

SIFAT FISIS DAN MEKANIS LAPISAN NIKEL-CHROMIUM PADA PERMUKAAN BAJA AISI 410

A. Noor Setyo HD*, Suheli**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang
Jl. Kapten S. Parman 39 Potrobangsang Magelang Utara, Jateng 56116

*e-mail: noorsetyo@yahoo.com

**e-mail: suheli_UTM@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kuat arus pada proses elektroplating Nickel-Chromium (Ni-Cr) pada baja AISI 410 terhadap perubahan struktur mikro logam dasar dan kekerasan lapisan hasil. Proses pelapisan dilakukan dengan memvariasi kuat arus 1,25; 1,5 dan 1,75 Amper dengan tegangan 6 Volt dan lama proses pelapisan 30 (tiga puluh) menit konstan. Pelapisan Ni-Cr dilakukan dalam dua tahap. Pertama, pelapisan Ni (Nickel) yang dilakukan dengan menggunakan anoda berupa batang Ni (Nickel), jenis larutan elektrolit watt's bath yang terdiri dari campuran 150 g/l NiSO₄, 30 g/l NH₄Cl, 30 g/l H₃BO₃ pada temperatur kerja 25 – 35 °C, pH 4 -6 dengan agitasi udara. Tahap dua Proses Chromium plating, jenis anoda Pb (lead) dan Sn (antimony), sedang larutan berupa campuran elektrolit 300 gr/l CrO₃, 3gr/l H₂SO₄ pada temperatur kerja 40–55 °C, pH sekitar 0,4 – 0,5 dan agitasi udara. Struktur mikro dapat diketahui dengan mikroskop optic digital, sedang kekerasan permukaan lapisan dengan uji mikro Vickers pada beban 25 gr. Hasil penelitian menunjukkan kekerasan permukaan pada arah lateral meningkat bila kuat arus meningkat. Pada kuat arus 1,25 Amper, sebesar 302 VHN_{0,025}, kuat arus 1,50 Amper 398,64 VHN_{0,025}, dan kuat arus 1,75 Amper sebesar 533,90 VHN_{0,025}. Sedangkan struktur mikro logam dasar akibat proses plating tidak mengalami perubahan yaitu ferrit.

Kata kunci : agitasi udara, ferrit, struktur mikro,

1. PENDAHULUAN

Peningkatan sifat fisis dan mekanis permukaan material, bisa dilakukan dengan cara *mechanical treatment*. Teknik lapis *nickel- chromium* merupakan salah satu teknik *surface treatment* bahan, baik untuk bahan konduktor maupun non konduktor. Selain sifat dekoratif dan atraktif, proses ini juga mampu meningkatkan kekerasan permukaan material (Huang dkk, 2000). Kekerasan permukaan yang rendah merupakan kekurangan logam *martensitic stainless steel 410*, akan tetapi logam jenis ini jauh lebih unggul terhadap korosi dibandingkan baja karbon. Sehingga permasalahan ini menjadi kendala tersendiri dalam penggunaannya jika AISI 410 dipakai untuk peralatan kesehatan, komponen mesin seperti katup, ring piston, *gear shafts*, *pump shafts* dan *rotors cutting tools*, *crankshafts* (Merlo, 2003). Untuk itu maka perlu dilakukan *surface treatment*, diantaranya dengan melakukan proses pelapisan *nickel- chromium* pada permukaannya sebelum digunakan. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dipelajari lebih lanjut tentang karakteristik lapisan *nickel- chromium* pada logam *stainless steel 410*, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan sifat fisis dan mekanis sesudah dilakukan proses *plating* yang mencakup struktur mikro dan kekerasan permukaan.

