

Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan Terhadap Laju Korosi pada Hasil *Electroplating Hard Chrome*

Abid Fahreza Alphanoda

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
abidfahreza@polteksmi.ac.id

Abstrak

Electroplating hard chrome merupakan pelapisan permukaan logam yang biasa digunakan untuk industri dengan tujuan meningkatkan umur pakai (*lifetime*). Jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan adalah salah satu faktor yang menentukan kualitas hasil *electroplating hard chrome*, sedangkan pengujian laju korosi merupakan faktor koreksi terhadap hasil *electroplating* untuk didapatkan umur pakai. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penelitian eksperimen sejati dengan melibatkan satu variabel bebas yaitu jarak anoda-katoda dengan variasi yang digunakan adalah 9 cm, 12 cm, 15 cm, dan 18 cm, sedangkan variabel terikat yang diamati yaitu uji laju korosi hasil *electroplating hard chrome*. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah durasi pelapisan selama 45 menit dan 60 menit. Komposisi larutan elektrolit yang digunakan yaitu *chromic acid* 300 gr/L dan asam sulfat 3 gr/L, dengan rapat arus 45 A/dm² dan temperatur elektrolit 50°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan *electroplating hard chrome* pada baja ST-37 berpengaruh secara nyata terhadap hasil uji laju korosi atau *Corrosion Penetration Rate* (CPR).

Kata kunci: *electroplating hard chrome*, anoda-katoda, durasi pelapisan, laju korosi

Abstract

Hard chrome electroplating is a metal surface coating process that used for industries to increasing metal's lifetime. Anode-cathode distance and duration of the coating are the factors that determine the quality of hard chrome electroplating, while corrosion rate testing is a correction factor result to obtained lifespan. This research is conducted using true-experimental method with one independent variable it is the distance of anode-cathode with variation used was 9 cm, 12 cm, 15 cm and 18 cm, while the dependent variable observed is testing result of corrosion rate of electroplating hard chrome. Controlled variable in this study is the duration of the coating 45 minutes and 60 minutes. The electrolyte composition used is chromic acid 300 gr/L and sulfuric acid 3 gr/L, with a current density 45 A/dm² and an electrolyte temperature of 50°C. The test results show that the anode-cathode distance and duration of electroplating hard chrome plating on steel ST-37 are significantly affect to the corrosion rate or *Corrosion Penetration Rate* (CPR).

Keywords: *electroplating hard chrome*, anode-cathode, coating duration, corrosion rate

I. PENDAHULUAN

Proses pelapisan krom keras (*hard chrome*) adalah salah satu proses akhir dari pengerjaan logam yang banyak diterapkan dalam industri logam maupun industri permesinan. Proses pelapisan ini cukup luas penggunaannya untuk berbagai aplikasi teknik karena selain dapat menghasilkan tampilan yang dekoratif serta perlindungan bagi logam yang dilapisi dari pengaruh lingkungan, juga menambah sifat-sifat

logam yang dikehendaki. Pelapisan krom keras banyak digunakan untuk benda kerja yang pada penggunaannya memerlukan sifat-sifat tertentu, karena pelapisan krom keras mempunyai sifat yang bias memperbaiki kualitas bahan. Sifat paling penting yang dihasilkan dari pelapisan krom keras adalah kekerasan, daya lekat, ketahanan korosi, permukaan yang mengkilap, koefisien gesek yang rendah, dan tahan terhadap suhu tinggi. Dalam aplikasinya tentu sifat-sifat tersebut akan sangat penting dan berguna untuk industri logam dan

