

**PENGARUH KONSENTRASI *NICKEL SULPHATE* (NiSO_4)
PADA LARUTAN *WATTS* TERHADAP KETAHANAN AUS
DAN *THERMAL SHOCK* HASIL ELEKTROPLATING**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

ADHEN BAGUSSA UTOMO

NIM. 0310620007-62

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2007

**PENGARUH KONSENTRASI *NICKEL SULPHATE* (NiSO_4)
PADA LARUTAN *WATTS* TERHADAP KETAHANAN AUS
DAN *THERMAL SHOCK* HASIL ELEKTROPLATING**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

ADHEN BAGUSSA UTOMO

NIM. 0310620007-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Wahyono Suprpto, MT, Met.

NIP : 131 574 486

Eko Siswanto, ST, MT.

NIP : 132 206 463

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan pada jenjang Strata satu (S1) Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Sekaligus menjadi kesempatan bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan semua teori dan materi yang diterima di bangku kuliah.

Pada kesempatan ini, dengan tulus penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak dosen pembimbing I skripsi.
2. Bapak dosen pembimbing II skripsi.
3. Bapak Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Ayah dan Bunda yang tiada henti-hentinya memberi semangat, biaya dan doa hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
6. Para asisten Laboratorium PP1 dan asisten Laboratorium Metalurgi atas segala bantuan, dukungan dan semangat yang diberikan.
7. Semua teman-teman S1 Teknik Mesin Universitas Brawijaya, khususnya angkatan 2003 yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman di Sunan Drajat 12, teman-teman di ITS dan seluruh teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa penyusunan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Dan akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 15 Juli 2007

Penulis

RINGKASAN

ADHEN BAGUSSA UTOMO, 2007, Pengaruh Konsentrasi NiSO₄ pada Larutan Watts Terhadap Ketahanan Aus dan Thermal Shock Hasil Elektroplating, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Dosen Pembimbing : **Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met. dan Eko Siswanto, ST, MT.**

Pelapisan logam merupakan salah satu penerapan bidang elektrokimia. Dimana logam, khususnya baja seperti juga benda – benda non logam lainnya dapat mengalami kerusakan yang berujung pada penurunan kualitas dan berkurangnya fungsi dari benda tersebut. *Electroplating* merupakan salah satu proses pelapisan pada permukaan logam. Pada proses *electroplating*, nikel banyak dipergunakan sebagai logam pelapis dikarenakan mempunyai sifat yang keras, dapat dipergunakan dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap gesekan dan temperatur tinggi serta dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Pada aplikasinya diharapkan pelapisan yang dialami oleh benda kerja tidak mengalami kerusakan dikarenakan satu kerusakan kecil pada lapisan maka akan menyebabkan timbulnya kerusakan – kerusakan lain disekitar lapisan pertama yang rusak. Karena kerusakan pertama dapat memicu timbulnya kerusakan – kerusakan lainnya.

Dengan mengambil parameter dari proses elektroplating nikel yaitu konsentrasi NiSO₄, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NiSO₄ terhadap ketahanan aus dan *thermal shock* pada hasil elektroplating. Penelitian ini menggunakan material benda kerja baja AISI 1020 dan larutan *Watts* sebagai elektrolitnya. Dari variasi konsentrasi sebesar 200 gram/liter, 220 gram/liter, 240 gram/liter, 260 gram/liter, dan 280 gram/liter diketahui dengan menggunakan analisa statistik bahwa perubahan konsentrasi dalam proses elektroplating mempunyai pengaruh nyata terhadap ketahanan aus dan *thermal shock* pada hasil elektroplating. Dimana nilai ketahanan aus tertinggi terjadi pada konsentrasi 280 gram/liter dan pada konsentrasi terendah yaitu 200 gram/liter telah mempunyai ketahanan *thermal shock* yang cukup baik.

Kata Kunci : Konsentrasi NiSO₄, Ketahanan Aus, *Thermal Shock*, Elektroplating

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
RINGKASAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Pelapisan Logam Secara Listrik (<i>Electroplating</i>)	4
2.3 Pembersihan dan Penghalusan	7
2.3.1 Pembersihan Secara Mekanis	7
2.3.2 Pembersihan Secara Kimia	8
2.5 Elemen Sel Elektrolitik	9
2.5.1 Larutan <i>Electrolyte</i> Pelapisan Nikel	9
2.5.2 Pengaliran Arus	9
2.5.3 Elektroda	10
2.6 Nikel	10
2.7 Hukum Faraday	11
2.8 Potensial Elektrode	12
2.9 Polarisasi	14
2.10 Keausan	14
2.11 <i>Thermal Shock</i>	15

2.12 Hipotesa	16
---------------------	----

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	17
3.2 Variabel Penelitian	17
3.2.1 Variabel bebas	17
3.2.2 Variabel yang Dikonstankan	17
3.2.3 Variabel Terikat	18
3.3 Bahan yang Digunakan	18
3.4 Alat Penelitian	19
3.5 Prosedur Percobaan	22
3.6 Diagram Alir Penelitian	24
3.7 Rencana Pengolahan dan Analisis Data	25
3.7.1 Rancangan Penelitian	25
3.7.2 Uji Kecukupan Data Observasi	25
3.7.3 Analisa Statistik	28

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian	30
4.1.1 Data Berat Pelapisan	30
4.1.2 Data Pengujian Ketahanan Aus	31
4.1.3 Data Pengujian Ketahanan <i>Thermal Shock</i>	32
4.2 Pengolahan Data	33
4.2.1 Uji Kecukupan Data Observasi	33
4.2.2 Analisa Statistik	38
4.2.3 Analisa Regresi	42
4.3 Pembahasan	45
4.3.1 Analisa Hubungan Konsentrasi NiSO ₄ Terhadap Ketahanan Aus ...	46
4.3.2 Analisa Sebaran Data Uji <i>Thermal Shock</i> Nikel Deposit	48

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN



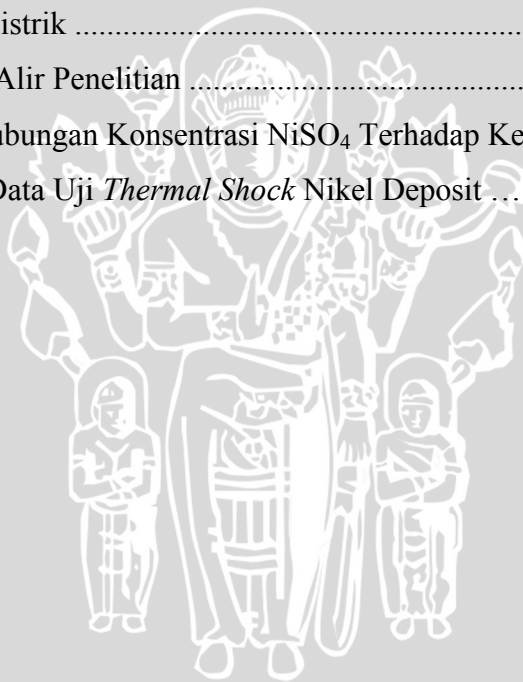
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	25
Tabel 3.2 Analisis Varian Satu Arah	25
Tabel 3.3 Analisis Varian Satu Arah	28
Tabel 4.1 Data Berat Pelapisan	30
Tabel 4.2 Data Berat Hilang Karena Keausan	31
Tabel 4.3 Data Laju Keausan	31
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Ketahanan <i>Thermal Shock</i>	32
Tabel 4.5 Data Pengujian Kecukupan Data Observasi Ketahanan Aus	33
Tabel 4.6 Data Pengujian Kecukupan Data Observasi <i>Thermal Shock</i>	36
Tabel 4.7 Analisa Varian Data Pengujian Ketahanan Aus	39
Tabel 4.8 Analisa Varian Data Pengujian <i>Thermal Shock</i>	41
Tabel 4.9 Data Regresi Ketahanan Aus	42
Tabel 4.10 Data Analisa Koefisien Korelasi Data Pengujian Ketahanan Aus ...	43
Tabel 4.11 Efisiensi Pelapisan	45



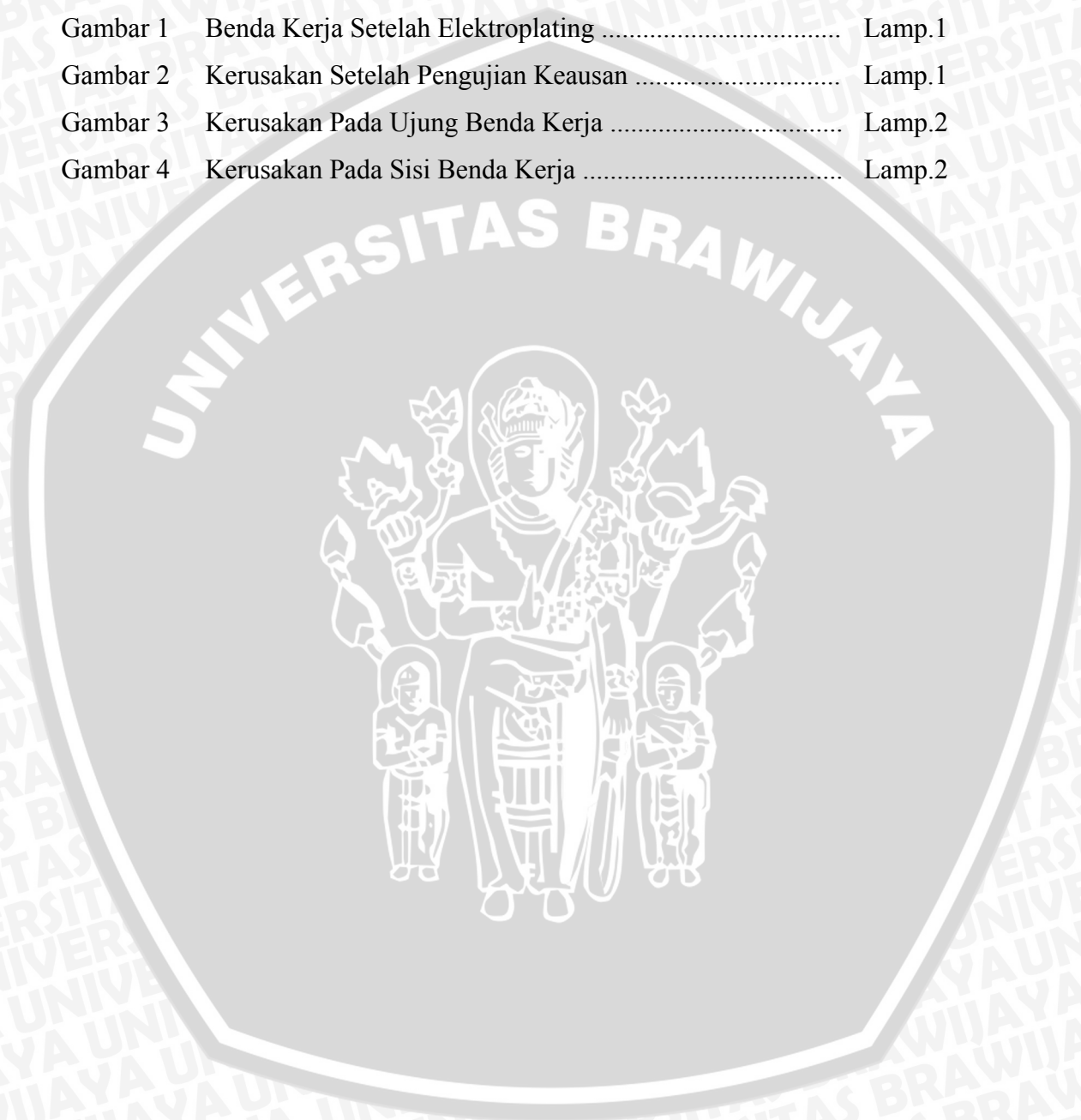
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Elektroplating	6
Gambar 3.1 Ukuran Benda Kerja	18
Gambar 3.2 Timbangan Digital	19
Gambar 3.3 Catu Daya	20
Gambar 3.4 Bak Elektroplating	20
Gambar 3.5 Bak <i>Pickling</i>	21
Gambar 3.6 Instalasi Uji Ketahanan Aus	21
Gambar 3.7 Tungku Listrik	22
Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Konsentrasi NiSO ₄ Terhadap Ketahanan Aus...	46
Gambar 4.2 Sebaran Data Uji <i>Thermal Shock</i> Nikel Deposit	48



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Gambar 1 Benda Kerja Setelah Elektroplating	Lamp.1
Gambar 2 Kerusakan Setelah Pengujian Keausan	Lamp.1
Gambar 3 Kerusakan Pada Ujung Benda Kerja	Lamp.2
Gambar 4 Kerusakan Pada Sisi Benda Kerja	Lamp.2



BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

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, baja hendaknya diupayakan dengan perlakuan tertentu sehingga memiliki nilai manfaat maupun umur pakai yang lebih baik (Setiadji, Irwan K., 2006:1).