1.1 Tinjauan Pustaka

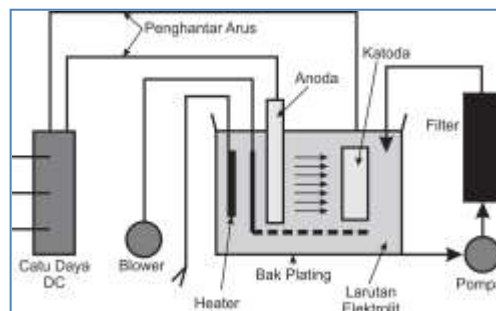
Penelitian tentang lapisan *nickel- chromium* pada baja ST 60 diantaranya telah dilakukan oleh (Suarsana, 2006), dengan memvariasi tegangan listrik (4, 6, dan 8 Volt) dan waktu (30, 45, 60 menit). Hasil penelitian menyimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan dan semakin lama waktu pelapisan, tebal lapisan 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 yang dilakukan (Barbato dkk, 2008) menunjukkan bahwa akibat peningkatan suhu larutan pada proses

chromium baja 1045, dengan rapat arus konstan 1 A/in^2 pada temperatur larutan $30\text{--}60 \text{ }^\circ\text{C}$, akan terjadi peningkatan nilai kekerasan permukaan $550\text{--}700 \text{ BHN}$ dan penurunan ukuran butir dari endapan chromium.

Penelitian lapisan chromium (Cr) dan Zinc (Zn) terhadap baja dengan kandungan C:0,182%; Cr: 0,32%; Mo: 0,08%; Mn: 0,67% dan Fe: 98,78% juga telah dilakukan (Alian, 2010). Hasil penelitian menunjukkan, pada lingkungan air laut (NaCl), lapisan chromium (Cr) lebih baik dari lapisan zinc (Zn) dalam menahan laju korosi. Hasil penelitian menyimpulkan, pada tegangan (6,9,12 Volt) secara berurutan diperoleh besar laju korosi lapisan chromium dan seng $0,5781 \text{ mm/tahun}$, $0,8489 \text{ mm/tahun}$ pada tegangan 6 Volt, $0,2683 \text{ mm/yr}$, $0,375 \text{ mm/yr}$ pada tegangan 9 Volt dan $0,01173 \text{ mm/yr}$, $0,0573 \text{ mm/yr}$ pada tegangan 12 Volt. 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 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, pada rapat arus 400 A/dm^2 , dan transportasi ion Cr akan semakin meningkat dengan bertambahnya rapat arus dan kecepatan putar elektroda.

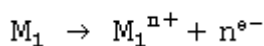
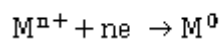
1.2 Dasar Teori

Elektroplating merupakan proses pelapisan permukaan material. Sistem terdiri dari sumber arus searah, anoda, larutan elektrolit dan katoda. Keempat gugusan ini disusun membentuk suatu sistem elektroplating dengan bentuk rangkaian seperti terlihat pada 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 ke arah elektroda positif. Selanjutnya ion-ion tersebut akan dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang kemudian hasilnya akan diendapkan pada katoda (benda kerja).



Gambar 1. Sistem Proses electroplating

Secara umum reaksi perpindahan ion dari logam pelapis ke benda kerja, berlangsung secara redoks yaitu:



Menurut Michael Faraday, besar tebal lapisan T (mm) yang dihasilkan dalam proses pelapisan listrik dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

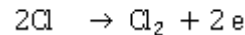
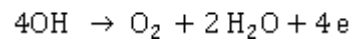
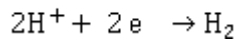
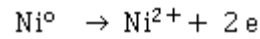
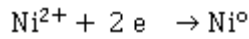
$$T = \frac{\eta I t E}{Z F A \rho} \quad (1)$$

dimana besar arus I (amper), waktu pelapisan t (detik), berat atom logam pelapis (B), valensi logam pelapis (Z), bilangan Faraday (F) 96.500 coulomb , luas permukaan A (mm^2), masa jenis ρ (gram/mm^3) dan efisiensi anoda (η).

