
**PENGARUH KUAT ARUS PADA PELAPISAN NICKEL
DAN NICKEL-HARD CHROMIUM PLATING TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PERMUKAAN BAJA AISI 410**

Noor Setyo^{*)}, Viktor Malau^{)}**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

^{*)}e-mail: noorsetyo@yahoo.com

^{**)}e-mail: malau@ugm.ac.id, malauviktor@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi kuat arus pada proses nickel dan nickel-hard chrome plating terhadap sifat fisis dan mekanis permukaan baja martensitik 410. Nickel-hard chrome plating diperoleh pada spesimen yang terlebih dahulu dilapisi dengan nickel plating, kemudian dilanjutkan dengan hard chrome plating. Sifat fisis dan mekanis yang dipelajari meliputi struktur mikro, tebal lapisan, kekerasan, laju korosi dan keausan sesudah diberi lapisan. Variasi kuat arus yang digunakan adalah 1,25; 1,5 dan 1,75 Amper pada tegangan dan lama pelapisan (30 menit) konstan. Nickel plating dilakukan dalam larutan elektrolit berupa watt's bath dengan campuran 150 gr/l NiSO₄, 30 gr/l NH₄Cl, 30 gr/l H₃BO₃ pada temperatur 25 – 35 °C, pH sekitar 4 -6, agitasi udara dan anoda berupa batang nickel. Proses chromium plating menggunakan anoda batang Pb (lead) dan Sn (antimony) dan larutan elektrolit 300 gr/l CrO₃, 3gr/l H₂SO₄ pada temperatur kerja 40–55 °C, pH sekitar 0,4 – 0,5 dan agitasi udara. Tebal lapisan dapat diketahui dengan mikroskop optik, kekerasan permukaan dengan uji mikro Vickers pada beban 25 gr, laju korosi dicari dengan alat sel tiga elektroda potensiostat dalam larutan 0,9 % NaCl, dan keausan diketahui dengan mesin Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal lapisan dan kekerasan meningkat bila kuat arus meningkat. Tebal lapisan nickel yang didapat lebih besar dari lapisan khromium untuk setiap lama pelapisan dan kuat arus sama. Kekerasan tertinggi pada kuat arus 1,75 A dengan lama pelapisan 30 menit untuk lapisan nickel, lapisan khromium, dan lapisan nickel-hard chrome secara berurutan adalah 335, 464 dan 534 VHN dengan tebal lapisan secara berurutan sebesar 52,01; 39,34 dan 69,63 mm. Laju korosi terendah pada kuat arus 1,75 A yang dihasilkan oleh lapisan nickel, lapisan khromium, dan lapisan nickel-hard chrome secara berurutan adalah sebesar 0,0172; 0,0078 dan 0,0231 mm/tahun. Sementara laju keausan terendah dari lapisan nickel, lapisan khromium, dan lapisan nickel-hard chrome secara berurutan adalah sebesar 2,150E-08; 1,053E-08 dan 7,453E-09 mm³/kgm.

Kata kunci: *nickel-hard chrome plating, tebal lapisan, kekerasan, korosi, keausan*

PENDAHULUAN

Peningkatan sifat fisis dan mekanis permukaan material, bisa dilakukan dengan cara *mechanical treatment*, termo kimia, konversi atau cara *coating*. Teknik lapis listrik *nickel*, *hard chrome* dan *nickel-hard-chrome* merupakan salah satu teknik *surface treatment* bahan, baik untuk bahan konduktor maupun non konduktor. Selain sifat dekoratif, keuntungan teknik *surface treatment* juga bisa meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, dan ketahanan korosi (Huang dkk, 2000).