Baja merupakan salah satu logam yang banyak dipakai pada pekerjaan-pekerjaan di bidang mekanikal. Salah satu aplikasinya adalah pada lingkungan dengan kondisi yang temperaturnya berubah-ubah dimana diperlukan peralatan dari material dimana 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 dimana adalah salah satu penerapan teknologi elektrokimia. Kaitannya erat sekali dengan iptek bahan, kimia permukaan, kimia fisik sampai keteknikannya (Hartomo, Anton J., 1992:39).

Electroplating merupakan salah satu proses pelapisan pada permukaan logam. Keunggulan dari *electroplating* adalah dapat memperbaiki sifat mekanik bahan tanpa merubah sifat fisik dan mekanik asli dari bahan yang dilapisi serta dapat dikontrol tingkat ketebalan lapisannya dengan beberapa variasi. Maksud *electroplating* ialah demi tujuan penampilan (bagus, kilap, cemerlang), perlindungan (terhadap korosi), sifat khas permukaan, serta sifat mekanis tertentu (Hartomo, Anton J., 1992:25). Dengan kata lain untuk memberikan sifat-sifat tertentu, khususnya ketahanan aus dan ketahanan deri *thermal shock* pada material dapat dilakukan dengan proses *electroplating*.

Pada proses *electroplating*, nikel banyak dipergunakan sebagai logam pelapis karena lapisan nikel mempunyai sifat yang keras, dapat dipergunakan dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap gesekan dan temperatur

tinggi serta dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi (Wellman, Brush, 2002:1). Nikel mempunyai sifat yang keras, oleh karena itu dapat dipergunakan untuk meningkatkan ketahanan aus dan ketahanan dari *thermal shock* pada material. Hal ini berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Larutan yang dipergunakan dalam proses pelapisan nikel adalah larutan *Watts* yang terdiri dari nikel sulfat, nikel khlorida, dan asam borak. Pada larutan *Watts*, nikel sulfat memasok ion nikel dan nikel khlorida memasok khloridanya yang berguna untuk mencegah agar anoda tidak pasif (mencegah lapisan film). Sedangkan asam borak mengontrol pH film katoda (Loar, Gary W., 2006:1). Dengan kata lain bila larutan NiSO_4 sebagai pemasok ion nikel tersebut divariasikan kadarnya maka akan berpengaruh terhadap sifat-sifat dari permukaan hasil *electroplating*, khususnya ketahanan aus dan ketahanan dari *thermal shock*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari konsentrasi *Nickel Sulphate* (NiSO_4) pada larutan *Watts* terhadap ketahanan aus dan ketahanan dari *thermal shock* setelah dilakukan proses pelapisan nikel secara *electroplating*. Sehingga dapat diketahui ada tidaknya perubahan pada kedua sifat tersebut dengan adanya variasi konsentrasi NiSO_4 yang digunakan dalam proses pelapisan nikel secara *electroplating*.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

Bagaimanakah pengaruh variasi konsentrasi *Nickel Sulphate* (NiSO_4) dalam larutan *Watts* terhadap ketahanan aus dan ketahanan dari *thermal shock* pada proses pelapisan nikel secara *electroplating*?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda kerja yang digunakan adalah baja AISI 1020.

2. Waktu berlangsungnya proses pelapisan pada setiap benda kerja adalah sama.
3. Untuk ketahanan terhadap *thermal shock* hanya membahas persentase kerusakan yang ditimbulkan pada permukaan lapisan.
4. Pengaruh yang diamati difokuskan pada pengaruh dari konsentrasi NiSO_4 , sedangkan pengaruh yang lain dianggap konstan..

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

Mendapatkan konsentrasi NiSO_4 yang sesuai untuk elektroplating dengan tujuan meningkatkan ketahanan terhadap keausan dan *thermal shock*.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui konsentrasi NiSO_4 yang sesuai dalam larutan *Watts* yang digunakan dalam proses pelapisan nikel secara *electroplating* sehingga diperoleh hasil pelapisan yang optimal.
2. Serta menjadi dasar acuan sehingga dapat dilakukan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Gajendra Sharma, R. K. Yadava dan V. K. Sharma, 2006 telah melakukan penelitian dengan judul “*Characteristics of Electrocodeposited Ni-Co-SiC Composite Coating*”. Gajendra Sharma pada penelitian tersebut menjelaskan bahwa pelapisan material yang menggunakan komposit Ni-CO-SiC dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan terhadap korosi karena terdapat unsur nikel yang dapat meningkatkan kekerasan dari permukaan hasil pelapisan logam. Hal ini karena nikel merupakan logam yang sangat keras dan memiliki keuletan yang rendah dan sangat cocok diterapkan pada aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap keausan.

Penelitian lain dilakukan oleh Irwan Kartika Setiadji, 2006 yang berjudul ”Pengaruh Konsentrasi *Copper Cyanide* (CuCn) Terhadap Ketahanan Korosi dan *Thermal Shock* Hasil Elektroplating”. Pada penelitian tersebut menjelaskan bahwa konsentrasi CuCn pada pelapisan tembaga memberikan pengaruh yang besar terhadap *corrosion speed* dan ketahanan terhadap *thermal shock*. Pada penelitian tersebut meneliti baja yang dilapisi Nikel (Ni) dengan pelapis awal Tembaga (Cu). Oleh karena itu penelitian ini melanjutkan penelitian tersebut, yang mencoba menginvestigasi pengaruh konsentrasi NiSO₄ pada pelapisan nikel terhadap ketahanan aus dan *thermal shock*.

2.2 Pelapisan Logam Secara Listrik (*Electroplating*)

Salah satu cara untuk memperbaiki sifat permukaan logam adalah dengan menggunakan logam sebagai bahan pelapis. Hal itu karena lapisan logam merupakan penghalang yang baik antara permukaan logam dan lingkungan sekitarnya (Trethewey, K.R. dan J.Chamberlain, 1991:269). Sifat-sifat ideal bahan pelapis dari logam ini dapat diringkas sebagai berikut :

- a) Logam pelapis harus jauh lebih tahan terhadap serangan lingkungan dibanding logam yang dilindungi.

- b) Logam pelapis tidak boleh memicu korosi pada logam yang dilindungi seandainya mengalami goresan atau pecah di permukaannya.
- c) Sifat-sifat fisik, seperti kelenturan dan kekerasannya, harus cukup memenuhi persyaratan operasional struktur atau komponen bersangkutan.
- d) Metode pelapisannya harus bersesuaian dengan proses fabrikasi yang digunakan untuk membuat produk akhir.
- e) Tebal lapisan harus merata dan bebas dari pori-pori (persyaratan ini hampir tidak mungkin dipenuhi).

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 redoks yang terjadi dalam sel elektrolisis adalah sebagai berikut :



(Hartomo, Antón J., 1992:52)

Dengan adanya arus yang mengalir dari sumber (*power supply*), maka elektron ”dipompa” melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Dan dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari *electrolyte* maka akan menghasilkan logam yang melapis permukaan logam lain (deposit).

Ketebalan deposit dapat diperoleh dengan asumsi deposit sepanjang permukaan seragam. Untuk mengetahui ketebalan deposit maka harus diketahui *density* dari logam, dan hubungan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

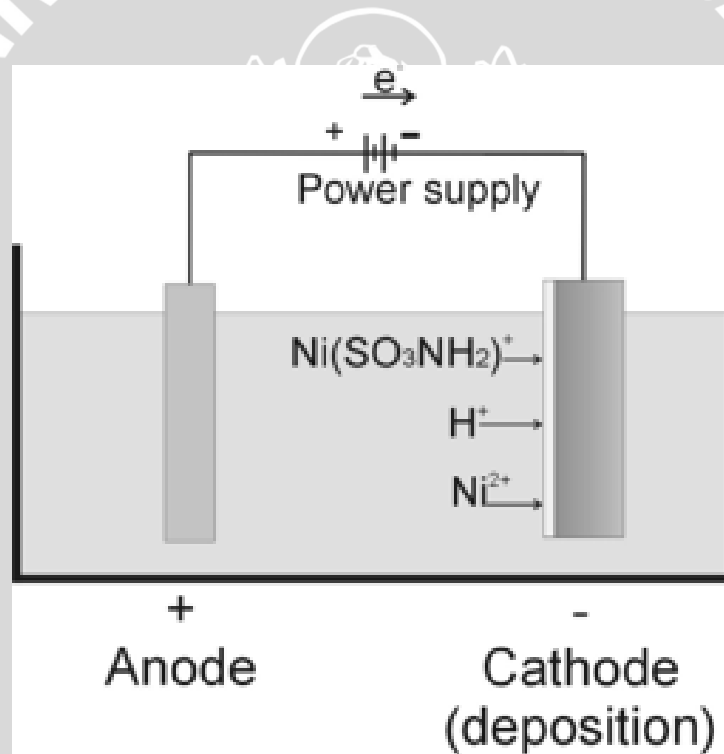
$$\text{Volume} = \frac{\text{berat}}{\text{densitas}} \quad (\text{cm}^3) \qquad (2-1)$$

Ketebalan deposit dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{volume}}{\text{luas}} \quad (\text{cm}) \qquad (2-2)$$

Keefektifan pelapisan logam dalam proses elektroplating dipengaruhi oleh banyak hal, antara lain *current density* yang digunakan, temperatur larutan, penempatan katoda, lamanya waktu pelapisan, dan sebagainya. Pada kondisi sebenarnya berat yang terbentuk akan lebih rendah daripada berat secara teoritis (berat menurut hukum FARADAY). Hal ini disebabkan karena arus listrik yang digunakan pada elektroplating tidak semua digunakan untuk pengendapan ion logam, namun juga terjadi reaksi-reaksi sampingan, yaitu :pelepasan hidrogen, dan pelepasan kalor pada larutan elektrolit.

Secara elektrokimia prosesnya dapat digambarkan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Proses elektroplating

(Sumber : tst.ewi.utwente.nl/research/microfabrication)

2.3 Pembersihan dan Penghalusan

2.3.1 Pembersihan secara mekanis

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

1. Penyemprotan pasir (*sand blasting*)

Sesuai dengan namanya, maka pembersihan benda kerja dilakukan dengan bantuan butiran pasir yang dalam hal ini biasanya dipergunakan butiran *ferro* atau pasir silika. Dalam pengerjaannya pasir disemprotkan dari tabung penyimpanan ke permukaan benda kerja dengan bantuan udara bertekanan yang dibangkitkan oleh kompresor.

Proses penyemprotan pasir ini dilakukan untuk benda-benda dengan permukaan yang kasar dan permukaan yang tidak mungkin dilakukan oleh alat lain karena bentuknya. Disini yang dimaksud adalah benda yang memiliki rongga di dalam atau alur-alur yang tidak bisa dibersihkan dengan menggunakan sikat.