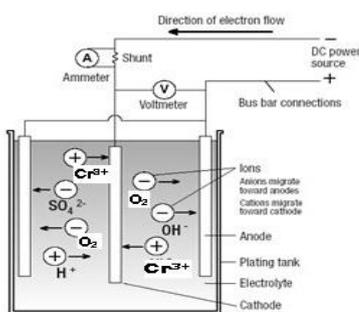
permesinan. Dalam proses *electroplating* hal-hal yang mempengaruhi hasil pelapisan antara lain adalah rapat arus (*current density*), konsentrasi larutan elektrolit, temperatur larutan elektrolit, dan waktu yang digunakan selama proses berlangsung. Jarak anoda-katoda dan durasi terbukti memiliki peranan penting dalam menentukan hasil pelapisan krom keras, selain itu laju korosi merupakan salah satu tolak ukur dalam pelapisan krom keras.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan pada hasil *electroplating hard chrome* baja ST-37 terhadap laju korosi. Untuk menjadikan penelitian ini lebih terarah maka perlu ditetapkan batasan-batasan masalah yaitu meliputi: larutan elektrolit yang digunakan adalah campuran antara asam khromat dengan asam sulfat dengan konsentrasi larutan 300 gr/L chromium trioksida (CrO_3), serta 3 gr/L asam sulfat (H_2SO_4); material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah baja ST-37; spesimen uji telah dibentuk produk berupa pegangan pintu; variasi jarak anoda-katoda yang digunakan adalah 9 cm, 12 cm, 15 cm, dan 18 cm; proses pelapisan dilakukan selama 45 dan 60 menit; hanya membahas korosi hasil dari proses *electroplating hard chrome*. Diharapkan dari penelitian ini mampu memberikan sumbangan berupa hasil penelitian dalam bidang pelapisan logam yang dapat digunakan sebagai tambahan referensi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut serta hasil penelitian dapat diaplikasikan secara meluas untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan industri.

II. ELECTROPLATING HARD CHROME

A. Electroplating

Electroplating adalah suatu proses pengendapan logam pelindung atau logam yang dikehendaki diatas logam lain dengan cara elektrolisa. Dalam metode ini komponen bersama dengan batangan atau lempengan logam yang akan dilapisi, direndam dalam suatu elektrolit yang mengandung garam-garam logam pelapis [1].



Gambar 1. Prinsip kerja *electroplating* [2]

Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik (Gambar 1) adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda atau elektrolit yang digunakan. Dengan adanya arus yang mengalir dari sumber listrik maka elektron “dipompa” melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang dilapisi. Proses pelapisan listrik memiliki empat komponen penting, yaitu:

1) *Katoda*: merupakan elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana logam yang akan dilapisi diletakkan pada posisi ini

2) *Anoda*: merupakan elektroda positif dalam larutan elektrolit dan pada umumnya merupakan sumber ion logam yang akan melapisi

3) *Larutan elektrolit*: merupakan media penghantar yang dapat berupa asam, basa, atau garam. Pada *hard chromium plating* larutan elektrolit ini dapat berfungsi sebagai penyedia logam yang akan menempel pada logam yang akan dilapisi yang larut dalam larutan

4) *Arus listrik*: arus listrik ini mengalir dari anoda ke katoda, arus yang digunakan yaitu arus DC (*Direct Current*).

B. Electroplating Hard Chrome

Pada proses *electroplating hard chrome* katoda yang digunakan adalah baja ST-37. Aplikasinya kebanyakan digunakan untuk bahan konstruksi. *Electroplating hard chrome* sendiri disebut juga sebagai *industrial* atau *engineering chromium plating* dan ini berbeda dengan lapisan *decorative chromium*, dimana lapisan *hard chrome* memiliki tujuan sebagai berikut [1]:

1. Deposit yang dihasilkan dari proses *hard chromium plating* ditujukan untuk meningkatkan umur pakai (*lifetime*) dari suatu komponen dengan memperbaiki sifat permukaan, seperti ketahanan aus, kekerasan, abrasi, ketahanan panas, dan korosi. Selain itu juga dapat juga digunakan untuk memperbaiki dimensi dari suatu komponen yang mengalami *undersize part*.
2. Hasil pelapisan dari *hard chromium plating* biasanya memiliki ketebalan 2,5 sampai 500 μm dan untuk aplikasi tertentu ketebalannya dapat disesuaikan, sedangkan pada *decorative chromium plating*, ketebalan lapisan biasanya berada pada rentang tidak lebih dari 1,3 μm .
3. *Hard chromium plating* dilakukan langsung pada permukaan spesimen, dengan beberapa pengecualian, sedangkan pada *decorative chromium plating* diberikan terlebih dahulu

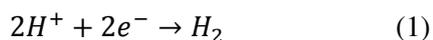
lapisan *undercoats* yang menggunakan nikel dan tembaga, atau nikel saja.

