

**PENGARUH WAKTU DAN KONSENTRASI *PICKLING*
TERHADAP KETAHANAN *THERMAL SHOCK*
HASIL ELEKTROPLATING KHROM
PADA BAJA *TIN MILL BLACK PLATE***

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh:

**AGUNG WIDI LAKSONO
NIM. 0410620008-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2011**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH WAKTU DAN KONSENTRASI *PICKLING*
TERHADAP KETAHANAN *THERMAL SHOCK*
HASIL ELEKTROPLATING KHROM
PADA BAJA *TIN MILL BLACK PLATE***

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

AGUNG WIDI LAKSONO
NIM. 0410620008-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Endi Sutikno, MT
NIP. 19540411 198710 1 001

Ir. Agustinus Ariseno, MT.
NIP.19510822 198701 1 001

**PENGARUH WAKTU DAN KONSENTRASI *PICKLING*
TERHADAP KETAHANAN *THERMAL SHOCK*
HASIL ELEKTROPLATING KHROM
PADA BAJA *TIN MILL BLACK PLATE***

Disusun oleh :

AGUNG WIDI LAKSONO
NIM. 0410620008-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan **lulus** pada
Tanggal 10 Agustus 2011

DOSEN PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

Ir. Winarno Yahdi Atmodjo, MT.
NIP. 19460804 198103 1 001

Prof.I.N.G. Wardana, M.Eng, Ph.D
NIP. 19590703 198303 1 002

Komprehensif

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng
NIP. 19541009 198303 1 002

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “**Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Pickling Terhadap Ketahanan Thermal Shock Hasil Elektroplating Khrom pada Baja Tin Mill Black Plate**” dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam kepada Rasulullah SAW yang telah menuntun dan memberikan inspirasi kepada penulis.

Dalam rangka penyusunan skripsi ini, penulis tidak dapat terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan hormat yang sebesar-besarnya kepada :

1. Almarhumah ibu ku (Dina Harining Kusmindah) yang saya cintai, Bapak ku (Ir. Putut Widjanarko, MP.) dan adik-adikku yang saya sayangi yang telah memberikan segalanya sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Slamet Wahyudi, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi saya.
3. Bapak Dr. Eng. Anindito Purnowidodo., ST., M.Eng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Endi Sutikno, MT selaku dosen pembimbing I
5. Bapak Ir. Agustinus Ariseno, MT. selaku dosen pembimbing II
6. Bapak Soetrisno Ngardiman keluarga, beserta Keluarga Besar Klub Renang Tirta Nirwana yang saya cintai dan hormati atas dukungan yang besar kepada saya.
7. Saudari Verlinda ardiyanto, yang selalu mendampingi dan memberikan dukungan dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Teman-temanku, saudaraku, Mesin angkatan 2004 yang telah memberi dukungan demi kelancaran pengerjaan skripsi ini. Terutama kepada Anam, Kurnia, Yanto, Yogie, dan Dimas Siddik.
9. Bapak Mirza, Ibu Dina, dan Bapak Wisnu selaku staff administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Penulis menyadari walaupun telah berusaha dengan sebaik-baiknya dalam penyusunan skripsi ini pasti masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Maka dengan ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menuju kesempurnaan.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan berbagai pihak yang akan mengembangkan skripsi ini.

Malang, Juli 2011

Penyusun



DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Pengertian pelapisan logam dengan listrik (Elektroplating).....	5
2.3 Larutan <i>electrolyte</i> pelapisan khrom.....	6
2.4 Elektroda.....	7
2.5 Pembersihan dan penghalusan.....	8
2.5.1 Pembersihan secara mekanis.....	8
2.5.2 Pembersihan Kimia (<i>Pickling</i>).....	8
2.6 Proses Pickling.....	8
2.7 Waktu dan konsentrasi larutan asam.....	10
2.8 Khrom.....	10
2.9 Baja Tin Mill Black Plate.....	11
2.10 <i>Thermal Shock</i>	11
2.11 Hipotesa.....	13

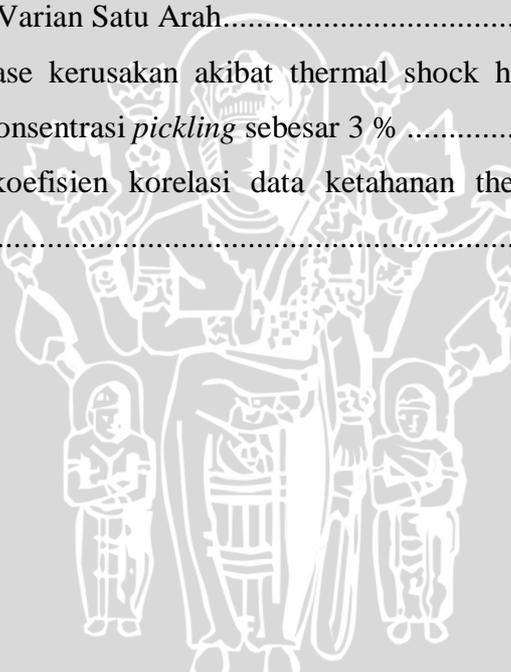


BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1	Metode Penelitian.....	14
3.2	Variabel Penelitian.....	14
3.2.1	Variabel Bebas.....	14
3.2.2	Variabel Terkendali.....	14
3.2.3	Variabel Terikat.....	14
3.3	Waktu dan tempat penelitian.....	14
3.4	Bahan yang digunakan.....	15
3.5	Alat yang digunakan.....	16
3.6	Prosedur Penelitian.....	20
3.7	Diagram Alir Penelitian.....	22
3.8	Rencana pengolahan dan analisis data.....	23
3.8.1	Rancangan Penelitian.....	23
3.8.2	Analisa Statistik.....	23
BAB IV	DATA DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Data Hasil Pengujian <i>Thermal Shock</i>	26
4.1.1	Contoh Perhitungan Data.....	26
4.1.2	Data Hasil Pengujian <i>Thermal Shock</i>	27
4.2	Analisis Statistik.....	27
4.2.1	Analisis Varian.....	27
4.2.2	Analisis Regresi.....	31
4.3	Pembahasan.....	36
4.3.1	Analisa Pengaruh Waktu terhadap Ketahanan <i>Thermal Shock</i> Hasil Elektroplating Khrom.....	36
4.3.2	Pengaruh konsentrasi <i>Pickling</i> terhadap Ketahanan <i>Thermal Shock</i> Hasil Elektroplating Khrom.....	37
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA

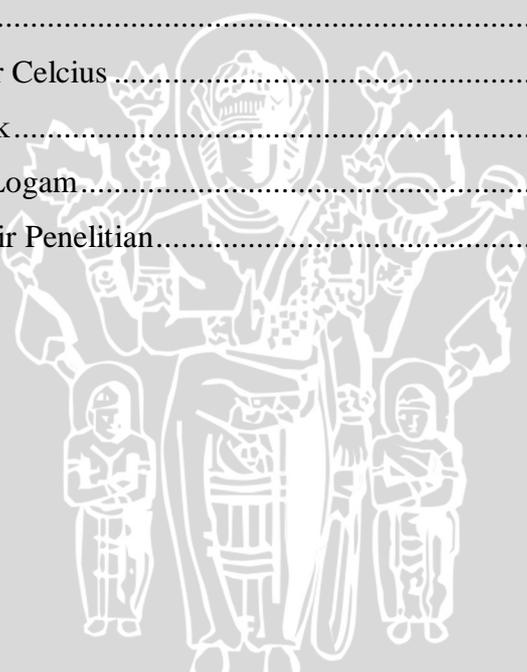
DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Temperature Test Guide ASTM B571	12
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian.....	22
Tabel 3.2	Analisis Varian Dua Arah	23
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian <i>Thermal Shock</i>	26
Tabel 4.2	Kerusakan Akibat <i>Thermal Shock</i> (%).....	27
Tabel 4.3	Hasil Analisis Varian Satu Arah.....	29
Tabel 4.4	Data persentase kerusakan akibat thermal shock hasil elektroplating khrom untuk konsentrasi <i>pickling</i> sebesar 3 %	30
Tabel 4.5	Perhitungan koefisien korelasi data ketahanan thermal shock hasil elektroplating	31



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Proses Elektroplating khrom.....	5
Gambar 3.1	Ukuran Benda Kerja.....	14
Gambar 3.2	Gelas Kimia	15
Gambar 3.3	Timbangan Digital.....	15
Gambar 3.4	Instalasi Elektroplating.....	16
Gambar 3.5	<i>Stopwatch</i>	16
Gambar 3.6	Termometer Celcius.....	16
Gambar 3.7	Dapur Listrik.....	17
Gambar 3.8	Mikroskop Logam.....	18
Gambar 3.9	Diagram Alir Penelitian.....	22



RINGKASAN

AGUNG WIDI LAKSONO, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2011, Pengaruh Waktu dan Konsentrasi *Pickling* Terhadap Ketahanan *Thermal Shock* Hasil Elektroplating Khrom pada Baja *Tin Mill Black Plate*, Dosen Pembimbing : Endi Sutikno dan agustinus ariseno

Pada umumnya logam khususnya, baja seperti juga benda-benda non-logam lainnya dapat mengalami kerusakan yang berujung pada penurunan kualitas dan berkurangnya fungsi dari benda tersebut. Oleh karena itu, diperlukan tahap penyelesaian (*finishing*) yang juga diperlukan agar sifat listrik, mekanik, thermal ataupun magnetik dapat seperti yang diinginkan. Salah satu *finishing* logam adalah elektroplating. Untuk logam pada lingkungan yang mempunyai kondisi temperatur yang berubah-ubah diperlukan peralatan yang terbuat dari material yang mempunyai ketahanan yang baik terhadap perubahan temperatur secara mendadak (*thermal shock*). Salah satu metode yang dipakai untuk memperoleh material tersebut adalah dengan proses pelapisan logam elektroplating. Karena awal kerusakan umumnya di mulai dari permukaan. Penelitian ini dilakukan proses elektroplating dengan variasi waktu dan konsentrasi *pickling*.

Salah satu metode untuk proses pembersihan yang dilakukan adalah *pickling*, yaitu dengan merendam logam dasar kedalam larutan asam pada waktu dan konsentrasi tertentu sehingga nantinya akan didapatkan permukaan logam dasar yang siap untuk dilakukan proses pelapisan yang lebih lanjut. Pada saat proses *pickling*, larutan asam akan masuk melalui celah-celah retakan (*crack*) pada lapisan oksida, dan kemudian bereaksi dengan logam induknya dan akan menghasilkan gas hidrogen. Dengan meningkatnya jumlah gas hidrogen yang terbentuk, maka tekanan dibawah lapisan oksida tersebut akan meningkat sehingga lapisan oksida tersebut juga akan bereaksi dengan larutan asam sehingga akan terkikis dan larut dalam larutan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perubahan waktu dan konsentrasi *pickling* berpengaruh terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom. Semakin lama waktu dan semakin besar konsentrasi *pickling* maka logam sebelum dilapisi akan semakin bersih sehingga ikatan antar ion logam pelapis akan meningkat dan menyebabkan ketahanan *thermal shock* dari lapisan khrom hasil elektroplating akan meningkat. Kerusakan akibat *thermal shock* tertinggi dicapai pada waktu *pickling* 5 menit dengan konsentrasi *pickling* 3 % yaitu dengan rata-rata persentase kerusakan sebesar 0,2545%. Sedangkan persentase kerusakan akibat *thermal shock* terendah dicapai pada waktu *pickling* 20 menit dan konsentrasi *pickling* 15% dengan rata-rata sebesar 0,0187%.