Kekerasan dan ketahanan aus yang rendah merupakan kekurangan logam AISI 410, akan tetapi bahan unggul terhadap ketahanan korosi dibandingkan baja karbon, sehingga permasalahan ini menjadi kendala utama dalam aplikasinya untuk peralatan kedokteran, kesehatan dan komponen mesin (Merlo, 2003). Untuk mengatasi kekurangan semua itu maka perlu dilakukan diantaranya proses pelapisan *nickel*, *hard chrome* atau *nickel-hard chrome plating*. Atas pertimbangan di atas, maka perlu dipelajari karakteristik lapisan tersebut pada AISI 410, untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis sesudah dilakukan proses plating yang mencakup struktur mikro, kekerasan permukaan, tebal lapisan, laju korosi dan laju keausan.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang lapisan *hard-chrome* pada baja St 60 telah dilakukan oleh (Suarsana, 2006), dengan memvariasi tegangan listrik (4, 6, dan 8 Volt) dan waktu (30, 45, 60 menit). Hasil pengamatan menyimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan listrik yang di gunakan dan semakin

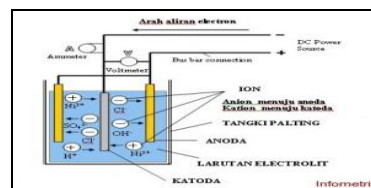
lama waktu pelapisan tebal lapisan yang terjadi akan semakin meningkat. Tebal lapisan tertinggi 89,37 μm diperoleh pada tegangan 8 Volt, dengan waktu pelapisan 60 menit, sedang tebal lapisan terendah 20,18 μm , diperoleh pada tegangan 4 Volt dengan waktu pelapisan 30 menit.

Hasil penelitian lain yang dilakukan Barbato dkk (2008) menunjukkan bahwa akibat peningkatan suhu larutan pada proses *hard-chromium* baja 1045, menggunakan rapat arus konstan sebesar 1 A/in^2 dan temperatur larutan 30-60 $^{\circ}\text{C}$, akan terjadi peningkatan nilai kekerasan permukaan dari 550 BHN–700 BHN dan akan terjadi penurunan ukuran butir dari endapan *chromium*.

Huang dkk (2000) mengamati pengaruh variasi kecepatan putar elektroda (200, 500, 1000, 2000 rpm) dan rapat arus (30, 40,50 dan 60 A/dm^2) pada pelapisan *hard-chromium* baja (Cr-Mo) terhadap besar efisiensi transportasi ion *chromium* pada katoda. Hasil pengamatan menyimpulkan, bahwa efisiensi transportasi ion *chromium* pada katoda baru terjadi pada putaran diatas 200 rpm, rapat arus pada 400 A/dm^2 . Transportasi ion Cr akan semakin meningkat dengan bertambahnya rapat arus dan kecepatan putar elektroda, sebaliknya difusi hidrogen pada permukaan katoda akan semakin berkurang.

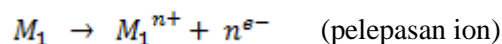
DASAR TEORI

Elektroplating adalah suatu proses pelapisan permukaan material, dimana spesimen berfungsi sebagai katoda yang berlangsung didalam larutan elektrolit dengan jalan dialiri arus listrik melalui anoda. Sistem tersusun dari anoda, larutan elektrolit dan katoda (Gambar 1). Jika arus listrik searah dari sumber arus dialirkan antara kedua elektroda dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif akan ditarik oleh elektroda katoda, sedang ion negatif berpindah kearah elektroda positif. Ion-ion akan dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit dan hasilnya akan diendapkan pada katoda.



Gambar 1. Sistem Proses elektroplating

Secara umum reaksi perpindahan ion dari logam pelapis ke benda kerja, berlangsung secara redoks yang dapat digambarkan sebagai berikut :



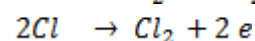
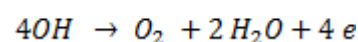
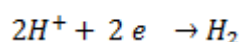
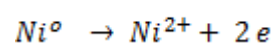
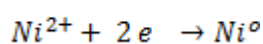
Jika besar arus I (ampere), waktu pelapisan t (detik), berat atom logam pelapis (B), valensi logam pelapis (Z), bilangan Faraday 96.500 coulomb, besar volume yang terendapkan V (mm^3), luas permukaan A (mm^2) dan masa jenis ρ (gram/mm^3) dan efisiensi anoda (η), maka menurut Michael Faraday tebal lapisan T (mm) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{\eta \cdot I \cdot t \cdot B}{ZFA\rho} \quad (1)$$

