISI 1026 dengan komposisi kimia (% berat) sbb: 97,5 Fe; 0,265 C; 0,622 Si; 0,26 Mn; 0,0208 P; 0,0303 S; 0,488 Cr; 0,161.
3. Larutan elektrolit komposisi yang dipakai yaitu : CrO<sub>3</sub> (asam kromat) 250 gr/ltr dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (asam sulfat) 2,5 gr/ltr.

**Pelaksanaan penelitian**

Baja karbon rendah AISI 1026 dibentuk menjadi spesimen sesuai dengan jumlah, bentuk dan ukuran yang dikehendaki. Setelah dibentuk, spesimen dilakukan uji kekerasan awal sebelum dilakukan pencelupan. Setelah selesai kemudian dilakukan pengerjaan awal dengan cara mencuci spesimen dari kotoran dan lemak dengan deterjen. Kemudian dilakukan pembilasan dengan air bersih dan dikeringkan dengan dijemur

Tahap pelapisan dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen kedalam larutan elektrolit

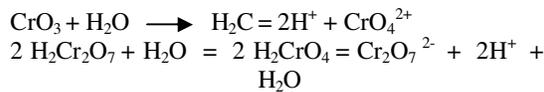
yang telah dialiri arus listrik melalui *rectifier* sehingga lapisan dapat terbentuk pada permukaan spesimen dengan skema seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Variasi arus 0,5; 1; 1,5; dan 2 Arus, waktu divariasikan selama 30, 40, 50, dan 60 menit. Setelah spesimen dilapisi, spesimen tersebut dibersihkan lalu dilakukan pengeringan dengan menggunakan kain bersih.



Gambar 2. Mekanisme proses pelapisan

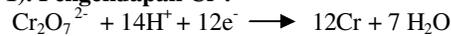
### Reaksi pada pelapisan krom keras

Mekanisme pengendapan ion pada pelapisan krom keras dengan *elektroplating* cukup kompleks. Ion kromat ( $\text{CrO}_3$ ) merupakan sumber ion Cr yang akan mengendap dan membentuk lapisan pada permukaan katoda (benda yang akan dilapis). Asam kromat dalam air cenderung akan membentuk asam dikromat (*dichromic acid*,  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Asam dikromat berwujud  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dalam larutan elektrolit dan selanjutnya akan mengendap untuk membentuk lapisan pada permukaan katoda.

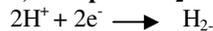


Ada 3 reaksi secara simultan pada katoda yaitu :

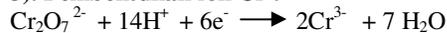
#### 1). Pengendapan Cr :



#### 2). Pelepasan $\text{H}_2$ :

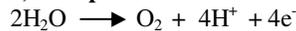


#### 3). Pembentukan ion Cr :

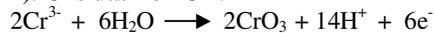


Ada 3 reaksi secara simultan pada anoda yaitu:

#### 1). Pelepasan C :



#### 2). Oksidasi ion Cr :



#### 3). Pembentukan $\text{PbO}_2$ :



Krom tidak dapat berfungsi sebagai anoda dengan baik karena dapat dengan mudah larut di dalam larutan asam kromat. Maka sebagai pengganti digunakan anoda timah hitam (Pb) yang bersifat tidak mudah larut dalam larutan asam kromat.

### Pengujian

#### Pengujian ketebalan lapisan

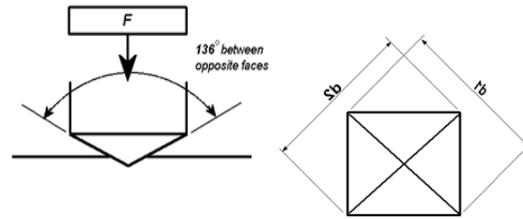
Pengujian ini dilakukan pada semua spesimen menggunakan *coating thickness measuring instrument*. Langkah-langkah persiapan dan pengujiannya yaitu :

1. Mensetting alat *dualscope* MPRO ke base metal Fe.
2. Mengkalibrasi *dualscope* MPRO.
3. Menguji spesimen pada 3 titik.
4. Menguji spesimen yang lain hingga semua selesai.

