

# Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Terhadap Ketebalan, Kekerasan dan Ketahanan Korosi Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada Baja AISI 4340

Mohammad Adnan R, Lukman Noerochiem, dan Haniffudin Nurdiansah  
Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya  
*E-mail:* lukman@mat-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Elektroplating *hard* krom merupakan salah satu jenis metode pelapisan yang sering digunakan untuk memberikan sifat tahan korosi dan juga meningkatkan kekerasan. didalam elektroplating hard krom salah satu faktor yang mempengaruhi ialah waktu pencelupan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh waktu pencelupan terhadap hasil pelapisan *hard* krom [1]. Dalam penelitian ini, sebelum pelapisan *hard* krom, akan diberikan lapisan dasar dengan menggunakan metode elektroplating lapisan dasar nikel tanpa variasi dengan larutan nikel sulfat sebagai elektrolitnya. Sebelum proses elektroplating dilakukan, spesimen akan diberikan perlakuan berupa proses *degreasing* yang berupa pencelupan spesimen dalam larutan 150/g/l NaOH selama 5 menit setelah itu diberikan perlakuan *pickling* yang berupa pencelupan spesimen pada larutan 200g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama 10-15 detik. Pada proses elektroplating *hard* krom akan dilakukan variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Sampel akan diuji dengan X-Ray Diffraction (XRD) untuk mengetahui fasanya, SEM-EDX untuk mengetahui morfologi permukaan, komposisi dan ketebalan *coating*, Micro Hardness Test Untuk menguji kekerasan lapisannya, sedangkan untuk mengetahui sifat ketahanan korosinya, akan dilakukan dengan *Tafel test* dengan media korosif HCl 0,5 M. Hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa intensitas krom tertinggi terdapat pada sampel dengan waktu pencelupan 20 menit dengan peak pada 2θ 44,47° dan 64,83°, juga pada waktu pencelupan yang sama tercapai ketebalan lapisan tertinggi sebesar 19,95 μm, juga kekerasan tertinggi pada 526 VHN, dan laju korosi terendah dengan laju 0,040mm/a.

**Kata Kunci**— Elektroplating, *Hard Chromium*, Korosi, CrO<sub>3</sub>.

## I. PENDAHULUAN

**B**AJA merupakan logam yang banyak digunakan pada masyarakat maupun pada sektor industri. Dalam suatu industri manufaktur, terkadang diperlukan logam yang memiliki gabungan sifat dari beberapa jenis logam. Misalnya logam yang memiliki kekerasan yang tinggi juga tahan terhadap korosi [1]. Dalam meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap korosi salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode elektroplating. Elektroplating adalah suatu proses pengendapan zat atau ion-ion logam pada elektroda katoda (negatif) dengan cara elektrolisis, terjadinya pengendapan ini disebabkan oleh adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit. Pada elektroplating banyak sekali jenis-jenis yang dapat digunakan, salah satu elektroplating yang dapat meningkatkan sifat kekerasan dan ketahanan korosi ialah elektroplating hard krom. Elektroplating hard krom adalah

proses pelapisan krom dimana krom diendapkan secara langsung pada logam dasar atau tanpa menggunakan lapisan dasar (*strike*), elektroplating hard krom ini juga banyak digunakan pada komponen-komponen kendaraan otomotif, komponen mesin tekstil, dan sebagainya [2]. Pada penggunaan lapisan dasar ini digunakan lapisan dasar nikel yang digunakan sebagai memproteksi substrat dari larutan asam yang dapat menyebabkan terjadinya korosi, pada proses elektroplating nikel proses ini terjadi dikarenakan adanya perpindahan ion-ion nikel dari anoda ke katoda dengan larutan elektrolit sebagai medianya dan dilakukan proses elektrolitik dengan mengalirkan arus listrik dengan menggunakan arus searah, selain untuk menguraikan ion nikel, juga dimanfaatkan untuk pelepasan ion hidrogen yang ada didalam larutan sewaktu proses reduksi oksidasi berlangsung. Kemudian dilakukan proses pelapisan hard krom. Dalam pelapisan hard krom sama halnya seperti pelapisan nikel yaitu terjadi pengendapan Cr dari anoda menuju katodanya dengan larutan CrO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sebelum dilakukan proses elektroplating dilakukan terlebih dahulu proses *degreasing* dengan cara mencelupkan benda kerja kedalam larutan NaOH dan proses *pickling* dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [3]. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dari hasil pelapisan kromium diantaranya adalah temperatur, konsentrasi larutan tegangan, rapat arus dan waktu pencelupan [4]. Pada variasi analisa ini menggunakan variasi waktu pencelupan pada 5, 10, 15 dan 20 menit. Maka untuk mendapatkan ketebalan kekerasan, ketahanan korosi yang paling baik dilakukan analisa lebih lanjut lagi agar nantinya proses pelapisan hard krom yang diterapkan baja tipe AISI 4340 didapatkan hasil yang optimal.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Preparasi Permukaan Spesimen

