

Pengaruh Pencampuran Konsentrasi H_2CrO_4 dan Gelatin dalam Elektrolit Gel terhadap Ketebalan dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom pada Baja dengan Metode Elektroplating

Kikin Hermanto, 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—Penelitian ini menggunakan metode alternatif elektroplating, yaitu elektrolit gel. Elektrolit gel merupakan metode elektroplating tanpa perlu melakukan pencelupan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi H_2CrO_4 (250 g/l; 300 g/l; 350 g/l) dan gelatin sebagai *gelling agent* (40,5 g/l; 81 g/l; 121,5 g/l) dalam elektrolit gel H_2CrO_4 terhadap ketebalan dan kualitas lapisan krom hasil elektroplating pada baja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi asam kromat dalam elektrolit gel akan meningkatkan ketebalan deposit krom sedangkan penambahan konsentrasi gelatin akan menurunkan ketebalan deposit krom. Penambahan konsentrasi asam kromat akan menurunkan nilai kelekatan deposit krom pada spesimen, sedangkan penambahan konsentrasi gelatin akan mencapai nilai kelekatan maksimalnya pada konsentrasi 81 g/l dan penambahan konsentrasi gelatin melebihi konsentrasi tersebut akan menyebabkan penurunan nilai kelekatan.

Kata kunci : Elektrolit Gel, Elektroplating, Gelatin, H_2CrO_4 , Konsentrasi.

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*). Salah satu jenis pelapisan yang banyak dilakukan adalah dengan cara elektroplating. Proses pelapisan dengan 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.

Permasalahan dalam proses elektroplating tersebut dapat diatasi dengan cara mengubah larutan elektrolit yang digunakan dalam proses pelapisan. Larutan elektrolit pada proses elektroplating dapat dimodifikasi dengan cara mengubahnya ke dalam bentuk gel, atau biasa disebut dengan elektrolit gel. Dengan cara ini maka elektroplating pada benda kerja dapat dilakukan tanpa pencelupan, proses pelapisan dapat langsung diaplikasikan pada komponen benda kerja yang membutuhkan pelapisan dengan cara langsung diusapkan seperti proses mengecat.

Penelitian sebelumnya bertujuan meneliti pengaruh konsentrasi elektrolit dan *gelling agent* terhadap pembentukan elektrolit gel.[1]

Dalam penelitian ini digunakan elektrolit berupa asam kromat untuk proses elektroplatingnya, krom digunakan karena unsur ini memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik, meningkatkan, kekerasan, tahan aus dan memiliki nilai estetika yang cukup baik. Pada penelitian ini digunakan baja, baja banyak diaplikasikan pada peralatan-peralatan yang membutuhkan keunggulan yang dimiliki oleh krom dalam hal elektroplating. Akan di teliti pengaruh konsentrasi H_2CrO_4 dalam depositnya pada baja dan pengaruh gelatin sebagai *gelling agent* dalam elektrolit gel terhadap ketebalan lapisan dan kualitas lapisan krom pada baja.

II. METODE PENELITIAN

A. Preparasi Spesimen Uji

Pembersihan spesimen bertujuan untuk membersihkan spesimen dari kotoran, karat/oksida, dan minyak yang melekat pada permukaan sehingga proses elektroplating pada spesimen dapat berlangsung dengan baik dan deposit lapisan hasil elektroplating dapat menempel dengan baik. Preparasi spesimen dilakukan dalam beberapa tahapan berikut :

1. Pertama dilakukan pembersihan permukaan spesimen dari kotoran dan minyak dengan merendam spesimen dalam larutan NaOH kadar 5-10%. Lama perendaman antara 10 – 20 menit.

2. Pembersihan spesimen uji dari *scale* dilakukan dengan merendam pada larutan *pickling* H₂SO₄ kadar 5 – 15%.
3. Perendaman spesimen dalam larutan air sabun sehingga terjadi proses penetralan asam oleh sabun dengan temperatur ± 50° C.
4. Spesimen dicuci hingga bersih dari sisa sabun dengan air bersih, dan kemudian dikeringkan dengan *hari drier*. Selanjutnya spesimen diampas dengan kertas ampas dan terakhir dilakukan penimbangan berat spesimen.