2. Penyikatan (*brushing*)

Penyikatan dapat dilakukan dengan sikat manual atau mesin penyikat *portable*, tergantung pada besar benda yang akan dibersihkan.

3. Pemolesan (*polishing*)

Dilakukan untuk menghaluskan atau mengkilapkan benda kerja. Dalam proses ini digunakan pasta (*polishing paste*) untuk melancarkan proses pemolesan sehingga didapatkan bentuk permukaan yang halus.

4. 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.

2.3.2 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 lemak, parafin, paslin, dan jenis bahan organik lainnya.
- b) Karat dan oksida logam lainnya. Karat adalah oksida besi atau disebut juga korosi. Sedangkan pada logam lain juga terdapat oksida yang menempel pada permukaan logam tersebut.

Proses *pickling* adalah proses pembersihan/penghilangan lapisan oksida dari permukaan logam secara kimiawi dengan mencelupkan ke dalam larutan asam. Proses ini dilakukan sebelum suatu logam mengalami proses pelapisan.

Lapisan oksida pada permukaan logam harus dihilangkan karena akan mempengaruhi kelekatan logam pelapis dengan logam yang akan dilapisi. Fungsi lain dari *pickling* adalah untuk membuka pori-pori pada permukaan logam agar lebih mudah menangkap logam pelapis. Lapisan oksida yang ada pada permukaan logam akan terkikis sehingga akan mudah mereduksi logam yang akan dilapiskan pada saat proses pelapisan.

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 di bawah lapisan oksida tersebut akan meningkat sehingga lapisan oksida tersebut akan terlepas dari permukaan logam. Lapisan oksida tersebut juga bisa bereaksi dengan larutan asam sehingga akan terkikis dan larut di dalam larutan tersebut.

2.5 Elemen Sel Elektrolitik

2.5.1 Larutan *Electrolyte* Pelapisan Nikel

Electrolyte adalah larutan dimana terdapat komposisi kimia yang akan terpisah menjadi ion-ion apabila hasil pemisahan ini menjadikan larutan tersebut bersifat sebagai penghantar listrik.

Fungsi *electrolyte* disini adalah sebagai penghantar arus dan penambah ion logam pelapis. Oleh karena itu larutan *electrolyte* harus mengandung logam pelapis, misalnya untuk pelapisan nikel maka *electrolyte* yang digunakan juga harus mengandung nikel juga. Dalam proses ini digunakan larutan *Watts* untuk pelapisan nikel.

Larutan yang digunakan dalam pelapisan nikel dijelaskan oleh *Watts* (1916) dan seringkali disebut dengan larutan *Watts* atau *Watts Bath*. Larutan ini digunakan dalam pelapisan untuk tujuan dekoratif, *engineering* maupun *electroforming*. Komponen-komponen yang ada dalam *Watts Bath* ini terdiri dari nikel sulfat, nikel klorida dan asam borat. Dimana pada larutan *Watts*, nikel sulfat memasok ion nikel dan nikel klorida memasok kloridanya yang berguna untuk mencegah agar anoda tidak pasif (mencegah lapisan film). Sedangkan asam borat mengontrol pH film katoda.

2.5.2 Pengaliran Arus

Arus yang digunakan pada proses pelapisan adalah arus searah (*Direct Current/DC*). Arus ini didapat dari sumber arus yang bermacam-macam, yaitu baterai, *Acumulator* dan *DC Power Supply*.

Penggunaan sumber arus tergantung dari besar arus yang akan digunakan selama proses, dan kestabilan besar arus juga harus diperhatikan karena hal itu berhubungan dengan hasil pelapisan yang terjadi. Ditinjau dari kestabilan arus yang dibutuhkan maka sumber arus yang paling baik adalah *DC Power Supply* (catu daya arus searah).

2.5.3 Elektroda

Pada proses *electroplating* terdapat dua buah elektroda, dimana elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut anoda dan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut katoda yang dalam hal ini adalah logam yang akan dilapisi.

Ciri-ciri dari elektroda tersebut adalah sebagai berikut :

a. Anoda

1. Merupakan kutub positif.
2. Terjadi reaksi oksidasi.
(suatu perubahan kimia dimana suatu zat melepaskan elektron)
3. Terjadi pelepasan elektron.
4. Menghantarkan arus listrik pada elektrolit
5. Mendistribusikan arus secara seragam pada permukaan katoda.

b. Katoda

1. Merupakan kutub negatif.
2. Merupakan benda kerja yang akan dilapisi.
3. Terjadi reaksi reduksi.
(suatu perubahan kimia dimana suatu zat menangkap elektron)
4. Menerima elektron dari sirkuit luar.

2.6 Nikel

Pada tabel periodik nikel merupakan unsur ke-24 terbanyak dalam batuan bumi. Nikel memiliki kekerasan dan kekuatan sedang, namun keuletan, daya hantar listrik dan termal sangat baik. Senyawa nikel digunakan terutama sebagai katalis dalam elektroplating. Pada proses elektroplating, meskipun nikel dari anodanya tetap perlu ditambahkan garamnya ke bak plating. Garam-garam untuk plating tersebut misalkan nikel karbonat, nikel klorida, nikel sulfat, dan lain sebagainya. Nikel merupakan logam yang sangat keras dan memiliki keuletan yang rendah. Pada suhu biasa, nikel tidak terserang udara basah dan kering dan

memiliki ketahanan terhadap korosi dan temperatur tinggi yang cukup baik. Nikel amat populer dalam elektroplating terutama dalam sistem pelapisan tembaga nikel khrom (*decorative-protective*). Berikut ini adalah karakteristik dari logam nikel murni (<http://en.wikipedia.org/wiki/nickel>) :

Lambang	: Ni
Nomor Atom	: 28
Berat atom	: 58,71
Valensi	: 2
Kondisi standar (pada 298 K)	: Padat
Berat jenisnya (pada 298 K)	: 8902 Kg.m ⁻³
Titik leleh	: 1726 K (1455 °C)
Titik Didih	: 3186 K (2913 °C)
Konduktivitas termal (pada 300 K)	: 90,7 W.m ⁻¹ .K ⁻¹
Bentuk kristal	: kubus pusat sisi (f.c.c)

2.7 Hukum Faraday

Michael Faraday (1791–1867), selain mengembangkan metode elektrolisis, juga menerangkan hubungan kuantitatif antara jumlah arus listrik yang dilewatkan pada sel elektrolisis dengan jumlah zat yang dihasilkan pada elektrode.

Melalui eksperimen, Faraday merumuskan beberapa kaidah perhitungan elektrolisis, yang kini dikenal sebagai Hukum Faraday berikut ini :

1. Jumlah zat yang dihasilkan pada elektrode berbanding lurus dengan jumlah arus listrik yang melalui sel elektrolisis.
2. Jika arus listrik yang sama dilewatkan pada beberapa sel elektrolisis, maka berat zat yang dihasilkan masing-masing sel berbanding lurus dengan berat ekivalen zat – zat tersebut.

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk suatu endapan dengan jumlah arus dan waktu yang digunakan yang dinyatakan dengan rumus :

$$m = \frac{e.i.t}{96500} \quad (2-3)$$

dimana :

m = massa zat yang dihasilkan (gram)

e = berat ekuivalen = $A_r/\text{valensi} = M_r/\text{valensi}$

i = kuat arus listrik (ampere)

t = waktu (detik)

Pada kondisi sebenarnya berat yang terbentuk akan lebih rendah daripada berat secara teoritis (berat menurut hukum Faraday). Hal ini disebabkan karena arus listrik yang digunakan pada elektroplating tidak semua digunakan untuk pengendapan ion logam, namun juga terjadi reaksi-reaksi sampingan, yaitu : pelepasan hidrogen, dan pelepasan kalor pada larutan elektrolit. Perbandingan berat aktual dengan berat teoritis menunjukkan efisiensi arus listrik dan dinyatakan dalam persen yang dirumuskan sebagai berikut (Parthasarady.1998 :51):

$$\eta_{\text{arus}} = \frac{W_{\text{aktual}}}{W_{\text{teoritis}}} \times 100\% \quad (2-4)$$

Dimana :

W_{aktual} = berat yang mengendap di katoda

W_{teoritis} = berat menurut hukum Faraday

Pada elektroplating nikel kisaran standar efisiensi pelapisan sebesar 94–98% (Parthasarady.1998 :22):

2.8 Potensial Elektrode

Reaksi redoks adalah reaksi kimia yang melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi secara serentak dalam suatu sel elektrokimia.

Reaksi oksidasi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat melepaskan elektron. Pada sel elektrokimia oksidasi terjadi di anoda. Reaksi reduksi adalah suatu perubahan kimia dimana suatu zat menangkap elektron. Pada sel elektrokimia reduksi terjadi di katoda. Pada reaksi redoks, zat yang mengoksidasi disebut oksidator, sedangkan zat yang mereduksi zat lain disebut reduktor.

Suatu reaksi reduksi dapat menimbulkan potensial listrik tertentu, yang disebut potensial elektroda (E) dan semakin mudah suatu unsur mengalami reduksi, maka makin besar potensial elektrodanya. Harga potensial elektroda yang sebenarnya dalam suatu reaksi reduksi tidak dapat dihitung, sebab tidak ada reaksi reduksi yang berlangsung tanpa diikuti reaksi oksidasi. Oleh karena itu harga potensial elektroda yang dipakai adalah harga potensial elektroda relatif yang dibandingkan terhadap suatu elektroda standar. Itulah sebabnya harga potensial elektroda lebih tepat disebut potensial reduksi standar atau potensial elektroda standar (E_0). Elektroda yang dipakai sebagai standar dalam menentukan harga potensial elektroda adalah elektroda hidrogen. Cara memperolehnya dengan mengalirkan gas hidrogen murni pada elektroda platina (Pt) yang bersentuhan dengan asam (ion H^+). Sehingga terjadi kesetimbangan :



Harga potensial elektroda dari reaksi ini ditetapkan 0 volt. Kemudian harga potensial elektroda standar dari semua reaksi reduksi adalah harga yang dibandingkan terhadap potensial elektroda standar hidrogen.

Berdasarkan harga E_0 maka dapat disusun suatu deret unsur mulai dari unsur dengan harga E_0 terkecil sampai terbesar yang disebut deret volta yaitu :

K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-H-Cu-Hg-Ag-Pt-Au

Sifat-sifat dari deret volta adalah :

1. Logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki harga E_0 positif sedangkan di sebelah kiri H mempunyai harga E_0 negatif.

2. Makin ke kanan letak suatu logam pada deret volta, maka harga E_0 logam makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan H mudah mengalami reduksi atau sulit teroksidasi. Logam ini disebut logam yang pasif atau logam mulia.
3. Makin ke kiri, harga E_0 dari logam semakin kecil yang berarti logam tersebut sulit tereduksi dan mudah teroksidasi. Logam ini disebut logam yang aktif.

2.9 Polarisasi

Ketika suatu logam tidak berada dalam kesetimbangan dengan larutan yang mengandung ion-ionnya, potensial elektrodanya berbeda dari potensial elektroplating dan selisih antara keduanya biasa disebut polarisasi. Polarisasi atau penyimpangan dari potensial kesetimbangan disini sama dengan gabungan polarisasi anoda pada logam dan polarisasi katoda pada lingkungannya.

Dalam keadaan tertentu, suatu anoda yang diharapkan larut dalam bak terlapisi film oksida atau senyawa lainnya (logamnya). Film itu tak nampak tetapi mengganggu pelarutan logam. Anoda berhenti melarut, ia terpolarisasi menjadi pasif. Film begitu dapat merupakan isolator dan diperlukan potensial makin tinggi untuk mendorong arusnya bila kian tebal filmnya.

