

Pengaruh Densitas Arus dan Waktu Kontak Efektif Elektrolit Gel terhadap Ketebalan dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom pada Baja dengan Metode Elektroplating

Naufal Gati Furqon dan Sulistijono.

Jurusan Teknik Material & Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ssulistijono@mat-eng.its.ac.id

Abstrak— Dalam dunia industri, korosi merupakan ancaman yang sering muncul yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan material. Korosi bukanlah sesuatu yang dapat dicegah, akan tetapi korosi dapat dikendalikan dengan beberapa cara. Pengendalian terhadap korosi merupakan cara yang dilakukan memperlambat timbulnya korosi pada material dan merupakan suatu hal yang vital untuk dilakukan. Dalam penelitian ini digunakan metode elektroplating dengan menggunakan media elektrolit gel dengan penam bahan 5% gelatin pada larutan elektrolit dan menganalisa pengaruh densitas arus (0.3 A/cm^2 ; 0.45 A/cm^2 ; 0.6 A/cm^2) dan waktu kontak (300s ; 600s; 900s) dari hasil penelitian didapatkan peningkatan ketebalan dan berat dari lapisan seiring penambahan nilai parameter yang diaplikasikan. Sedangkan pada kualitas kelekatan lapisan tidak memiliki keteraturan pada hasil yang didapatkan akan tetapi kelekatan maksimal pada penelitian ini didapatkan pada 0.6 A/cm^2 dan 600 s sebesar 23.15 MPa

Kata Kunci: *Elektroplating, Elektrolit Gel, Gelatin, Rapat Arus, Waktu Kontak.*

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, perlindungan terhadap korosi dengan cara memperlambat timbulnya korosi pada material merupakan suatu hal yang penting untuk dilakukan. Terdapat berbagai usaha yang sering dilakukan untuk memperlambat timbulnya korosi, salah satunya adalah dengan cara pelapisan (coating). Pelapisan dapat didefinisikan sebagai proses pemberian lapisan yang yang diaplikasikan pada permukaan logam. Tujuan dari pelapisan adalah untuk meningkatkan sifat dari permukaan substrat [1]. Pemakaian krom banyak digunakan untuk lapis lindung alat – alat kecepatan tinggi (high speed tools), cetakan (die) dan bahan pemuat dalam pembuatan stainless steell. Chromium dapat diendapkan dengan cara lapis listrik (electroplating) dan semprot logam (metal spraying) [2]. Proses pelapisan dengan metode elektroplating dilakukan dengan cara merendam

benda yang akan dilapisi menggunakan larutan elektrolit selama beberapa waktu lamanya. Jenis pelapisan dengan elektroplating ini memiliki kinerja yang cukup baik dalam memperlambat laju korosi, namun proses pelapisan dengan cara merendam benda kerja dalam larutan elektrolit tersebut memiliki kelemahan, salah satunya adalah ketika suatu komponen benda kerja telah terpasang pada benda kerja dan lapisan pelindungnya mengalami kecacatan, maka komponen tersebut harus dibongkar kembali dari susunan benda kerjanya

Proses pelapisan dengan elektroplating dilakukan dengan mengalirkan arus pada rangkaian dua elektroda dalam media larutan elektrolit (plating bath). Dalam electroplating konvensional, arus mengalir dari anoda menuju katoda melalui larutan elektrolit, Karena proses lapis listrik reaksi diharapkan berjalan terus menuju arah tertentu secara tetap, maka hal yang paling penting dalam melakukan proses ini adalah mengopersika proses dengan arus searah [3]. di mana kedua elektroda terendam dalam larutan elektrolit cair. Suatu proses lapis listrik memerlukan larutan elektrolit yang merupakan media proses berlangsung. Larutan elektrolit dapat dibuat dari larutan asam dan garam logam yang mengandung ion – ion positif [4]. Dimana saat proses ini terjadi akan melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi pada elektroda dan akan menghasilkan lapisan endapan karena perbedaan kutub pada kedua elektroda [5]. Untuk memenuhi tuntutan efisiensi bahan,waktu dan biaya tentunya, metoda ini mempunyai kelemahandalam beberapa kondisi, yakni pelapisan pada komponen yang sudah terpasang pada suatu sistem, serta pelapisan hanya padabagian tertentu dari benda kerja (parsial plating). Sehingga diperlukan suatu metoda alternatif dalam melakukan elektroplating.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan menginovasi larutan elektrolit agar konsumsi akan elektrolits ebagai penghantar arus listrik dan juga sebagai sumber kation pada