1.2.1 Proses Pelapisan Nickel

Sebagai anoda dalam proses lapisan nickel digunakan logam nickel, sebagai katoda benda kerja dan jenis larutan elektrolit jenis watt's bath yang memiliki komposisi Ni_2SO_4 : 220 -380 gr/l, NiCl_2 : 30- 60 gr/l, H_3BO_3 : 30-45 gr/l dan elektrolit pH: 5,8 – 6,2. Brightener I: 2 ml/l, Brightener M :1-2 m/l dengan pH: 5-5,5 dan besar rapat arus 0,2 A/dm². Selama proses plating berlangsung reaksi redoks yang terjadi yaitu:

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

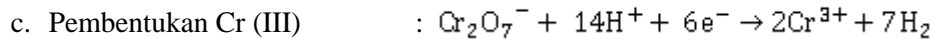
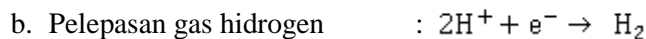
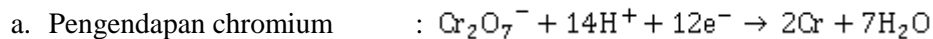


Setelah proses plating selesai, dilanjutkan proses sealling kurang lebih satu jam pada temperatur 90–110^oC dalam larutan alkalin, dilanjutkan proses pembilasan, pengeringan dan terakhir proses buffing agar benda kerja bersih dan mengkilap.

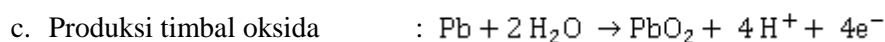
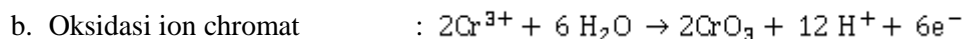
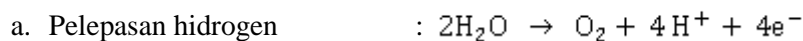
1.2.2 Proses Pelapisan Chromium

Proses pelapisan chromium merupakan proses tahap dua setelah proses pelapisan nickel selesai. Sebagai anoda dipakai paduan lead (Pb), sedang larutan elektrolit yang digunakan larutan 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. Selama proses berlangsung, reaksi redoks yang terjadi yaitu sebagai berikut:

Reaksi reduksi chromium plating pada katoda :



Reaksi oksidasi chromium plating pada anoda :



Jika arus listrik dari anoda melewati elektrolit, endapan chromium akan menempel pada katoda dengan cara membebaskan hidrogen dan mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} . Seding pada anoda terjadi pembebasan oksigen bersamaan dengan oksidasi Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} yaitu pembentukan kembali CrO_3 , sehingga larutan elektrolit tetap konstan.

2 METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperiment langsung, dengan variabel independent berupa arus, sedang sebagai variabel dependent kekerasan permukaan lapisan, dan struktur mikro.

2.2 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

2.3 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 Switzerland dengan spesifikasi teknik power input 3x380/220 Volt, Arus 35 Amper, mesin buffing, burring, barreling, pH meter dan termometer skala 0 – 110°C.
- proses pengujian struktur mikro dipakai mikroskop optik, kekerasan permukaan menggunakan Vickers mikro hardness tester, dan alat pendukung lainnya ampelas, sarung tangan, masker, hair dryer, spidol dan etsha.

2.3 Pengujian

2.3.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini dilakukan untuk mengamati perubahan struktur mikro martensitic stainless steels 410, sebelum dan sesudah dilakukan proses pelapisan pada arah potongan melintang. Pengujian dilaksanakan setelah terlebih dahulu dilakukan mounting terhadap spesimen ujidengan menggunakan resin, selanjutnya permukaan benda kerja dihaluskan dengan kertas amplas ukuran 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 dan 2000 secara berurutan, dipolis dengan larutan alumina dan dietsa menggunakan campuran larutan 65 % HCl dan 35% HNO₃, setelah permukaan benda uji dikeringkan baru kemudian permukaannya diamati dengan mikroskop optik pembesaran 200 x (kali) terus dilanjutkan pemotretan.