Ketika arus mengalir, potensial anoda naik, artinya anoda menjadi kurang negatif. Demikian pula, potensial katoda menurun atau menjadi kurang positif. Potensial sel dalam hal ini berkurang atau tereduksi, inilah yang menyebabkan adanya polarisasi pada saat proses elektroplating. Gejala termodinamika ini dalam ilmu kimia dikenal sebagai prinsip *Le Chatelier* yang berbunyi : "semua sistem akan selalu bereaksi untuk melawan perubahan yang dipaksakan kepadanya."

Polarisasi pada proses elektroplating dapat menyebabkan berkurangnya jumlah deposit yang akan melapisi benda kerja.

2.10 Keausan

Keausan adalah suatu proses hilangnya material dari satu atau dua permukaan padat yang mengalami kontak antara permukaan akibat gerakan relatif

yang berupa geseran (*sliding*) atau gelinding (*rolling*). Hilangnya material tersebut biasanya berlangsung sangat lambat tetapi berlangsung terus menerus.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam sistem keausan yaitu :

- a. Variabel Metalurgi, yaitu kekerasan, ketangguhan, komposisi kimia, dan mikrostruktur dari material yang mengalami keausan.
- b. Variabel pelayanan, yaitu material yang bersentuhan, tekanan kontak, suhu operasi, kekasaran permukaan, pelumasan, kecepatan sliding.

(Faraq, Moh. M.,1997)

Laju keausan dinyatakan sebagai total berat kehilangan dalam satu satuan waktu, sedangkan ketahanan aus merupakan suatu fungsi terbalik dari laju ketahanan aus (Patwardhan, A.K., 1998).

Adapun cara pengujian dari keausan adalah spesimen terlebih dahulu diukur beratnya dengan tujuan mengetahui berat awal dari benda kerja atau sebagai acuan awal pengerjaan. Setelah itu benda kerja dicekam di dalam *chuck* atau pencekam dan digesekkan dengan roda baja pada putaran 800 rpm, dengan pemberian pembebanan sebesar 10 kg dan dalam waktu yang konstan selama 30 menit. Dan setelah itu spesimen ditimbang kembali untuk mengetahui berat yang hilang akibat dari keausan tersebut.

2.11 *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>). Ketidakseragaman pemuaian 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.

Pengujian ketahanan *thermal shock* dapat dilakukan dengan cara memanaskan dan mendinginkan material (tergantung dari aplikasi yang

diinginkan). Pengujian *thermal shock* dengan temperatur tinggi bertujuan mengetahui ketahanan lapisan yang disesuaikan dengan aplikasinya, dimana elektroplating nikel biasa digunakan sebagai bahan pelapis pada oven pembakaran, pipa penyalur gas temperatur tinggi dan lain-lain. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan dapur listrik sampai pada suhu $800\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C})$ dan kemudian dilakukan pendinginan dengan menggunakan media air. Pendinginan yang dilakukan disini adalah pendinginan secara cepat (*quenching*). Persentase kerusakan yang dialami oleh material merupakan representasi dari ketahanan material terhadap *thermal shock*. Pada aplikasinya diharapkan pelapisan yang dialami oleh benda kerja tidak mengalami kerusakan dikarenakan satu kerusakan kecil pada lapisan maka akan menyebabkan timbulnya kerusakan-kerusakan lain disekitar lapisan pertama yang rusak. Karena kerusakan pertama dapat memicu timbulnya kerusakan-kerusakan lainnya.

2.12 Hipotesa

Semakin tinggi konsentrasi NiSO_4 maka akan meningkatkan ketebalan lapisan nikel pada permukaan benda kerja sehingga akan meningkatkan ketahanan terhadap keausan dan dapat mengurangi kerusakan akibat adanya *thermal shock*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dengan asumsi variabel–variabel yang relevan tidak dikontrol, maka metode penelitian yang dipakai adalah metode eksperimen nyata (*true experiment research*) dengan model analisis varian satu arah.

3.2 Variabel Penelitian

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah konsentrasi NiSO_4 sebesar 200 gram/liter, 220 gram/liter, 240 gram/liter, 260 gram/liter, 280 gram/liter.

3.2.2 Variabel yang Dikonstankan

Adalah variabel yang dijaga konstan selama penelitian, variabel yang dikonstankan pada penelitian ini adalah :

1. Konsentrasi NiCl_2 sebesar 60 gram/liter.
Konsentrasi NiCl_2 yang digunakan sebesar 60 gram/liter karena menyesuaikan dengan yang umum digunakan pada industri elektroplating.
2. Waktu pelapisan 30 menit.
3. Menggunakan *power supply* dengan arus sebesar 6 ampere, tegangan 9 volt.
4. Temperatur pemanasan $50\text{ }^\circ\text{C} (\pm 3\text{ }^\circ\text{C})$
5. Jarak anoda katoda 10 cm
6. Waktu *pickling* selama 10 detik pada larutan H_2SO_4
7. Beban pada pengujian ketahanan aus sebesar 10 kg.
8. Waktu kontak pada saat pengujian ketahanan aus selama 30 menit.
9. Temperatur pada pengujian *thermal shock* sebesar $800\text{ }^\circ\text{C} (\pm 20\text{ }^\circ\text{C})$.

10. Waktu pemanasan pada saat pengujian *thermal shock* selama 30 menit.

3.2.3 Variabel Terikat

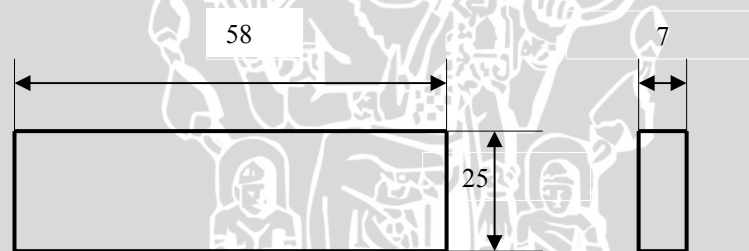
Adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah ketahanan aus yang diwakili oleh besarnya keausan pada lapisan dan ketahanan terhadap *thermal shock* yang diwakili oleh prosentase kerusakan lapisan hasil proses elektroplating.

3.3 Bahan Yang Digunakan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah :

1. Baja AISI 1020 sebagai benda kerja

Bentuk dan dimensi benda kerja yang digunakan seperti pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Ukuran Benda Kerja

2. Lempengan nikel sebagai anoda pada pelapisan nikel
3. Larutan H_2SO_4 untuk proses *pickling*

Proses pickling adalah proses pembersihan/penghilangan lapisan oksida dari permukaan logam secara kimiawi dengan mencelupkan ke dalam larutan asam.

4. Larutan tipe *Watts* untuk proses pelapisan nikel, yang terdiri atas:

1. *Nickel Sulphate* ($NiSO_4$)
2. *Nickel Chloride* ($NiCl_2$)
3. Asam Borak (*Boric Acid*) yang dilarutkan dalam air

6. Air sebagai media *quenching*

3.4 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kertas gosok
2. Gelas ukur 1000 ml dan 100 ml
3. Timbangan digital dengan tingkat ketelitian 2 angka dibelakang koma (0,00) dengan satuan gram.



Gambar 3.2 Timbangan digital

- 4.. Termometer
5. *StopWatch*
6. Jangka Sorong
7. Penjepit
8. Berbagai alat keselamatan kerja, terdiri atas sarung tangan karet, masker dan kaca mata.
9. Instalasi elektroplating

9.1 Catu daya



Gambar 3.3 Catu daya

9.2 Bak elektroplating



Gambar 3.4 Bak elektroplating

9.3 Bak pickling (H_2SO_4)



Gambar 3.5 Bak pickling

10. Perangkat uji ketahanan aus



Gambar 3.6 Instalasi uji ketahanan aus

11. Tungku listrik



Gambar 3.7 Tungku Listrik

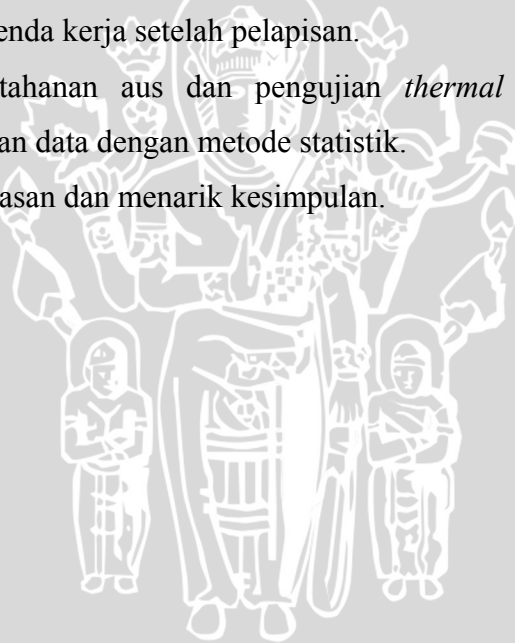
Tungku listrik dipergunakan untuk memanaskan benda kerja pada saat dilakukan pengujian *thermal shock*. Dapur listrik tersebut mempunyai kemampuan pemanasan maksimal sampai dengan 1100 °C.

3.5 Prosedur Percobaan

Langkah–langkah yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah :

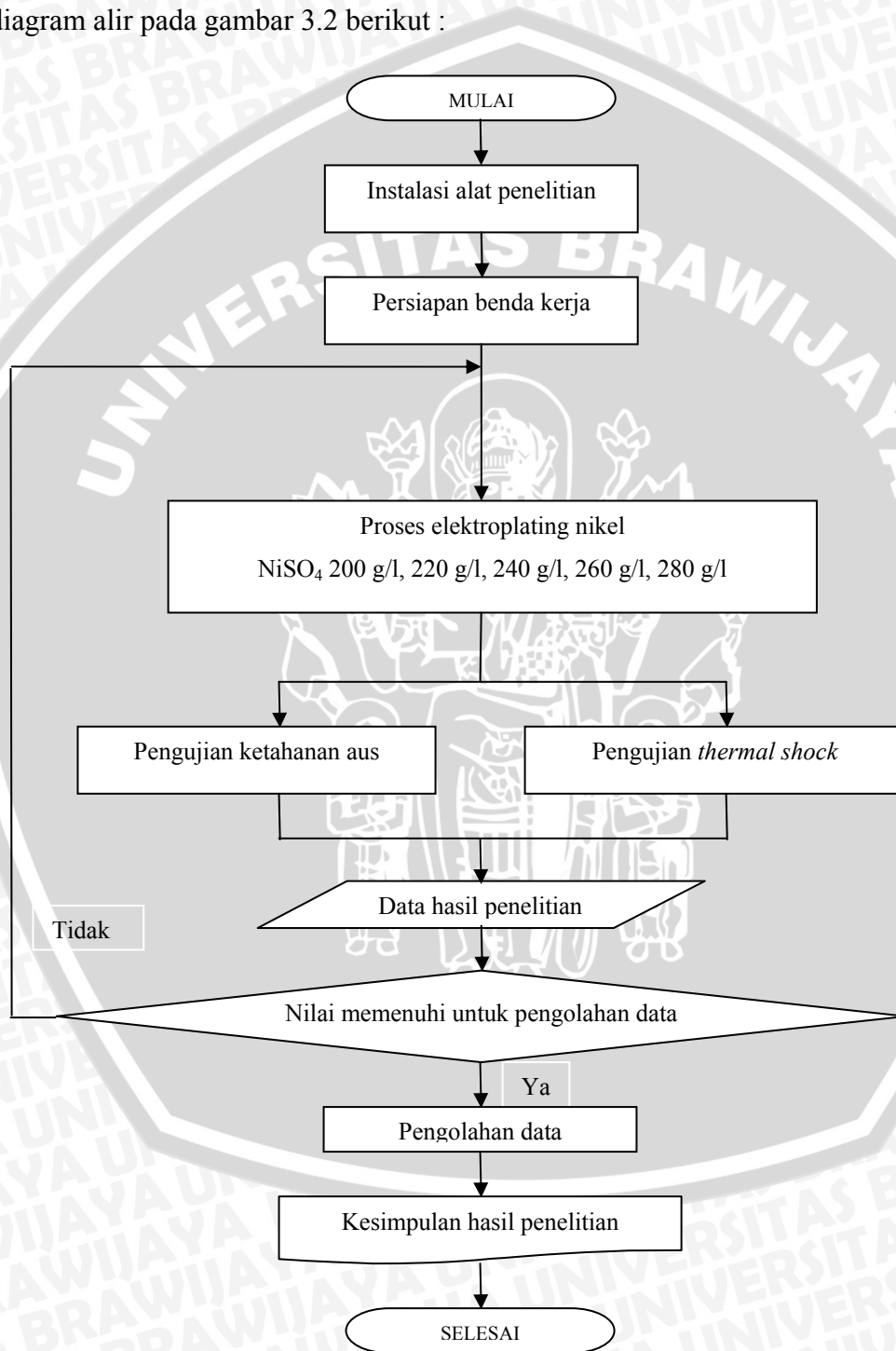
1. Persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian.
Persiapan yang dilakukan antara lain pemotongan baja dengan ukuran yang telah ditentukan. Dilanjutkan dengan penakaran NiSO₄ sesuai dengan variabel bebas penelitian.
2. Melakukan proses pembersihan benda kerja menggunakan kertas gosok dan *flap disk*. Proses pembersihan benda kerja hanya dapat dilakukan dengan pembersihan manual dikarenakan belum adanya proses otomatis yang dapat melakukannya. Setelah itu benda kerja dilumuri dengan oli untuk menghindari adanya karat.