#### Pengujian kekerasan mikro

Pengujian kekerasan permukaan spesimen dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan Vickers dengan indenter dari bahan intan berbentuk piramid bujur sangkar. Pada daerah bekas penekanan akan berbentuk sudut dengan dua bidang miring yang saling berhadapan. Angka angka kekerasan

didapat dengan mengukur kedua panjang diagonal dari hasil penekanan, kemudian dimasukkan pada rumus.



Rumus nilai kekerasan Vickers:

$$VHN = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2}$$

Dimana:

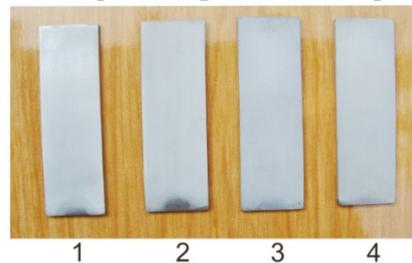
F = beban (kgf)

d = diameter rata-rata aritmatik dari dua

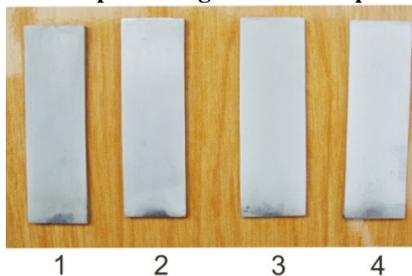
### HASIL DAN ANALISA

Setelah proses pelapisan selesai, spesimen diangkat dari larutan elektrolit lalu dilakukan pembilasan dengan air bersih setelah itu baru dilakukan pengeringan. Berikut hasil pelapisan yang telah dilakukan:

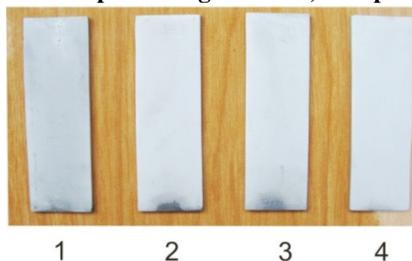
#### a. Pelapisan dengan arus 0,5 Ampere



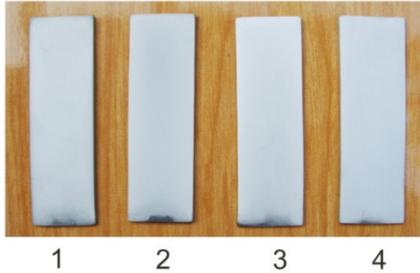
#### b. Pelapisan dengan arus 1 Ampere



#### c. Pelapisan dengan arus 1,5 Ampere



**d. Pelapisan dengan arus 2 Ampere**

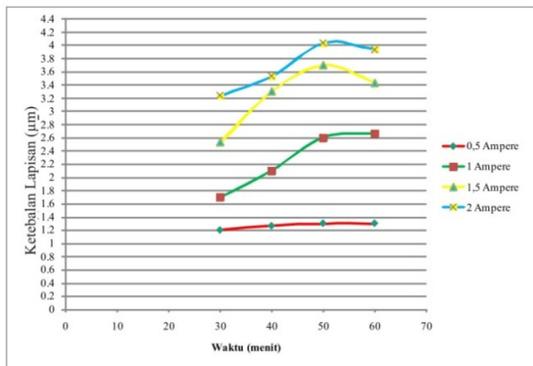


Dimana:

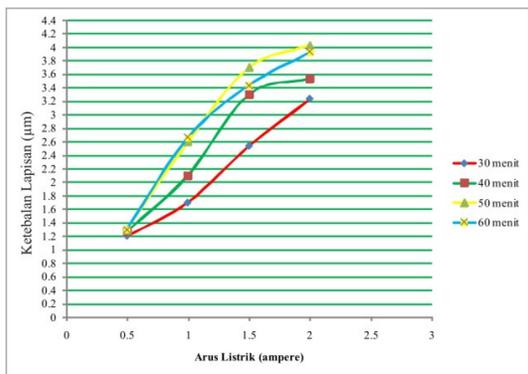
1. Selama 30 menit
2. Selama 40 menit
3. Selama 50 menit
4. Selama 60 menit

**Ketebalan Lapisan**

Dari hasil pengujian diperoleh data-data pengujian, kemudian data-data tersebut dijabarkan kedalam bentuk grafik hubungan waktu pencelupan dengan ketebalan lapisan dan kuat arus yang digunakan dengan tebal lapisan seperti yang terlihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Grafik hubungan pengaruh waktu terhadap ketebalan lapisan pada proses elektroplating *hard chrome*.