a. Proses pelapisan nickel

Nickel plating diklasifikasikan menurut jenis larutan yang digunakan, sebagai anoda digunakan logam nickel, sedang sebagai katoda benda kerja dan jenis larutan elektrolit watt's bath yang memiliki komposisi NiSO_4 : 220 -380 gr/l, NiCl_2 : 30- 60 gr/l dan H_3BO_3 : 30-45 gr/l, pH: 5,8 – 6,2. Brightener I: 2 ml/l, Brightener M :1-2 ml/l, pH: 5-5,5 dan rapat arus 0,2 A/dm^2 . Reaksi redoks yang terjadi selama proses berlangsung pada *nickel plating* yaitu:

Reaksi reduksi nickel plating pada katoda Reaksi oksidasi nickel plating pada anoda:



Selanjutnya setelah proses plating selesai dilakukan proses *sealing* selama satu jam pada temperatur 90–110 $^{\circ}\text{C}$, terus dilanjutkan proses pembilasan, pengeringan dan proses *buffing*

b. Proses pelapisan chromium

Proses pelapisan *chrome* bisa dilakukan secara langsung pada *stainless steel* atau sebagai proses lanjut *nickel plating*. Mekanisme proses sama dengan proses *nickel plating*. Sebagai anoda dipakai paduan lead (Pb), elektrolit dipakai chromic acid (C_2O_3 , H_2SO_4), chromic flouride (C_2O_3): 150 -200 gr/l, H_2SO_4 : 1,2 – 0,8 gr/l dan KF: 0,6 – 0,8. Reaksi redoks yang terjadi sebagai berikut:

Reaksi reduksi *chromium plating* pada katoda :

- Pengendapan chromium : $Cr_2O_7^- + 14H^+ + 12e^- \rightarrow 2Cr + 7H_2O$
- Pelepasan gas hidrogen : $2H^+ + e^- \rightarrow H_2$
- Pembentukan Cr (III) : $Cr_2O_7^- + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

Reaksi oksidasi *chromium plating* pada anoda :

- Pelepasan hidrogen : $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
- Oksidasi ion chromat : $2Cr^{3+} + 6H_2O \rightarrow 2CrO_3 + 12H^+ + 6e^-$
- Produksi timbal oksida : $Pb + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 4H^+ + 4e^-$

Berdasarkan reaksi di atas, terlihat hidrogen selalu dibebaskan pada katoda, sedang sebagian terperangkap diantara lapisan chromium. Jika arus melewati elektrolit, endapan khrom akan menempel di katoda dengan cara membebaskan hidrogen dan mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} . Sedang pada anoda terjadi pembebasan oksigen bersamaan dengan oksidasi Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} yaitu pembentukan kembali CrO_3 , sehingga larutan elektrolit tetap konstan.

METODOLOGI PENELITIAN

a. Bahan penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian adalah *martensitic stainless steels 410 (AISI 410)* yang memiliki komposisi seperti terlihat dalam (Tabel 1)

Tabel 1. Komposisi kimia *martensitic stainless steel 410*

| Komposisi Kandungan | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| C | Si | S | P | Mn | Ni | Cr | Mo |
| 0,1200 | 0,3385 | 0,0025 | 0,0199 | 0,4275 | 0,2119 | 12,8251 | 0,0285 |
| Komposisi Kandungan | | | | | | | |
| Cu | W | Ti | Sn | Al | Ca | Zn | Fe |
| 0,0550 | 0,0118 | 0,0030 | 0,0074 | 0,0034 | 0,0058 | 0,0173 | 85,9000 |

b. Alat penelitian

Alat dan jenis peralatan yang digunakan dalam penelitian mulai dari tahap persiapan, tahap pengujian hingga tahap akhir diantaranya yaitu :