elektroplating dapat ditekan [6]. Inovasi tersebut dapat dilakukan dengan merubah wujud larutan elektrolit dari larutan cair menjadi larutan dalam wujud gel (gel electrolyte). Prinsip kerja dari metoda ini adalah dengan memoles benda kerja yang akan dilapisi dengan tetap menggunakan prinsip elektrokimia dalam electroplating. Dimana pada proses ini memiliki beberapa parameter yang mempengaruhi seperti tegangan dan waktu kontak yang akan mempengaruhi hasil lapisan [7].

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari hasil dan kualitas dari hasil plating menggunakan gel elektrolit dengan menggunakan metode elektroplating dimana karakteristik karakteristik hasil pelapisan pada spesimen, yang diberi variasi densitas arus dan waktu kontak. Hasil plating yang dianalisa adalah ketebalan dan kekuatan lekat.

II. METODE PENELITIAN

A. Preparasi Spesimen

Benda kerja yang digunakan adalah 9 buah batang baja AISI 1045 dengan masing – masing dimensi 70mm x 25mm x 20 mm. Preparasi spesimen bertujuan untuk membersihkan spesimen dari pengotor, karat/oksida, dan minyak yang melekat pada permukaan sehingga proses elektroplating pada spesimen dapat berlangsung dengan baik [8]. Preparasi spesimen dilakukan dalam beberapa tahapan. Pertama dilakukan pembersihan permukaan spesimen uji dari kotoran dan minyak dilakukan dengan merendam spesimen uji dalam larutan NaOH kadar 5%. Lama perendaman antara ± 20 menit, tergantung pada banyaknya kotoran yang menempel pada material. Kedua, pembersihan scale dilakukan dengan merendam pada larutan pickling H_2SO_4 kadar 5%. Penggunaan larutan pickling H_2SO_4 dengan kadar 5% akan mengurangi adanya overpickling, sedang lamanya waktu pickling tergantung dengan tebalnya lapisan scale pada material dan kadar dari larutan pickling. Ketiga, pembersihan permukaan spesimen uji dari sisa – sisa asam sulfat setelah dilakukan proses pickling. Dilakukan dengan merendam spesimen dalam larutan air sabun sehingga terjadi proses penetralan asam oleh sabun dengan temperatur $\pm 50^\circ C$. Keempat, Setelah dilakukan pencucian dengan air sabun maka selanjutnya pencucian terakhir pada spesimen uji dengan air bersih sehingga air sabun yang masih menempel pada permukaan spesimen terbilas sampai bersih.

Setelah spesimen dibersihkan dari kotoran kemudian dikeringkan dengan Hair Dryer. Hal ini bertujuan untuk menguapkan semua cairan yang masih tersisa setelah proses pencucian spesimen sehingga saat penimbangan spesimen sebelum

proses elektroplating dilakukan dapat diperoleh hasil yang akurat. Kemudian spesimen ditimbang beratnya dengan menggunakan Neraca Analitik.

B. Preparasi Elektrolit Gel H_2CrO_4

Larutan elektrolit merupakan medium yang berfungsi untuk mengalirkan ion logam ketika dialiri arus listrik. Biasanya, arus disuplai melalui pasokan listrik DC dan larutan berbasis sianida digunakan sebagai larutan elektrolit [9] Tidak seperti logam – logam *platable* yang lain. Kromium tidak dapat disimpan dalam bentuk larutan yang hanya mengandung hanya ion logam. Proses kromium harus mengandung satu atau lebih radikal asam yang berfungsi sebagai katalis (untuk hexchromium) atau complexers (untuk trichromium) untuk membantu proses deposisi logam kromium pada katoda [10]. Elektrolit gel Asam kromat dibuat dengan menggunakan komposisi berikut :

Gelatin :	H_2CrO_4 :	H_2SO_4
67.5 gr/L :	250 gr/L :	2.5 gr/L
27 :	100 :	1

Pembuatan gel dari larutan Asam Kromat tidak jauh berbeda dengan pembuatan larutan asam kromat untuk elektroplating konvensional, hanya saja ada penambahan gelatin sebagai gelling agent. Dalam percobaan ini tiap larutan dibuat dengan volume larutan sebesar 250 ml.