C. Mekanisme Reaksi

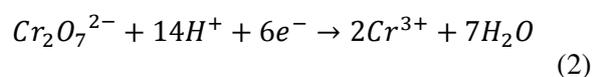
Dalam bak *plating* ketika proses berlangsung terjadi berbagai reaksi yang akan mempengaruhi kualitas hasil pelapisan. Asam kromat dalam larutan asam bak plating berada, kebanyakan sebagai ion dikromat. Pada katoda terjadi tiga reaksi yang berlangsung serentak [2], yaitu: deposisi krom, pengeluaran hidrogen, dan pembentukan Cr(III) dengan reaksi sebagai berikut:

1) Pada katoda

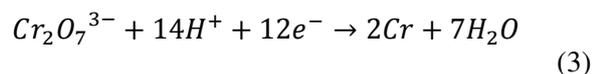
Evolusi hidrogen:



Pembentukan Cr^{3+} :



Pengendapan krom:

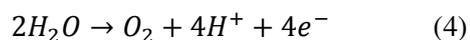


Pengeluaran hidrogen menyedot 80% sampai 90% daya yang diberikan pada sistem. Hanya 10% saja dipergunakan untuk deposisi krom sesungguhnya.

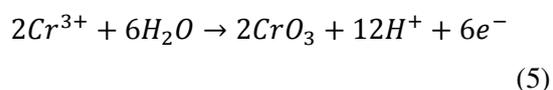
Anoda krom terlarut tidak efisien pada kondisi elektrolisis, apalagi logam krom jauh lebih mahal daripada bentuk CrO_3 , maka digunakan anoda tidak terlarut yakni timbal (Pb). Pada anoda terjadi tiga reaksi serentak [2] yaitu: pengeluaran oksigen, oksidasi ion kromat dan produksi timbal oksida pada anoda, reaksinya sebagai berikut:

2) Pada anoda

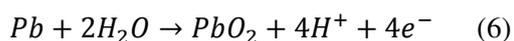
Evolusi oksigen:



Oksidasi ion krom:



Pembentukan timbal oksida:



Kebanyakan daya serap untuk pengeluaran oksigen. Akan tetapi, dua reaksi lain amat penting, oksidasi ulang Cr(III) pada anoda membantu menyeimbangkan produksinya pada katoda dan menjaga tingkat Cr^{3+} . Anoda timbal harus tertutup lapisan timbal dioksida, apabila lapisan tersebut hilang atau tidak terbentuk, akan tetapi timbal kromat dan anodanya tidak menjalankan fungsi

pengaturan konsentrasi Cr^{3+} dari baknya. Semua reaksi di atas berlangsung secara serentak dan kondisi temperatur sangat mempengaruhi proses berjalannya reaksi.

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen (H_2) akibat adanya reaksi pelepasan hidrogen pada katoda. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan. Hal ini disebut "*pitting*". *Pitting* yang disebabkan oleh adanya gas hidrogen tersebut selain menjadikan hasil pelapisan tampak buruk, juga menyebabkan kerapuhan hasil pelapisan. Sifat rapuh ini akan nampak bila benda kerja dibengkokkan, maka logam pelapis menjadi patah atau retak. *Pitting* yang berupa lubang-lubang kecil tersebut menjadi jalan bagi berlangsungnya reaksi korosi secara mikro.

D. Pengujian Laju Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Hilangnya material tersebut biasanya berlangsung sangat lambat tetapi berlangsung terus menerus [3].

Pengujian korosi dilakukan dengan tujuan mengetahui laju korosi atau ketahanan korosi dari suatu material logam. Potensiostat merupakan peralatan yang digunakan pada penelitian elektrokimia untuk mengamati fenomena yang terjadi selama proses korosi terjadi. Potensiostat akan mengaplikasikan tegangan listrik inputan kepada benda uji sehingga nilai arus selama proses korosi dapat diperoleh. Pada penelitian kali ini menggunakan NaCl 10% sebagai media korosinya, NaCl dipilih karena akan diketahui ketahanan korosi *all-chloride hard chrome plating* pada kondisi garam.