Kata kunci : elektroplating, waktu *pickling*, konsentrasi *pickling*, *thermal shock*

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Proses pelapisan logam termasuk teknologi yang banyak membantu dalam dunia industri. Berbagai barang logam dibuat, dibentuk dan dicetak sehingga jadilah wujud akhir seperti yang dikehendaki. Kaitannya erat sekali dengan iptek bahan, kimia permukaan, kimia fisik sampai keteknikannya, sifat permukaan diubah secara fisik dan kimia agar sesuai tujuan (Hartomo, Anton J., 1992:39).

Pada pelapisan logam dengan electroplating merupakan salah satu proses *finishing* yang dibutuhkan dalam proses pengerjaan logam baik dalam bidang industri logam maupun permesinan. Logam, khususnya baja seperti juga benda-benda non logam lainnya dapat mengalami kerusakan yang berujung pada penurunan kualitas dan berkurangnya fungsi dari benda tersebut. Oleh karena itu, diperlukan tahap penyelesaian (*finishing*) yang juga diperlukan agar sifat listrik, mekanik, thermal ataupun magnetik dapat seperti yang diinginkan.

Finishing logam merupakan bidang yang sangat luas. Beberapa proses penting *finishing* adalah elektroplating. Elektroplating adalah elektrodeposisi pelapis (*coating*) logam melekat ke elektroda untuk menjaga substrat dengan memberikan permukaan dengan sifat dan dimensi yang berbeda daripada logam basisnya tersebut. Maksud dari elektroplating ialah demi tujuan penampilan (bagus, kilap, cemerlang), perlindungan (terhadap korosi), sifat khas permukaan serta sifat mekanis tertentu (Hartomo, Anton J., 1992: 25).

Dalam pembahasan kali ini salah satu proses pembersihan yang dilakukan adalah *pickling*, yaitu dengan merendam logam dasar kedalam larutan asam pada waktu dan konsentrasi tertentu sehingga nantinya akan didapatkan permukaan logam dasar yang siap untuk dilakukan proses pelapisan yang lebih lanjut. Pada logam yang akan di elektroplating memiliki kerak yang banyak dan perlu dilakukan *pickling asam* sebelum tahap pembersihan. Begitu pula setelah pembersihan alkali, sisa-sisa oksida dan lain-lain perlu dinetralkan dahulu disamping dibilas memakai asam, yang banyak digunakan memakai asam sulfat (Hartomo, Anton J., 1992:19). Pada saat proses *pickling*, larutan asam akan masuk melalui celah-celah retakan (*crack*) pada lapisan oksida, dan kemudian bereaksi dengan logam induknya dan akan menghasilkan gas hidrogen. Dengan meningkatnya jumlah gas hidrogen yang terbentuk, maka tekanan dibawah

lapisan oksida tersebut akan meningkat sehingga lapisan oksida tersebut juga akan bereaksi dengan larutan asam sehingga akan terkikis dan larut dalam larutan (Hartomo, Anton J., 1992:18).

Untuk pekerjaan pada lingkungan yang mempunyai kondisi temperatur yang berubah-ubah diperlukan peralatan yang terbuat dari material yang mempunyai ketahanan yang baik terhadap perubahan temperatur secara mendadak (*thermal shock*). Salah satu metode yang dipakai untuk memperoleh material tersebut adalah dengan proses pelapisan (elektroplating). Hal tersebut menunjukkan bahwa proses pelapisan dapat meningkatkan ketahanan dari *thermal shock*, dimana penelitian ini menggunakan metode pelapisan elektroplating. Karena awal kerusakan umumnya dimulai dari permukaan.

Larutan yang dipergunakan dalam proses pelapisan krom ini terdiri dari Asam Chromic (CrO_3) ditambahkan sejumlah kecil anion dari senyawa sulfat atau Fluoride kompleks, dimana senyawa utama didalam larutan adalah Asam Chromic (CrO_3) yang diencerkan dalam larutan kental H_2CrO_4 dan beberapa asam lain.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari variasi waktu dan konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* pada baja Tin Mill Black Plate setelah dilakukan proses pelapisan khrom secara *electroplating*. Sehingga dapat diketahui ada tidaknya perubahan pada sifat tersebut dengan adanya variasi waktu dan konsentrasi *pickling* yang digunakan dalam proses pelapisan khrom secara *electroplating*.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom pada baja Tin Mill Black Plate
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom pada baja Tin Mill Black Plate
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu dan konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating nikel pada baja Tin Mill Black Plate

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Spesimen yang digunakan yaitu baja Tin Mill Black Plate sebagai katoda
2. Pengaruh yang diamati adalah pengaruh dari variasi waktu dan konsentrasi pickling, sedangkan pengaruh yang lain dianggap konstan.
3. Larutan elektrolit yang digunakan pada proses *pickling* adalah HCL
4. Untuk ketahanan terhadap *thermal shock* hanya membahas prosentase kerusakan yang ditimbulkan pada permukaan lapisan nikel berupa pengelupasan dari nikel pada baja.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu dan konsentrasi pickling terhadap ketahanan *thermal-shock* dari permukaan yang dihasilkan melalui proses pelapisan khrom secara elektroplating.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui waktu dan konsentrasi *pickling* yang sesuai dalam proses pelapisan khrom secara *electroplating* sehingga diperoleh hasil pelapisan yang optimal.
2. Serta menjadi dasar acuan sehingga dapat dilakukan penelitian selanjutnya.
3. Memberi masukan berupa sumbangan pemikiran dan informasi kepada masyarakat teknik, serta lembaga pendidikan teknik khususnya yang menggeluti bidang pelapisan logam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Dian Wiratama, April 2004, Pengaruh variasi waktu dan konsentrasi *pickling* terhadap laju korosi permukaan hasil electroplating pada baja ST37. Dalam penelitian ini digunakan variasi konsentrasi H_2SO_4 . variabel bebasnya konsentrasi larutan H_2SO_4 5%, 10%, 15%, 20% dan waktu *pickling* 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit. Sedangkan variabel terikatnya laju korosi yang diwakili oleh besarnya selisih massa lapisan. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan waktu dan konsentrasi *pickling* akan menurunkan laju korosi.

Ir. Helmy Alian, MT, Oktober 2010, Pengaruh tegangan dalam proses elektroplating baja dengan pelapis seng dan khrom terhadap kekerasan dan laju korosinya. Dalam penelitian ini Terdapat beberapa cara yang digunakan untuk melindungi logam dari pengaruh korosi, biasanya diberi perlakuan terhadap permukaannya, salah satunya dengan metode pelapisan. Pelapisan dapat dilakukan berbagai cara salah satunya adalah secara elektroplating. Pengujian dilakukan dengan mempersiapkan tujuh spesimen yang telah diukur dan ditimbang terlebih dahulu, kemudian enam spesimen dilakukan proses elektroplating dengan memvariasikan variabel voltase dan jenis logam pelapisnya yaitu seng dan krom, sedangkan satu spesimen dibiarkan tanpa diberi logam pelapis. Setelah proses pelapisan selesai dilakukan penimbangan dan pengukuran lanjutan untuk mengetahui tebal dan berat logam pelapis, setelah itu dilakukan uji kekerasan dengan metode Vickers, dan dilanjutkan dengan uji korosi dengan cara direndam dalam larutan yang menyerupai kondisi air laut selama 168 jam, setelah itu dilakukan pengukuran dan penimbangan akhir spesimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelapisan dengan menggunakan logam Krom dengan variasi voltase 6 Volt memiliki laju korosi 0,5781 mm/tahun, pelapis Krom dengan variasi voltase 9 Volt memiliki laju korosi 0,2683 mm/tahun, pelapis Krom dengan variasi voltase 12 Volt memiliki laju korosi 0,0173 mm/tahun, sedangkan untuk pelapisan dengan Seng dengan variasi voltase 6 Volt memiliki laju korosi 0,8489 mm/tahun, pelapis Seng dengan variasi voltase 9 Volt memiliki laju korosi 0,375 mm/tahun, pelapis Seng dengan variasi voltase 12 Volt memiliki laju korosi 0,0573 mm/tahun, dan untuk spesimen tanpa pelapis memiliki laju korosi mencapai 3,5052 mm/tahun.

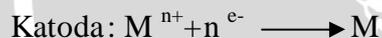
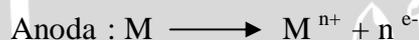
Jadi disini dapat diketahui bahwa dengan elektroplating khrom ini dapat memberikan lapisan khrom yang cukup tahan dari kerusakan akibat adanya *thermal shock*. Oleh karena itu penelitian ini melanjutkan penelitian tersebut, yang mencoba menginvestigasi pengaruh waktu dan konsentrasi pickling pada pelapisan khrom secara elektroplating terhadap ketahanan *thermal shock* lapisan khrom pada logam baja.

2.2 Pengertian pelapisan logam dengan listrik (elektroplating)

Pelapisan secara listrik (*electroplating*) adalah electrodeposisi / pelapisan / *coating* logam yang melekat ke elektroda untuk menjaga substrat dengan memberikan permukaan dengan sifat dan dimensi berbeda dari pada logam basisnya tersebut (Anton J. H dan Tomijiro K. 1995 : 25).

Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion – ion tersebut didapat dari anoda dan *electrolyte* yang digunakan.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

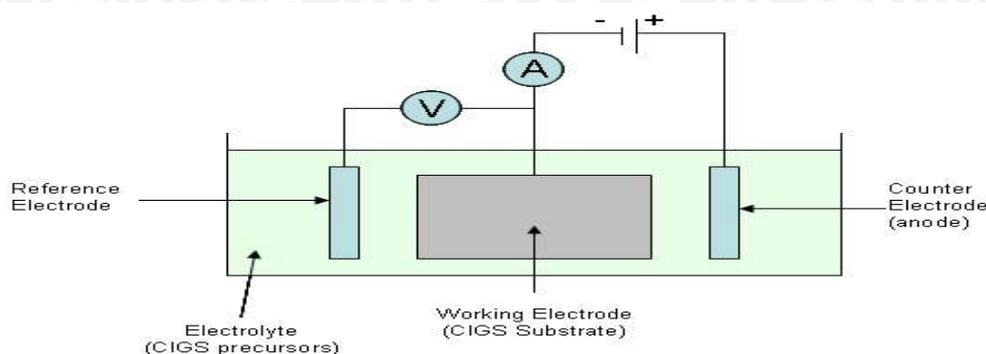


Bila rapat arus searah (DC) dialirkan antara kedua elektroda (anoda dan katoda) dalam larutan elektrolit dengan waktu proses pelapisan yang telah ditentukan maka pada anoda terjadi oksidasi sehingga akan terbentuk ion-ion positif, pada larutan elektrolit terjadi elektrolisis garam-garam logam. Anoda yang telah mengalami oksidasi meluruh dan larut dalam larutan elektrolit. Anoda yang meluruh menggantikan ion logam dalam larutan elektrolit yang ditarik oleh elektroda negatif (katoda). Dengan adanya hal tersebut akan terbentuk endapan pada katoda yang berupa berat lapisan.

