

**ANALISA VARIASI WAKTU DAN ARUS TERHADAP
KETEBALAN DAN ADHESIVITAS LAPISAN Cu-Ni-Cr DAN
Ni-Cr PADA ELEKTROPLATING DEKORATIF-PROTEKTIF**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Starta Satu Teknik
Pada Program Studi Fakultas Teknik Mesin
Universitas Islam Riau*

Disusun Oleh :

RIANDRA

14 331 0725

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

LEMBAR PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA VARIASI WAKTU DAN ARUS TERHADAP KETEBALAN
DAN ADHESIVITAS LAPISAN Cu-Ni-Cr DAN Ni-Cr PADA
ELEKTROPLATING DEKORATIF-PROTEKTIF**

Disusun oleh :

**RIANDRA
14 331 0725**

Diperiksa Dan Disetujui Oleh :

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT

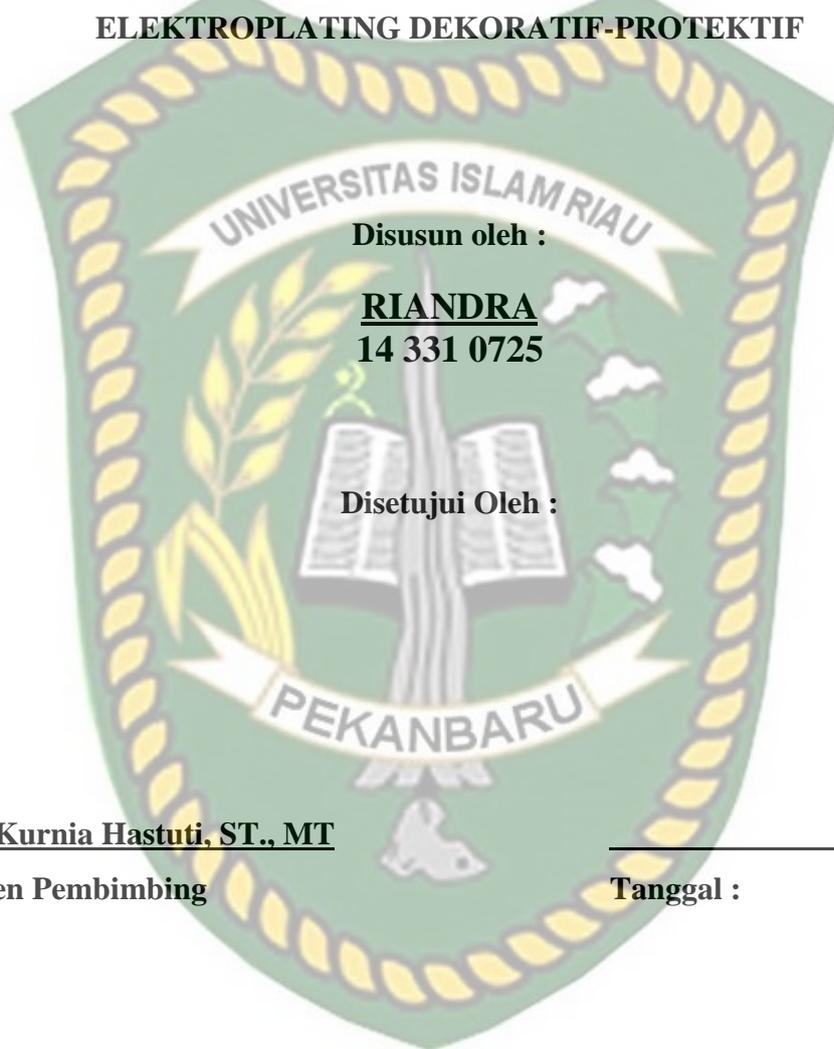
Dosen Pembimbing

Tanggal : _____

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA VARIASI WAKTU DAN ARUS TERHADAP KETEBALAN
DAN ADHESIVITAS LAPISAN Cu-Ni-Cr DAN Ni-Cr PADA
ELEKTROPLATING DEKORATIF-PROTEKTIF**