- proses pelapisan digunakan mesin lapis listrik merk K.ITEN AG Rudolf Stetten produk Switzerland power input 3x380/220 Volt, Arus 35 Amper, mesin buffing, burring, barreling, pH meter dan termometer skala 0 – 110°C
- proses pengujian dipakai mikroskop optik, Vickers *mikro hardness tester*, sel tiga elektroda dengan Potensio Tipe PGS-201 T, *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine*.
- preparasi digunakan mesin polesh merk metaserv dan alat pendukung lainnya seperti ampelas, sarung tangan, masker, hair dryer, spidol.

c. Pengujian

(i) Pengujian kekerasan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Micro Hardness Tester* dengan gaya tekan (P) 25 gram dan lama penekanan (t) 10 detik, indentor intan berbentuk piramida dengan sudut 136°. Jika diagonal bekas injakan d (mm), nilai kekerasan spesimen dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$Hv = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (2)$$

(ii) Pengujian keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan mesin *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine*. Jika besar beban gesek P (kg), tebal disk pengaus B (mm), jarak abrasi b (mm), jari-jari

pengaus r (mm), jarak sliding l (mm), maka besar laju keausan spesifik W_s (mm^3/kgmm) dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

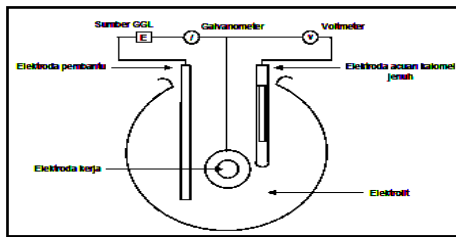
$$W_s = \frac{B \cdot b^3}{8 \cdot r \cdot P \cdot l} \quad \text{atau} \quad W_s = \frac{1,5 W_o}{P l} \quad (3)$$

Sedang besar volume spesimen yang terabrasi W_o (mm^3) ditentukan berdasarkan persamaan:

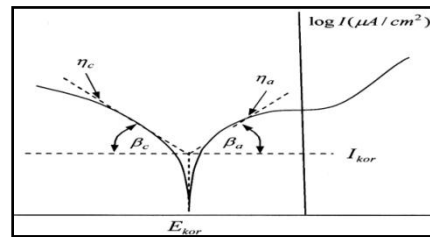
$$W_o = B \left\{ r^2 \sin^{-1}(b/2r) - (b/2r) \sqrt{r^2 - (b^2/4)} \right\} \quad (4)$$

(iii) *Pengujian korosi*

Pengujian korosi dilakukan dengan cara mengamati intensitas arus korosi I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) benda uji dalam media 0,9 % larutan Natrium chlorid (NaCl). Sebagai mesin uji dipakai mesin tipe Sel Tiga Elektroda Potensiostat Tipe PGS-201T, teknik pengujian resistance dengan rentang tegangan -20 mV s/d 20 mV , scan rate : 0,1 mV/s , dan scale $E_{cor} = -248, \text{MV}/\text{PT}: 0,25$.



Gambar 2. Skema alat uji korosi



Gambar 3. Kurva potensial vs log intensitas arus

Untuk bahan paduan besar laju korosi ditentukan berdasarkan persamaan (Jones, 1991):

$$r = 0,00327 \frac{I_{cor} (EW)}{D} \quad (5)$$

dimana besar berat equivalen (*Equivalent Weight EW*) ditentukan berdasarkan persamaan:

$$EW = N_{EQ}^{-1} \quad (6)$$

$$N_{eq}^{-1} = \frac{\omega_i}{n_i a_i}$$

dimana : EW : berat jenis equivalen (gr/cm^3)

N_{EQ} : nilai equivalen total

n_i : elektron valensi

ω_i : fraksi berat

a_i : nomor massa atom

r : laju korosi (mm/tahun)

(iv) *Pengujian struktur mikro*

Setelah spesimen uji dimounting menggunakan resin, permukaan benda kerja dihaluskan dengan kertas amplas ukuran 120 terbesar hingga 2000 terkecil, dipolis dengan larutan alumina dan dietsa dengan campuran larutan 65 % HCl dan 35% HNO₃. Selanjutnya spesimen diamati dengan mikroskop optik pembesaran 200 X terus dilanjutkan pemotretan.