Prinsip kerja *electroplating* sama dengan proses elektrolisa yang merupakan suatu rangkaian yang terdiri dari rectifier (sumber arus searah), anoda, katoda (benda kerja) dan larutan elektrolit. Rangkaian disusun sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah sistem sebagai berikut :

1. Anoda (pelapis) dihubungkan pada kutub positif sumber rapat arus
2. Katoda (benda kerja) dihubungkan pada kutub negatif sumber rapat arus.
3. Anoda dan katoda dicelupkan ke dalam bak atau bejana yang berisi larutan elektrolit.

Secara elektrokimia prosesnya dapat digambarkan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Proses elektroplating khrom

Sumber: Clive Whittington, 2002:6.

2.3 Larutan *Electrolyte* Pelapisan Khrom

Pada pelapisan Chromium untuk industri, Chromium langsung diendapkan tanpa pelapis perantara yang biasanya dilakukan melalui Larutan Pendahulu (strike solutions), sedangkan pada pelapisan dekoratif, Chromium merupakan lapisan teratas setelah lapisan pendahuluan yang umumnya Copper-Nikel. Larutan untuk pelapisan Chromium terutama terdiri dari Asam Chromic (CrO_3) ditambahkan sejumlah kecil anion dari senyawa sulfat atau Fluoride kompleks, dimana senyawa utama didalam larutan adalah Asam Chromic (CrO_3) yang diencerkan dalam larutan kental H_2CrO_4 dan beberapa asam lain. Namun untuk dapat diendapkan dari air, di dalam larutan tersebut harus ada zat tambahan yang berfungsi sebagai katalis yang memungkinkan terjadinya pengendapan logam Chromium pada katoda, zat tambahan tersebut umumnya adalah Sulfat dan Flourida dalam bentuk Fluosilikat atau Silicofluorida (SiF_6). Perbandingan antara CrO_3 terhadap katalis yang umumnya Sulfat memiliki arti penting bagi hasil yang didapatkan, oleh karena itu ratio antara CrO_3 terhadap Sulfat harus dibuat optimal dalam rangka mendapatkan cakupan arus yang merata dan menyeluruh (good coverage). Kedua larutan memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing dimana larutan encer lebih rendah biaya, efisiensi katoda lebih baik. Sedangkan untuk larutan yang pekat memerlukan tegangan arus yang lebih rendah, tidak sensitif terhadap kontaminasi dan cakupan arus lebih baik. Adapun temperatur operasi keduanya antara 32°C hingga 500°C dengan rapat arus sebesar 1430 A/m^2 , pada tegangan arus 4 sampai 12 Volt.

2.4 Elektroda

Pada proses elektroplating terdapat dua buah elektroda dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda. Sedangkan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut dengan katoda yang dalam hal ini adalah logam yang akan dilapisi. Ciri-ciri dari elektroda tersebut adalah sebagai berikut (Hartomo. 1992 :2) :

a. Anoda (logam pelapis)

Anoda untuk pelapisan khrom (Cr) digunakan timbal (Pb). Anoda yang sering digunakan dalam proses elektroplating ada dua macam yaitu anoda yang dapat terlarut adalah anoda yang selama proses pelapisan memberikan ion-ion logamnya kepada katoda sehingga anoda jenis ini makin lama makin habis terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), perak (Ag), dan lain sebagainya. Penggunaan anoda jenis ini memiliki keuntungan yaitu membantu pengoperasian dalam menjaga konsentrasi larutan tetap dalam batas yang diinginkan. Akan tetapi anoda jenis ini memiliki kelemahan yaitu dalam jangka waktu yang relatif panjang akan menghasilkan kotoran dan memerlukan pengontrolan kondisi apakah anoda masih berfungsi dengan baik untuk pengoperasian (Parthasarady. 1998 : 48).

Sedangkan anoda yang tidak dapat larut adalah anoda yang selama proses tidak terkikis. Contoh anoda jenis ini adalah karbon (C), platina (Pt), timah (Pb) dan lain sebagainya. Penggunaan anoda jenis ini tidak membutuhkan pengontrolan kondisi anoda secara khusus.

b. Katoda (logam yg dilapisi)

Katoda yaitu elektroda negatif yang pada padanya terjadi pelepasan ion positif (reaksi reduksi). Pada proses *electroplating* kutub negatif sumber arus berhubungan dengan katoda yaitu benda kerja yang akan dilapisi logam. Pada proses kerjanya digunakan rak maupun barrel sebagai penampung atau pengait benda kerja.

2.5 Pembersihan dan Penghalusan

2.5.1 pembersihan secara mekanis

Suatu cara membersihkan permukaan benda yang akan dilapisi dengan menggunakan alat – alat mekanik, antara lain :

1. Penggosokan (*buffing*)

Dilaksanakannya untuk benda – benda yang akan dilapisi lagi dan selain itu juga untuk pengerjaan akhir pada proses permesinan (*finishing*). Tingkat kehalusan yang dilakukan dalam proses ini bermacam – macam tergantung tingkat kehalusan kain/kertas penggosok yang digunakan.

2.5.2 Pembersihan secara kimia

Pembersihan kotoran yang melekat erat pada logam dengan menggunakan bahan – bahan kimia. Adapun kotoran yang perlu dibersihkan dengan bahan kimia:

- a) Minyak dan sejenisnya, termasuk gemuk, parafin, paslin, dan dan jenis bahan organik lainnya.
- b) Karat

2.6 Proses *Pickling*

Proses *pickling* adalah proses penghilangan lapisan oksida dari permukaan logam secara kimiawi dengan mencelupkan kedalam larutan asam, sedangkan asam-asam yang sering digunakan adalah asam sulfat dan asam klorida. Selain itu *pickling* ini dimaksudkan untuk membuat suasana benda kerja menjadi asam. Hal ini diperlukan karena proses pelapisan listrik akan terjadi pada larutan asam. Dan larutan asam disamping itu fungsi *pickling* juga untuk membuka pori-pori pada permukaan logam agar lebih mudah menangkap logam pelapis, tetapi jika terlalu porous maka permukaan akan menjadi kasar dan banyak kehilangan logam induknya.

Asam sulfat (H_2SO_4) adalah asam yang paling sering digunakan dalam proses *pickling*, berupa cairan kental yan tidak berwarna dan tidak berbau. Asam ini adalah asam kuat yang jika dilarutkan dalam air akan langsung terlarut untuk membentuk ion hidrogen dan sulfat. 100% asam sulfat memiliki titik cair $10,4 - 10,5^{\circ}C$ dan titik didih $290^{\circ}C$. Jika dibandingkan dengan penggunaan asam klorida (HCL), asam sulfat memiliki beberapa keunggulan antara lain:

- a. Biaya lebih murah
- b. Mengandung ion aktif yaitu ion hidrogen dua kali lebih banyak

- c. Lebih efektif dalam proses *pickling* sehingga efisiensinya lebih baik
- d. Asap yang dihasilkan lebih sedikit

Meskipun demikian penggunaan asam sulfat dalam proses *pickling* memiliki kelemahan seperti permukaan logam hasil *pickling* yang lebih gelap terutama pada baja karbon tinggi.

1. Jenis asam lain yang dipakai dalam proses *pickling* adalah asam klorida (HCL). Asam ini termasuk asam kuat dan sangat korosif. Asam klorida pekat tidak berwarna atau sedikit berwarna kuning, asapnya berbau tajam dan mencekik. Penggunaannya dalam proses *pickling* akan menghasilkan permukaan abu-abu cerah yang seragam dan mengurangi terjadinya *over pickling*. Keuntungan lain dari penggunaan asam ini dibandingkan asam sulfat adalah pencuciannya mudah karena kemampuan larut kloridanya cukup baik, larutan ini juga relatif aman dalam penggunaannya. Kekurangan dari asam ini adalah harganya yang lebih mahal. Pada saat proses *pickling*, terjadi proses pelarutan dari oksida-oksida besi tersebut dan dari besinya sendiri. Hal ini dapat dilihat pada reaksi *pickling* dengan asam klorida :



Beberapa faktor negatif dari proses *pickling*:

- *Over pickling*, jika proses ini terjadi maka akan menyebabkan permukaan menjadi porous dan kasar. Hal ini dapat diatasi dengan mempersingkat waktu pickling atau menambahkan inhibitor.
- *Hydrogen embrittlement*, terjadi karena penetrasi hidrogen ke dalam logam dasar. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan inhibitor.
- *Pitting*, adalah korosi di permukaan yang membentuk lubang-lubang, hal ini disebabkan oleh *over pickling*
- *Blistering*, disebabkan oleh gas yang terjebak dibawah permukaan, yang kemudian mengangkat lapisan di atasnya menjadi blister (bintik hitam).

2.7 Waktu dan konsentrasi larutan asam

Konsentrasi asam berpengaruh terhadap efisiensi *pickling* (ASM Handbook, 350; 349). Peningkatan konsentrasi asam akan mempercepat laju penghilangan lapisan oksida pada permukaan logam. Demikian juga dengan semakin besar konsentrasi zat yang bereaksi maka semakin besar kemungkinan terjadinya tumbukan dengan demikian makin besar pula kemungkinan terjadinya reaksi. Hal ini terjadi karena ion hidrogen yang merupakan ion yang aktif akan meningkat bila konsentrasi asam meningkat. Penggunaan asam yang berlebih juga kurang menguntungkan, selain logam yang direndam semakin porous juga kelungkungan keasaman yang terjadi terlalu tinggi sehingga ikatan Fe dan Cl₂ berlebihan. Hal tersebut dapat menghambat mengalirnya arus positif ke negatif dan dapat menyebabkan pelapisan tidak rata atau bahkan mudah terlepas. Bila konsentrasi asam sedikit, maka jumlah ion hidrogen juga sedikit sehingga proses *pickling* berlangsung lebih lambat. Sedangkan lamanya waktu proses *pickling* juga mempengaruhi kualitas dari logam yang direndam, semakin lama waktu perendaman juga akan mengakibatkan logam menjadi lebih banyak yang hilang dan logam juga akan semakin *porous*.