Disusun oleh :

RIANDRA
14 331 0725

Disetujui Oleh :

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT

Dosen Pembimbing

_____ **Tanggal :**

Disahkan Oleh :

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK MESIN**

Ir. H. ABDUL KUDUS ZAINI, MT.,MS., Tr DODY YULIANTO , ST., MT

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Riandra

Npm : 143310725

Program Studi : Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang saya lakukan untuk tugas akhir dengan judul **“ANALISA VARIASI WAKTU DAN ARUS TERHADAP KETEBALAN DAN ADHESIVITAS LAPISAN Cu-Ni-Cr DAN Ni-Cr PADA ELEKTROPLATING DEKORATIF-PROTEKTIF”** yang diajukan guna melengkapi pernyataan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik mesin pada fakultas Teknik universitas islam riau merupakan hasil penelitian dan karya ilmiah saya sendiri dengan bantuan dosen pembimbing dan bukan merupakan tiruan atau duplikat dari tugas akhir yang telah dipublikasikan atau pernah digunakan untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas islam riau (UIR) maupun perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali pada bagian yang sumber informasinya. Demikian surat pernyataan ini saya buat sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 18 desember 2019

RIANDRA
14.331.0725

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PERSONAL

Nama Lengkap : RIANDRA
NPM : 14.331.0725
Tempat Tanggal Lahir : Pontianak, 24 Agustus 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jl. Cipta Karya Ujung

PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD N 035 Tampan Pekanbaru
Sekolah Menengah Pertama : SMP N 1 Siak Hulu
Sekolah Menengah Atas : SMK Kansai Pekanbaru
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau (Teknik Mesin S1)

TUGAS AKHIR

ANALISA VARIASI WAKTU DAN ARUS TERHADAP KETEBALAN DAN
ADHESIVITAS LAPISAN Cu-Ni-Cr DAN Ni-Cr PADA ELEKTROPLATING
DEKORATIF-PROTEKTIF

Tempat Penelitian : Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Tanggal Seminar Proposal: 8 Agustus 2019

Tanggal Sidang : 18 Desember 2019

Pekanbaru, 18 Desember 2019

RIANDRA

NPM : 14. 331. 0725

ANALISA VARIASI WAKTU DAN ARUS TERHADAP KETEBALAN DAN ADHESIVITAS LAPISAN Cu-Ni-Cr DAN Ni-Cr PADA ELEKTROPLATING DEKORATIF-PROTEKTIF

Riandra, Kurnia Hastuti

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl.Kaharuddin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru
Telp. 0761 – 674635 Fax. (0761) 674834

ABSTRAK

Proses pelapisan Cu-Ni-Cr dan Ni-Cr dengan metode elektroplating biasanya dilakukan sebagai proses finishing dengan tujuan menghasilkan lapisan yang berfungsi sebagai dekoratif-protektif pada kendaraan bermotor. Pada proses elektroplating, lapisan dasar, waktu, dan arus memegang peranan penting dalam pembentukan lapisan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lapisan dasar Cu, waktu dan arus terhadap ketebalan dan adhesivitas lapisan Cu-Ni-Cr dan Ni-Cr yang dihasilkan. Pada penelitian ini, material yang akan dilapisi adalah *Swing Arm* yang menggunakan baja AISI 1010 sebagai katoda, dan tembaga murni, nikel murni serta timbal (Pb) sebagai anoda. Arus yang digunakan adalah 4,5 Ampere dan 5 Ampere dengan waktu pencelupan Cu 15 menit (konstan) dan waktu pencelupan Ni 25 menit (konstan) dengan waktu pencelupan Cr 25 detik, 30 detik, dan 35 detik. Spesimen hasil elektroplating ditimbang dan diukur ketebalannya. Hasil lapisan tampak fisik Ni-Cr berwarna silver kebiru-biruan pada spesimen B2 memberikan hasil kilap yang lebih baik, namun demikian pada spesimen A1 tidak menampakan kilap yang baik, karena waktu dan arus yang lebih kecil tidak menampakan kilap yang baik sedangkan waktu dan arus yang lebih lama memberikan hasil kilap yang lebih gelap. Dan juga pada hasil lapisan Cu-Ni-Cr dengan arus 4,5 A dan waktu pencelupan Cu 15 menit, Ni 25 menit, dan Cr 30 detik berwarna silver kekuning-kuningan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu pencelupan, maka semakin tinggi nilai ketebalan yang didapat. Nilai ketebalan tertinggi diperoleh pada spesimen yang dicelup dengan arus 5 A dalam waktu pencelupan Cu 15 menit dan Ni 25 menit dan Cr 35 detik yaitu sebesar 0,05039 mm. sedangkan nilai ketebalan terendah terjadi pada spesimen dengan arus 4,5 A dalam waktu pencelupan Ni 25 menit dan Cr 25 detik yaitu sebesar 0,03009 mm.