Langkah – langkah dalam pembuatan larutan gel elektrolit dari larutan krom adalah. Pertama, aquades dituang kedalam gelas baker yang sudah dicuci sebelumnya sebanyak 250 ml, Kemudian pisahkan 250 ml aquades kedalam 2 gelas baker berbeda dengan pembagian 60 % (gelas baker A) dan 40% (gelas baker B).Ketiga, pada gelas baker A dipanaskan hingga $45^\circ C$ yang digunakan untuk mencampur dengan gelatin sebesar 30,375 gram. Dan didinginkan pada temperatur $0^\circ C$ selama kurang lebih 15 menit sampai larutan mengental (tidak sepenuhnya menjadi gel padat). Keempat, pada gelas baker B dipanaskan hingga $45^\circ C$, yang kemudian dicampur dengan 71.25 gram Asam Kromat dan 0.5 ml H_2SO_4 . Kemudian, campurkan larutan dari gelas B ke gelas A dengan di string hingga larutan homogen. Yang kemudian didinginkan lagi dikulkas selama kurang lebih 15 menit. Dan larutan ini siap digunakan untuk proses selanjutnya

C. Proses Elektro Plating

Proses elektroplating pada penelitian ini adalah bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh densitas arus dan waktu kontak terhadap ketebalan lapisan deposit yang terbentuk, untuk itu pada percobaan ini divariasikan densitas arus pada 0.3, 0.45, dan $0.6 A/cm^2$ dengan parameter lama waktu kontak efektif 300s, 600s dan 900s. Anoda

yang digunakan pada proses ini adalah timah hitam(Pb) Dimana jika menggunakan anoda krom tidak dapat berfungsi sebagai anoda dengan baik karena mudah larut dengan mudah dalam larutan asam kromat. Maka sebagai pengganti digunakan anoda lain yang tidak mudah terlarut seperti timah hitam(Pb) [11]

D. Pengujian Ketebalan

Pengujian ketebalan pada penelitian ini menggunakan MiniTest 600 (ASTM B 499), rangkaian alat minitest 600. Setelah alat dikalibrasi (manualbook) pada masing masing spesimen dilakukan pengujian ketebalan di beberapa titik yang berbeda, yang kemudian dicari nilai tengah pada tiap spesimen. Pengujian ketebalan ini dilakukan di Laboraturium Manufaktur Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI

E. Pengujian Kelekatan

Pengujian kelekatan pada penelitian ini menggunakan PosiTest Pull-Off Adhesion Tester (ASTM D4541). Pengujian ini dilakukan untuk menganalisa kekuatan lekat antara hasil *coating* dengan substrat Setelah alat dikalibrasi menggunakan manual book , yang kemudian dilakukan pengujian kelekatan pada masing – masing spesimen dengan menggunakan *dolly* berukuran 20 mm pada permukaan hasil proses elektroplating. Pengujian kelekatan ini dilakukan di CV. CIPTA AGUNG rungkut, surabaya.