2.8 Khrom

Khrom merupakan unsur ke-24 deret kimia. Khrom memiliki kekerasan dan kekuatan sedang, namun keuletan, daya hantar listrik dan termal sangat baik. Khrom terutama dilapiskan ke barang-barang besi, baja, perunggu, seng, plastik, juga aluminium sampai magnesium. Khrom sangat populer dalam plating, terutama pada sistem plating tembaga-nikel-khrom. Berikut ini adalah karakteristik dari logam khrom murni (<http://www.chemicool.com/elements/chromium.html>) :

Lambang	: Cr
Nomor Atom	: 24
Massa atom	: 51,996 g/mol
Kondisi standar (pada 298 K)	: Padat
Massa jenis nikel	: 7,19 g/cm ³
Titik lebur	: 2180 K (1907 OC)
Titik didih	: 2943 K (26700C)
Bentuk kristal	: bcc: berpusat badan kubik

2.9 Tin Mill Black Plate (TMBP)

TMBP yang digunakan sebagai bahan baku utama proses elektroplating tin plate harus memenuhi beberapa karakteristik dan spesifikasi tertentu supaya dapat digunakan sebagai bahan baku utama proses, diantaranya adalah:

1. TMBP yang digunakan sebaiknya tidak mengandung defect. Batas toleransi kandungan defect yang diperbolehkan menurut referensi adalah kurang lebih di bawah 10%
2. Kandungan karat (rust) maksimum yang diperbolehkan adalah 0%.
3. Lebar strip dari black plate yang diizinkan adalah:
 - Lebar minimal 457 mm
 - Lebar maksimal 965 mm
4. Kandungan oil film yang terdapat pada material properties yang dimiliki sebaiknya berada diantara 30-50 mg/m².
5. Toleransi lebar dari TMBP yang masih diperbolehkan adalah:
 - Batas bawah minimal yang diizinkan adalah 0 mm
 - Batas atas maksimal yang diizinkan adalah 3 mm
6. Diameter dalam coil TMBP adalah 406 mm atau 419 mm.
7. Diameter luar coil TMBP minimal 450 mm dan maksimal 1829 mm.
8. Berat coil TMBP yang digunakan untuk proses berada pada range 7,5-10 ton.
9. Tipe dan jenis TMBP yang digunakan untuk bahan baku utama pembuatan tin plate adalah bertipe L, D, dan MR. Dari tipe-tipe tersebut yang sering digunakan adalah yang bertipe MR.
10. Ketebalan dari TMBP adalah:
 - a. Baja jenis single reduced
untuk black plate jenis ini ketebalan strip bajanya bernilai antara 0,17-0,5 mm
 - b. Baja jenis double reduced
Untuk black plate jenis ini ketebalan strip bajanya berkisar 0,15-0,36 mm

2.10 Thermal Shock

Thermal shock adalah istilah yang diberikan kepada suatu bentuk kerusakan akibat adanya perubahan temperatur yang sangat cepat. *Thermal shock* terjadi ketika perambatan temperatur menyebabkan bagian – bagian yang berbeda dari obyek memuai tidak seragam (<http://en.wikipedia.org>). Ketidakteraturan pemuaiannya ini dapat

diasumsikan sebagai tegangan atau regangan. Pada beberapa titik, tegangan yang terjadi melebihi kekuatan dari material, menyebabkan kerusakan bentuk. Jika tidak dicegah, kerusakan ini akan menyebar dan menyebabkan kegagalan struktur pada obyek, terutama pada bagian permukaan.

Untuk pekerjaan pada lingkungan yang mempunyai kondisi temperatur yang berubah-ubah diperlukan peralatan yang terbuat dari material yang mempunyai ketahanan yang baik terhadap perubahan temperatur secara mendadak (*thermal shock*). Salah satu metode yang dipakai untuk memperoleh material tersebut adalah dengan proses pelapisan sehingga logam basis dapat terlindungi dengan baik oleh lapisan deposit yang tahan terhadap *thermal shock*. Karena awal kerusakan umumnya di mulai dari permukaan.

Pengujian ketahanan *thermal shock* disini menggunakan metode *heat quench test*. Dengan cara memanaskan dan mendinginkan material agar didapat perubahan suhu yang cepat/mendadak. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan dapur listrik sampai pada suhu 250⁰C selama 30 menit dan kemudian dilakukan pendinginan dengan menggunakan media air pada suhu ruang. Pendinginan yang dilakukan disini adalah pendinginan secara cepat (*quenching*) (Annual Book of ASTM Standard : B571, 2003).

Gambar/foto makro kerusakan yang berupa pengelupasan lapisan nikel sesudah pengujian *thermal shock* diambil dengan menggunakan mikroskop perbesaran 10 kali untuk dilakukan penghitungan luasan kerusakan lapisan khrom pada baja dengan milimeter blok. Prosentase kerusakan yang dialami oleh lapisan khrom merupakan representasi dari ketahanan lapisan terhadap *thermal shock*.

Di bawah ini adalah temperatur pengujian *thermal shock* berbagai macam pelapisan logam.

Substrate	Coating Metal						
	Chromium, Nickel, Nickel+Chromium, Copper, Temperature °C	Tin, Temperature °C	Lead,Tin/Lead, Temperature °C	Zinc, Temperature °C	Gold and Silver, Temperature °C	Palladium, Temperature °C	Rhodium, Temperature °C
Steel	250	150	150	150	250	350	185
Zinc Alloys	150	150	150	150	150	150	150
Copper and Copper Alloys	250	150	150	150	250	350	185
Alluminium and Alluminium Alloys	250	150	150	150	220	220	185

Tabel 2.1 Temperature test guide Annual Book of ASTM Standard, B571(2003)

2.11 Hipotesa

Dengan lama waktu yang digunakan pada proses *pickling* dan semakin besar konsentrasi yang digunakan, maka kondisi lapisan oksida pada permukaan benda kerja cenderung semakin berkurang karena ion hidrogen yang terbentuk semakin banyak dan lebih reaktif sehingga banyak logam induk yang bereaksi dengan larutan asam sehingga menyebabkan ion-ion logam pelapis yang melapisi substrat akan melekat lebih kuat sehingga akan mengurangi kerusakan akibat adanya *thermal shock*.



METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai adalah metode eksperimen nyata (*true experiment research*). Untuk mendukung penelitian ini maka dilakukan studi literatur untuk mendapatkan sumber-sumber pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini yang berasal dari jurnal internet, buku, dan penelitian-penelitian sebelumnya..

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Variabel bebas :
 - Waktu *pickling* adalah : 5 menit , 10 menit , 15 menit, 20 menit
 - Konsentrasi larutan *pickling* adalah : 3%, 7%, 11%, 15% HCL
- b) Variabel terikat :
 - Ketahanan *thermal shock* : prosentase perbandingan kerusakan yang dialami oleh lapisan khrom yang berupa pengelupasan merupakan representasi dari ketahanan lapisan khrom pada baja terhadap *thermal shock*.
- c) Variabel yang dikonstantkan (untuk membuat larutan elektrolit 2 L) :
 - Asam khromat (berupa kristal) : 600 g
 - Asam sulfat (H₂SO₄) 100% : 60 g
 - Jarak anoda-katoda 3 cm.
 - Temperatur larutan 50 °C

3.3 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2011 sampai dengan selesai.

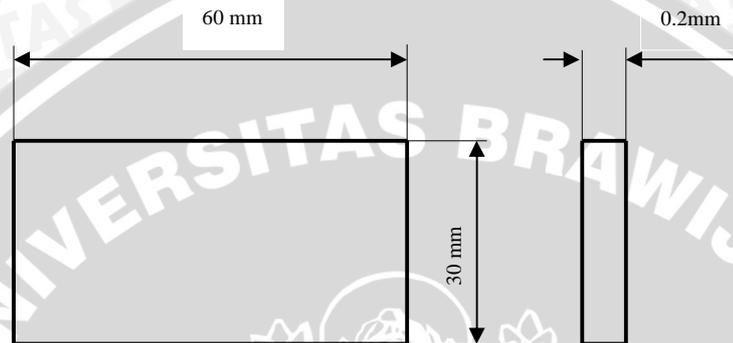
Untuk proses elektroplating dilakukan di laboratorium Elektroplating Politeknik Malang. Sedangkan pengujian *thermal shock* di laboratorium Metallurgi Universitas Brawijaya Malang.

3.4 Bahan Yang Digunakan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah :

1. Baja Tin Mill Black Plate sebagai benda kerja (katoda)

Bentuk dan dimensi benda kerja yang digunakan seperti gambar berikut :



Gambar 3.1 Ukuran Benda Kerja

2. Lempengan/plat batangan timbal sebagai anoda
3. Larutan HCl untuk proses *pickling*
4. Larutan tipe *Watts* untuk proses pelapisan Khrom, yang terdiri atas :
 - Aquades
 - Larutan asam sulfat (H_2SO_4)
 - Kristal Kromat (CrO_3)
5. Air sebagai media *quenching* dalam pengujian *thermal shock*.

3.5 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin poles beserta kelengkapannya :
Untuk meratakan dan menghaluskan permukaan benda kerja
2. Gelas kimia 1000 ml :
Untuk mengukur volume larutan



Gambar 3.2 Gelas Kimia 1000 ml

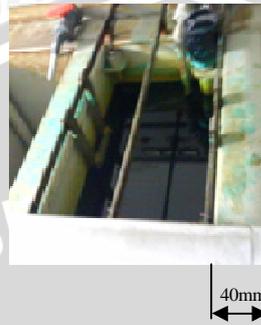
3. Timbangan Digital:

Untuk menimbang massa *Nickel Sulphat* (NiSO_4), *Nickel Chloride* (NiCl_2), *Boric Acid* (H_3BO_3) untuk dijadikan larutan *Watts* dengan konsentrasi yang telah ditentukan.



Gambar 3.3 Foto Timbangan elektrik.
Sumber: lab. Metalurgi bahan, ITS

4. Instalasi elektroplating :
 - a. Bak plating, berisi larutan elektrolit sebagai tempat terjadinya proses *electroplating* terhadap benda kerja
 - b. *Rectifier/power supply*, digunakan sebagai sumber arus searah (DC)
 - c. *Heater*, untuk memanaskan larutan



Gambar 3.4 Bak *electrolisis*.
Sumber: Lab. Politeknik negeri Malang.

5. Bak pembersih :
Tempat untuk membersihkan benda kerja
6. *Stopwatch* :
Untuk mengukur waktu *pickling* dan pelapisan nikel



Gambar 3.5 Stopwatch

7. Termometer Celcius :

Untuk mengukur suhu larutan *Watts* pada proses pelapisan khrom



Gambar 3.6 Termometer Celcius

8. Micrometer digital :

Untuk mengukur dimensi benda kerja

9. Penjepit :

Untuk mengambil benda kerja.

10. Berbagai alat keselamatan kerja, terdiri atas sarung tangan karet, masker dan kaca mata.

11. Scanner :

Untuk mengambil gambar benda kerja sebelum dan sesudah pengujian *thermal shock*

12. Milimeter blok

Untuk mengukur dan menghitung perbandingan prosentase kerusakan lapisan nikel.

13. Dapur listrik :

Mempunyai kemampuan pemanasan maksimal sampai dengan 1100 °C.

Dipergunakan untuk memanaskan benda kerja saat pengujian *thermal shock*.

Spesifikasi dapur listrik yang digunakan adalah :

Merk : OPENBAU HOFMANN

Tipe : E/90

Voltage : 220 volt

Daya : 3,3 kW

Suhu maksimum : 1100 °C

Buatan : Austria



Gambar 3.7 Dapur Listrik

Laboratorium Pebgujian Bahan Universitas Brawijaya Malang

14. Tang Penjepit

Digunakan untuk mengambil benda uji dari dapur listrik pada proses pemanasan.

15. Bak Pendingin(Air)

Digunakan untuk tempat media pendingin spesimen pada pengujian *thermal shock*.