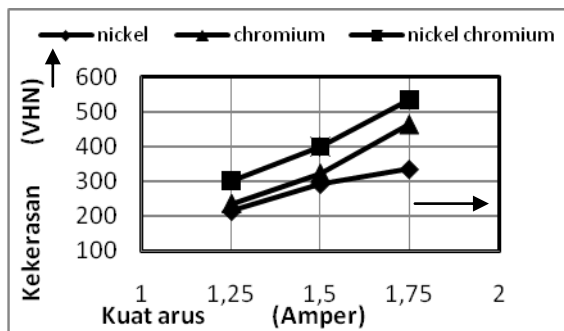
(v) *Pengujian tebal lapisan*

Setelah dilakukan proses persiapan spesimen, pengukuran ketebalan lapisan dilakukan dengan cara mengamati lapisan spesimen uji pada posisi potongan melintang, menggunakan mikroskop optik pembesaran 200 X, kemudian dilanjutkan pemotretan dan pengukuran tebal lapisan yang terbentuk pada substrat untuk masing-masing spesimen.

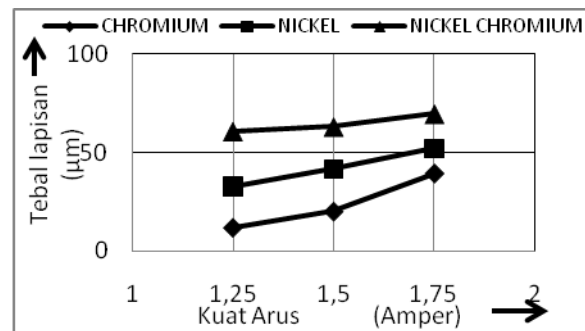
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Proses nickel, hard chromium dan nickel-hard chromium plating pada baja AISI 410 mampu meningkatkan sifat kekerasan permukaan spesimen. (Gambar 4) memperlihatkan, pada kondisi operasi yang sama kekerasan tertinggi terjadi pada kuat arus 1,75 Amper, untuk *nickel-hard chromium* 534 VHN_{0,025}, hard-chromium 464 VHN_{0,025} dan nickel 335 VHN_{0,025}. Kenaikan kekerasan terjadi karena adanya proses pengendapan ion-ion elektrolit yang lebih cepat, sehingga akan lebih banyak atom hidrogen yang masuk secara interstiti kedalam struktur endapan chromium, hal ini akan menyebabkan terjadinya distorsi kisi dan tegangan dalam lapisan menjadi naik karena gerakan dislokasi terhambat.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap tebal lapisan *nickel*, *hard chromium* dan *nickel hard chromium* diperoleh hasil seperti pada (Gambar 7). Terlihat semakin besar kuat arus, tebal lapisan yang terbentuk semakin meningkat. Secara berurutan pada kuat arus 1,75 Amper dalam waktu 30 menit untuk *nickel-hard chromium*, *nickel* dan *hard chromium* plating, diperoleh tebal lapisan 69,63 μm , 52 μm dan 39 μm , sedang pada kuat arus 1,25 Amper tebal lapisan 60,73 μm , 32,69 μm dan 12 μm . Kenaikan tebal lapisan terjadi disebabkan jumlah ion Ni^{2+} dan Cr^{3+} akan semakin banyak yang terlepas dari larutan dan mengendap pada katoda (spesimen) akibat kuat arus yang meningkat. Penambahan berat dan ketebalan lapisan permukaan tersebut teridentifikasi sebagaimana diperlihatkan pada (Gambar 5)