Peralatan potensiostat biasanya dilengkapi dengan tiga jenis elektroda yaitu:

1) *Elektroda kerja (working electrode)*: elektroda ini dibentuk dari logam benda uji yang akan diteliti, terkoneksi dengan sambungan listrik, dan permukaannya harus digerinda atau diampelas untuk menghilangkan oksida-oksida yang mungkin ada.

2) *Elektroda bantu (auxiliary electrode)*: elektroda yang khusus digunakan untuk mengalirkan arus hasil proses korosi yang terjadi dalam rangkaian sel.

3) *Elektroda acuan (reference electrode)*: adalah suatu elektroda yang tegangan sirkuit terbukanya (*open-circuit potential*) konstan dan digunakan untuk mengukur elektroda kerja.

Laju korosi dinyatakan sebagai *Corrosion Penetration Rate* (CPR) dengan satuan *inches per*

year (ipy), millinches per year (mpy) atau millimeter per year (mmpy). Satuan mpy sering digunakan sebagai satuan laju korosi karena dapat menunjukkan laju korosi untuk nilai yang sangat kecil [4]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju korosi adalah :

$$CPR = 0,13(I_{+corr}) + \frac{Me}{\rho} \quad (7)$$

dimana:

CPR = laju korosi (mm/year)

I_{+corr} = densitas arus korosi ($\mu A/cm^2$)

Me = massa ekuivalen material (amu)

ρ = densitas material (gr/cm^3)

0,13 = konstanta

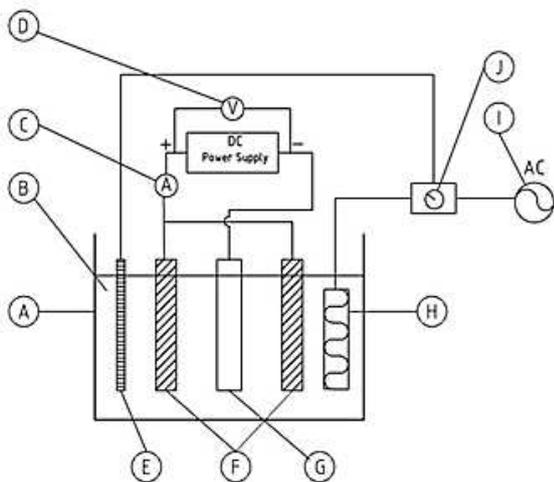
Besarnya nilai Me dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$Me = \frac{\text{massa atom}}{\text{valensi}} \quad (8)$$

Laju korosi (CPR) menunjukkan besarnya penetrasi rata-rata dari korosi terhadap logam dalam tiap satuan waktu. Nilai laju korosi yang tinggi menunjukkan ketahanan logam yang rendah terhadap serangan korosi. Begitu pula sebaliknya bahwa tingkat ketahanan yang tinggi terhadap adanya korosi ditunjukkan dengan rendahnya nilai laju korosi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

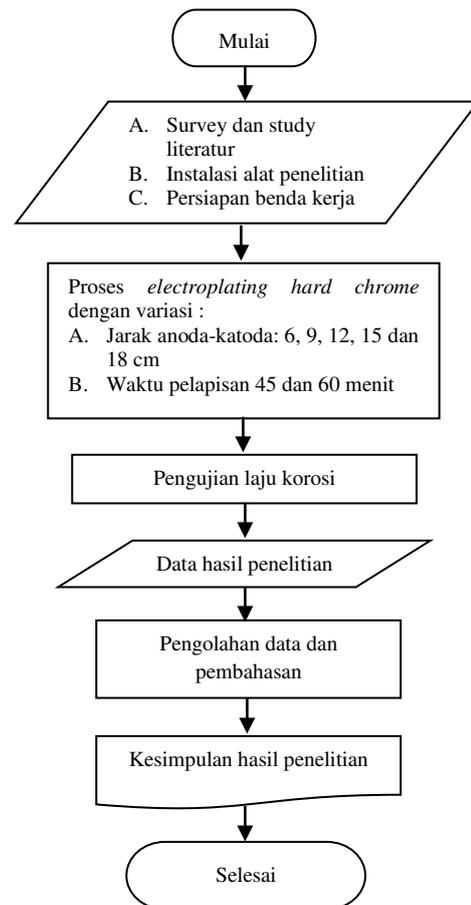
Penelitian yang dilakukan menggunakan metode penelitian eksperimen sejati (*true experiment research*) dengan melibatkan satu variable bebas yaitu jarak anoda-katoda dengan variasi yang digunakan adalah 9 cm, 12 cm, 15 cm, 18 cm, sedangkan variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini yaitu uji laju korosi hasil *electroplating hard chrome*.