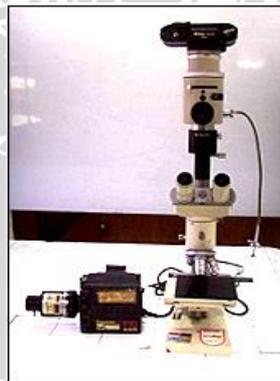
16. Mikroskop logam

Digunakan untuk mengambil gambar kerusakan lapisan nikel spesimen pada titik tertentu yang terkelupas setelah diuji *thermal shock*.

Merk : Olympus

Buatan : Jerman

Perbesaran : 10x, 50x, 100x, 200x



Gambar 3.8 Mikroskop Logam

Laboratorium Metalurgi Fisik, Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang

3.6 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu suatu metode pengumpulan data dengan cara melakukan percobaan langsung. Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Persiapan

Langkah-langkah dalam persiapan eksperimen adalah :

a. Persiapan benda kerja

Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini jumlah keseluruhan adalah 48 buah(masing-masing variasi dengan 3 kali pengulangan)

b. Pemolesan benda kerja

Pemolesan dilakukan dengan cara pengamplasan memakai mesin ampelas. Untuk mencegah panas yang berlebihan digunakan pendingin oli dan air.

c. Pengelompokan benda kerja dan pemberian nomor urut sesuai perlakuan yang telah dirancang dalam penelitian.

d. *Pickling*

Pekerjaan pembersihan *pickling* dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- Merendam benda kerja ke dalam larutan HCl
- Melakukan pembilasan benda kerja dengan air untuk menghilangkan sisa-sisa HCl.

e. Persiapan perlengkapan dan peralatan yang diperlukan.

2. Pelaksanaan eksperimen

Melakukan proses *pickling* :

• Perlakuan 1 :

Benda kerja dengan konsentrasi larutan HCL 3% untuk variasi waktu mulai dari 5 menit, 10 menit dan 15 menit, 20 menit.

• Perlakuan 2 :

Benda kerja dengan konsentrasi larutan HCL 7% untuk variasi waktu mulai dari 5 menit, 10 menit dan 15 menit, 20 menit.

• Perlakuan 3 :

Benda kerja dengan konsentrasi larutan HCL 11% untuk variasi waktu mulai dari 5 menit, 10 menit dan 15 menit, 20 menit.

• Perlakuan 4 :

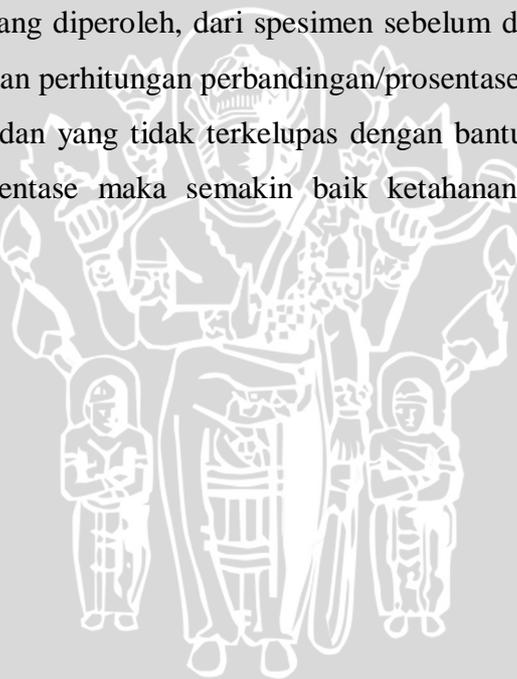
Benda kerja dengan konsentrasi larutan HCL 15% untuk variasi waktu mulai dari 5 menit, 10 menit dan 15 menit, 20 menit.

3. Pengujian *thermal shock* :

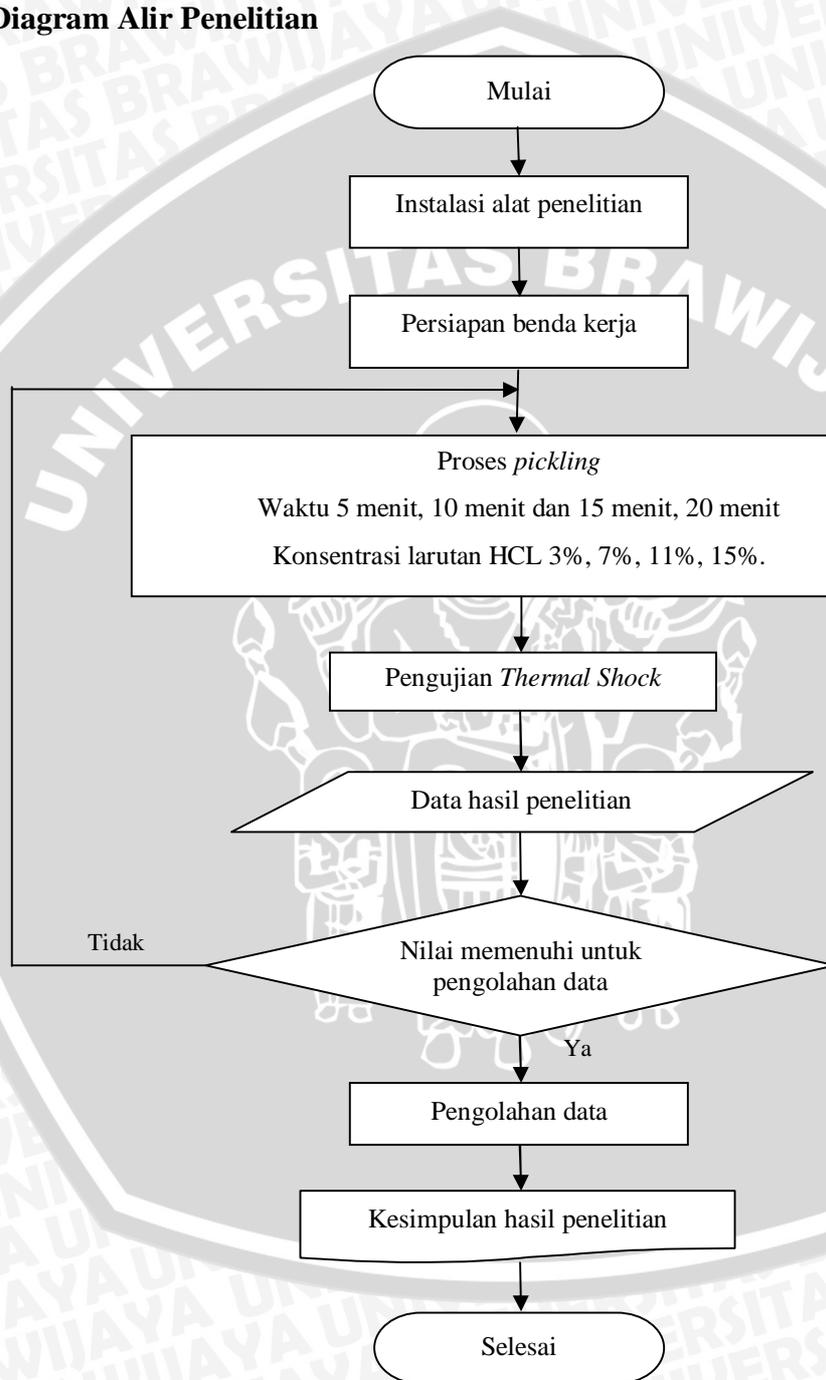
- Pengambilan gambar/foto spesimen sebelum dilakukan uji *thermal shock*
- Spesimen dipanaskan dalam dapur listrik pada suhu 250 °C selama 30 menit
- Spesimen yang telah dipanaskan dicelupkan ke dalam air (*quenching*)
- Pengambilan gambar/foto spesimen sesudah dilakukan uji *thermal shock*

4. Analisis data

Dari foto yang diperoleh, dari spesimen sebelum dan sesudah pengujian *thermal shock*, dilakukan perhitungan perbandingan/prosentase luasan antara lapisan nikel yang terkelupas dan yang tidak terkelupas dengan bantuan kertas millimeter. Semakin sedikit prosentase maka semakin baik ketahanan *thermal shock* dari lapisan nikel pada baja.



3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.11 Diagram alir penelitian

3.8 Rencana pengolahan dan analisis data

3.8.1 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan model analisa varian dua arah dengan pengulangan 4 kali pada tiap interaksi dengan variasi waktu terdiri dari 4 tingkat dan konsentrasi *pickling* 4 tingkat. Dengan analisa varian dua arah ini akan diketahui apakah waktu dan konsentrasi *pickling* berpengaruh terhadap ketahanan *thermal shock* dari permukaan lapisan khrom yang dihasilkan pada proses pelapisan secara elektroplating pada baja.

Tabel 3.1. Rancangan Penelitian
Data hasil pengujian *thermal shock* (%)

Konsentrasi <i>Pickling</i> (%)	Pengulangan	Waktu <i>Pickling</i> (menit)			
		5	10	15	20
3	1	X ₁₁₁	X ₁₂₁	X ₁₃₁	X ₁₄₁
	2	X ₁₁₂	X ₁₂₂	X ₁₃₂	X ₁₄₂
	3	X ₁₁₃	X ₁₂₃	X ₁₃₃	X ₁₄₃
7	1	X ₂₁₁	X ₂₂₁	X ₂₃₁	X ₂₄₁
	2	X ₂₁₂	X ₂₂₂	X ₂₃₂	X ₂₄₂
	3	X ₂₁₃	X ₂₂₃	X ₂₃₃	X ₂₄₃
11	1	X ₃₁₁	X ₃₂₁	X ₃₃₁	X ₃₄₁
	2	X ₃₁₂	X ₃₂₂	X ₃₃₂	X ₃₄₂
	3	X ₃₁₃	X ₃₂₃	X ₃₃₃	X ₃₄₃
15	1	X ₄₁₁	X ₄₂₁	X ₄₃₁	X ₄₄₁
	2	X ₄₁₂	X ₄₂₂	X ₄₃₂	X ₄₄₂
	3	X ₄₁₃	X ₄₂₃	X ₄₃₃	X ₄₄₄

3.8.2 Analisa Statistik

Untuk menganalisis hasil penelitian digunakan analisis ragam dua arah dengan interaksi, dimana akan menguji apakah keragaman hasil penelitian disebabkan oleh perbedaan waktu dan konsentrasi *pickling*, atau interaksi antara keduanya.

1. Untuk menentukan apakah sebagian keragaman hasil penelitian disebabkan oleh perbedaan waktu dilakukan uji hipotesis :

$$H_0' : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i = 0$$

H_1' : sekurang-kurangnya satu α_i tidak sama dengan nol.

2. Untuk menentukan apakah sebagian keragaman hasil penelitian disebabkan oleh konsentrasi *pickling*, dilakukan uji hipotesis :

$$H_0'' : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_c = 0$$

H_1'' : sekurang-kurangnya satu β_j tidak sama dengan nol.

3. Untuk menentukan apakah sebagian keragaman hasil penelitian disebabkan oleh interaksi antara waktu dan konsentrasi *pickling*, dilakukan uji hipotesis :

$$H_0''' : (\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{rc} = 0$$

H_1''' : sekurang-kurangnya satu $(\alpha\beta)_{ij}$ tidak sama dengan nol.