B. Preparasi Elektrolit Gel H₂CrO₄

Pada penelitian ini digunakan variabel konsentrasi asam kromat dan gelatin dalam elektrolit gel, dengan komposisi pencampuran seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Pencampuran Elektrolit Gel

Konsentrasi H ₂ CrO ₄ (g/liter)	Konsentrasi Gelatin (g/liter)	Konsentrasi Gelatin (%)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ (g/liter)	Volume Aquades (ml)
250	40,5	3	2,5	718,64
250	81	6	2,5	701,64
250	121,5	9	2,5	658,64
300	40,5	3	3	668,64
300	81	6	3	638,64
300	121,5	9	3	608,64
350	40,5	3	3,5	618,64
350	81	6	3,5	588,64
350	121,5	9	3,5	558,64

C. Pembuatan Elektrolit Gel

Pembuatan elektrolit gel dilakukan dengan membuat dua bagian larutan yang berbeda, satu larutan berupa campuran 40% aquades + gelatin sesuai variabel konsentrasi, dan larutan kedua berupa campuran 60% aquades + asam kromat sesuai variabel konsentrasi + asam sulfat sebagai katalis. Pertama-tama dilakukan penimbangan terhadap asam kromat sesuai masing-masing variabel yang ada menggunakan neraca analitik, kemudian asam kromat dimasukkan ke dalam aquades yang telah dipanaskan hingga mencapai temperatur 45°C menggunakan *magnetic stirrer*. Selama melakukan pencampuran aquades dengan asam kromat, perlu dilakukan pengadukan agar didapatkan larutan asam kromat yang homogen menggunakan *magnetic stirrer* dan *stir bar*. Kemudian ditambahkan asam sulfat sebagai katalis yang akan mempercepat proses deposit krom pada spesimen selama proses elektroplating.

Setelah larutan asam kromat selesai dibuat, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan larutan kedua yaitu campuran 40% aquades + gelatin. Proses pembuatan larutan kedua dilakukan dengan

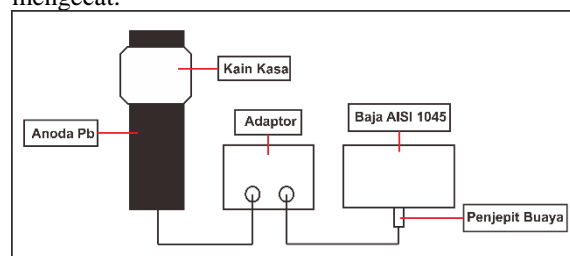
penimbangan gelatin sesuai masing-masing variabel yang ada menggunakan neraca analitik, kemudian gelatin yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam aquades yang telah dipanaskan dengan temperatur 45°C menggunakan *magnetic stirrer*. Selama proses pencampuran aquades dengan gelatin ini juga dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* agar didapatkan hasil yang homogen.

Setelah larutan aquades dan gelatin mencapai homogen, pengadukan dihentikan dan larutan tersebut dimasukkan ke dalam kulkas untuk didinginkan selama ± 15 menit dengan temperatur 5°C sampai larutan tersebut mengalami pengentalan. Namun jangan sampai larutan menjadi terlalu padat, karena jika sampai larutan menjadi terlalu padat, maka larutan ini tidak akan bisa dicampur dengan larutan asam kromat. Setelah larutan gelatin cukup mengental, kemudian larutan ini dicampur dengan larutan asam kromat sampai kedua larutan menjadi homogen.

Campuran kedua larutan yang telah homogen kemudian dimasukkan kembali ke dalam kulkas untuk kembali didinginkan selama ± 15 menit dengan temperatur 0°C sampai larutan tersebut menjadi gel. Gel yang dihasilkan dari proses pembuatan ini berjumlah sedikit dan berada di dasar dari wadah, sehingga perlu dilakukan proses pembuatan berulang kali agar didapatkan jumlah yang sesuai untuk melakukan proses elektroplating. Setelah didapatkan jumlah yang sesuai, kemudian elektrolit tersebut telah siap untuk digunakan dalam proses elektroplating.