Sebelum dilakukan proses pelapisan, permukaan spesimen harus dibersihkan dari beberapa senyawa pengotor yang secara umum berupa oksida-oksida yang merupakan produk korosi dari baja karbon, yaitu dengan cara mengamplas hingga seluruh permukaan baja bebas dari karat. Setelah itu, baja akan diberlakukan proses *degreasing* yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik misalnya seperti minyak yang menempel pada permukaan baja, yaitu dengan cara mencelupkan baja dalam larutan yang terdiri dari larutan 15% NaOH 1 M dalam aquades dengan kisaran

temperatur 60-80 °C selama 5-15 menit. Setelah itu spesimen dibilas dengan aquades dan dilakukan pengeringan.

Setelah *degreasing*, spesimen akan di *pickling* dengan cara mencelupkan spesimen dalam larutan 15%  $H_2SO_4$  dengan waktu pencelupan selama 10-15 detik. Proses *pickling* pada spesimen sangat penting untuk proses pelapisan *hard chromium*, sebab pengerjaan *pickling* akan menentukan daya lekat (adhesi) pada spesimen dan kontur lapisan[5]. Setelah di *pickling*, spesimen dibilas dengan aquades lalu dilakukan pengeringan sebelum memasuki tahap pelapisan nikel.

#### B. Proses Pelapisan Nikel



Gambar 1. Larutan Watt's Nikel.

Pada pelapisan nikel, jenis larutan yang digunakan adalah *Watt's Bath*. Larutan ini terdiri dari 250 g/l  $NiSO_4$ , 50 g/l  $NiCl$  dan 40g/l. Proses ini dilakukan pada rentang rapat arus 1 A/dm<sup>2</sup> dan pada rentang temperatur 45-65 °C.

#### C. Proses Pelapisan Hard Chromium



Gambar 2. Larutan Krom Trioksida.

Pelapisan *hard chromium* merupakan tahap pelapisan terakhir. Dimana pada proses pelapisan ini akan diberlakukan kuat arus 1 Ampere yang mana akan Dimana jenis larutan yang digunakan adalah larutan *Chromic Sulfate*, yang terdiri dari 250g/l asam kromat ( $CrO_3$ ) dan 2,5 g/l asam sulfat. Proses pelapisan ini dilakukan pada kisaran temperatur 50°C dan waktu pencelupan divariasikan selama 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit[6].

#### D. Pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan di Departemen Teknik Material ITS dengan tujuan untuk mengidentifikasi Unsur Fe, Ni dan Cr setelah dilakukan proses elektroplating nikel hard krom. Setelah mendapatkan grafik dari serangkaian Pengujian menggunakan XRD maka selanjutnya akan diidentifikasi dengan bantuan software dan data base Joint Committee on

Powder Diffraction Standards (JCPDS) untuk mengetahui unsur yang terbentuk



Gambar 3. Pengujian XRD Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom Pada Variasi Waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit.

#### E. Secondary Electron Microscope (SEM)-EDX

Pengujian menggunakan SEM-EDX dilakukan di Departemen Teknik Material ITS menggunakan instrument Scanning Electron Microscopy (SEM) tipe FEI INSPECT 550 dan dengan tujuan mengetahui morfologi dan topografi permukaan, unsur yang ada, dan senyawa yang terbentuk pada sampel. Ukuran sampel yang digunakan yaitu (10x15x1,5)mm<sup>2</sup>.



Gambar 4. Pengujian SEM EDX Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit.

#### F. Pengujian Microhardness



Gambar 5. Alat Pengujian Microhardness Substrat pada baja AISI 4340 dan Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada variasi 5 Menit, 10 Menit, 15 Menit, 20 menit.