F. Pengujian SEM

Pengujian SEM pada penelitian ini menggunakan SEM-EDX yang berada pada laboraturium karakteristik material yang berada pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Pengujian ini dilakuka untuk melihat lapisan yang terbentuk pada substrat yang sudah diplating pengujian ini dilakukan dengan cara memotong spesimen dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm yang kemudian dimasukkan pada mesin uji SEM untuk melihat penampang *cross section* lapisan untuk melihat lapisan yang terbentuk pada spesimen

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Ketebalan

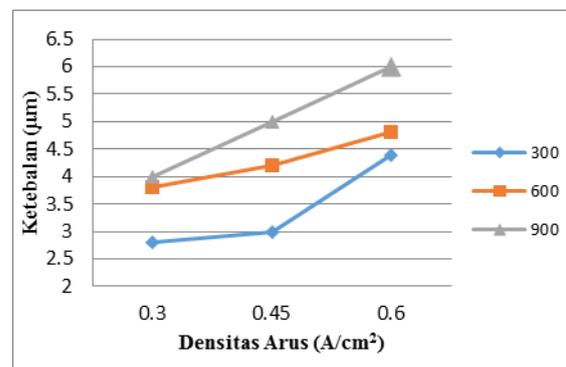
Pada hasil pengujian menunjukkan data ketebalan lapisan deposit pada tiap spesimen yang diberikan parameter berbeda. Dalam kasus dimana diperlukan untuk menghitung waktu (dalam detik) yang dibutuhkan untuk mendapatkan ketebalan deposit yang diinginkan *h* pada rapat arus yang [12] ditentukan maka akan digunakan hukum faraday Untuk mendapatkan ketebalan deposit yang diinginkan *h* pada rapat arus yang ditentukan maka akan digunakan hukum faraday dapat dari pengukuran pada spesimen uji dan hasil dari pengujian ketebalan dengan Minitest 600. Dimana

dalam penelitian ini akan mengambil ketebalan pada 5 titik berbeda pada tiap spesimennya yang kemudian akan dicari nilai rata – rata dari ketebalan lapisan yang terbentuk pada substrat

Tabel 1. Hasil Pengukuran Deposit Krom

Sampel	Rapat Arus (A/cm ²)	Waktu Kontak (s)	Ketebalan (µm)
1	0.30	300	2.8
2	0.30	600	3.8
3	0.30	900	4.0
4	0.45	300	3.0
5	0.45	600	4.2
6	0.45	900	5.0
7	0.60	300	4.4
8	0.60	600	4.8
9	0.60	900	6.0

Pada tabel 1 menunjukkan ketebalan pada masing-masing spesimen dengan mengambil 5 titik pada masing – masing spesimen yang kemudian dirata – rata untuk memperoleh ketebalan rata – rata dari lapisan krom pada substrat.



Gambar 1. Grafik Ketebalan Hasil Plating

Pada gambar 2 menunjukkan grafik cenderung naik ketika nilai dari parameter mengalami peningkatan, hal ini menunjukkan hubungan densitas arus yang digunakan maka semakin besar pula ketebalan deposit yang terdapat. Pada pemvariasian densitas arus pada proses elektroplating dengan waktu kontak 300 s dapat dilihat bahwa pada densitas arus 0.3 A/cm², 0.45 A/cm², dan 0.6 A/cm² didapatkan ketebalan sebesar 2.8 µm, 3µm, dan 4.4µm kenaikan ketebalan coating tidak terlalu signifikan seperti yang dapat dilihat pada grafik 2 dimana hanya mengalami peningkatan ketebalan sebesar 0.2 µm pada penggunaan densitas arus sebesar 0.45 A/cm² dan mengalami kenaikan sebesar 1.6 µm pada penggunaan densitas arus 0.6 A/cm². Sedangkan pada saat dilakukan proses plating dengan lama waktu kontak sebesar 600 s dan variasi densitas arus sebesar 0.3 A/cm², 0.45 A/cm², dan 0.6 A/cm² secara berturut – turut didapatkan nilai ketebalan sebesar 3.8 µm, 4.3 µm, dan 4.8 µm. disini dapat dilihat bahwa pada saat menggunakan lama waktu kontak sebesar 600 s

kenaikan ketebalan terlihat konstan, yang dapat dilihat dari kenaikan ketebalan sebesar 0.5 μm setiap kenaikan variabel densitas arus sebesar 15 A/dm^2 .