D. Proses Elektroplating

Proses elektroplating baja dengan elektrolit gel ini digunakan densitas arus 0,45 A/cm² dan waktu kontak efektif selama 15 menit. Pada penelitian, ini digunakan anoda dari timbal yang dibungkus dengan kain kasa yang dililitkan pada ujungnya dan diikat dengan benang wol sebagai tempat elektrolit gel H₂CrO₄ menempel. Mekanisme dari proses elektroplatingnya adalah dengan menempelkan elektrolit gel pada kain kasa yang terdapat di ujung anoda kemudian dipoles pada permukaan spesimen uji (katoda) yang akan dilapisi krom. Mekanisme elektroplating ini mirip dengan mekanisme mengecat.



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat Elektroplating

E. Pengujian SEM Deposit Lapisan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap adanya deposit lapisan krom pada permukaan spesimen menggunakan EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), pengujian dilakukan dengan alat uji SEM dengan merek dagang FEI Inspect S50.

F. Pengujian Ketebalan

Pengujian ketebalan deposit lapisan krom dilakukan dengan menggunakan alat uji ketebalan MiniTest 600. Pengukuran ketebalan dilakukan pada lima titik masing-masing spesimen, pengukuran lima titik dilakukan agar didapatkan sebaran ketebalan di seluruh permukaan spesimen.

G. Pengujian Kelekatan

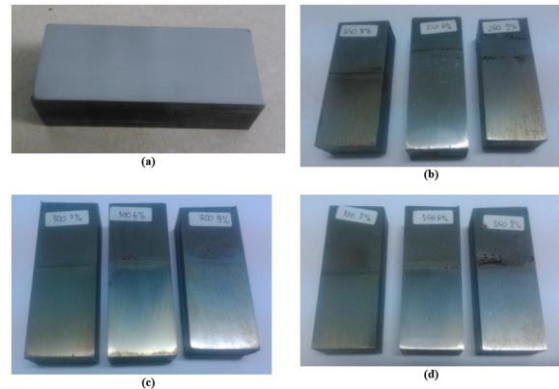
Uji kelekatan lapisan *coating* dapat dilakukan dengan melakukan uji *pull-off* menggunakan alat PosiTest AT-M Adhesion Tester. Spesimen yang telah memenuhi standar uji, dapat segera dilakukan *pull-off* dengan alat uji kelekatan.

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Pengamatan Makro dan Mikro Spesimen Hasil Elektroplating

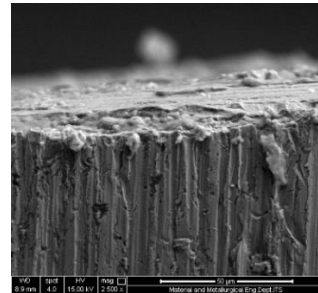
Pengamatan makro pada spesimen hasil elektroplating dilakukan dengan pengamatan langsung secara visual untuk mengamati perbedaan yang terjadi pada spesimen sebelum dan setelah proses elektroplating menggunakan elektrolit gel. Spesimen sebelum proses elektroplating dapat dilihat pada gambar 2 (a), sedangkan spesimen hasil elektroplating dapat dilihat pada gambar 2 (b), (c) dan (d).

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada spesimen hasil elektroplating, dapat dilihat bahwa penampilan spesimen sebelum (Gambar 2(a)) dan setelah proses elektroplating pada berbagai konsentrasi asam kromat dan gelatin [Gambar 2 (b), (c) dan (d)] tidaklah terlalu berbeda, hanya terdapat beberapa spesimen yang terlihat berwarna kecoklatan. Warna kecoklatan ini merupakan asam kromat yang telah mengering setelah proses



Gambar 2. (a) Spesimen Sebelum Elektroplating; (b) Konsentrasi Asam Kromat 250 g/liter; (c) Konsentrasi Asam Kromat 300 g/liter; (d) Konsentrasi Asam Kromat 350 g/liter

elektroplating dan mengalami proses pencucian yang kurang bersih. Setelah proses elektroplating spesimen harus segera dicuci agar asam kromat tidak mengering dan meninggalkan noda kecoklatan.