Dimana α_i adalah pengaruh waktu ke-i, β_j adalah pengaruh konsentrasi *pickling* ke-j dan $(\alpha\beta)_{ij}$ adalah pengaruh interaksi waktu ke-i dan konsentrasi *pickling* ke-j. Hasil perhitungan dalam analisis varian dua arah dengan interaksi dapat diringkas seperti tabel 3.2.

Tabel 3.2 Analisis Varian Dua Arah

Sumber Keragaman	Db	JK	Varian (KT)	F _{hitung}
Pengaruh A	r-1	JKA	$S^2_A = \frac{JKA}{r-1}$	$\frac{S^2_A}{S^2}$
Pengaruh B	c-1	JKB	$S^2_B = \frac{JKB}{c-1}$	$\frac{S^2_B}{S^2}$
Interaksi A dan B	(r-1)(c-1)	JKAB	$S^2_{AB} = \frac{JKAB}{(r-1)(c-1)}$	$\frac{S^2_{AB}}{S^2}$
Galat	rc(n-1)	JKG	$S^2 = \frac{JKG}{rc(n-1)}$	
Total	rcn-1	JKT		

Jumlah-jumlah kuadrat di atas dapat diperoleh melalui rumus hitung sebagai berikut (Hifni, 1992 : 76) :

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{n^2 \dots}{rcn}$$

$$\text{Bila } \frac{n^2 \dots}{rcn} = FK$$

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - FK$$

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2 \dots}{cn} - FK$$

$$JKB = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{rn} - FK$$



BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian *Thermal Shock*

4.1.1 Contoh Perhitungan Data

Perhitungan prosentase kerusakan lapisan khrom akibat *thermal shock* dengan waktu 5 menit dan konsentrasi pickling 3%:

$$\begin{aligned} \text{Luas spesimen sebelum diplating } (A_0) &= 2(60 \times 30) + 2(60 \times 0.2) + 2(30 \times 0.2) \text{ mm}^2 \\ &= 3600 + 24 + 6 \text{ mm}^2 \\ &= 3630 \text{ mm}^2 \\ &= 3,63 \text{ dm}^2 \end{aligned}$$

Ketebalan lapisan khrom : $19 \mu\text{m} = 0,019 \text{ mm}$

Jadi luas spesimen setelah diplating (A) :

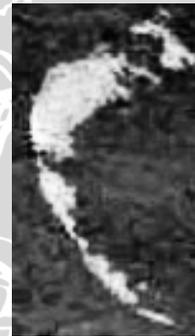
$$2(60,019 \times 30,019) + 2(60,019 \times 0,219) + 2(30,019 \times 0,219) \text{ mm}^2 = 3704.77 \text{ mm}^2$$

Foto spesimen setelah *thermal shock*.



Gambar a.

Foto spesimen setelah *thermal shock*.
Kerusakan ditunjukkan oleh kotak warna merah



Gambar b.

Foto makro luasan lapisan khrom yang terkelupas dengan menggunakan mikroskop perbesaran 10 kali.

Dengan menggunakan millimeter blok, dimana 1 mm^2 pada millimeter blok mewakili 10 mm^2 pada spesimen. Dari hasil perhitungan, luas lapisan khrom terkelupas (P) : 150 mm^2

Perhitungan prosentase kerusakan lapisan khrom akibat *thermal shock* :

$P/P_0 \times 100\%$, dimana P = luas kerusakan lapisan khrom setelah di *thermal shock*

P_0 = luas spesimen sebelum di *thermal shock*

$$(150/3704.77) \times 100\% = 0.4049\%$$

4.1.2 Data pengujian Ketahanan *Thermal Shock*

Data hasil pengujian ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom pada baja ditabelkan pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Kerusakan akibat *thermal shock* (%)

Variabel		Konsentrasi pickling			
		3	7	11	15
Waktu Pickling	5	0.4049	0.2864	0.2380	0.1624
		0.3593	0.3056	0.2342	0.1463
		0.3644	0.2594	0.2355	0.1478
	10	0.2972	0.2353	0.1572	0.1112
		0.2621	0.1949	0.1678	0.1097
		0.2894	0.2166	0.1639	0.1032
	15	0.2448	0.1707	0.1085	0.0652
		0.2380	0.1678	0.1195	0.0788
		0.2301	0.1761	0.1249	0.0802
	20	0.2030	0.1370	0.0829	0.0354
		0.1883	0.1166	0.0679	0.0286
		0.1787	0.1195	0.0762	0.0191

4.2 Analisis Statistik

4.2.1 Analisis Varian

Dari hasil pengujian di atas dilakukan analisis varian dua arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh waktu dan konsentrasi *pickling* pada proses elektroplating serta interaksi dari keduanya terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom pada baja Tin Mill Black Plate.

Dengan menjumlahkan data pada tiap sel pengujian, maka tabel pengujian dapat dirubah menjadi tabel berikut:

Tabel 4.2 Kerusakan akibat *thermal shock* (%)

variabel		Konsentrasi pickling				Σ
		3	7	11	15	
Waktu Pickling	5	1.1286	0.8514	0.7077	0.4566	3.1443
	10	0.8487	0.6468	0.4890	0.3241	2.3086
	15	0.7129	0.5147	0.3529	0.2242	1.8046
	20	0.5700	0.3731	0.2270	0.0830	1.2531
Σ		3.2602	2.3860	1.7765	1.0879	8.5106

Dengan menggunakan perhitungan statistik diperoleh data sebagai berikut :

- Faktor koreksi (FK) :

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{\left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \right]^2}{rcn} \\ &= \frac{8,5106^2}{4 \times 4 \times 3} = 1.508964 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT) :

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \text{FK} \\ &= [(0.4049)^2 + (0.3593)^2 + (0.3644)^2 + \dots + (0.0191)^2] - 1,508964 \\ &= 0.383371 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh A (JKA) :

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{\sum_{i=1}^r T_{i\dots}^2}{cn} - \text{FK} \\ &= \frac{\{(3.1443)^2 + (2.3086)^2 + (1.8046)^2 + (1.2531)^2\}}{4 \times 3} - 1,508964 \\ &= 0.161287 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh B (JKB) :

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{\sum_{j=1}^c T_{j\dots}^2}{rn} - \text{FK} \\ &= \frac{\{(3.2602)^2 + (2.3860)^2 + (1.7765)^2 + (1.0879)^2\}}{4 \times 3} - 1,508964 \\ &= 0.212818 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \text{FK} \\ &= \frac{\{(1.1286)^2 + (0.8487)^2 + (0.7129)^2 + \dots + (0.0830)^2\}}{3} - 1,508964 \\ &= 0.378078 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB) :

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 0.378078 - 0.161287 - 0.212818 \\ &= 0.003973 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat pengaruh interaksi A dan B (JKAB) :

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKA} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\ &= 0.383371 - 0.161287 - 0.212818 - 0.003973 \\ &= 0.005293 \end{aligned}$$

- Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :

$$1. S_A^2 = \frac{\text{JKA}}{r-1} = \frac{0.1613}{4-1} = 0.053762$$

$$2. S_B^2 = \frac{\text{JKB}}{c-1} = \frac{0.2128}{4-1} = 0.070939$$

$$3. S_{AB}^2 = \frac{\text{JKAB}}{(r-1)(c-1)} = \frac{0.0039}{(3)(3)} = 0.000441$$

$$4. S^2 = \frac{\text{JKG}}{r c (n-1)} = \frac{0,0053}{(16)(2)} = 0.000165$$

- Nilai F hitung dari masing-masing sumber keragaman sebagai berikut:

1. Untuk faktor A :

$$F_{A \text{ hitung}} = \frac{S_A^2}{S^2} = \frac{0,0537}{0.0002} = 325.039158$$

2. Untuk faktor B :

$$F_{B \text{ hitung}} = \frac{S_B^2}{S^2} = \frac{0.0709}{0,0001} = 428.890516$$

3. Untuk faktor AB :

$$F_{AB \text{ hitung}} = \frac{S_{AB}^2}{S^2} = \frac{0,0004}{0,0001} = 2.669008$$

Tabel 4.3 Hasil Analisis Varian Dua Arah

Sumber Keragaman	db	JK	varian	F hitung	F tabel
pengaruh A	3	0.1613	0.0538	325.0392	2.92
pengaruh B	3	0.2128	0.0709	428.8905	2.92
interaksi A&B	6	0.0040	0.0004	2.6690	2.42
galat	32	0.0053	0.0002		
total	47	0.3834			

Keterangan :

A = waktu pada proses elektroplating

B = konsentrasi pickling pada proses elektroplating

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 4.8 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$, maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata variasi waktu *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom dengan tingkat keyakinan 95 %.
2. $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$, maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata variasi konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom dengan tingkat keyakinan 95 %.
3. $F_{AB} \text{ hitung} > F_{AB} \text{ tabel}$, maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata perlakuan interaksi dari waktu dan konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom dengan tingkat keyakinan 95 %.

4.2.2 Analisis Regresi

Dari data pengujian yang diperoleh, maka dapat dilakukan analisa regresi. Analisa regresi ini bertujuan untuk mengetahui persamaan serta besar hubungan antara waktu dan konsentrasi *pickling* serta interaksi keduanya terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*.

Persamaan regresi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model persamaan polinomial orde dua, dengan persamaan umum sebagai berikut :

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 \quad (4-1)$$

4.1.2.1 Analisis Regresi Pengaruh Waktu terhadap Ketahanan *Thermal Shock* Hasil Elektroplating

Untuk persamaan regresi pengaruh antara waktu dan konsntrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating dilakukan untuk masing-masing konsentrasi *pickling* yaitu 3 %, 7 %, 11 %, 15 %. Sebagai contoh untuk mencari persamaan regresi polinomial digunakan data persentase kerusakan akibat thermal shock untuk konsentrasi *pickling* sebesar 3 %.

Tabel 4.4 Data persentase kerusakan akibat *thermal shock* hasil elektroplating khrom untuk konsentrasi *pickling* sebesar 3 %.