Dalam pemvariasian terhadap lama waktu kontak dapat diketahui juga semakin lama waktu kontak akan semakin tebal lapisan krom yang terbentuk dimana dapat dilihat pada saat menggunakan densitas arus sebesar 0.3 A/cm^2 dengan lama waktu kontak selama 300 s, 600 s, dan 900 s, yang secara berturut turut didapatkan nilai ketebalannya sebesar 2.8 μm , 3 μm , dan 4.4 μm . dimana dapat diketahui seperti pada persamaan diatas bahwa waktu kontak juga memegang pengaruh pada ketebalan deposit yang dihasilkan dimana pada penelitian ini lapisan yang paling tebal didapatkan saat menggunakan parameter waktu sebesar 900 s pada setiap densitas arus yang digunakan pada penelitian ini.

Pada penelitian ini diketahui bahwa pada saat melakukan proses elektroplating dengan menggunakan media gel elektrolit memiliki pengaruh yang berbanding lurus dengan tebal deposit yang didapatkan dimana pada penelitian ini didapatkan ketebalan yang paling tinggi adalah 5 μm yang didapatkan pada saat menggunakan densitas arus sebesar 0.6 A/cm^2 dan lama waktu kontak selama 900 s.

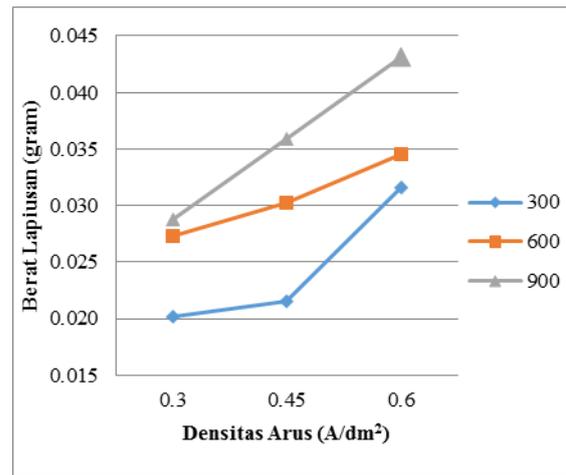
B. Hasil Pengukuran Berat Lapisan

Dari hasil pengukuran berat pada sebelum dan sesudah pada mesin untuk mendapatkan besar efisiensi katoda dari masing-masing dapat dilihat pada tabel berikut yang dimana secara teoritis dapat dihitung menggunakan hukum faraday [13]

Tabel 2. Hasil Pengukuran Berat Lapisan

Sampel	Selisih Berat Aktual(gr)	Selisih Berat Teoritis (gr)	Efisiensi katoda(%)
1	0.0201	0.1616	12.46
2	0.0273	0.3231	8.46
3	0.0288	0.4847	5.93
4	0.0201	0.2423	8.31
5	0.0302	0.4847	6.23
6	0.0360	0.7270	4.95
7	0.0360	0.3231	11.13
8	0.0345	0.6462	5.34
9	0.0431	0.9693	4.45

Pada tabel 2 menunjukkan keefisienan katoda pada masing masing parameter dimana efisiensi katoda menunjukkan seberapa efektif arus yang digunakan pada proses plating tersebut



Gambar 2. Berat Aktual Lapisan

Efisiensi katoda yang didapatkan dengan memvariasikan densitas arus berbanding terbalik dengan efisiensi katodik yang didapatkan, hal itu dapat dilihat pada saat dilakukan proses plating dengan lama waktu kontak 300 s dan densitas arus yang digunakan sebesar 0.3 A/cm^2 , 0.45 A/cm^2 , dan 0.6 A/cm^2 didapatkan efisiensi terbesar saat menggunakan yaitu sebesar 12.46% saat menggunakan densitas arus sebesar 0.3 A/cm^2 dan efisiensi terkecil didapatkan pada saat menggunakan densitas arus sebesar 0.6 A/cm^2 .

Pada saat dilakukan pemvariasian terhadap lama waktu kontak, hasil yang didapatkan adalah lama waktu kontak akan berbanding terbalik dengan efisiensi katodik yang didapatkan pada saat melakukan proses plating. Hal tersebut dapat dilihat saat melakukan proses plating dengan variasi lama waktu kontak selama 300 s, 600 s, dan 900s pada saat melakukan plating dengan besar densitas arus sebesar 0.3 A/cm^2 didapatkan efisiensi katodik terbaik didapatkan pada saat melakukan plating dengan lama waktu kontak selama 300 s dan efisiensi terendah didapat pada saat melakukan plating dengan lama waktu kontak 900 s.