Gambar 3. Pengamatan Mikro Deposit Lapisan

Pengamatan mikro dilakukan untuk melihat adanya deposit lapisan krom yang terbentuk pada permukaan lapisan krom setelah mengalami proses elektroplating. Hasil pengamatan dengan menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa memang terbentuk deposit lapisan krom pada permukaan spesimen, tetapi deposit lapisan krom pada permukaan spesimen yang terbentuk sangatlah tipis dan tidak merata pada seluruh permukaan spesimen.

B. Pengukuran Berat Deposit Lapisan dan Perhitungan Efisiensi Katoda

Pengukuran berat deposit lapisan dilakukan secara teoritis dan secara aktual. Hasil pengukuran berat deposit lapisan terlihat pada tabel 2 :

Terlihat bahwa berat deposit akan berbanding lurus dengan ketebalan deposit lapisan yang terbentuk. Pengukuran berat aktual dilakukan sebelum dan setelah proses plating, sedangkan berat secara teoritis didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus dari Hukum Faraday. Karena digunakan densitas arus dan waktu plating yang sama, maka didapatkan berat teoritis yang tetap. Perhitungan efisiensi katoda dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi proses pelapisan yang

Tabel 2. Berat Deposit Spesimen Secara Aktual dan Teoritis

Konsentrasi H ₂ CrO ₄ (g/liter)	Konsentrasi Gelatin (g/liter)	Berat Deposit Aktual(g)	Berat Deposit Teoritis(g)
250	40,5	0.0359	0.7269
250	81,0	0.0317	0.7269
250	121,5	0.0316	0.7269
300	40,5	0.0417	0.7269
300	81,0	0.0374	0.7269
300	121,5	0.0331	0.7269
350	40,5	0.0503	0.7269
350	81,0	0.0374	0.7269
350	121,5	0.0302	0.7269

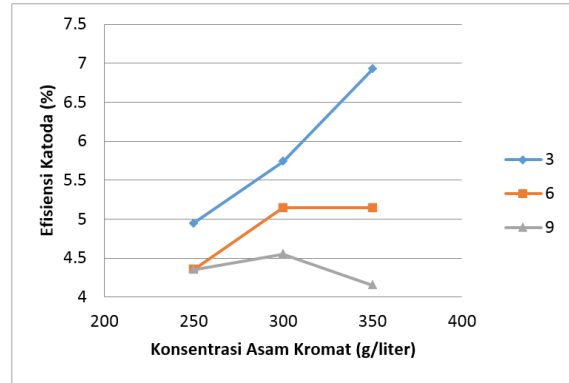
dilakukan pada penelitian ini. Hasil perhitungan efisiensi katoda disajikan pada Tabel 3 dan grafik yang menunjukkan hubungan konsentrasi asam kromat terhadap efisiensi katoda disajikan pada gambar 4.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan efisiensi katoda ini, maka dapat diketahui bahwa gelatin dapat menurunkan efisiensi katoda pada proses elektroplating elektrolit gel.

Tabel 3. Efisiensi Katoda Spesimen

Konsentrasi H ₂ CrO ₄ (g/liter)	Konsentrasi Gelatin (g/liter)	Efisiensi Katoda (%)
250	40,5	4.9451
	81,0	4.3517
	121,5	4.3517
300	40,5	5.7363
	81,0	5.1429
	121,5	4.5495
350	40,5	6.9231
	81,0	5.1429
	121,5	4.1539

Hal ini juga terjadi pada saat proses elektroplating spesimen dengan elektrolit gel, arus maksimal yang dapat dihasilkan oleh adaptor (kapasitas maksimal ± 10 A) tidak mencapai besar arus yang diinginkan. Hal ini terjadi pada dua spesimen dengan variabel yang berbeda, yaitu pada spesimen dengan konsentrasi asam kromat 300 g/liter yang dicampur dengan gelatin berkonsentrasi 121,5 g/liter dan pada spesimen dengan konsentrasi asam kromat 350 g/liter yang dicampur dengan gelatin berkonsentrasi 121,5 g/liter.