X	Y	X ²	Y ²	X ³	X ⁴	X ² Y	X _i Y _i
5	0.4049	25	0.1639	125	0.0664	253.0522	2.0244
5	0.3593	25	0.1291	125	0.0464	224.5931	1.7967
5	0.3644	25	0.1328	125	0.0484	227.7470	1.8220
10	0.2972	100	0.0883	1000	0.0263	2972.0585	2.9721
10	0.2621	100	0.0687	1000	0.0180	2620.8153	2.6208
10	0.2894	100	0.0837	1000	0.0242	2893.8398	2.8938
15	0.2448	225	0.0599	3375	0.0147	12390.9421	3.6714
15	0.2380	225	0.0566	3375	0.0135	12048.6509	3.5700
15	0.2301	225	0.0530	3375	0.0122	11649.3312	3.4517
20	0.2030	400	0.0412	8000	0.0084	32486.1522	4.0608
20	0.1883	400	0.0355	8000	0.0067	30133.4190	3.7667
20	0.1787	400	0.0319	8000	0.0057	28587.8140	3.5735
150	3.2602	2250	0.9447	37500	0.2907	136488.4153	36.2238

Untuk memperoleh koefisien regresi dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 3.2602 &= 12 b_0 + 150 b_1 + 2250 b_2 \\ 36.2238 &= 150 b_0 + 2250 b_1 + 37500 b_2 \\ 136488.4153 &= 2250 b_0 + 37500 b_1 + 0.2907 b_2 \end{aligned}$$

Dengan menyelesaikan persamaan di atas, maka diperoleh harga-harga koefisien regresi yaitu :

$$b_0 = 0,3246$$

$$b_1 = -0,1591$$

$$b_2 = 0,0003$$

Sehingga diperoleh persamaan regresi untuk ketahanan terhadap *thermal shock* hasil elektroplating dengan konsentrasi *pickling* sebesar 3 % yaitu :

$$Y = 0,0003x^2 - 0,1591x + 0,3246$$

Dengan :

$$Y = \text{Kerusakan akibat } thermal \ shock$$

$$X = \text{waktu pada proses elektroplating}$$

Untuk perhitungan koefisien korelasi dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Perhitungan koefien korelasi data ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating

X	Y	X ²	Y ²	X ³	X ⁴	X ² Y	X _i Y _i	(Y-Y _{mean}) ²
5	0.2864	25	0.0820	125	0.0235	178.9990	1.4320	0.0077
5	0.3056	25	0.0934	125	0.0285	191.0070	1.5281	0.0114
5	0.2594	25	0.0673	125	0.0175	162.1123	1.2969	0.0037
10	0.2353	100	0.0554	1000	0.0130	2352.9352	2.3529	0.0013
10	0.1949	100	0.0380	1000	0.0074	1949.1691	1.9492	0.0000
10	0.2166	100	0.0469	1000	0.0102	2165.7435	2.1657	0.0003
15	0.1707	225	0.0291	3375	0.0050	8642.6954	2.5608	0.0008
15	0.1678	225	0.0282	3375	0.0047	8497.1592	2.5177	0.0010
15	0.1761	225	0.0310	3375	0.0055	8917.0667	2.6421	0.0005
20	0.1370	400	0.0188	8000	0.0026	21917.0377	2.7396	0.0038
20	0.1166	400	0.0136	8000	0.0016	18662.0321	2.3328	0.0068
20	0.1195	400	0.0143	8000	0.0017	19114.8240	2.3894	0.0063
150	2.3860	2250	0.5179	37500	0.1211	92750.7812	25.9071	0.0435

Keterangan :

$$Y_{\text{mean}} = \text{Nilai rata-rata } Y_i$$

Koefisien korelasi dari model regresi polynomial dinyatakan dengan huruf R^2 yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R^2 = \frac{\left\{ b_1 \left(\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n} \right) + b_2 \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i}{n} \right) \right\}}{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{\text{mean}})^2} \times 100\%$$

$$\frac{\left\{ -0,0159 \left(24,4935 - \frac{150(24,4935)}{12} \right) + 0,0003 \left(92,270,7150 - \frac{(20250)(24,4935)}{12} \right) \right\}}{0,0270} \times 100\%$$

$$R^2 = 0,98329$$

Dengan cara yang sama, maka akan didapatkan persamaan regresi dan koefisien determinasi sebagai berikut :

- Untuk konsentrasi *pickling* 7 %

$$Y = 0,00014x^2 - 0,01063x + 0,24058$$

$$R^2 = 0,99728$$

- Untuk konsentrasi *pickling* 11 %

$$Y = 0,00021x^2 - 0,01236x + 0,21522$$

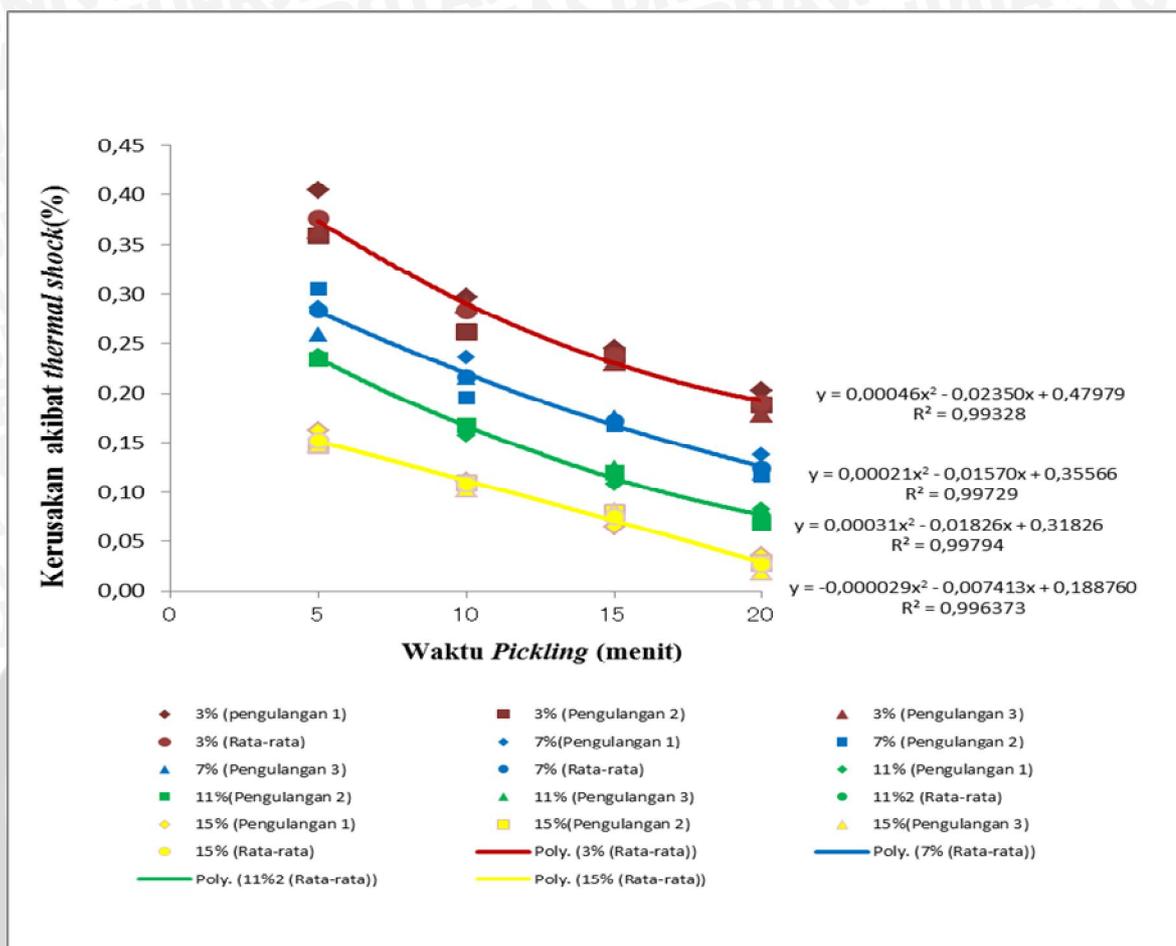
$$R^2 = 0,99795$$

- Untuk konsentrasi *pickling* 15 %

$$Y = -0,000019x^2 - 0,005020x + 0,127617$$

$$R^2 = 0,99638$$

Dari persamaan di atas dapat digambarkan dalam grafik hubungan waktu terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating.



Gambar 4.1 Grafik hubungan waktu terhadap Ketahanan *themal shock* hasil elektroplating khrom pada baja Tin Mill Black Plate

4.1.2.2 Analisis Regresi Pengaruh Konsentrasi *Pickling* terhadap Ketahanan *Thermal Shock* Hasil Elektroplating Krom

Untuk persamaan regresi pengaruh konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating dilakukan untuk masing-masing variasi waktu. Dari data yang didapat, maka persamaan regresi yang digunakan persamaan regresi polinomial seperti persamaan 4-1 dengan perhitungan yang sama dengan di atas, maka diperoleh persamaan regresi polinomial untuk pengaruh konsentrasi pickling terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating adalah sebagai berikut :

- Untuk waktu *pickling* 5 menit

$$Y = 0,0001x^2 - 0,0139x + 0,2925$$

$$R^2 = 0,9877$$

- Untuk waktu *pickling* 10 menit

$$Y = 0,0001x^2 - 0,0121x + 0,2259$$

$$R^2 = 0,966$$
- Untuk waktu *pickling* 15 menit

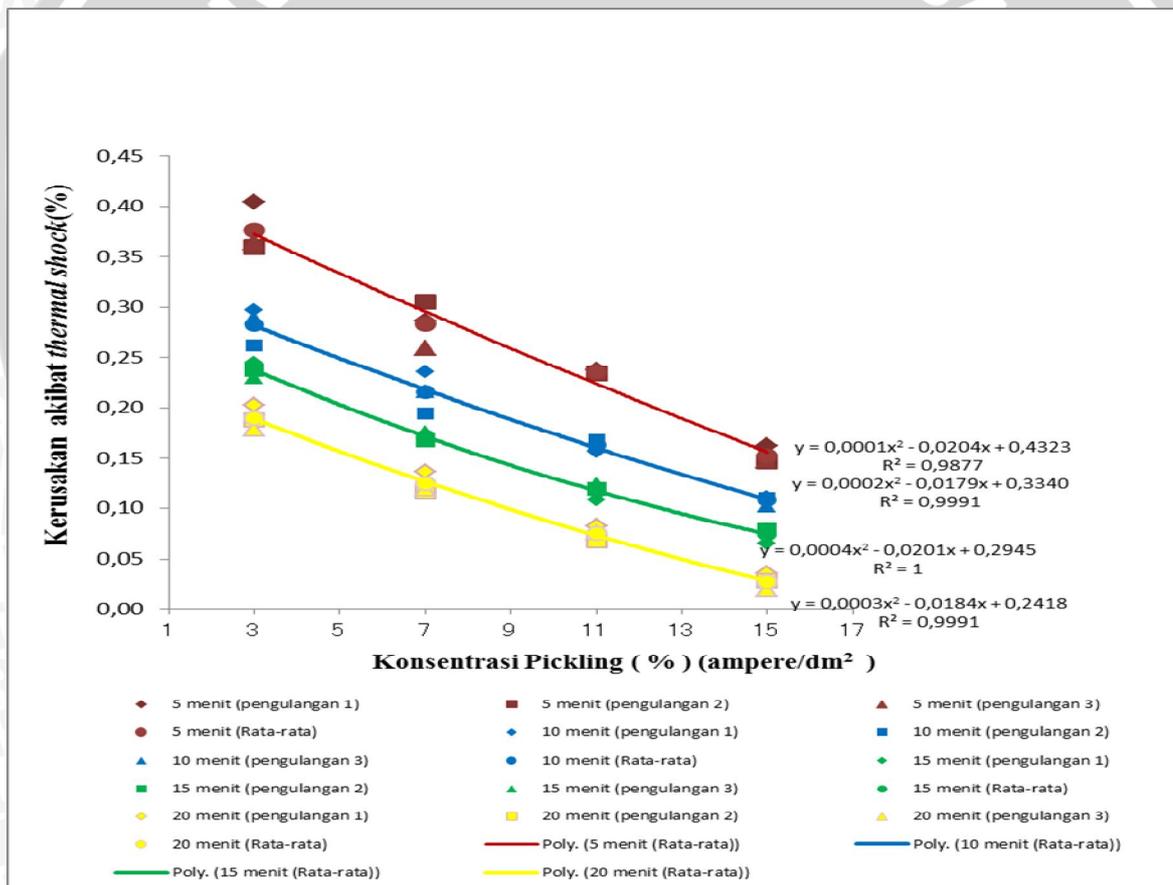
$$Y = 0,001x^2 - 0,013x - 0,199$$

$$R^2 = 0,999$$
- Untuk waktu *pickling* 20 menit

$$Y = 0,0002x^2 - 0,01214x + 0,1635$$

$$R^2 = 0,998$$

Persamaan di atas dapat digambarkan dengan grafik 4.2 hubungan konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating.