Kata kunci : *Elektroplating*, Cu-Ni-Cr, Arus, Waktu, Dekoratif-Protektif.

ANALYSIS VARIATIONS OF TIME AND CURRENT TO THICKNESS AND ADHESIVITAS OF Cu-Ni-Cr AND Ni-Cr LAYERS ON DECORATIVE-PROTECTIVE ELECTROPLATING

Riandra, Kurnia Hastuti

Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Riau Islamic University

Jl.Kaharuddin Nasution Km 11 No.113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Tel. 0761 - 674635 Fax. (0761) 674834

ABSTRACT

The Cu-Ni-Cr and Ni-Cr coating process by electroplating method is usually carried out as a finishing process with the aim of producing a layer that functions as a decorative-protective on a motorized vehicle. In the electroplating process, the base layer, time, and current play an important role in the formation of layers. This study aims to determine the effect of Cu base layer, time and current on the thickness and adhesivity of the Cu-Ni-Cr and Ni-Cr layers produced. In this research, the material to be coated is Swing Arm which uses AISI 1010 steel as a cathode, and pure copper, pure nickel and lead (Pb) as an anode. The current used is 4.5 Amperes and 5 Amperes with Cu dipping time of 15 minutes (constant) and Ni dipping time of 25 minutes (constant) with Cr dipping time of 25 seconds, 30 seconds, and 35 seconds. Electroplating specimens were weighed and their thickness measured. The results of the physical appearance of the bluish silver-colored Ni-Cr in specimen B2 give better gloss results, however, specimens in A1 do not show a good gloss, because the time and the smaller currents do not show good gloss while the time and current are longer gives darker shine results. And also on the results of Cu-Ni-Cr coating with a current of 4.5 A and Cu immersion time of 15 minutes, Ni 25 minutes, and 30 seconds Cr yellowish yellow. The results showed that the longer the immersion time, the higher the thickness value obtained. The highest thickness value was obtained in specimens that were dyed with a current of 5 A in the time of dyeing Cu 15 minutes and Ni 25 minutes and Cr 35 seconds which was equal to 0.05039 mm. while the lowest thickness value occurs in specimens with a current of 4.5 A in the time of dyeing Ni 25 minutes and Cr 25 seconds which is equal to 0.03009 mm.

Keywords: Electroplating, Cu-Ni-Cr, Curent, Time, Decorative-Protective.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DARTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pelapisan Logam	7
2.1.1 Prinsip Kerja Lapis Listrik	9
2.1.2 Bahan Pelapis	18
2.1.3 Tahapan Proses Elektroplating	20
2.2 Baja	25
2.2.1 Klasifikasi Baja	27
2.3 Perhitungan ketebalan, rapat arus lapisan logam secara teoritis.....	28
2.4 Ketebalan Lapisan	30
2.5 Rapat Arus	31
2.6 Adhesivitas	31
2.7 Pengaruh waktu dan arus terhadap ketebalan lapisan	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir	34
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.3	Bahan Penelitian	35
3.4	Alat Penelitian	37
3.5	Perencanaan Rancangan Penelitian	42
3.6	Pengambilan Data	44
3.6.1	Metode Pengambilan Data	45
3.6.2	Prosedur Pengambilan Data	45
3.6.3	Prosedur Pengujian Adhesivitas Lapisan	45
3.6.4	Prosedur Pengujian Tampak Fisik	46
3.7	Perhitungan Teoritis	46