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 kekerasan

didapat dengan mengukur kedua panjang diagonal dari hasil penekanan, kemudian dimasukkan pada persamaan berikut :

$$VHN = 1854,4 \times P/d^2 \quad (1)$$

Dengan :

- P = Beban yang diterapkan (g/f)
- d = Diagonal rata-rata tapak tekan (µm)

**G. Pengujian Laju Korosi Tafel Test**

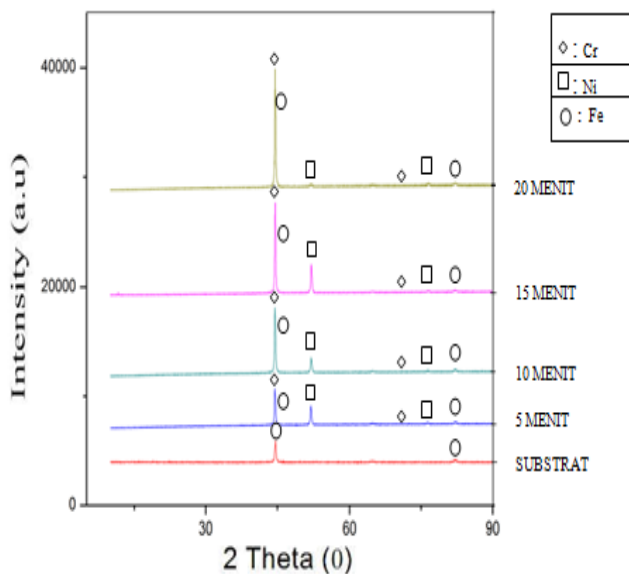
Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS Surabaya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji CorrTest dengan software CS Studio 5, yang terdiri dari elektroda acuan, elektroda kerja, dan elektroda bantu yang bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada larutan HCl 0,5 M, yang akan mendapatkan pola kurva polarisasi potensial material yang digunakan dengan acuan standar ASTM G-5 (Standar Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement).



Gambar 6 Pengujian Tafel Polarisasi Substrat Pada Baja AISI 4340 dan Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit.

**III. HASIL DAN DISKUSI**

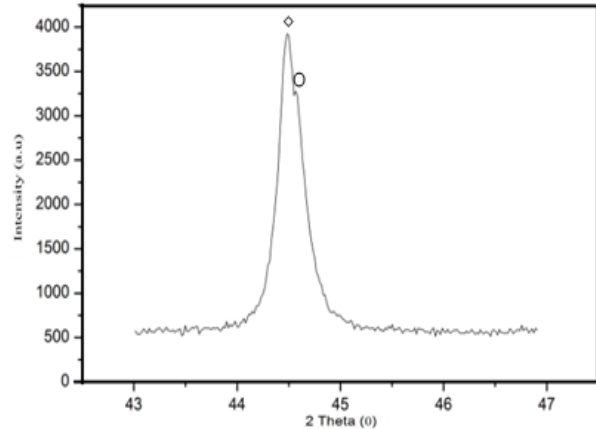
**A. Analisa Hasil Uji XRD**



Gambar 7. Hasil Pengujian XRD pada Substrat Baja AISI 4340 dan Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada Baja Variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit.

Hasil pengujian XRD hasil dari substrak Baja AISI 4340 ditemukan 2 peak, pada Cr pada 2θ di 44,47° dan 64,83° hal sesuai ICCD #00-001-1251 XRD ini berkesusuaian dengan

JCPDS No Cr-06-0694[7] yang menunjukkan bahwa karakteristik *peak* Cr berkesesuaian. pada 2θ terdapat peak Ni 51,83° 76,50° sesuai dengan ICCD 01-070-1849 dan juga berkesesuaian dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya, pada 2θ terdapat peak Fe 44,59°, 82,16°. Keberadaan dari unsur Cr dengan semakin lamanya waktu pencelupan maka intensitasnya akan semakin meningkat hal ini dikarenakan unsur Cr akan semakin menguat apabila semakin lama nya waktu pencelupan endapan pada Cr semakin lama nya waktu akan semakin banyak, hal ini juga menunjukkan bahwa Cr terdepositasi dengan baik pada substrat.



Gambar 8. Grafik XRD pada Unsur Cr dan Fe.