Gambar 4.2 Grafik hubungan konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil electroplating khrom pada baja Tin Mill Black Plate

4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisis Pengaruh Waktu *pickling* terhadap Ketahanan *Thermal Shock* Hasil Elektroplating Khrom

Pada grafik 4.1 terlihat bahwa terdapat hubungan antara waktu terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating. Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan trend data perubahan persentase kerusakan akibat *thermal shock* dengan semakin lamanya waktu pelapisan. Sumbu horizontal adalah lama waktu *pickling* sedangkan sumbu vertikal adalah prosentase kerusakan akibat *thermal shock* dimana semakin kecil kerusakan akibat *thermal shock* maka semakin besar tingkat ketahanan *thermal shock* lapisan khrom hasil elektroplating.

Untuk semua variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit terdapat kecenderungan penurunan nilai persentase kerusakan akibat *thermal shock* atau dalam arti lain mempunyai ketahanan *thermal shock* yang semakin baik. Analisa varian data ketahanan *thermal shock* dengan waktu *pickling* 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit didapatkan bahwa $F_{hitung} = 325,0392$ sedangkan $F_{tabel} = 2,92$. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ yang artinya waktu *pickling* pada proses elektroplating berpengaruh terhadap ketahanan *thermal shock* baja Tin Mill Black Plate. Berdasarkan analisa regresi data hasil pengujian ketahanan *thermal shock* didapatkan persamaan regresi yang menyatakan fungsi simpangan waktu *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* pada konsentrasi *pickling* 3 % yakni :

$$y = 0,00046x^2 - 0,02350x + 0,47979$$

Pada grafik terlihat bahwa pada waktu *pickling* 5 menit sampai 20 menit, sesuai dengan persamaan regresi diperoleh penurunan prosentase rata-rata kerusakan akibat *thermal shock* dari 0,2545 % sampai dengan 0,1284%. Pada waktu *pickling* 5 menit didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,2545 %, pada waktu *pickling* 10 menit didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,1913 %, pada waktu *pickling* 15 menit didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,1607 % dan pada waktu *pickling* 20 menit didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,1284 %.

Hal ini menunjukkan bahwa proses elektroplating yang diberikan pada material uji baja Tin Mill Black Plate dengan peningkatan waktu *pickling* berhasil meningkatkan ketahanan akibat *thermal shock* dari lapisan khrom tersebut. Ini bisa dilihat dari menurunnya kerusakan yang terjadi pada lapisan khrom hasil elektroplating dengan waktu *pickling* mulai 5 menit sampai 20 menit. Begitu pula yang terjadi pada peningkatan waktu *pickling* pada konsentrasi *pickling* 7%; 11% dan 15%. Data

menunjukkan bahwa semakin besar waktu pickling akan menurunkan kerusakan pada lapisan khrom akibat *thermal shock* atau dalam arti lain semakin meningkatkan ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating pada material baja Tin Mill Black Plate .

Jadi hal ini disebabkan bahwa ketahanan *thermal shock* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pickling karena pada saat proses *pickling* yang terjadi adalah proses penghilangan lapisan oksida dari permukaan logam secara kimiawi dengan cara mencelupkan kedalam larutan asam sehingga semakin lama waktu pencelupan maka akan semakin bersih dalam batas tertentu lapisan oksida yang dihilangkan dari permukaan benda kerja. Dan disamping itu fungsi *pickling* untuk membuka pori-pori pada permukaan logam agar lebih mudah menangkap logam pelapis sehingga ikatan antar atom baja sebagai logam dasar dan khrom sebagai logam pelapis akan semakin kuat, dengan demikian kerusakan akibat *thermal shock* akan semakin menurun dengan bertambahnya waktu.

4.3.2 Analisis Pengaruh Konsentrasi *pickling* terhadap Ketahanan *Thermal Shock* Hasil Elektroplating khrom

Pada grafik 4.2 terlihat bahwa terdapat hubungan antara konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating. Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan trend data perubahan persentase kerusakan akibat *thermal shock* dengan semakin lamanya konsentrasi pickling. Sumbu horizontal adalah lama konsentrasi *pickling* sedangkan sumbu vertikal adalah prosentase kerusakan akibat *thermal shock* dimana semakin kecil kerusakan akibat *thermal shock* maka semakin besar tingkat ketahanan *thermal shock* lapisan khrom hasil elektroplating.

Untuk semua variasi konsentrasi *pickling* 3 %, 7 %, 11 %, 15 % terdapat kecenderungan penurunan nilai persentase kerusakan akibat *thermal shock* atau dalam arti lain mempunyai ketahanan *thermal shock* yang semakin baik. Analisa varian data ketahanan *thermal shock* dengan konsentrasi pickling 3 %, 7 %, 11 %, 15 % didapatkan bahwa $F_{hitung} = 428,8905$ sedangkan $F_{tabel} = 2,92$. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ yang artinya konsentrasi pickling pada proses elektroplating berpengaruh terhadap ketahanan *thermal shock* baja Tin Mill Black Plate. Berdasarkan analisa regresi data hasil pengujian ketahanan *thermal shock* didapatkan persamaan regresi yang menyatakan fungsi simpangan konsentrasi *pickling* terhadap ketahanan *thermal shock* pada waktu *pickling* 5 menit yakni :

$$y = 0,0001x^2 - 0,0204x + 0,4323$$

Pada grafik terlihat bahwa pada konsentrasi pickling 3 % sampai 15 %, sesuai dengan persamaan regresi diperoleh penurunan prosentase rata-rata kerusakan akibat *thermal shock* dari 0,2545 % sampai dengan 0,1029%. Pada konsentrasi pickling 3 % didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,2545 %, pada konsentrasi pickling 7 % didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,1919 %, pada konsentrasi pickling 11 % didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,1595 % dan pada konsentrasi pickling 15 % didapatkan kerusakan akibat *thermal shock* 0,1029 %.

Hal ini menunjukkan bahwa proses elektroplating yang diberikan pada material uji baja Tin Mill Black Plate dengan peningkatan konsentrasi pickling berhasil meningkatkan ketahanan akibat *thermal shock* dari lapisan khrom tersebut. Ini bisa dilihat dari menurunnya kerusakan yang terjadi pada lapisan khrom hasil elektroplating dengan konsentrasi pickling mulai 3 % sampai 15 %. Begitu pula yang terjadi pada peningkatan konsentrasi pickling pada waktu pickling 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Data menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi pickling akan menurunkan kerusakan pada lapisan khrom akibat *thermal shock* atau dalam arti lain semakin meningkatkan ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating pada material baja Tin Mill Black Plate.

Jadi hal ini disebabkan karena konsentrasi asam berpengaruh terhadap efisiensi pickling (ASM Handbook, 350; 349). Peningkatan konsentrasi asam akan mempercepat laju penghilangan lapisan oksida pada permukaan logam, bahwa semakin besar konsentrasi zat-zat yang bereaksi maka semakin cepat reaksinya berlangsung, hal ini disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara ion-ion yang muatannya berlawanan, ini terjadi karena ion hidrogen yang merupakan ion yang aktif akan meningkat bila konsentrasi asam meningkat. Untuk peningkatan konsentrasi akan menyebabkan meningkatnya laju reaksi, berbagai reaksi yang melibatkan zat cair dan gas. Supaya suatu reaksi dapat berlangsung, partikel-partikel tersebut pertama-tama haruslah bertumbukan, hal ini berlaku ketika dua partikel itu larutan atau salah satu larutan dan satunya lagi benda padat. Jika konsentrasinya tinggi, kemungkinan untuk bertumbukan pun semakin besar, sehingga laju reaksi akan meningkat.

Di dalam tumbukan yang melibatkan partikel-partikel yang tidak simetris, partikel tersebut akan bertumbukan untuk menentukan dapat atau tidaknya suatu reaksi terjadi walaupun partikel-partikel itu berorientasi dengan baik, partikel tidak dapat bereaksi jika partikel-partikel tersebut tidak dapat bertumbukan melampaui energi minimum. Hanya tumbukan yang memiliki energi sama atau lebih besar dari aktivasi

energi yang dapat menghasilkan terjadinya reaksi, sehingga bila dalam waktu pencelupan yang sama dengan bertambahnya konsentrasi larutan *pickling* akan dihasilkan permukaan benda kerja yang semakin bersih dari lapisan oksida yang ada, sehingga daya rekat dari logam pelapis akan semakin baik, sehingga kerusakan yang ditimbulkan akibat *thermal shock* menurun dengan demikian ketahanan *thermal shock* akan semakin baik

Tetapi apabila jika logam dimasukkan kedalam asam maka akan terjadi reaksi sisa asam tersebut akan ditangkap oleh logam dan membentuk ikatan di permukaan logam, dari hasil reaksi ini juga menghasilkan gas H₂, dapat ditulis sebagai berikut :



Hal ini dapat terlihat pada contoh nyata yang dipakai pada penelitian ini yaitu *pickling* dengan asam klorida :



Dari reaksi ini dipastikan jika konsentrasi asam terlalu besar maka sisa asam yang berkaitan dengan logam juga besar, karena sisa asam yang besar akan mengakibatkan logam yang direndam semakin porous sehingga menyebabkan benda kerja semakin kasar permukaannya dikarenakan oleh logam induk yang hilang semakin banyak oleh penetrasi dari asam. Hal tersebut dapat menghambat mengalirnya arus positif ke negatif dan dapat menyebabkan pelapisan tidak rata atau bahkan mudah terlepas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Ketahanan *thermal shock* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu *pickling*, dengan demikian kerusakan akibat *thermal shock* akan semakin menurun dengan bertambahnya waktu.
2. Peningkatan konsentrasi asam akan mempercepat laju penghilangan lapisan oksida pada permukaan logam bahwa semakin besar konsentrasi zat-zat yang bereaksi maka semakin cepat reaksinya berlangsung, sehingga kerusakan yang ditimbulkan akibat *thermal shock* menurun dengan demikian ketahanan *thermal shock* akan semakin baik
3. Peningkatan waktu dan konsentrasi *pickling* berpengaruh terhadap ketahanan *thermal shock* hasil elektroplating khrom. Semakin lama waktu dan semakin besar konsentrasi *pickling* akan mempercepat laju penghilangan lapisan oksida pada permukaan logam sehingga ikatan antar ion antar logam pelapis akan semakin meningkat sehingga ketahanan *thermal shock* dari lapisan khrom hasil elektroplating akan meningkat.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang struktur mikro lapisan hasil proses elektroplating
2. Variabel yang dikonstankan hendaknya benar – benar dikontrol untuk mendapatkan hasil yang optimal.
3. Air yang digunakan sebagai pelarut dalam elektrolit hendaknya digunakan air yang bersih.