3. Menyiapkan larutan *electrolyte* dan peralatan untuk proses elektroplating nikel. Mencampurkan komposisi NiSO₄, NiCl₂ dan Asam borak dengan air sebanyak 11 liter.
4. Membersihkan oli dengan cara direndam pada bensin diikuti dengan pembersihan dengan sabun cuci, kemudian dibilas dan dikeringkan.
5. Mempersiapkan instalasi elektroplating.
6. Mengukur berat awal benda kerja.
7. Melakukan *pickling* selama 10 detik menggunakan H₂SO₄.
8. Benda kerja dikeluarkan, diikuti dengan pembilasan dan pengeringan
9. Melakukan proses elektroplating.
10. Benda kerja dikeluarkan, diikuti dengan pembilasan dan pengeringan.
11. Pengukuran berat benda kerja setelah pelapisan.
12. Melakukan uji ketahanan aus dan pengujian *thermal shock*, kemudian dilakukan pengolahan data dengan metode statistik.
13. Melakukan pembahasan dan menarik kesimpulan.



3.7 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini sesuai dengan diagram alir pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.8 Diagram alir penelitian

3.8 Rencana pengolahan dan analisis data

3.8.1 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan model analisa varian satu arah dengan pengulangan 4 kali pada tiap interaksi. Dengan analisa varian satu arah ini akan diketahui apakah konsentrasi NiSO_4 berpengaruh terhadap ketahanan aus dan ketahanan terhadap *thermal shock* dari permukaan yang dihasilkan pada proses pelapisan nikel secara elektroplating.

Tabel 3.1. Rancangan Penelitian

		Variabel bebas	Konsentrasi NiSO_4 (gram/Liter)				
			200	220	240	260	280
Variabel terikat	Hasil penelitian	Percobaan 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
		Percobaan 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}
		Percobaan 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}
		Percobaan 4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	X_{45}

3.8.2 Uji Kecukupan Data Observasi

untuk menganalisis hasil penelitian dimana akan menguji apakah pengulangan percobaan yang dilakukan telah memenuhi.

Tabel 3.2 Analisis Varian Satu Arah

No sampel (n_i)	Data observasi (x_i)	x_i^2	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	X_{11}	X_{11}^2	$(x_{11} - \bar{x})$	$(x_{11} - \bar{x})^2$
2	X_{21}	X_{21}^2	$(x_{12} - \bar{x})$	$(x_{12} - \bar{x})^2$
.
.
.
n	X_n	X_n^2	$(x_n - \bar{x})$	$(x_n - \bar{x})^2$
Total	$\sum X_n$	$\sum X_n^2$	$\sum (x_n - \bar{x})$	$\sum (x_n - \bar{x})^2$

1. Median (rata-rata) sampel

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n-1}$$

3. Standart Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

4. Tingkat ketelitian (*degree of accuracy*) DA :

$$DA = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$$

5. Tingkat keyakinan (*confidence level*) CL :

$$CL = 100\% - DA$$

6. Batas kontrol :

a. Batas kontrol atas (*upper control limit*) UCL :

$$UCL = \bar{x} + k \sigma$$

b. Batas kontrol bawah (*lower control limit*) LCL :

$$LCL = \bar{x} - k \sigma$$

7. Tingkat ketelitian (S)

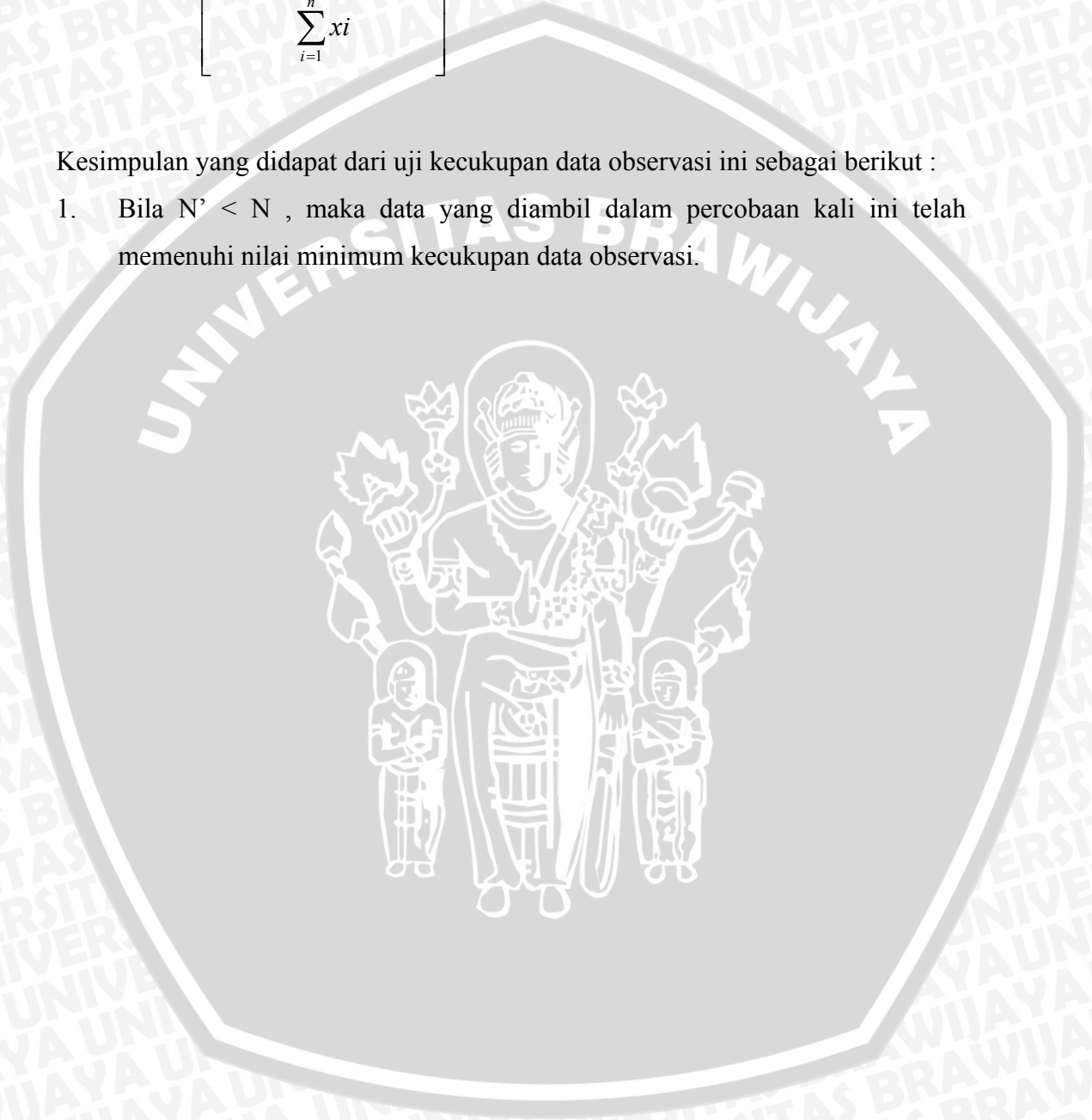
$$S = \frac{DA}{100}$$

8. Kecukupan data observasi (N')

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{n \sum_{i=1}^n xi^2 - \left(\sum_{i=1}^n xi \right)^2}}{\sum_{i=1}^n xi} \right]^2$$

Kesimpulan yang didapat dari uji kecukupan data observasi ini sebagai berikut :

1. Bila $N' < N$, maka data yang diambil dalam percobaan kali ini telah memenuhi nilai minimum kecukupan data observasi.



3.8.3 Analisa Statistik

Untuk menganalisis hasil penelitian digunakan analisis ragam satu arah, dimana akan menguji apakah hasil penelitian disebabkan oleh perbedaan konsentrasi.

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

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

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

Hasil perhitungan dalam analisis varian satu arah dengan interaksi dapat diringkas seperti tabel 3.3.

Tabel 3.3 Analisis Varian Satu Arah

Sumber Keragaman	Db	JK	Varian (KT)	F _{hitung}	F _{kritis}
Pengaruh A	r-1	JKA	$S^2_A = \frac{JKA}{r-1}$	$\frac{S^2_A}{S^2}$	Dari tabel uji F
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) :

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{n^2 \dots}{rcn} \quad (3.1)$$

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

$$JKT = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - FK \quad (3.2)$$

$$JKA = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2 \dots}{cn} - FK \quad (3.3)$$

Kesimpulan yang didapat dari uji F ini sebagai berikut :

1. Bila $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$, maka H_{01} ditolak dan H_{11} diterima. Berarti faktor A (konsentrasi NiSO_4) berpengaruh terhadap ketahanan aus ataupun ketahanan terhadap *thermal shock* permukaan hasil elektroplating



BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Data Berat Pelapisan

Data berat pelapisan adalah selisih antara berat logam sebelum dilakukan elektroplating dengan berat logam setelah dilakukan elektroplating. Data berat pelapisan ditabelkan dalam tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Data berat pelapisan

Variabel terikat \ Variabel bebas		Konsentrasi NiSO ₄ (gram/Liter)				
		200	220	240	260	280
Berat pelapisan (gram)	Percobaan 1	1,41	1,69	2,15	1,49	2,30
	Percobaan 2	1,23	1,74	1,46	1,92	2,07
	Percobaan 3	1,93	1,67	1,66	1,51	1,31
	Percobaan 4	1,30	1,61	1,50	1,74	1,43
	Percobaan 5	1,17	1,27	1,38	2,43	2,35
	Percobaan 6	1,68	1,33	1,53	1,51	1,36
	Percobaan 7	1,40	1,43	1,57	1,53	1,37
	Percobaan 8	1,49	1,30	2,22	1,52	1,79
	Rata - rata	1,45	1,51	1,68	1,71	1,75



4.1.2 Data Pengujian Ketahanan Aus

Data berat logam yang hilang karena keausan adalah selisih berat logam sebelum dilakukan kontak uji dengan berat logam setelah dilakukan kontak uji. Data berat hilang karena keausan ditabelkan dalam tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Data berat hilang karena keausan