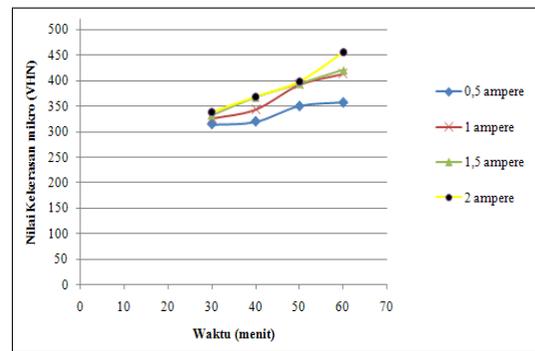


Gambar 5. Grafik hubungan pengaruh Arus terhadap ketebalan lapisan pada proses elektroplating *hard chrome*.

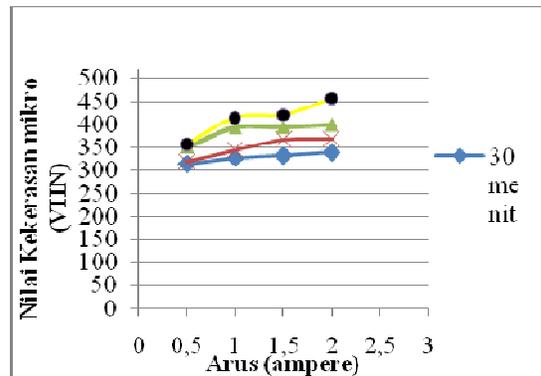
Dari Gambar 4 dan 5 dapat dilihat Untuk nilai ketebalan lapisan tertinggi diperoleh pada waktu pencelupan 50 menit dengan arus 2A yaitu sebesar 4,033 µm dan ketebalan lapisan terendah pada waktu pencelupan 30 menit dengan arus 0,5 A sebesar 1,200 µm. Kenaikan kuat arus listrik dalam elektroplating khususnya pada *hard chrome* akan meningkatkan ketebalan lapisan pada permukaan. Karena dengan meningkatnya kuat arus listrik yang mengalir maka akan menyebabkan jumlah ion-ion semakin banyak, sehingga ion krom yang terlepas dari larutan semakin banyak dan mengendap di katoda. Namun bila arus yang mengalir terlalu besar dengan waktu pencelupan terlalu lama, lapisan krom justru akan terbakar atau menghitam.

**Nilai Kekerasan Mikro Benda Kerja**

Dari hasil pengujian diperoleh data-data pengujian, kemudian data-data tersebut dijabarkan kedalam bentuk grafik hubungan waktu pencelupan dengan nilai kekerasan mikro dan grafik hubungan kuat arus yang digunakan dengan nilai kekerasan mikro, seperti yang terlihat pada gambar 6 dan gambar 7.



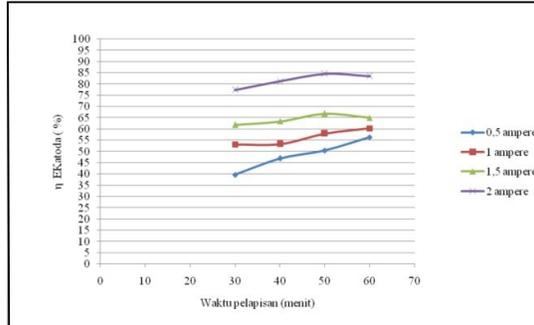
Gambar 6. Grafik hubungan pengaruh waktu terhadap nilai kekerasan mikro pada proses elektroplating *hard chrome*.



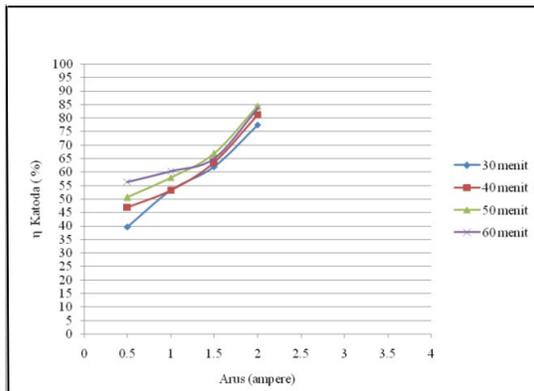
Gambar 7. Grafik hubungan pengaruh kuat arus terhadap nilai kekerasan mikro pada proses elektroplating *hard chrome*.