Gambar 2. Instalasi *electroplating*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: (1) CNC TU 3A digunakan untuk memotong benda kerja sesuai dimensi yang diinginkan; (2) instalasi *electroplating* (Gambar 2); dan (3) potensiostat digunakan untuk pengujian laju korosi.

Terdapat dua proses utama pada penelitian ini, yaitu proses *electroplating* dan pengujian laju korosi. Proses *electroplating* dilakukan dengan tahapan: (1) menyiapkan spesimen sesuai bentuk dan ukuran menggunakan CNC TU 3A; (2) menyiapkan bahan larutan elektrolit dan panaskan larutan sampai 50°C; (3) menentukan jarak anoda-katoda 9 cm, 12 cm, 15 cm, dan 18 cm; (4) mengatur rapat arus 45 A/dm²; dan (5) tunggu dengan waktu 45 dan 60 menit. Proses pengujian laju korosi dilakukan dengan tahapan: (1) membersihkan lapisan dengan kain halus; (2) mempersiapkan potensiostat dan *software* NOVA; (3) memasukkan spesimen dalam larutan NaCl 2%; (4) jalankan alat potensiostat; (5) Pembacaan hasil pada komputer; dan (6) untuk mendapatkan nilai laju korosi masukkan I_{corr} yang didapat pada analisa grafik anodik-katodik ke rumus laju korosi. Secara umum, diagram alir dari penelitian ini tersaji pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan data laju korosi, sebelumnya dilakukan pengujian menggunakan potensiostat dan pengukuran grafik daerah anodik dan katodik menggunakan *software* NOVA. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Besarnya nilai M_e yang diperoleh berdasarkan (8) dengan massa atom 52 gr/mol dan valensi 2 adalah 26 gr/mol. Dengan demikian diperoleh nilai CPR berdasarkan (7) dengan I_{+corr} 17,03 $\mu A/cm^2$ dan ρ 7,19 gr/cm³ adalah 0,00019793 mpy.

Gambar 5 menunjukkan arah perubahan data laju korosi baja AISI 1015 hasil *electroplating hard chrome* akibat variasi jarak anoda-katoda dengan durasi pelapisan 45 menit dan 60 menit. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin jauh jarak anoda-katoda, maka nilai laju korosi yang didapatkan juga semakin besar. Besarnya laju korosi yang terjadi pada logam dipengaruhi oleh banyak faktor dan salah satunya adalah faktor fisik dan metalurgi [5]. Faktor fisik yang mempengaruhi adalah ketebalan lapisan, sedangkan ketebalan lapisan sangat berhubungan dengan konduktansi elektrolit. Konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolit, dimana bila hambatan besar, maka konduktansi semakin kecil, begitu pula sebaliknya [4]. Karena semakin jauh jarak anoda-katoda menyebabkan membuat semakin lambat pergerakan ion dan semakin berkurang jumlah ion-ion chrome yang bergerak untuk pelapisan *hard chrome* pada logam. Semakin sedikit lapisan chrome yang melapisi maka nilai laju korosi akan semakin besar.