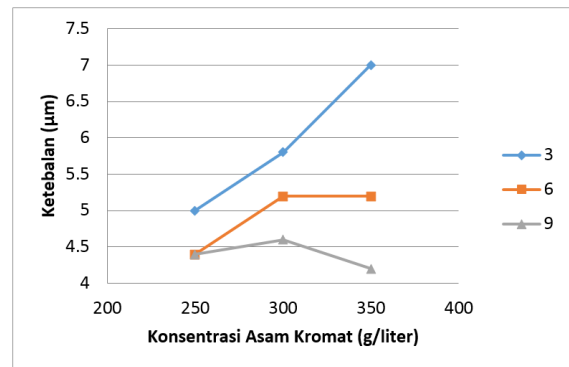
Gambar 4. Grafik Hubungan Konsentrasi Asam Kromat terhadap Efisiensi Katoda

C. Pengujian Ketebalan Deposit Lapisan Krom

Pengujian ketebalan pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada ASTM B 499. Hasil pengukuran ketebalan spesimen menggunakan MiniTest 600 ditunjukkan oleh tabel 4, sedangkan grafik yang menunjukkan konsentrasi asam kromat terhadap ketebalan terlihat pada gambar 5.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Krom

Konsentrasi H ₂ CrO ₄ (g/liter)	Konsentrasi Gelatin (g/liter)	Rata-rata (µm)
250	40,5	5
	81,0	4,4
	121,5	4,4
300	40,5	5,8
	81,0	5,2
	121,5	4,6
350	40,5	7
	81,0	5,2
	121,5	4,2



Gambar 5. Grafik Hubungan Konsentrasi Asam Kromat terhadap Ketebalan pada Berbagai Konsentrasi Gelatin

Hasil yang didapatkan dari pengujian ketebalan pada tabel 4 menunjukkan bahwa, semakin besar konsentrasi asam kromat pada elektrolit gel, akan semakin besar pula ketebalan deposit lapisan krom yang terbentuk pada permukaan spesimen, sedangkan penambahan

konsentrasi gelatin sebagai *gelling agent* pada elektrolit gel asam kromat, akan semakin menurunkan nilai ketebalan lapisan deposit krom yang terbentuk pada permukaan benda yang dilapisi.

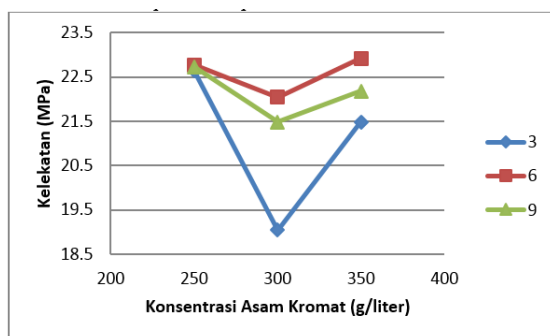
D. Pengujian Kelekatan Lapisan Coating

Uji kelekatan pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada ASTM D 4541. Nilai hasil uji kelekatan lapisan krom terlihat pada tabel 5, sedangkan grafik yang menunjukkan hubungan konsentrasi asam kromat terhadap nilai kelekatan terlihat pada gambar 6.

Hasil uji kelekatan menunjukkan pola yang sama, yaitu mengalami penurunan nilai kelekatan pada konsentrasi asam kromat 300 g/liter dan kembali mengalami peningkatan nilai kelekatan pada konsentrasi asam kromat 350 g/liter.

Tabel 5. Hasil Uji Kekuatan Lekat Lapisan Krom

Konsentrasi H ₂ CrO ₄ (g/liter)	Konsentrasi Gelatin (g/liter)	Nilai Kelekatan (MPa)
250	40,5	22,64
	81,0	22,77
	121,5	22,73
300	40,5	19,05
	81,0	22,04
	121,5	21,48
350	40,5	21,48
	81,0	22,92
	121,5	22,18



Gambar 6. Grafik Hubungan Konsentrasi Asam Kromat terhadap Nilai Kelekatan pada Berbagai Konsentrasi Gelatin

E. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan untuk ketebalan lapisan, dapat disimpulkan bahwa dengan semakin bertambahnya konsentrasi asam kromat dalam elektrolit gel, maka akan menaikkan nilai ketebalan deposit pada permukaan spesimen. Peningkatan nilai deposit ketebalan ini merupakan hal yang dirasa wajar, karena seiring dengan bertambahnya asam kromat dalam elektrolit gel

maka konsentrasi asam kromat akan semakin besar dan semakin banyak deposit yang akan terbentuk selama proses elektroplating. Pembentukan deposit krom akan semakin maksimal dengan semakin besarnya konsentrasi asam kromat yang terdapat dalam elektrolit gel, karena akan semakin banyak ion-ion yang terdepositasi pada permukaan spesimen.