Dari hasil pemvariasian densitas arus dan lama waktu kontak saat melakukan proses plating didapatkan bahwa parameter densitas arus dan lama waktu kontak akan berbanding terbalik dengan besar efisiensi katodik yang didapatkan dalam proses plating. Dimana efisiensi katoda berguna untuk dipakai sebagai pedoman menilai apakah semua arus yang masuk digunakan untuk mengendapkan ion logam pada katoda sehingga didapatkan efisiensi plating sebesar 100% ataukah lebih kecil. Pada penelitian ini didapatkan efisiensi terbesar pada saat melakukan proses plating adalah 12.46 % dengan densitas arus sebesar 0.3 A/cm^2 dan lama waktu kontak 300s sedangkan efisiensi terendah 4.4506 % didapatkan dengan menggunakan densitas arus sebesar 0.6 A/cm^2 dan lama waktu kontak 900 s. Dimana tapat arus semakin besar maka waktu pelapisan semakin lebih

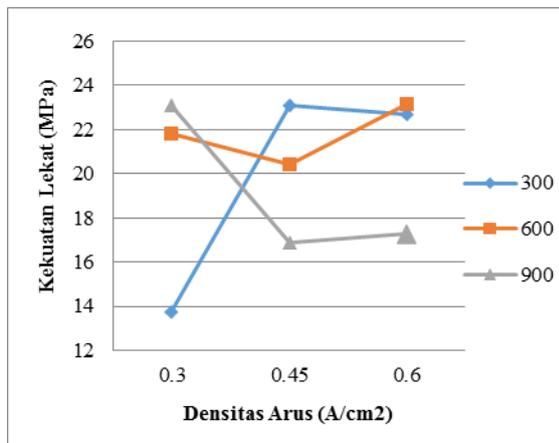
cepat, sedangkan untuk menambah ketebalannya diperlukan waktu lagi supaya pelapisan dapat terus – menerus dilakukan sehingga tambah tebal [14].

C. Hasil Pengujian Kelekatan

Pada pengujian kelekatan pada setiap parameter digunakan menyelidiki pengaruh dari parameter terhadap kekuatan lekat antara coating dan substrat

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kekuatan Lekat

Parameter		Kekuatan Lekat (Mpa)
Densitas Arus (A/cm ²)	Waktu (s)	
0.30	300	13.72
0.30	600	21.82
0.30	900	23.09
0.45	300	23.07
0.45	600	20.40
0.45	900	16.89
0.60	300	22.66
0.60	600	23.15
0.60	900	17.27



Gambar 3. Grafik Kekuatan Lekat Lapisan

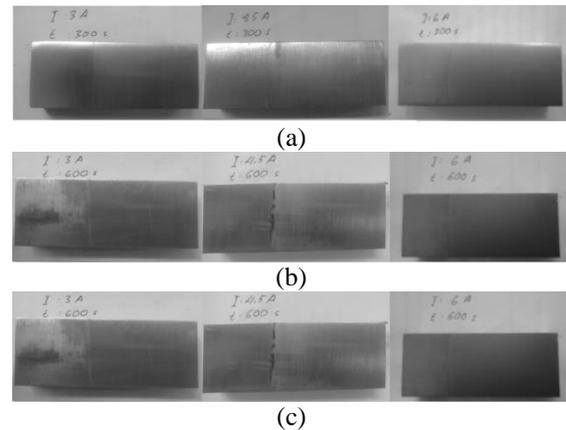
Kekuatan lekat yang diperoleh dari proses electroplating dengan menggunakan elektrolit gel dapat dilihat pada Tabel 3 dimana jika diplot pada grafik akan dapat terlihat pada setiap parameter yang berbeda akan memiliki titik optimum yang berbeda. Seperti pada parameter dengan menggunakan densitas arus sebesar 0.3 A/cm² waktu kontak yang paling optimal adalah sebesar 900 s dimana didapatkan kekuatan lekatnya sebesar 23.09 MPa. Pada saat menggunakan densitas arus 0.45 A/cm² waktu kontak yang paling optimal adalah selama 300 s. Sedangkan pada saat menggunakan densitas arus 0.6 A/cm² waktu kontak yang paling optimal adalah 600 s. Pada kekuatan lekat yang didapat kan beberapa faktor yang mempengaruhi adalah ketidakbersihan