Gambar 6 dan 7 menunjukkan hubungan antara kekerasan dengan waktu pelapisan dan arus yang dipakai pada proses pelapisan diperoleh bahwa lapisan dengan arus 2A memiliki kekesan tertinggi dengan waktu 60 menit yaitu sebesar 455,93 VHN.

**Efisiensi katoda**



Gambar 8. Grafik hubungan efisiensi katoda dengan waktu pelapisan pada beberapa kisaran arus.



Gambar 9. Grafik hubungan efisiensi katoda dengan kuat arus listrik pada beberapa kisaran arus.

Gambar 8 dan 9 menunjukkan nilai efisiensi katoda tertinggi berada pada pelapisan dengan menggunakan arus 2A pada penggunaan waktu 50 menit yaitu sebesar 84,49 %. Efisiensi katoda yang meningkat pada penelitian ini menunjukkan bahwa waktu pelapisan sangat mempengaruhi terhadap ketebalan lapisan, semakin lama waktu pencelupan maka efisiensi katoda akan meningkat dan akan semakin mendekati ketebalan secara teoritis, namun pada beberapa kisaran waktu tertentu ketebalan akan mengalami penurunan.

**KESIMPULAN**

Dari analisa hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin arus meningkat maka nilai kekerasan mikro dan ketebalan yang didapat juga meningkat. Nilai kekerasan mikro tertinggi terjadi pada spesimen dengan kuat arus 2 A dengan variasi waktu 60 menit yaitu sebesar 455,93 VHN. Sedangkan terendah terjadi pada

spesimen dengan kuat arus 0,5 A dengan waktu pelapisan 30 menit yaitu sebesar 314,37 VHN. Nilai ketebalan tertinggi sebesar 4,033  $\mu\text{m}$  yang terjadi pada spesimen dengan kuat arus 2 A dengan variasi waktu 50 menit dan nilai ketebalan terendah didapatkan pada spesimen yang menggunakan kuat arus 0,5 A dengan waktu pelapisan 30 menit.

2. Semakin lama waktu pencelupan maka kekerasan yang didapat juga semakin meningkat. Ketebalan lapisan mencapai nilai optimum pada waktu pelapisan 50 menit dan mengalami penurunan pada waktu pelapisan 60 menit.
3. efisiensi katoda tertinggi berada pada pelapisan dengan menggunakan arus 2A pada penggunaan waktu 50 menit yaitu sebesar 84,49 %.

**SARAN**

Untuk lebih mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan krom keras (*hard chrome*) pada proses pelapisan menggunakan proses elektroplating, maka penulis memberikan saran :

1. Penulis menyarankan supaya dilakukan penelitian lebih lanjut pelapisan *hard chrome* dengan memvariasikan takaran pada campuran larutan elektrolit yang digunakan.
2. Dalam proses elektroplating harus diperhatikan dalam perlakuan *pre treatment* sebelum proses pelapisan agar hasil yang diperoleh bisa lebih maksimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

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.

Ahmad, M.A., 2011, *Analisa Pengaruh Besar Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrom Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*, Tugas Akhir Teknik Mesin, Universitas Hasanudin Makasar.

Hadromi, 2002. *Industri Elektroplating Kecil dan Menengah*, Yogyakarta.

Hartono, A.J., dan Kaneko, T, 1992, *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)* Edisi I, Andi Offset Yogyakarta.

Malau, viktor, 2009, *Sifat-sifat lapisan hard chrome pada baja S45C dengan variasi tegangan, suhu, dan lama pelapisan*, Seminar Nasional Kluster Riset Teknik Mesin, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Prado, R.A., 2009, *Electrodeposition of Nanocrystalline Cobalt Alloy Coatings As a Hard Chrome Alternative*, Integran Technologies, Inc. 1 Meridian Rd. Toronto, Ontario, Canada.

- 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.
- Saleh, A.A., 1995, *Pelapisan Logam*, Buku Pegangan Industri Elektroplating, Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Bandung.
- Suarsana, I.K., 2008. *Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Vol. 2 No. 1, Juni 2008 (48-60), Jimbaran Bali.
- Sukrawan, Y., 2001, *Variasi Rapat Arus Dalam Proses Pelapisan Khromium Keras Pada Cincin Torak*, Jurnal TORSI, Vol. 1, No. 1 UPI, Jakarta.