2.3.2 Pengujian Kekerasan

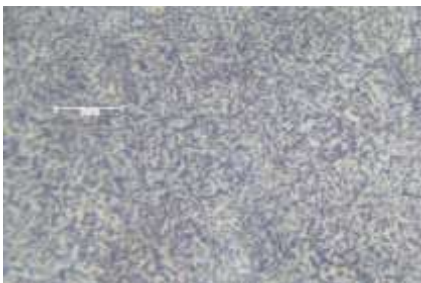
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat kekerasan permukaan spesimen akibat adanya proses nickel plating, chromium plating dan nickel-hard chromium plating. Perlakuan persiapan benda uji yang dilakukan sebelum pengujian sama dengan proses perlakuan uji struktur mikro. Pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan mesin Micro Hardness Tester dengan indentor intan berbentuk piramida sudut 136°, besar gaya tekan (P) 25 gram dan lama penekanan (t) 10 detik. Jika diagonal bekas injakan indentor d (mm), maka besar nilai kekerasan spesimen dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

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

3. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1. Struktur Mikro

Pengujian bertujuan untuk mengamati ada tidaknya perubahan struktur mikro dari martensitic stainless steels 410 sebelum dan sesudah dilakukan proses nickel, chromium dan nickel-chromium plating.



Gambar 1a Struktur mikro AISI 410 sebelum pelapisan



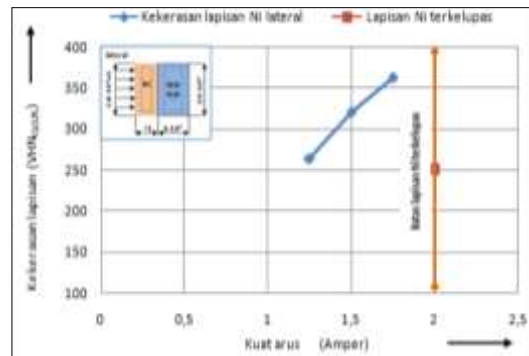
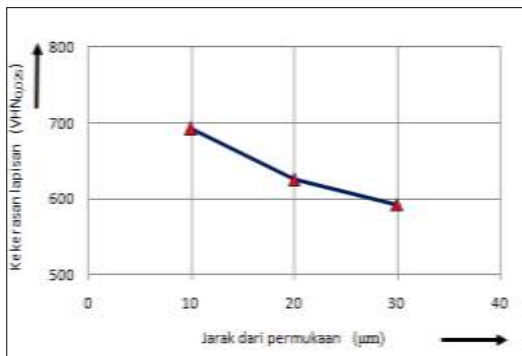
Gambar 1b Struktur mikro AISI 410 setelah pelapisan

Gambar 1 memperlihatkan, struktur dasar AISI 410 hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik pada pembesaran 200 x sebelum dan sesudah dilakukan pelapisan, terlihat sebelum logam dilapisi didominasi oleh struktur ferrit dan perlit. Perubahan struktur mikro terjadi

setelah pelapisan sebatas pada bentuk dan tebaran butiran yang lebih rapat, lebih lembut dan lebih merata. Tidak adanya perubahan sifat fisis pada struktur dasar selama proses pelapisan berlangsung, dikarenakan proses pemanasan spesimen berlangsung dibawah suhu kristalisasi.

3.2. Kekerasan Lapisan Nickel Dan Chromium

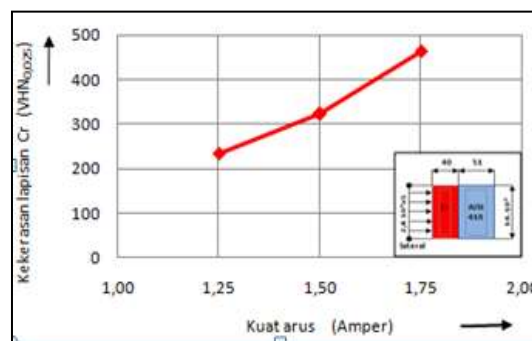
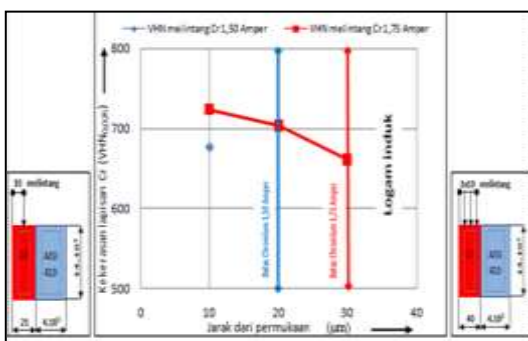
Kekerasan lapisan nickel, baik pada arah melintang maupun lateral akan mengalami peningkatan yang proporsional sesuai dengan bertambahnya kuat arus terpakai. Hubungan antara besar kuat arus dengan besar kekerasan lapisan nickel, baik dari arah melintang maupun lateral terlihat seperti terlihat pada Gambar 2a dan Gambar 2b, Besar kekerasan lapisan nickel secara berurutan pada kuat arus 1,75, 1,5, 1,25 Amper dari arah melintang yaitu 692VHN_{0,025}, 625 VHN_{0,025}, 592 VHN_{0,025} pada jarak 10 μm, 20 , 30 dan dari permukaan arah lateral besar kekerasan rata-rata 363 VHN_{0,025}, 321VHN_{0,025}, 264 VHN_{0,025}.