permukaan, heterogenitas dari permukaan, dan pengaruh temperatur plating [15]

Pada penelitian ini, larutan yang digunakan merupakan larutan yang pada awal proses plating memiliki temperatur rendah dimana pada proses plating ini media plating yang digunakan merupakan gel elektrolit dimana didinginkan pada temperatur rendah yang mengakibatkan nilai kelekatan yang dimiliki tidak beraturan.

D. Hasil Pengamatan Visual

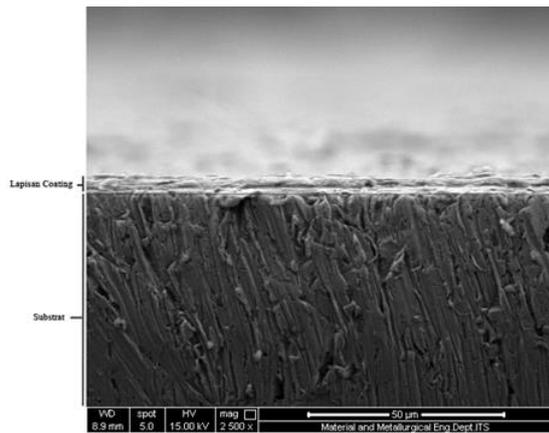
Pengamatan Visual dilakukan untuk menganalisa kondisi visual dari lapisan krom pada substrat



Gambar 4 Foto 9 Spesimen setelah dilakukan electroplating (a) Waktu Kontak 5 menit (300 s), (b) Waktu Kontak 10 menit (600 s), (c) Waktu Kontak 15 menit (900 s).

Gambar 5(a) menunjukkan pengamatan makro dari 3 spesimen dengan waktu kontak electroplating 5 menit. Dimana dari kiri ke kanan tidak terlihat perbedaan yang signifikan karena tebal lapisannya tidak terlalu berbeda dari kiri kekanan spesimen dengan densitas arus sebesar 0.3 A/cm², 0.45 A/cm², dan 0.6 A/cm². Dengan waktu kontak yang sama yaitu 5 menit

Gambar 5 (b) dan (c) memiliki perbedaan variabel waktu dengan gambar (a) dimana gambar (b) memiliki variabel waktu 10 menit dan gambar (c) memiliki variabel waktu 15 menit. Selain pada pengamatan makro perlu dilihat pula dimana pengamatan cross section pada spesimen hasil plating untuk melihat hasil plating yang dihasilkan pada proses ini.



Gambar 5 Foto SEM dengan parameter 0.3 A/cm² dan 300 s

Pada gambar 5 merupakan penampang cross section pada lapisan elektroplating dengan parameter 0.3 A/cm² dan 300 s dimana tebal lapisan yang didapat berkisar antara 2 – 4 µm. pada lapisan coating ini ikatan yang terjadi antara substrat dan coating hanya merupakan ikatan mekanik yang dikarenakan coating hanya membentuk deposit pada substrat akan menyesuaikan dengan bentuk dari surface substrat dan hasil coating akan mengikuti pola pada surface yang dicoating