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1	Data Hasil Uji Ketebalan Mikroskop	48
4.1.1	Pelapisan Ni-Cr	48
4.1.2	Pelapisan Cu-Ni-Cr	52
4.2	Penimbangan Berat Spesimen	55
4.3	Rapat Arus	60
4.4	Hubungan Laju Ketebalan Terhadap Arus dan Bahan Pelapis.	61
4.5	Hasil Uji Adhesivitas	64
4.6	Data Hasil Pengamatan Tampak Fisik	70

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Elektroplating adalah proses pelapisan yang menggunakan prinsip pengendapan logam dengan cara elektrokimia. Benda kerja yang akan dilapisi dijadikan katoda, sedangkan logam yang melapisi benda kerja dijadikan anoda. Kedua elektroda berada dalam larutan elektrolit dan dihubungkan dengan catu daya arus searah, DC *Power Supply*. Logam yang sering digunakan sebagai pelapis dengan metode elektroplating adalah Cu, Ni, dan Cr, logam-logam ini diletakkan sebagai anoda pada proses elektroplating. Elektroplating sering digunakan sebagai sarana untuk memberikan lapisan tipis pada permukaan logam atau dengan menggunakan logam yang memiliki keunggulan dari segi properti, ketahanan terhadap korosi, dan memperindah penampilan. Benda kerja yang tidak dilapisi oleh lapisan pelindung lebih cepat terserang korosi. Korosi disebabkan oleh reaksi logam dengan unsur bukan logam dari lingkungannya (Hartomo, 1992). Peristiwa ini tidak dikehendaki karena dapat merusak baik fungsi maupun tampak rupa dari logam yang mengalami peristiwa tersebut. Meskipun proses korosi adalah proses alamiah yang berlangsung dengan sendirinya dan tidak dapat dicegah secara mutlak, akan tetapi pencegahan dan penanggulangan tetap diperlukan. Tahap penyelesaian dengan elektroplating selain mencegah korosi juga berfungsi dekoratif.

Pelapisan elektroplating sangat banyak diinginkan oleh masyarakat karena bertujuan untuk menambah keindahan tampak luar suatu benda atau produk,

warnanya yang cemerlang, tidak mudah terkorosi dan tahan lama. Produk yang dihasilkan banyak digunakan sebagai aksesoris pada kendaraan bermotor baik yang beroda 2 maupun yang beroda 4 yaitu pada lengan ayun, tromol, bak engkol, velg mobil, dan bumper depan mobil, komponen-komponen tersebut terbuat dari baja AISI 1010. Namun pekerjaan untuk elektroplating belum banyak yang mampu membuat kualitas atau mutu yang baik.

Swing arm adalah salah satu komponen yang dilapis dengan metode elektroplating dimana logam Ni dan Cr di gunakan sebagai pelapis. Namun demikian ada permintaan dari pengguna yang menginginkan warna berbeda dari *swing arm* yang hasilnya berwarna silver kekuning-kuningan. Sebab itu alternatif yang di tawarkan pada penelitian ini adalah warna yang berbeda dapat di peroleh dari logam tembaga (Cu). Selain itu, beberapa literatur menyatakan bahwa lapisan dasar Cu berpengaruh pada *adhesivitas* lapisan dan mempercepat pelapisan selanjutnya. Pada warna akhir dan kekuatan lapisan yang lebih.