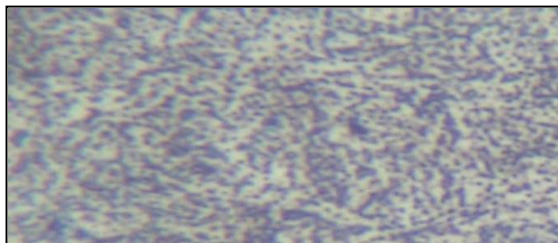


Gambar 4. Hubungan kuat arus terhadap tebal lapisan Ni, Cr, Ni-Cr



Gambar 5. Hubungan kuat arus terhadap kekerasan Vickers Ni, Cr, Ni-Cr

Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 200X. Hasil pengamatan terhadap struktur mikro, sebelum dan sesudah proses plating terlihat tidak ada perubahan, baik matrik maupun struktur dasar dari material AISI 410 (Gambar 6 dan 7). Struktur mikro masih tetap didominasi oleh martensitic dengan matrik ferrit. Hal tersebut terjadi dimungkinkan karena proses plating berlangsung jauh dibawah suhu kristalisasi *martensitic stainless steels 410*, sehingga proses perubahan matrik maupun struktur mikro tidak terjadi.



Gambar 6. Struktur mikro sebelum proses pelapisan Ni, Cr dan Ni-Cr

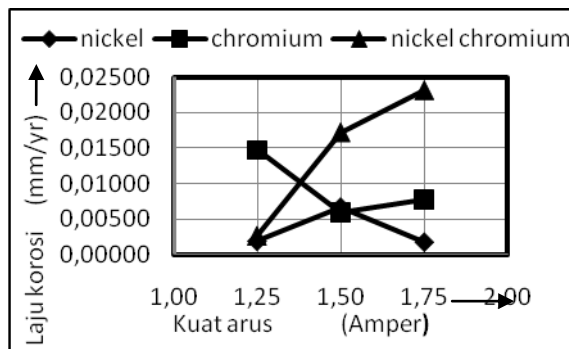


Gambar 7. Struktur mikro setelah proses pelapisan Ni, Cr dan Ni-Cr

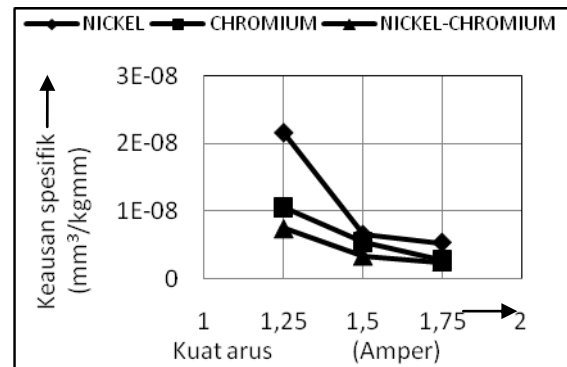
Nilai laju korosi AISI 410 setelah dilakukan *nickel*, *hard chromium* dan *nickel-hard chromium plating* ditunjukkan seperti pada (Gambar 8). Hasil pengujian menunjukkan, bahwa AISI 410 yang terlapis *nickel*, dalam media 0,9 % larutan Natrium Chlorid (NaCl) akan jauh lebih baik dalam memberi proteksi terhadap korosi, jika dibandingkan lapisan chromium. Kemampuan lapisan *nickel* menahan laju korosi, dikarenakan besar potensial standar *nickel* jauh lebih besar dibandingkan ferro maupun chromium ($E_{\text{Cr}}^0 < E_{\text{Fe}}^0 < E_{\text{Ni}}^0$), sehingga *ferro* dan *chromium* akan cenderung lebih reaktif teroksidasi dibandingkan *nickel*. Besar laju korosi tertinggi untuk *nickel-hard chromium*, *hard chromium* dan *nickel* secara berurutan yaitu 0,0231 mm/yr, 0,00777 mm/yr dan 0,00177 mm/yr terjadi pada kuat arus 1,75 Amper sedang terendah 0,00265 mm/yr, 0,0147 mm/yr dan 0,0185 mm/yr terjadi pada kuat arus 1,25 Amper.