Grafik XRD Cr dan Fe saling berdekatan hal ini berkesesuaian dengan ICCD dan JCPDS Hasil pengujian XRD hasil dari substrak Baja AISI 4340 ditemukan 2 peak, pada Cr pada 2θ di 44,47° dan 64,83° hal sesuai ICCD #00-001-1251 XRD ini berkesesuaian dengan JCPDS No Cr-06-0694 [7], pada 2θ terdapat peak Fe 44.5988, 82,16°, Apabila tidak dilakukan zoom out maka akan tampak seperti menyatu pada 2θ di 44,47 dan 44,59 namun pada ICCD dan JCPDS bahwa peak Cr dan Peak Fe terdapat perbedaan hal ini dapat dibuktikan pada Gambar diatas bahwa terdapat perbedaan pada peak Cr dan peak Fe apabila dilakukan perbesarannya.

**B. Analisa Hasil Komposisi**

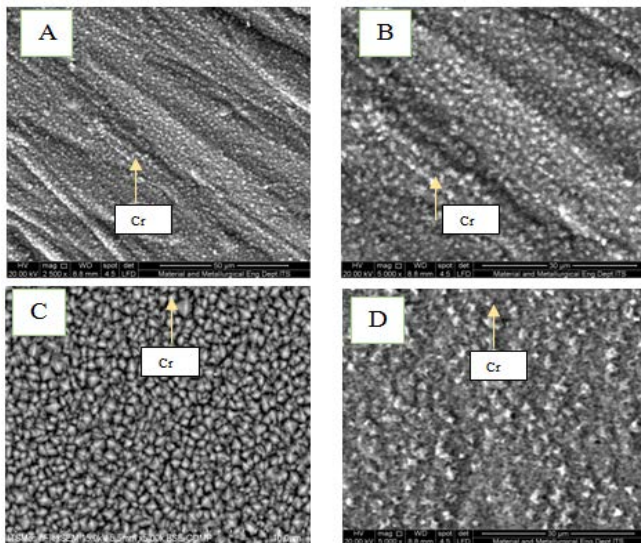
Tabel 1. Komposisi Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada variasi 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit

Sampel	Unsur( %wt)				
	Cr	Ni	Fe	O	other
5 menit	54,74	39,89	01,98	03,40	-
10 menit	56,61	38,29	02,43	02,67	-
15 menit	85,75	5,21	0,10	4,15	0,10
20 menit	90,60	05,81	0,99	02,60	-

Dari Tabel tersebut masih terdapat unsur Oksigen, namun oksigen tersebut berupa persenyawaan dengan Cr yang membentuk Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang merupakan lapisan pasif yang nantinya akan memproteksi logam dari serangan korosi. Senyawa tersebut diduga terbentuk karena terjadinya paparan oksigen yang cukup lama pada permukaan sampel sebelum sampel diuji SEM-EDX. Dengan meningkatnya variasi waktu pencelupan maka akan meningkatkan komposisi Cr hal ini dikarenakan semakin lama waktu pencelupan maka endapan dari Cr akan semakin banyak, hal ini berkesesuaian dimana proses elektroplating yang dipengaruhi waktu pencelupan akan meningkatkan komposisi diakibatkan endapan yang semakin banyak seiring dengan peningkatan waktu pencelupan. Pada variasi 15 menit juga terdapat

komposisi lainnya seperti Si Mn hal ini tidak akan mempengaruhi dari hasil coating tersebut dikarenakan unsur tersebut adalah unsur dari pembentuk Baja AISI 4340 dan dari presentase komposisi tersebut tidak akan mempengaruhi Lapisan dasar Nikel dan lapisan hard krom.

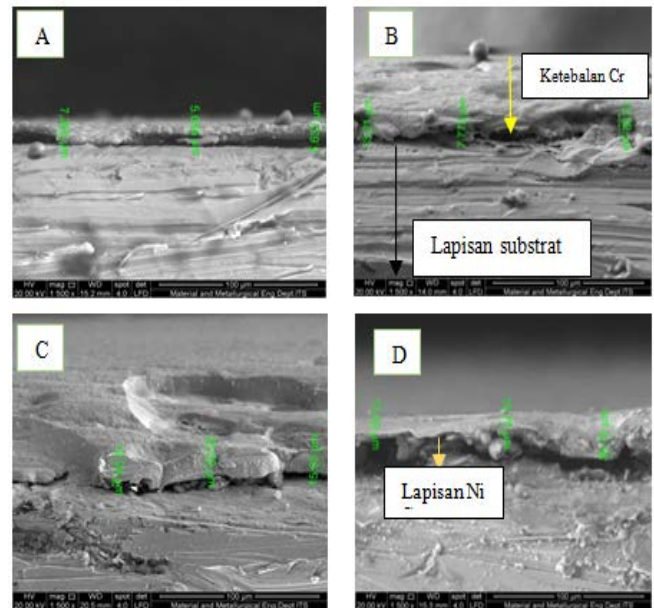
C. Analisa Morfologi permukaan



Gambar 9. Morfologi permukaan hasil Elektroplating Nikel-Hard-Krom pada Variasi pencelupan a) 5 menit, b) 10 menit, c) 15 menit, dan d) 20 menit.