Gambar 2a Kekerasan melintang rata-rata Ni pada kuat arus 1,25, 1,50, 1,75 Amper

Gambar 2b Kekerasan lateral rata-rata Ni kuat arus 1,25, 1,50, 1,75 Amper

Gambar 3a menunjukkan hasil pengujian kekerasan chromium dari arah melintang pada kuat arus 1,75 Amper pada jarak 10 μm, 20 μm, 30 μm dari permukaan luar metal diperoleh kekerasan secara berurutan sebesar 724 VHN_{0,025}, 702 VHN_{0,025}, 661 VHN_{0,025} , dan 702 VHN_{0,025} pada kuat arus 1,50 Amper, sedangkan Gambar 3b memperlihatkan pada kuat arus 1,75, 1,50, 1,25 Amper, besar kekerasan rata-rata dari arah lateral secara berurutan sebesar 464,02 VHN_{0,025}, 322,43 VHN_{0,025} , 234,48 VHN_{0,025}.

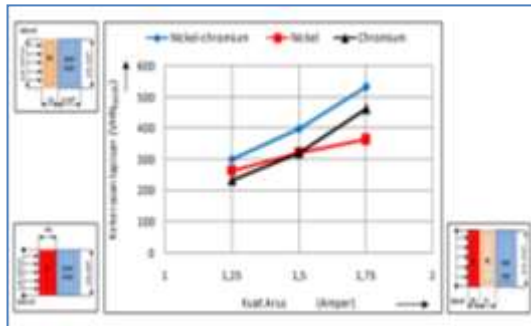


Gambar 3a. Kekerasan melintang Cr dari permukaan 10 μm, 20 μm, 30 μm

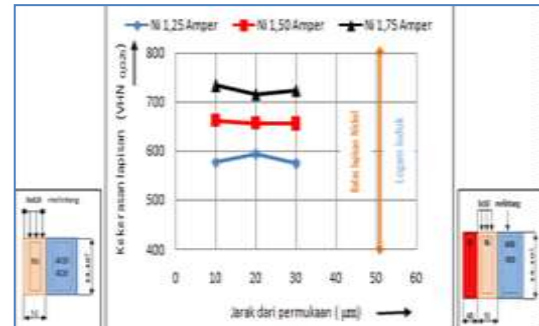
Gambar 3b. Kekerasan lateral Cr pada kuat arus 1,25, 1,50, 1,75 Amper

3.3. Kekerasan Lapisan Nickel-Chromium

Kekerasan lapisan nickel, chromium dan nickel-chromium dari arah lateral, pada kondisi operasi yang sama, lapisan chromium memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan lapisan nickel. Hal ini terjadi akibat kecepatan reaksi redoks ion positif unsur chromium lebih aktif dibandingkan unsur nickel, sehingga kecepatan pengendapan ion-ion chromium pada katoda dan atom hidrogen yang masuk kedalam struktur endapan bersamaan unsur chromium lebih cepat, lebih lembut dan lebih padat, tegangan sisa lapisan akan mengalami kenaikan lebih besar dibandingkan lapisan nickel akibat adanya distorsi kisi yang terjadi pada lapisan.