Gambar 9 memperlihatkan bahwa kenaikan kuat arus, besar keausan spesifik akan semakin rendah. Secara berurutan terlihat, besar keausan spesifik pada kuat arus 1,25 Amper dari *nickel*, *hard chromium* dan *nickel hard chromium* yaitu $2,15\text{E}-08$ mm^3/kgmm , $1,053\text{E}-08$

mm^3/kgmm dan $7,453\text{E}-09 \text{ mm}^3/\text{kgmm}$, dan pada kuat arus 1,75 Amper sebesar $5,326 \text{ E}-9 \text{ mm}^3/\text{kgmm}$, $2,716\text{E}-09 \text{ mm}^3/\text{kgmm}$ dan $2,448\text{E}-09 \text{ mm}^3/\text{kgmm}$.



Gambar 8. Hubungan kuat arus terhadap laju keausan Ni, Cr, Ni-Cr



Gambar 9. Hubungan kuat arus terhadap laju korosi Ni, Cr, Ni-Cr

Hal ini dikarenakan dengan semakin tinggi kuat arus, akan semakin banyak pemindahan ion-ion Ni^{2+} dan Cr^{3+} dari larutan yang mengendap pada katoda (spesimen), semakin cepat ion-ion Ni^{2+} , Cr^{3+} menempel pada permukaan spesimen akan menjadikan lapisan lebih padat, kerapatan permukaan spesimen meningkat dan banyak deposit lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memberi kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketebalan lapisan plating akan semakin meningkat seiring dengan naiknya kuat arus. Nilai ketebalan lapisan dari masing-masing lapisan *nickel*, *chromium* dan *nickel chromium* secara berurutan didapatkan pada kuat arus 1,75 Amper yakni $69,63 \mu\text{m}$, $52 \mu\text{m}$ dan $39 \mu\text{m}$, sedang pada kuat arus 1,25 Amper $60,73 \mu\text{m}$, $32,69 \mu\text{m}$ dan $12 \mu\text{m}$.
2. Kekerasan spesimen akan semakin meningkat dengan naiknya kuat arus. Pada kuat arus 1,25 Amper, kekerasan tertinggi terjadi pada lapisan *nickel-hard chromium* $301\text{VHN}_{0,025}$, *hard-chromium* $234 \text{VHN}_{0,025}$ dan *nickel* $214 \text{VHN}_{0,025}$, sedang pada kuat arus 1,75 Amper, kekerasan tertinggi pada *nickel-hard chromium* $534 \text{VHN}_{0,025}$, diikuti *hard-chromium* $464 \text{VHN}_{0,025}$ dan *nickel* $335 \text{VHN}_{0,025}$.
3. Laju keausan akan semakin menurun dengan naiknya kuat arus untuk semua kondisi lapisan, sedang laju korosi akan semakin meningkat pada lapisan *hard chromium* dan *nickel-hard chromium*, hal ini terjadi karena potensial standar *nickel* lebih besar dibandingkan *chromium* dan *ferro*.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbato, S.R., Ponce, J.F., Jara, M.V., Cuevas, J.S, Egana, R.A., 2008, “*Study Of The Effect Of Temperature On The Hardness, Grain Size, And Yield In Electrodeposition Of Chromium On 1045 Steel*”, Journal Of The Chilean Chemical Society, Vol 53, N.1. pp
- Huang, C.A, Tu, G.C., Liao, M.C., Kao, Y.L., 2000, “*Hard Chromium Plating On Cold Swaged Cr-Mo Steel Using Rotating Cylinder Electrode*” Journal Of Materials Science Letters 19, 1357 – 1359.
- Hutchings, I.M., 1992, “*Tribology Friction and Wear of Engineering Materials*”, London, Arnold.
- Jones, D.A., 1991, “*Principles and prevention of Corrosion*”, Mc Millan Publishing Company, New York.
- Merlo, A.M., 2003, “*The Contribution Of Surface Engineering To The Product Performance In The Automotive Industry*”, Journal surface and Coatings Technology, Elsevier, 174-175, pp 21-26.
- Sukrawan, Y., 2001, “*Variasi Rapat Arus Dalam Proses Pelapisan Khromium Keras Pada Cincin Torak*”, Torsi, Volume 1, No 2, 24 – 36.
- Suarsana, K. I., 2008, “*Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram, Volume 2, No.1.