Variabel terikat \ Variabel bebas		Konsentrasi NiSO ₄ (gram/Liter)				
		200	220	240	260	280
Berat yg hilang karena keausan (gram)	Percobaan 1	0,030	0,020	0,020	0,020	0,010
	Percobaan 2	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020
	Percobaan 3	0,040	0,030	0,020	0,020	0,010
	Percobaan 4	0,030	0,030	0,030	0,010	0,010
	Rata - rata	0,0325	0,0275	0,025	0,020	0,0125

Selanjutnya laju keausan diperoleh dengan membandingkan berat logam yang hilang dengan waktu kontak uji. Rata – rata laju keausan logam tanpa elektroplating adalah $1,416.10^{-3}$ gram/menit. Data laju keausan hasil elektroplating dengan waktu kontak uji 30 menit ditabelkan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Data laju keausan

Variabel terikat \ Variabel bebas		Konsentrasi NiSO ₄ (gram/Liter)				
		200	220	240	260	280
Laju keausan (gram/menit)	Percobaan 1	0,0010	0,0007	0,0007	0,0007	0,0003
	Percobaan 2	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0007
	Percobaan 3	0,0013	0,0010	0,0007	0,0007	0,0003
	Percobaan 4	0,0010	0,0010	0,0010	0,0003	0,0003
Rata - rata		0,0011	0,0009	0,0008	0,0007	0,0004

4.1.3 Data Pengujian Ketahanan *Thermal Shock*

Data hasil pengujian ketahanan *thermal shock* ditabelkan dalam tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Data hasil pengujian ketahanan *thermal shock*

Variabel terikat	Variabel bebas	Konsentrasi NiSO ₄ (gram/Liter)				
		200	220	240	260	280
Kerusakan akibat <i>thermal shock</i> (%)	Percobaan 1	0	0	0	0	0
	Percobaan 2	0	0	0,99	0	0
	Percobaan 3	0	0	1,25	0,09	0
	Percobaan 4	0	0	0	0	0
	Rata - rata	0	0	0,56	0,0225	0

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Uji Kecukupan Data Observasi

Untuk mempermudah uji kecukupan data observasi, maka data hasil pengujian ketahanan aus ditabelkan pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 Data Pengujian Kecukupan Data Observasi Ketahanan aus

No sampel (n _i)	Data observasi (x _i)	x _i ²	(x _i - \bar{x})	(x _i - \bar{x}) ²
1	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
2	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
3	0,04000	0,00160	0,01650	0,00027
4	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
5	0,02000	0,00040	-0,00350	0,00001
6	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
7	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
8	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
9	0,02000	0,00040	-0,00350	0,00001
10	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
11	0,02000	0,00040	-0,00350	0,00001
12	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
13	0,02000	0,00040	-0,00350	0,00001
14	0,03000	0,00090	0,00650	0,00004
15	0,02000	0,00040	-0,00350	0,00001
16	0,01000	0,00010	-0,01350	0,00018
17	0,01000	0,00010	-0,01350	0,00018
18	0,02000	0,00040	-0,00350	0,00001
19	0,01000	0,00010	-0,01350	0,00018
20	0,01000	0,00010	-0,01350	0,00018
Total	0,47000	0,01250	0,00000	0,00146

1. Median (rata-rata) sampel

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{0,47}{20} = 0,0235$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{0,0015}{20-1} = 7,8947 \text{ E-5}$$

3. Standart Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0015}{20-1}} = 8,8852 \text{ E-3}$$

4. Tingkat ketelitian DA :

$$\begin{aligned} DA &= \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \% \\ &= \frac{8,8852 \text{ E-3}}{0,0235} \times 100 \% \\ &= 37,8095 \% \end{aligned}$$

5. Tingkat keyakinan CL :

$$\begin{aligned} CL &= 100 \% - DA \\ &= 100 \% - 37,8095 \% \\ &= 62,1905 \% \end{aligned}$$

6. Batas kontrol :

a. Batas kontrol atas UCL :

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{x} + k \sigma \\ &= 0,0235 + 1,96 \cdot 8,8852 \text{ E-3} \\ &= 0,0409 \end{aligned}$$

b. Batas kontrol bawah LCL :

$$\begin{aligned} LCL &= \bar{x} - k \sigma \\ &= 0,0235 - 1,96 \cdot 8,8852 \text{ E-3} \\ &= 0,0061 \end{aligned}$$

7. Tingkat ketelitian (S)

$$S = \frac{DA}{100} = \frac{37,8095}{100} = 0,3781$$

8. Kecukupan data observasi (N')

$$N' = \left[\frac{k}{s} \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n xi^2 - \left(\sum_{i=1}^n xi \right)^2}{\sum_{i=1}^n xi}} \right]^2$$

$$= \left[\frac{1,96}{0,3781} \cdot \frac{\sqrt{20 \times 0,0125 - 0,47^2}}{0,47} \right]^2$$

$$= 3,5399$$

$$N' \approx 4$$



Untuk mempermudah uji kecukupan data observasi, maka data hasil pengujian ketahanan aus ditabelkan pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6 Data Pengujian Kecukupan Data Observasi *Thermal Shock*

No sampel (ni)	Data observasi (xi)	x_i^2	$(xi - \bar{x})$	$(xi - \bar{x})^2$
1	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
2	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
3	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
4	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
5	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
6	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
7	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
8	0,9900	0,9801	0,8347	0,6967
9	1,2500	1,5625	1,0947	1,1984
10	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
11	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
12	0,0900	0,0081	-0,0653	0,0043
13	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
14	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
15	0,0000	0,0000	-0,1553	0,0241
Total	2,33	2,55	0,00	2,19

1. Median (rata-rata) sampel

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} = \frac{2,33}{15} = 0,1853$$

2. Variasi sampel (σ^2)

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{2,19}{15 - 1} = 0,1564$$

3. Standart Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2,19}{15 - 1}} = 0,1163$$

4. Tingkat ketelitian DA :

$$\begin{aligned} DA &= \frac{\sigma}{x} \times 100\% \\ &= \frac{0,1163}{0,1853} \times 100\% \\ &= 62,7631\% \end{aligned}$$

5. Tingkat keyakinan CL :

$$\begin{aligned} CL &= 100\% - DA \\ &= 100\% - 62,7631\% \\ &= 37,2369\% \end{aligned}$$

6. Batas kontrol :

a. Batas kontrol atas UCL :

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{x} + k\sigma \\ &= 0,1853 + 1,96 \cdot 0,1163 \\ &= 0,4132 \end{aligned}$$

b. Batas kontrol bawah LCL :

$$\begin{aligned} LCL &= \bar{x} - k\sigma \\ &= 0,1853 - 1,96 \cdot 0,1163 \\ &= 0,0426 \end{aligned}$$

7. Tingkat ketelitian (S)

$$S = \frac{DA}{100} = \frac{62,7631}{100} = 0,6276$$

8. Kecukupan data observasi (N')

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n x_i} \right]^2$$
$$= \left[\frac{1,96}{0,6276} \cdot \sqrt{15 \times 2,55 - 2,33^2} \right]^2$$
$$= 1,4142$$
$$N' \approx 2$$

4.2.2 Analisa Statistik

Berikut analisa varian berdasarkan tabel data hasil pengujian ketahanan aus :

1. Faktor koreksi (FK) :

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k y_{ij} \right]^2}{n \cdot k} = \frac{(0,47)^2}{4 \times 5} = 0,0110$$

2. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$JKP = \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n y_{ij} \right]^2}{n} - FK$$
$$= \frac{0,0479}{4} - 0,0110$$
$$= 9,75 \text{ E-4}$$

3. Jumlah Kuadrat Total (JKT) :

$$JKT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k y_{ij}^2 - FK$$
$$= 0,0125 - 0,0110$$
$$= 0,0015$$

4. Jumlah Kuadrat Galat (JKG) :

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 0,0015 - 9,75 \text{ E-4} \\ &= 5,25 \text{ E-4} \end{aligned}$$

5. Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) :

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \frac{\text{JKP}}{k-1} \\ &= \frac{9,75 \text{ E-4}}{5-1} \\ &= 2,4375 \text{ E-4} \end{aligned}$$

6. Kuadrat Tengah Galat (KTG) :

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{\text{JKG}}{N-k} \\ &= \frac{5,25 \text{ E-4}}{20-5} \\ &= 3,5 \text{ E-5} \end{aligned}$$

$$7. F_{\text{hitung}} = \frac{\text{KTP}}{\text{KTG}} = \frac{2,4375 \text{ E-4}}{3,5 \text{ E-5}} = 6,9643$$

Hasil perhitungan di atas kemudian ditabelkan dalam tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Analisa Varian data pengujian ketahanan aus

Jumlah Varian	dB	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	F _{hitung}	F _{kritis}
Perlakuan	4	9,75 E-4	2,4375 E-4	6,9643	3,06
Galat	15	5,25 E-4	3,5 E-5	-	-
Total	19	0,0015	-	-	-

$F_{\text{hitung}} > F_{\text{kritis}}$ artinya terdapat perbedaan yang berarti antar perlakuan

Berikut analisa varian berdasarkan tabel data hasil pengujian *Thermal Shock* :

1. Faktor koreksi (FK) :

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k y_{ij} \right]^2}{n.k} = \frac{(2,33)^2}{3 \times 5} = 0,3619$$

2. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP) :

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n y_{ij} \right]^2}{n} - FK \\ &= \frac{5,0257}{3} - 0,3619 \\ &= 1,3133 \end{aligned}$$

3. Jumlah Kuadrat Total (JKT) :

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k y_{ij}^2 - FK \\ &= 2,55 - 0,3619 \\ &= 2,1881 \end{aligned}$$

4. Jumlah Kuadrat Galat (JKG) :

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKP \\ &= 2,1881 - 1,3133 \\ &= 0,8748 \end{aligned}$$

5. Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP) :

$$\begin{aligned} KTP &= \frac{JKP}{k-1} \\ &= \frac{1,3133}{5-1} \\ &= 0,3283 \end{aligned}$$

6. Kuadrat Tengah Galat (KTG) :

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{JKG}{N - k} \\ &= \frac{0,8748}{15 - 5} \\ &= 0,0875 \end{aligned}$$

$$7. F_{\text{hitung}} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{0,3283}{0,0875} = 3,752$$

Hasil perhitungan di atas kemudian ditabelkan dalam tabel 4.8 berikut :

Tabel 4.8 Analisa Varian data pengujian *Thermal Shock*

Jumlah Varian	dB	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	F _{hitung}	F _{kritis}
Perlakuan	4	1,3133	0,3283	3,752	3,48
Galat	10	0,8748	0,0875	-	-
Total	14	2,1881	-	-	-

F_{hitung} > F_{kritis} artinya terdapat perbedaan yang berarti antar perlakuan

4.2.3 Analisa Regresi

Berdasarkan data variabel bebas dan variabel terikatnya dapat dilakukan perhitungan secara matematik yaitu dengan persamaan regresi *polynomial* dengan persamaan umum sebagai berikut :

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

Untuk memudahkan dalam mencari persamaan regresi *polynomial* data hasil pengujian ketahanan aus dapat ditabelkan pada tabel 4.9 berikut :

Tabel 4.9 Data regresi ketananaan aus

NO	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	200	0,03	40000	8000000	1600000000	6	1200
2	200	0,03	40000	8000000	1600000000	6	1200
3	200	0,04	40000	8000000	1600000000	8	1600
4	200	0,03	40000	8000000	1600000000	6	1200
5	220	0,02	48400	10648000	2342560000	4,4	968
6	220	0,03	48400	10648000	2342560000	6,6	1452
7	220	0,03	48400	10648000	2342560000	6,6	1452
8	220	0,03	48400	10648000	2342560000	6,6	1452
9	240	0,02	57600	13824000	3317760000	4,8	1152
10	240	0,03	57600	13824000	3317760000	7,2	1728
11	240	0,02	57600	13824000	3317760000	4,8	1152
12	240	0,03	57600	13824000	3317760000	7,2	1728
13	260	0,02	67600	17576000	4569760000	5,2	1352
14	260	0,03	67600	17576000	4569760000	7,8	2028
15	260	0,02	67600	17576000	4569760000	5,2	1352
16	260	0,01	67600	17576000	4569760000	2,6	676
17	280	0,01	78400	21952000	6146560000	2,8	784
18	280	0,02	78400	21952000	6146560000	5,6	1568
19	280	0,01	78400	21952000	6146560000	2,8	784
20	280	0,01	78400	21952000	6146560000	2,8	784
Jumlah	4800	0,47	1168000	288000000	71906560000	109	25612