Gambar 4a. Hubungan kekerasan lateral lapisan Ni, Cr dan Ni-Cr



Gambar 4b. Hubungan kekerasan melintang Ni terhadap jarak permukaan Ni-Cr

Gambar.4a, memperlihatkan hasil uji kekerasan rata-rata secara berurutan pada kuat arus 1,75, 1,5, 1,25 Amper dari arah lateral nilai kekerasan 363 $VHN_{0,025}$, 321 $VHN_{0,025}$, 264 $VHN_{0,025}$ untuk lapisan nickel, sedang lapisan chromium 464,02 $VHN_{0,025}$, 322,43 $VHN_{0,025}$, 234,48 $VHN_{0,025}$, dan lapisan nickel- chromium 533,90 $VHN_{0,025}$, 398,64 $VHN_{0,025}$, 301,47 $VHN_{0,025}$. Sedang Gambar.4b memperlihatkan, besar nilai kekerasan melintang lapisan nickel dari permukaan lapisan Ni-Cr secara berurutan pada jarak 10 μm , 20 μm , dan 30 μm pada kuat arus 1,75 Amper, 733 $VHN_{0,025}$, 715 $VHN_{0,025}$, 724 $VHN_{0,025}$, pada kuat arus 1,50 Amper 661 $VHN_{0,025}$, 657 $VHN_{0,025}$, 655 $VHN_{0,025}$, dan pada kuat arus 1,25 Amper 594 $VHN_{0,025}$, 577 $VHN_{0,025}$ dan 574 $VHN_{0,025}$.

Hasil pengujian terhadap lapisan nickel-chromium di atas menunjukkan, bahwa unsur nickel sebagai anoda terlihat lebih mudah melepaskan elektron dari pada unsur chromium, dan sifat lain unsur nickel lebih mudah terendapkan atau menempel pada katoda dibandingkan chromium, hal ini karena potensial elektroda chromium ($E^0 = -0,74$ Volt) jauh lebih kecil dibanding potensial elektroda nickel ($E^0 = -0,28$ Volt), sehingga terlihat dari hasil pengamatan bahwa lapisan nickel memiliki kekerasan lebih rendah dibandingkan chromium, karena kecepatan gerak elektron nickel lebih rendah pada kondisi operasi yang sama. Sedang dampak dari pengaruh unsur nickel sebagai lapisan dasar pada lapisan nickel-chromium, unsur nickel akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekerasan lateral yang cukup tinggi lapisan chromium, akibat konduktivitas, adhesi, kepadatan dan kerapatan lapisan nickel yang meningkat dibanding lapisan chromium yang tanpa menggunakan lapisan dasar nickel, disamping itu juga akan memberikan peningkatan warna dekoratif dan atraktif terhadap permukaan.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memberi kesimpulan sebagai berikut:

- Kekerasan permukaan AISI 410 yang dilapisi Ni-Cr akan semakin meningkat dengan naiknya kuat arus. Secara berurutan dari arah lateral kekerasan lapisan Ni-Cr pada kuat arus 1,25 Amper, 302 $VHN_{0,025}$, kuat arus 1,50 Amper 398,64 $VHN_{0,025}$ dan pada kuat arus 1,75 Amper sebesar 533,90 $VHN_{0,025}$. Kekerasan lapisan dari arah melintang, secara berurutan pada jarak 10, 20, 30 μm untuk lapisan nickel- chromium pada kuat arus 1,75 Amper 533,90 $VHN_{0,025}$, kuat arus 1,50 Amper 398,64 $VHN_{0,025}$, dan pada kuat arus 301,47 $VHN_{0,025}$
- Substrat AISI 410 tidak mengalami perubahan matrik setelah dilakukan proses pelapisan nickel-chromium. Perubahan struktur mikro terjadi sebatas pada bentuk dan tebaran butiran yang lebih rapat, lebih lembut dan lebih merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Alian, H., (2010), *Pengaruh Tegangan Pada Proses Electroplating Baja Dengan Pelapis Seng Dan Krom Terhadap Kekerasan Dan Laju Koros*, Prosedding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) Ke 9 Palembang.
- ASM Handbook Committee, *Metallography, Structures and Phase Diagrams*, Metal Handbook, 8th Edition, Metal Park, Ohio 44073,8 (2002)
- Barbato, S.R., Ponce, J.F., (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., and 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.
- 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.
- 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 (1): 48-60.