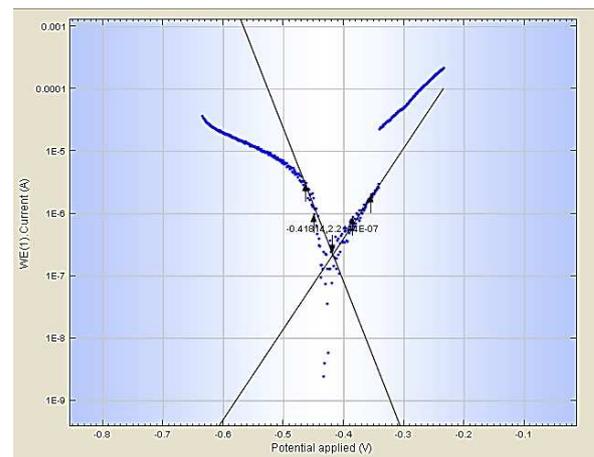
Grafik data laju korosi AISI 1015 variasi jarak anoda-katoda dengan durasi pelapisan 60 menit memperlihatkan data yang tidak terlalu berbeda dibandingkan dengan durasi 45 menit. Semakin jauh jarak anoda-katoda, maka nilai laju korosi yang didapatkan juga semakin besar. Karena semakin jauh jarak anoda-katoda menyebabkan membuat semakin lambat pergerakan ion dan semakin berkurang jumlah ion-ion chrome yang bergerak untuk pelapisan *hard chrome* pada logam.

Pada analisa sebelumnya telah dibahas bahwa semakin jauh jarak anoda-katoda menyebabkan membuat semakin lambat pergerakan ion dan semakin berkurang jumlah ion-ion chrome yang bergerak untuk pelapisan *hard chrome* pada logam. Semakin sedikit lapisan *chrome* yang melapisi maka nilai laju korosi akan semakin besar. Pada analisa perbandingan grafik pada proses *electroplating hard chrome* terhadap laju korosi durasi 45 menit dengan durasi 60 menit, didapatkan bahwa grafik laju korosi pada pelapisan *electroplating hard chrome* dengan durasi 45 menit lebih besar laju

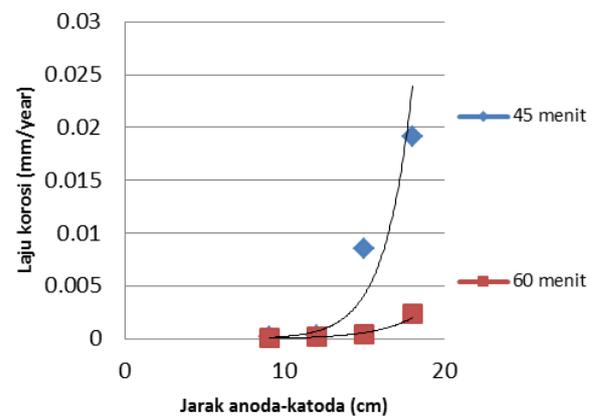
korosinya daripada durasi 60 menit disebabkan semakin lama waktu (durasi) pelapisan maka akan membuat semakin banyak jumlah ion-ion chrome yang melapisi dan nilai laju korosi akan semakin kecil. Sesuai dengan hukum Faraday yaitu jumlah logam yang terdekomposisi karena elektrolisis berbanding langsung dengan jumlah arus yang melewati larutan dan sebanding dengan berat ekuivalen kimia logam pelapis. Dengan demikian ketebalan dari suatu lapisan elektroplating berbanding lurus dengan waktu pelapisan, semakin lama waktu pelapisan semakin kecil nilai laju korosi.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin dekat jarak anoda-katoda pada proses *electroplating hard chrome* maka nilai laju korosi akan semakin menurun, dan semakin lama durasi proses *electroplating hard chrome* maka nilai laju korosi semakin menurun. Peningkatan jarak anoda-katoda dari 9 cm sampai 18 cm akan diikuti dengan penurunan laju korosi sebesar 0,0000089977 mpy.



Gambar 4. Hasil pengukuran dengan *software* NOVA



Gambar 5. Perbandingan proses *electroplating hard chrome* terhadap laju korosi durasi 45 menit dengan 60 menit

REFERENSI

- [1] Chamberlain, J., Trethewey, R. K., *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, Gramedia: Jakarta, 1991
- [2] *Metals Handbook*, ASM Hand Book, American Society for Metal, 1964
- [3] Anton, J. H., *Mengenal Pelapisan Logam*, Andi Offset: Yogyakarta, 1992
- [4] Fontana, Mars G, *Corrosion Engineering*, Mc Graw Hill Book Co: Singapura, 1987
- [5] Loar, Gary W, *Nickel Plating*, McGean-Rohco Inc.: Ohio, 2006