Pada sampel (a) yaitu variasi waktu pencelupan 5 menit dapat dilihat terdapat beberapa Cr yang mengendap pada variasi 5 menit dan beberapa gumpalan kecil berwarna putih. Titik putih tersebut diidentifikasi merupakan krom. Pada sampel (b) yaitu variasi waktu, pencelupan 10 menit gumpalan menjadi lebih besar dan endapan pada Cr menjadi lebih banyak. Bertambah nya variasi waktu pencelupan maka ukuran gumpalan semakin besar dan endapan Cr semakin meningkat, sehingga pada sampel (c) dan (d) yaitu 15 menit dan 20 menit, gumpalan putih tersebut juga semakin membesar dan endapan Cr akan semakin meningkat. Dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat variasi waktu maka endapan Cr akan semakin banyak dan membentuk gumpalan gumpalan besar pada substrat hal ini juga membuktikan bahwa semakin meningkatnya endapan dan meningkatnya ukuran butir pada Cr akan meningkatkan komposisi pada Cr yang dilakukan pada penelitian sebelumnya. Seiring dengan naiknya variasi waktu pencelupan pada proses elektroplating, maka krom nya telah menutupi permukaan substrat, hal ini dapat ditinjau dari Gambar diatas dimana pada hasil pengujian SEM, lapisan permukaan substrat telah tertutupi oleh Krom akibat endapan krom yang meningkat sesuai dengan peningkatan waktu pencelupan dan terjadi pembentukan butir. Butir krom yang terdeposisi sehingga menutupi permukaan substrat.

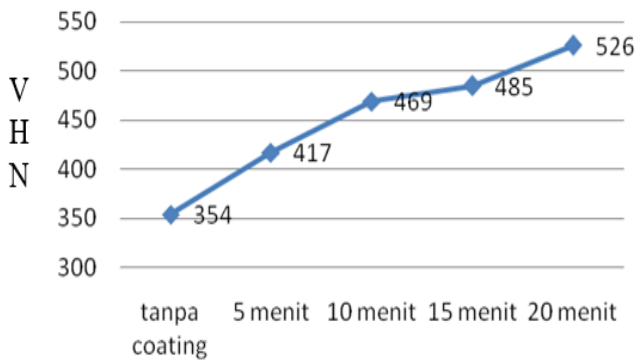
D. Analisa Hasil Ketebalan Lapisan



Gambar 10. Ketebalan lapisan Hasil Elektroplating Nikel-Hard krom pada variasi pencelupan a) 5 menit b) 10 menit c) 15 menit d) 20 menit.

Dari hasil pengujian sebelumnya bahwa semakin meningkatnya waktu pencelupan maka akan semakin meningkatnya hasil komposisi pada Cr hal ini dikarenakan semakin lamanya waktu pencelupan akan mengakibatkan endapan Cr semakin meningkat pada permukaan dan menyebabkan butir butir pada Cr akan semakin membesar dan menutupi permukaan substrat. Pada pengujian selanjutnya menggunakan SEM Cross section dengan melakukan benda kerja arah vertikal, pada Hasil cross section ketebalan dilakukan pemotongan terlebih dahulu dengan menggunakan grindahal ini menyebabkan pada permukaan substrat terdapat garis lurus yang menandakan hasil arah pemotongan gerinda yang mengakibatkan pada permukaan kasar akibat pemotongan gerinda kemudian pada garis hitam merupakan penanda lapisan substrat dari baja AISI 4340, pada garis orange merupakan lapisan dari nikel, lapisan nikel dan Fe memiliki kesamaan pada warnanya. Pada sample A elektroplating variasi waktu pencelupan 5 menit didapat ketebalan coatingnya adalah 6,029  $\mu\text{m}$ , dari sample B pada variasi waktu 10 menit didapatkan ketebalan coatingnya adalah 11,27  $\mu\text{m}$ , pada sample C 15 menit didapatkan ketebalan coatingnya 18,52  $\mu\text{m}$ , dan sample D 20 menit didapatkan ketebalan coatingnya 19,95  $\mu\text{m}$ . Dapat disimpulkan bahwa apabila pada variasi waktu pencelupan maka akan mempengaruhi ketebalan coating pada permukaannya semakain lama waktu pencelupan maka endapan pada Cr akan semaki banyak dan butir-butir dari Cr akan semakin membesar dan akan menutupi permukaan substrat [8].