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian tentang pengaruh densitas arus dan waktu kontak pada proses elektroplating menggunakan gel elektrolit Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi rapat arus dan waktu kontak yang diberikan pada percobaan elektroplating yang telah dilakukan berbanding lurus dengan ketebalan dan berat deposit pada substrat hal itu terbukti dalam penelitian ini ketebalan berat deposit yang dicapai yang tertinggi dicapai pada parameter 0.6 A/cm² dan 900 s dengan ketebalan deposit sebesar 6µm dan 0.0431 gram
2. Variasi rapat arus dan waktu kontak yang diberikan pada percobaan memberikan pengaruh pada efisiensi katodik yang dihasilkan dimana parameter rapat arus dan waktu kontak akan berbanding terbalik yang dibuktikan efisiensi katodik terbaik dihasilkan pada saat 0.3 A/cm² dan 300 s dengan besar efisiensi katodik sebesar 12.461%
3. Variasi rapat arus dan waktu kontak yang diberikan pada proses elektroplating ini memiliki nilai optimum yang berbeda pada masing masing variabel yang diberikan, pada percobaan ini kekuatan lekat tertinggi didapatkan pada saat diberikan parameter rapat arus sebesar 0.6 A/cm² dan lama waktu kontak efektif 600 s

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Raj et al. 2013. "Analysis of Hard Chromium Coating Defect and its Prevention Method". International Journal of Engineering and Advanced Technology(IJEAT). ISSN 2249-8958 Hal 427 – 432
- [2] Anton J Hartomo dan Tomijiro Kaneko. 1995. " Mengenal Pelapisan Logam (elektroplating)". Andi Offset. Yogyakarta
- [3] Abdul Rasyad dan Budiarto. 2011. "Pengaruh Waktu Elektroplating Dan Powder coating NiCr Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon SPCC-SD". Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV, 2011. ISSN 1979-1208 Hal: 424 – 434
- [4] Mustopo, Y.D. 2011. "Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Krom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar, Dengan Lapisan Dasar Tembaga dan Tembaga-Nikel". Skripsi Sarjana pada UNS
- [5] Widodo dan Asmoro. 2012. "Analisa Chrome Deposit dan Hardness Pada Proses Hard Chrome Dengan Variasi Arus Untuk Roda Gigi Sepeda Motor". Jurnal Teknologi Technoscience ISSN : 1979-8415 hal 120 -127
- [6] Itagaki, et al. "Copper Plating Using Gel Electrolyte : I Preparation of Electrolyte and Electrochemical Behavior of Copper Deposition". Vol. 54, No 1, 2003
- [7] Raharjo, Samsudi. 2010. "Pengaruh Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan Serta Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Dengan Krom". Skripsi Undip
- [8] Sudirman dan Rahayu, 2012. "Pembersihan Benda Kerja Elektroplating Untuk Mendapatkan Produk Yang Berkualitas". Teknis Vol.7, No. 2 Hal : 92 – 95
- [9] Siah et al. 2002. "A Review Of Fundamental Studies For The Electroplating Process"
- [10] Mandich and Snyder. 2010. "Electrodeposition of Chromium – Modern Electroplating Fifth Edition". John Wiley & Sons, Inc.
- [11] Tarwijayanto dkk. 2013. "Pengaruh Arus dan Waktu Pelapisan Hard Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan dan Tingkat Kekerasan Mikro pada Baja Karbon Rendah AISI 1026 Dengan Menggunakan CrO₃ 250gr/lit dan H₂SO₄ gr/lit Pada Proses Elektroplating". Mekanika Vol 11 Nomor 2 Hal : 110 – 115
- [12] Paunovic et al. 2010. "Fundamental Consideration - Modern Electroplating Fifth Edition". John Wiley & Sons, Inc.
- [13] Supriadi dkk. 2013. "Pengaruh Rapat Arus Dan Temperatur Elektrolit Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Efisiensi Katoda Pada Elektroplating Tembaga Pada Baja Karbon Sedang". Jurnal Mechanical Vol 4 No 1 Hal 30-37
- [14] Sutomo dan Bambang Setyoko. 2012. "Pengaruh Tebal Pelapisan Krom Terhadap Rapat Arus Elektroplating Pada Geometri Plat, Profil dan Pipa". Prosiding SNST ke-3, 2012. ISBN 978-602-99334-1-3 hal C70-C75
- [15] Wang Zhen-Gang, Wan Ling-Shu and Xu Zhi-Kang, "Surface engineering of polyacrylonitrile-based asymmetric membranes towards biomedical applications: An overview", 2007, Vol. 304.