Hasil pengujian kekuatan lekat deposit lapisan krom pada spesimen uji menunjukkan hasil yang cenderung mengalami penurunan nilai kelekatan pada konsentrasi asam kromat 300 g/liter dan kembali mengalami peningkatan nilai kelekatan pada konsentrasi asam kromat 350 g/liter, hal ini dapat disebabkan oleh adanya kontaminan pada permukaan spesimen uji. Sebab paling mungkin yang menyebabkan rendahnya nilai kelekatan adalah pembersihan yang kurang baik, sehingga masih terdapat pelumas, oksida dan material pengotor lain yang mungkin masih tertinggal atau masuk pada permukaan spesimen selama proses elektroplating. Adanya karbon atau karbida yang masih tersisa pada permukaan spesimen setelah proses etsa juga memungkinkan spesimen akan menghasilkan nilai kelekatan yang rendah. [2]

Penyebab lain yang memungkinkan dari nilai kelekatan yang rendah pada deposit lapisan krom adalah adanya *intrinsic stress* pada deposit lapisan krom tersebut. *Intrinsic stress* merupakan jenis tegangan yang muncul selama proses deposisi lapisan terjadi yang tidak berhubungan dengan ketidaksesuaian termal. Sebagian besar mekanisme yang menyebabkan munculnya *intrinsic stress* adalah karena adanya perubahan volume yang terjadi selama proses deposisi sehingga menimbulkan tegangan karena adanya ketidakleluasan dari deposit untuk bergerak, baik dikarenakan substratnya maupun dikarenakan lapisan lain [3]. Perkembangan tegangan yang terjadi selama proses pertumbuhan lapisan disebabkan oleh, berkembangnya (mikro)struktur lapisan, morfologi permukaan dari tempat berkembangnya lapisan, *surface stress* dan *interface stress effects*, dan proses dinamik yang terjadi selama pertumbuhan lapisan.[4]

Intrinsic stress yang terjadi pada lapisan tipis secara umum dihasilkan oleh, adanya peleburan batas butir, *misfit stresses*, pengaturan ulang susunan atom, pertumbuhan butir, dan tegangan termal[4]. Pada jurnal lain disebutkan bahwa selain karena sebab-sebab diatas terdapat satu lagi penyebab munculnya *intrinsic stress*, yaitu adanya penambahan atom-atom yang berlebih ke dalam deposit lapisan *coating*. [5]

Menurut berbagai sumber yang telah ada, maka dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai kelekatan disebabkan oleh adanya *intrinsic stress* yang terjadi pada deposit lapisan krom, ditambah lagi dengan adanya karbon atau karbida yang masih tertinggal pada permukaan spesimen uji sebelum dilakukan elektroplating, akan semakin menurunkan nilai

kelekatan deposit lapisan krom yang terbentuk setelah proses elektroplating.

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang didapat, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gelatin pada elektrolit gel, maka akan semakin memperkecil nilai ketebalan deposit lapisan krom pada spesimen. Hal ini disebabkan oleh sifat gelatin yang berfungsi sebagai bahan tambahan pada proses elektroplating. Gelatin digunakan sebagai bahan tambahan pada *galvanizing* dan *electroplating baths*, di mana fungsi gelatin adalah untuk meningkatkan kekilauan dan keseragaman dari *coating* logam yang dibuat[7]. Gelatin biasa dimanfaatkan sebagai *leveling agent* dan *grain refiner* pada proses elektrodeposisi[8]. Fungsi dari senyawa organik tertentu adalah untuk menciptakan fungsi *leveling* pada larutan *plating*. *Leveling agent* teradsorpsi lebih banyak pada puncak dari substrat dan menghambat deposisi. Gelatin akan meratakan deposit lapisan pada permukaan baja dan menurunkan ketebalan.[9]