E. Analisa Kekerasan



Gambar 11. Grafik Nilai Kekerasan Substrat berupa Baja AISI 4340 dan Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit.

Dari Gambar 11 hasil pengaruh variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan tanpa dilakukan coating dengan pengujian mikro hardness. Pada variasi waktu 5 menit hasil yang didapat adalah 417 VHN, kemudian pada variasi waktu 10 menit hasil yang didapat adalah 469 VHN, pada variasi waktu 15 menit hasil yang didapat adalah 485 VHN, pada variasi waktu 20 menit hasil yang didapat adalah 526 VHN dan pada substrat yang tidak dilakukan coating 354 VHN. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada variasi waktu 20 menit, sementara nilai kekerasan terendah didapatkan pada variasi waktu 5 menit. Dapat disimpulkan apabila tanpa dilakukan coating nilai pada kekerasan 345 VHN [9]. Waktu pencelupan pun berpengaruh pada nilai kekerasan tersebut, hal ini dikarenakan bahwa dengan meningkatkan waktu pencelupan menyebabkan semakin banyak ion krom yang mengendap sehingga meningkatkan nilai kekerasan, sebagaimana diketahui Cr memiliki sifat meningkatkan kekerasan maka hal tersebut yang mempengaruhi peningkatan kekerasan. Pada variasi waktu pencelupan Cr maka akan semakin lama Cr mengendap pada katoda dan butir-butir pada Cr akan semakin banyak dan menutupi lapisan substrat yang meningkatkan nilai kekerasan.

F. Analisa Laju Korosi

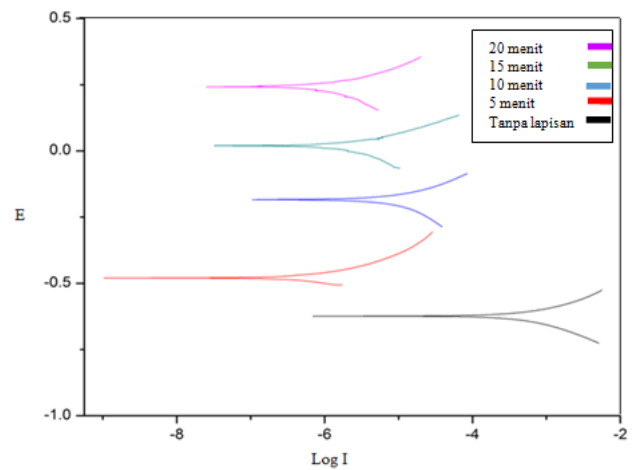
Parameter pengujian potensiodinamik

Tabel 2.  
Parameter pengujian potensiodinamik

Parameter pengujian potensiodinamik	
Elektroda Kerja	Baja AISI 4340
Elektroda Bantu	Grafit
Elektroda Acuan	Hg/HgCl
Densitas(g/cm <sup>3</sup> )	7,8
Luasan Terekspose (Cm <sup>2</sup> )	1
Scan Rate(mV/s)	10

Parameter diatas diinput pada software cortest 5.5 untuk mendapatkan tafel E vs Log(i) dimana elektroda kerja merupakan sample uji, elektroda bantu berupa grafit sebagai penyalur arus ke elektroda kerja dan elektroda acuan sebagai pembanding nilai potensial.

Dari Gambar 12 hasil pengujian Tafel menunjukkan bahwa proteksi korosi cenderung proteksi anodik, sebelum dilakukan pengujian tafel dilakukan terlebih dahulu penginputan data dengan memasukkan data Screen Rate 1 MV, kemudian Densitas ini dimasukkan densitas stainless steel dimana baja Ni Cr yang mana memiliki kesamaan pada Stainless steel 7,86 g/cm<sup>3</sup> kemudian luas penampang 1 Cm<sup>2</sup>.