Untuk memperoleh persamaan regresi dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sum Y &= n \cdot b_0 + b_1 \cdot \sum X + b_2 \cdot \sum X^2 \\ \sum XY &= b_0 \cdot \sum X + b_1 \cdot \sum X^2 + b_2 \cdot \sum X^3 \\ \sum X^2 Y &= b_0 \cdot \sum X^2 + b_1 \cdot \sum X^3 + b_2 \cdot \sum X^4 \\ 0,47 &= 20 b_0 + 4800 b_1 + 1168000 b_2 \end{aligned}$$

$$109 = 4800 b_0 + 1168000b_1 + 288000000 b_2$$

$$25612 = 1168000 b_0 + 288000000b_1 + 71906560000 b_2$$

Dengan menyelesaikan persamaan – persamaan diatas, maka bisa diperoleh harga koefisien regresi yaitu : $b_0 = 0,21$; $b_1 = -1,17E-3$; $b_2 = 2,031E-6$ sehingga diperoleh harga koefisien regresi $y = 2,031E-6x^2 - 1,17E-3x + 0,21$

Keterangan :

y = Berat yang hilang karena keausan

x = Konsentrasi NiSO₄

Untuk perhitungan koefisien korelasi dapat ditabelkan pada tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Data analisa koefisien korelasi data pengujian ketahanan aus

No	x	y _a	(y _a -y _r) ²	y _t	(y _t -y _r) ²
1	200	0,03	0,000042	0,034600	0,0001232
2	200	0,03	0,000042	0,034600	0,0001232
3	200	0,04	0,000272	0,034600	0,0001232
4	200	0,03	0,000042	0,034600	0,0001232
5	220	0,02	0,000012	0,029800	0,0000397
6	220	0,03	0,000042	0,029800	0,0000397
7	220	0,03	0,000042	0,029800	0,0000397
8	220	0,03	0,000042	0,029800	0,0000397
9	240	0,02	0,000012	0,024500	0,0000010
10	240	0,03	0,000042	0,024500	0,0000010
11	240	0,02	0,000012	0,024500	0,0000010
12	240	0,03	0,000042	0,024500	0,0000010
13	260	0,02	0,000012	0,021200	0,0000053
14	260	0,03	0,000042	0,021200	0,0000053
15	260	0,02	0,000012	0,021200	0,0000053
16	260	0,01	0,000182	0,021200	0,0000053
17	280	0,01	0,000182	0,010200	0,0001769
18	280	0,02	0,000012	0,010200	0,0001769
19	280	0,01	0,000182	0,010200	0,0001769
20	280	0,01	0,000182	0,010200	0,0001769
Jumlah	4800	0,47	0,001455	0,481200	0,0013843

Dari data diatas diperoleh koefisien korelasi sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{(y_i - \bar{y})^2}{(y_a - \bar{y})^2} = \frac{0,0013843}{0,001455} = 0,9514$$



4.3 Pembahasan

Efisiensi pelapisan diperoleh dengan membandingkan berat pelapisan aktual dengan berat pelapisan teoritis. Data efisiensi pelapisan ditabelkan pada tabel 4.13 berikut :

Tabel 4.13 Efisiensi pelapisan

Variabel bebas Variabel terikat		Konsentrasi NiSO ₄ (gram/Liter)				
		200	220	240	260	280
Efisiensi Pelapisan (%)	Percobaan 1	42,86	51,37	65,35	45,29	69,91
	Percobaan 2	37,39	52,89	44,38	58,36	62,92
	Percobaan 3	58,66	50,76	50,46	45,90	39,82
	Percobaan 4	39,51	48,94	45,59	52,89	43,47
	Percobaan 5	35,56	38,60	41,95	73,86	71,43
	Percobaan 6	51,06	40,43	46,50	45,90	41,34
	Percobaan 7	42,55	43,47	47,72	46,50	41,64
	Percobaan 8	45,29	39,51	67,48	46,20	54,41
Rata - rata		44,11	45,74	51,18	51,86	53,12

Perhitungan teoritis lapisan:

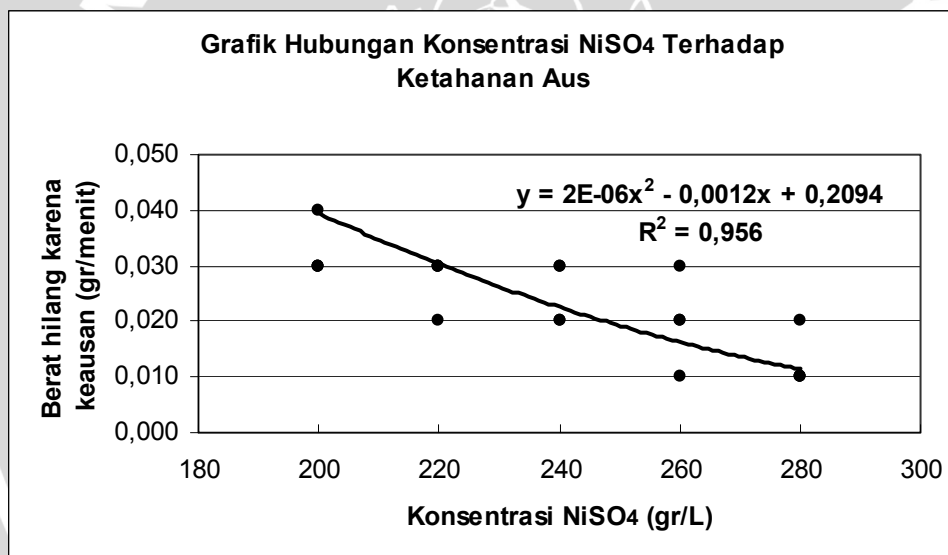
$$m = \frac{29,36.6.1800}{96500}$$
$$= 3,29 \text{ (gram)}$$

Pada kondisi sebenarnya berat yang terbentuk akan lebih rendah daripada berat secara teoritis (berat menurut hukum Faraday). Hal ini disebabkan karena arus listrik yang digunakan pada elektroplating tidak semua digunakan untuk pengendapan ion logam, namun juga terjadi reaksi-reaksi sampingan, yaitu :pelepasan hidrogen akibat penguraian air, dan pelepasan kalor pada larutan

elektrolit sehingga mengakibatkan efisiensi menjadi lebih rendah. Selain itu terjadi polarisasi sehingga potensial elektroda menurun dan mengurangi jumlah deposit yang akan melapisi logam benda kerja sehingga tidak diperoleh berat pelapisan yang diinginkan (berat teoritis). Hal itu dapat terjadi dikarenakan anoda yang diharapkan larut dalam bak, terlapisi film oksida atau senyawa lainnya (logamnya) sehingga menyebabkan anoda menjadi pasif. Diperlukan potensial lebih tinggi untuk mendorong arusnya bila film yang terjadi semakin tebal.

4.3.1 Analisa Hubungan Konsentrasi NiSO₄ Terhadap Ketahanan Aus

Grafik hubungan antara konsentrasi NiSO₄ terhadap ketahanan aus dapat dilihat pada gambar 4.1 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik hubungan konsentrasi NiSO₄ Terhadap Ketahanan Aus

Grafik pada gambar 4.1 diatas menunjukkan *trend* data perubahan ketahanan aus logam hasil elektroplating akibat variasi konsentrasi NiSO₄. Sumbu datar adalah besar konsentrasi NiSO₄ sedangkan sumbu tegak berat yang hilang karena keausan. Analisa varian data ketahanan aus didapatkan bahwa $F_{hitung} = 6,9643$, sedangkan $F_{kritis} = 3,06$. berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{kritis}$ yang artinya konsentrasi NiSO₄ berpengaruh terhadap ketahanan aus logam hasil elektroplating. Berdasarkan analisa regresi data hasil pengujian

ketahanan aus didapatkan persamaan regresi yang menyatakan fungsi simpangan konsentrasi NiSO₄ terhadap ketahanan aus yakni :

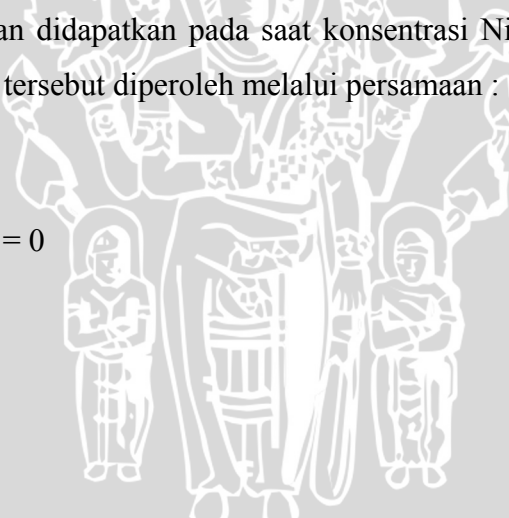
$$F(x) = 2E-6x^2 - 0,0012x + 0,2094.$$

Pada analisa data didapatkan bahwa pada konsentrasi NiSO₄ dari 200 gram/liter sampai 280 gram/liter maka sesuai dengan persamaan regresi diperoleh penurunan rata – rata berat yang hilang dari 0,0325 gram sampai dengan 0,0125 gram. Pada konsentrasi di atas 280 gram/liter, *trend* data menunjukkan keausan yang semakin kecil, karena ketebalan deposit dari logam pelapis juga semakin besar, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama lagi bagi kontak dari benda lawan untuk melakukan kontak terhadap logam induk. Semakin rendah berat yang hilang karena keausan menandakan ketahanan ausnya semakin tinggi, karena dalam waktu yang sama berat benda kerja yang terkena keausan semakin kecil. Apabila grafik dilanjutkan sampai diperoleh berat yang terkena aus mendekati nol, maka nilai tersebut akan didapatkan pada saat konsentrasi NiSO₄ mencapai 300 gram/liter. Konsentrasi tersebut diperoleh melalui persamaan :

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

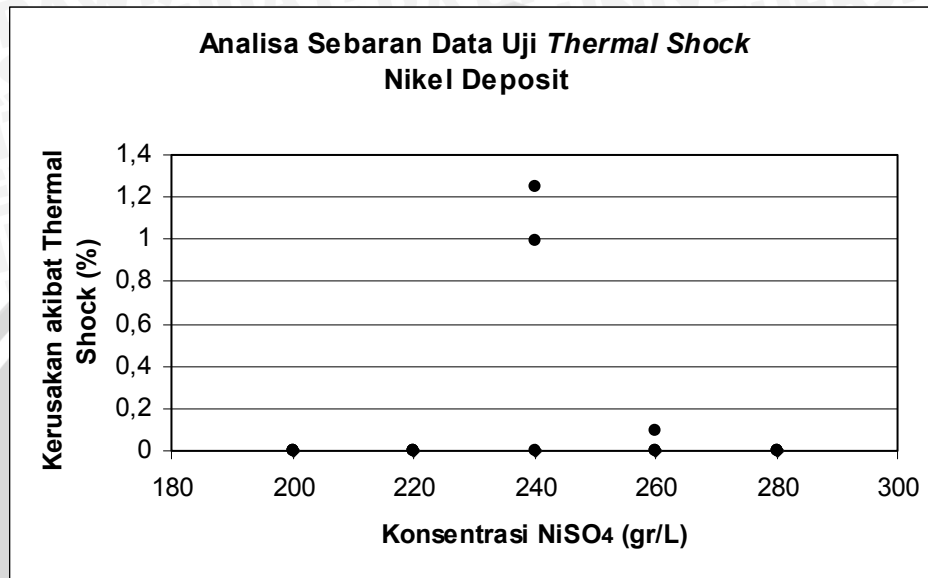
$$4E-6x - 0,0012 = 0$$

$$x = 300$$



4.3.2 Analisa Sebaran Data Uji *Thermal Shock* Nikel Deposit

Hubungan antara konsentrasi NiSO₄ terhadap kerusakan lapisan akibat *Thermal Shock* dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut :



Gambar 4.2 Sebaran data uji *thermal shock* nikel deposit

Pada gambar 4.2 diatas menunjukkan sebaran data uji *thermal shock* akibat variasi konsentrasi NiSO₄. Sumbu datar adalah besar konsentrasi NiSO₄ sedangkan sumbu tegak adalah kerusakan permukaan akibat *Thermal Shock*. Analisa varian data ketahanan aus didapatkan bahwa $F_{hitung} = 3,752$, sedangkan $F_{kritis} = 3,48$. berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{kritis}$ yang artinya konsentrasi NiSO₄ berpengaruh terhadap kerusakan permukaan akibat *Thermal Shock*.