Kekuatan lekat deposit lapisan *coating* hasil pengujian memiliki pola yang sama pada seluruh konsentrasi asam kromat yang berbeda, yaitu memiliki kekuatan lekat yang cukup tinggi pada konsentrasi gelatin 40,5 g/liter, kemudian mengalami peningkatan nilai kekuatan lekat pada konsentrasi gelatin 81 g/liter dan kembali mengalami penurunan pada konsentrasi gelatin 121,5 g/liter. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi gelatin untuk mendapatkan kekuatan lekat maksimal adalah sebesar 81 g/liter, namun konsentrasi maksimal dari gelatin yang ditambahkan pada elektrolit gel ini perlu diteliti lagi agar didapatkan data yang lebih mendukung. Kekuatan lekat bergantung pada 3 hal, yaitu, ikatan yang terjadi pada *interfacial region*, tipe dari *interfacial region* dan mekanisme patahan yang menyebabkan kegagalan[3]. Dalam kasus ini maka penyebab yang memungkinkan adalah terjadinya ikatan atom pada *interfacial region* yang lemah.

Penurunan nilai kelekatan deposit lapisan ini disebabkan oleh penambahan konsentrasi gelatin pada elektrolit gel asam kromat. Gelatin sebagai senyawa organik dalam elektrolit gel akan menghambat deposisi asam kromat pada permukaan spesimen.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsentrasi asam kromat dalam elektrolit gel akan memberikan pengaruh terhadap ketebalan deposit lapisan, yaitu semakin besar konsentrasi asam kromat dalam elektrolit gel maka ketebalan dari deposit lapisan krom juga akan semakin tebal.

2. Penambahan konsentrasi asam kromat dalam elektrolit gel akan menurunkan nilai kelekatan deposit krom pada spesimen
3. Konsentrasi gelatin dalam elektrolit gel akan berpengaruh terhadap ketebalan deposit lapisan, yaitu dengan semakin besar konsentrasi gelatin dalam elektrolit gel maka ketebalan dari deposit lapisan krom akan semakin kecil.
4. Nilai kelekatan maksimal didapatkan dari spesimen dengan konsentrasi gelatin 81 g/liter dan penambahan atau pengurangan gelatin dari konsentrasi tersebut akan menurunkan nilai kelekatan deposit lapisan krom.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Itagaki et al. 2003. *Copper Plating Using Gel Electrolyte : I. Preparation of Electrolyte and Electrochemical Behavior of Copper Deposition*. Journal of Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science Vol 54 no. 1
- [2] Dennis and Such. 1993. *Nickel and Chromium Plating Third Edition*. Cambridge, England : Woodhead Publishing Limited
- [3] Hutchinson, John W. 1996. *Stresses and Failure Modes in Thin Films and Multilayers*. Journal of Division of Engineering and Applied Sciences Harvard University, Cambridge, United States of America.
- [4] Flötotto, David. 2013. *Mechanisms of Intrinsic Stress Formation in Thin Film Systems*. Dissertation an der Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (ehemals Max-Planck-Institut für Metallforschung) Institut für Materialwissenschaft der Universität Stuttgart
- [5] Ceric et al. 2006. *Three-Dimensional Simulation of Intrinsic Stress Build-Up in Thin Films*. Institute for Microelectronics, Wien, Austria for Paper of Simulation of Semiconductor Processes and Devices, 2006 International Conference
- [6] Hollauer, Christian. 2007. *Modelling of Thermal Oxidation and Stress Effects*. Dissertation an der Technischen Universität Wien Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
- [7] Schrieber and Gareis. 2007. *Gelatine Handbook Theory and Industrial Practice*. Weinheim, Jerman : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- [8] Wei et al. 2012. *Effects of Thiourea and Gelatin on the Electrodeposition of Sn-Ag Solder Alloy*. Faculty of Engineering, University Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia for Paper of 4th Symposium on Quality Electronic Design. 978-1-14673-2688-9.
- [9] Dini, Jack W. 1994. *Electrodeposition The Material Science of Coatings and Substrates Reprint Edition*. Livermore, California : Noyes Publications