Gambar 12. Pengujian Tafel Pada Substrat berupa Baja AISI 4340 dan Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit.

Kemudian baru dilakukan pengujian tafel, dari grafik tersebut dapat dikatakan cenderung proteksi anodik dikarenakan yang terjadi grafik yang menaik, dapat ditinjau dari substrat dengan grafik terendah pada warna hitam, kecenderungan pada proteksi anodik ini akan memproteksi terjadinya korosi. Ditinjau dari hasil pengujian tafel, maka corrosion rate pada Substrat Baja AISI 4340 corrosion ratenya adalah 18,97 mm/a, kemudian pada variasi 5 menit corrosion ratenya adalah 0,271 mm/a, pada 10 menit corrosion rate adalah 0,100 mm/a, dalam 15 menit corrosion ratenya adalah 0,080 mm/a, pada 20 menit corrosion ratenya adalah 0,040 mm/a. laju korosi yang paling terendah pada variasi waktu 20 menit 0,040mm/a.

Tabel 3.  
Laju Korosi Pada Substrat berupa Baja AISI 4340 dan Hasil Elektroplating Nikel-Hard krom pada variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit

Variasi waktu	Laju Korosi (mm/a)
Substrat	18,976
5 menit	0,271
10 menit	0,100
15 menit	0,080
20 menit	0,040

IV. KESIMPULAN

Ketebalan tertinggi berada pada 20 menit 19,95µm dan terendah berada pada 5 menit 6,02µm Nilai kekerasan tertinggi juga terjadi pada 20 menit 526 HVN dan nilai kekerasan terendah terjadi pada 5 menit 417 HVN sedangkan substrat Baja AISI 4340 354 HVN, waktu 20 menit corrosion ratenya terendah 0,040 mm/a, serta corrosion rate tertinggi terjadi pada variasi waktu 5 menit corrosion ratenya adalah 0,271 mm/a, sedangkan material substratnya corrosion ratenya adalah 18,97 mm/a.

Mekanisme yang terjadi pada saat pencelupan adalah pada saat CrO<sub>3</sub> dilarutkan dalam aquades maka akan terjadi ionisasi. Akan terbentuk ion Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup> dan akan cenderung membentuk asam dikromat dimana asam dikromat tersebut masih dalam lingkungan aquades dan akan mengion kembali dan membentuk ion Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>. Ion Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> ini akan bereaksi pada Katoda ketika di alirkan arus dan menyebabkan terjadi 3 reaksi secara simultan yang pertama pengendapan Cr,

pelepasan H<sub>2</sub>, dan pembentukan Ion Cr. Semakin lama waktu pencelupan maka pengendapan akan semakin banyak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. W., *Ilmu Logam 2*. Surabaya: ITS Press, 1999.
- [2] A. H., *Mengenal Pelapisan Logam*. Yogyakarta., 1992.
- [3] Shaleh A., *Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik*. CV Yrama Widya, 2014.
- [4] Anas Hadi Siswanto, "Pengaruh Potensi dan Waktu Celup terhadap Ketebalan dan Kepadatan Coating Emas pada Tembaga," 2002.
- [5] D. Tarwijayanto, W. P. Raharjo, and T. Triyono, "Pengaruh Arus dan Waktu Pelapisan Hard Chrome terhadap Ketebalan Lapisan dan Tingkat Kekerasan Mikro pada Plat Baja Karbon Rendah AISI 1026 dengan Menggunakan CrO<sub>3</sub> 250 gr/lit DAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5 gr/lit pada Proses Elektroplating," *Mekanika*, vol. 11, 2013.
- [6] S. Wahyono, "Penentuan Variabel Pelapisan Krom Keras pada Cetakan Tempa," Jakarta, 1996.
- [7] U. Pramod Kumar and C. Joseph Kennady, "Characterization of Chromium Electrodeposits Obtained From Trivalent Electrolytes Containing Formaldehyde as Additive," *Int. J. Thin Film. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, p. 147, 2015.
- [8] A. Rozak and A. Mahendra Sakti, "Analisis Kepadatan pada Proses Pelapisan Nikel dengan Variasi Tegangan dan Lama Pencelupan Baja ST 41."
- [9] Gita Primasari, Muchtar Karokaro, and Budi Agung K., "Pengaruh Kecepatan Potong pada Turning Process terhadap Kekerasan dan Kedalaman Pengerasan Baja AISI 4340."