Pada analisa data didapatkan bahwa pada konsentrasi 200 gram/liter dan 220 gram/liter tidak terdapat kerusakan permukaan dikarenakan karena pada konsentrasi tersebut telah diperoleh ketebalan deposit logam pelapis yang cukup untuk ketahanan terhadap *thermal shock* pada suhu 800 °C. Tetapi pada konsentrasi 240 gram/liter terdapat kerusakan sebesar 0,75 %, kerusakan ini terjadi karena terdapatnya bagian tepi benda kerja yang bersudut kecil sehingga menyebabkan kerusakan pada titik tersebut. Hal ini dapat dicegah dengan jalan menghindarkan bentuk sudut/ujung/pojok yang runcing/tajam, bila bentuk menyudut memang harus ada, maka sebaiknya diberi lengkungan (radius) pada

daerah tersebut. Kemudian pada konsentrasi 260 gram/liter juga terdapat kerusakan sebesar 0,03%, hal tersebut disebabkan oleh adanya bentuk menyudut pada benda kerja. Pada konsentrasi 280 gram/liter tidak terdapat kerusakan permukaan dikarenakan benda kerja telah memiliki deposit logam pelapis yang semakin tebal dan mempunyai ikatan yang lebih kuat dengan logam induknya. Ikatan yang kuat ini menyebabkan kualitas permukaan yang lebih baik, sehingga kerusakan akibat *thermal shock* dapat diperkecil serta meminimalisir bentuk menyudut pada benda kerja. Bentuk bersudut kecil atau menyudut pada benda kerja terjadi karena pengerjaan penghalusan dan pembersihan dilakukan secara manual dengan menggunakan *flap disk*, hal ini dikarenakan belum adanya proses pembersihan secara otomatis.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian ini adalah :

Konsentrasi NiSO_4 memberikan pengaruh yang besar terhadap ketahanan aus dan ketahanan terhadap *thermal shock*. Konsentrasi NiSO_4 untuk mendapatkan ketahanan aus optimum adalah sebesar 300 gram/liter. Sedangkan konsentrasi NiSO_4 untuk ketahanan *thermal shock* berpengaruh terhadap jumlah kerusakan yang terjadi. Hal ini disebabkan pada konsentrasi tersebut deposit lapisan yang dihasilkan relatif lebih tebal dan mempunyai kemampuan tahan terhadap keausan dan *thermal shock* yang lebih baik. Ikatan yang kuat ini menyebabkan kualitas permukaan yang lebih baik, sehingga kerusakan akibat *thermal shock* dapat diperkecil serta dengan meminimalisir bentuk menyudut pada benda kerja. Bentuk bersudut kecil atau menyudut pada benda kerja terjadi karena pengerjaan penghalusan dan pembersihan dilakukan secara manual dengan menggunakan *flap disk*, hal ini dikarenakan belum adanya pengerjaan pembersihan secara otomatis. Ketahanan terhadap *thermal shock* pada aplikasinya diharapkan pelapisan yang dialami oleh benda kerja tidak mengalami kerusakan dikarenakan satu kerusakan kecil pada lapisan maka akan menyebabkan timbulnya kerusakan – kerusakan lain disekitar lapisan pertama yang rusak. Karena kerusakan pertama dapat memicu timbulnya kerusakan – kerusakan lainnya.

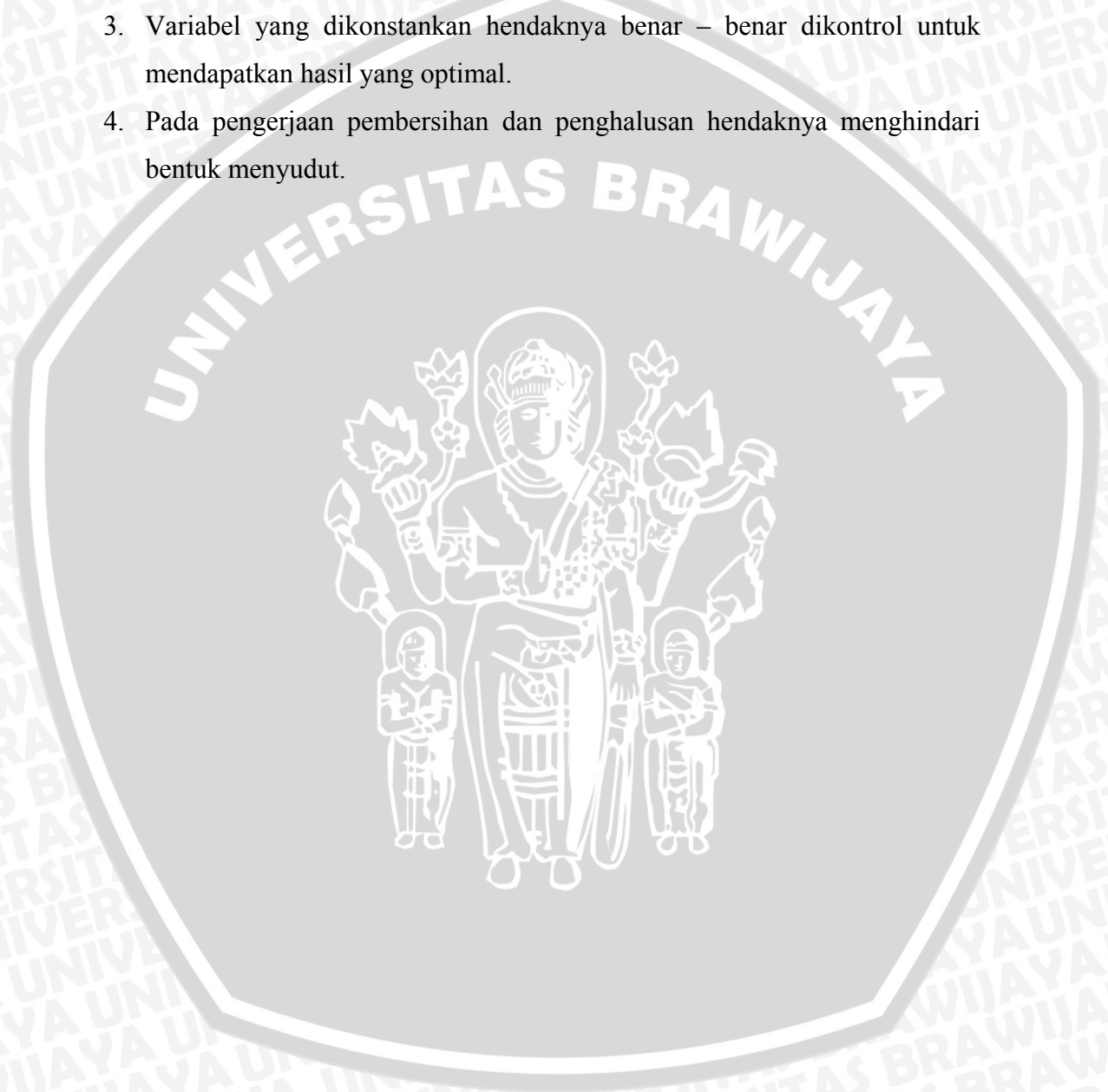
5.2 Saran

Proses elektroplating hendaknya dilakukan dengan memperhatikan hal – hal berikut :

1. Air yang digunakan sebagai pelarut dalam elektrolit hendaknya digunakan *destilated water* agar tidak terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan, karena pada saat peneliti melakukan percobaan elektroplating

menggunakan air sumur maka permukaan logam hasil elektroplating terdapat bercak hitam dan agak kasar.

2. Proses *pickling* hendaknya dilakukan tidak terlalu lama karena dapat mengakibatkan permukaan logam menjadi berlubang – lubang.
3. Variabel yang dikonstankan hendaknya benar – benar dikontrol untuk mendapatkan hasil yang optimal.
4. Pada pengerjaan pembersihan dan penghalusan hendaknya menghindari bentuk menyudut.



DAFTAR PUSTAKA

- Allcock, Bryan., 2006, *Surface Engineering*, Monitor Coating and Engineers Limited, United Kingdom.
- Chamberlain, J dan K.R. Trethewey. 1991. **Korosi untuk mahasiswa dan rekayasawan**. Jakarta : Gramedia.
- Faraq, Moh. M.,1997, *Material Selection For Engineering Design*, Prentice Hall, Europe.
- Sharma, Gajendra, 2006, *Characteristics of Electrodeposited Ni-Co-SiC Composite Coating*, Malaviya National Institute Of Technology, Jaipur.
- Hartomo, Anton J.,1992, **Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)**, Andi Offset, Yogyakarta.
- Loar, Gary W., 2006, *Nickel Plating*, McGean-Rohco Inc, Ohio
- Parthasaradhy, N. V., 1988, *Practical Electroplating Handbook*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Sanders, A.H. 1950. *Electroplating*. New York : International Textbook. Co.
- Setiadji, Irwan K., 2006, **Pengaruh Kosentrasi Copper Cyanide (CuCn) terhadap Ketahanan Korosi dan Thermal Shock Hasil Elektroplating**, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang.
- [Http://Tst.ewi.utwente.nl/research/microfabrication](http://Tst.ewi.utwente.nl/research/microfabrication).
- [Http://en.wikipedia.org/wiki/nickel](http://en.wikipedia.org/wiki/nickel).
- [Http://en.wikipedia.org/wiki/thermal_shock](http://en.wikipedia.org/wiki/thermal_shock).
- Wellman, Brush., 2002, *Technical Tidbits*, Brush Wellman Inc, Ohio.
- Whittington, Clive., 2002, *Nickel Plating Handbook*, OM GROUP Inc, Finland.

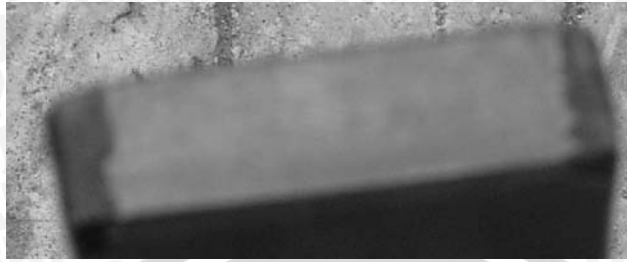
LAMPIRAN



Gambar 1 : Benda Kerja Setelah Elektroplating



Gambar 2 : Kerusakan Setelah Pengujian Keausan



Gambar 3 : Kerusakan Pada Ujung Benda Kerja Akibat Pengujian *Thermal Shock*



Gambar 4 : Kerusakan Pada Sisi Benda Kerja Akibat Pengujian *Thermal Shock*