Dalam proses pelapisan, kondisi proses perlu diperhatikan karena akan menentukan berhasil tidaknya proses pelapisan serta mutu yang diinginkan. Dalam kaitannya dengan tebal lapisan yang terbentuk pada logam dasar, ada beberapa kondisi proses yang mempengaruhi, diantaranya rapat arus, konsentrasi larutan, temperatur, waktu (Sugarta, dkk. 2012)

Penelitian sebelumnya oleh mustopo (2011) membangkitkan pelapisan Cr, Ni-Cr, dan Cu-Ni-Cr. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan Cu-Ni-Cr, justru memiliki kekuatan lapisan paling buruk. Ini tentu bertentangan dengan teori

karena itu dikonfirmasi pada penelitian ini. Analisa awal kemungkinan hasil tersebut disebabkan karena waktu lapisan yang terlalu lama sehingga lapisan tersebut menjadi sangat tebal. Karena itu pada penelitian ini waktu pelapisan Cr dikurangi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pelapisan Cu-Ni-Cr dan Ni-Cr pada baja AISI 1010?
2. Bagaimana pengaruh lapisan Cu terhadap ketebalan Ni-Cr?
3. Pada arus dan waktu berapa di dapatkan lapisan dengan *adhesivitas* yang baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang diajukan, adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan teknik pelapisan Cu-Ni-Cr dan Ni-Cr pada baja AISI 1010.
2. Untuk mendapatkan pengaruh lapisan Cu terhadap ketebalan Ni-Cr.
3. Untuk mendapatkan *adhesivitas* yang terbaik pada variasi parameter arus dan waktu.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memenuhi arah penelitian yang baik dan lebih terfokus, ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Benda uji yang digunakan adalah *swing arm* yang menggunakan baja karbon AISI 1010.
2. Larutan elektrolit yang digunakan pada larutan Cu adalah tembaga sulfat (CuSO_4), larutan Ni adalah nikel sulfat (NiSO_4), dan larutan Cr adalah Cr oksida (CrO_3).
3. Temperatur larutan dianggap konstan $\pm 50^\circ\text{C}$.
4. Waktu yang digunakan pelapisan Cu adalah 15 menit dan Ni adalah 25 menit.
5. Pelapisan Cr dilakukan pada arus 4,5 A dan 5 A dengan waktu 25, 30, dan 35 detik.
6. Jarak anoda ke katoda 50 cm.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari dilakannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

- a. Bagi penulis.

Penelitian ini berguna untuk menambah wawasan dan pengetahuan mengenai electroplating dekoratif-protektif secara teoritis maupun dalam dunia nyata, serta pengaplikasian pengetahuan yang selama ini didapat selama masa perkuliahan.

- b. Bagi akademik

Penelitian ini dapat memberikan sedikit masukan dan informasi yang diharapkan mampu memberikan manfaat baik dalam bidang akademik maupun dalam bidang praktisi.

c. Bagi peneliti selanjutnya.

Penelitian ini berguna untuk memberikan masukan bagi peneliti selanjutnya dan menjadikan penelitian ini sebagai informasi pelengkap dalam penyusunan penelitian yang sejenis.

1.6 Sistematika penulisan

Untuk memperoleh gambaran secara umum tentang analisa ini, penulis melengkapi penguraiannya sebagai berikut.:

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah serta sistematika penulisan.

Bab II : Landasan Teori

Bab ini menjelaskan tentang pelapisan logam, fungsi pelapisan listrik (elektroplating), bahan pelapisan, hukum faraday, tahapan proses elektroplating, prinsip kerja lapis listrik, pengertian baja, serta perhitungan berat, ketebalan, laju ketebalan, rapat arus lapisan logam tembaga secara teoritis, ketebalan lapisan, rapat arus, kekuatan ikatan

lapisan, pengaruh waktu dan arus terhadap ketebalan lapisan, dan pengaruh arus terhadap ketebalan lapisan.

Bab III : Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang variable penelitian, waktu dan tempat penelitian, bahan penelitian, alat yang digunakan, prosedur persiapan larutan elektrolit Ni, Cr, dan Cu rancangan penelitian, pengambilan data, definisi operasional, serta susunan proses pengerjaan menggunakan diagram alir penelitian.

Bab IV : Hasil Pengujian dan Analisa

Bab ini berisi tentang data pengamatan tampak fisik, pengamatan kekuatan hasil lapisan, hasil uji ketebalan dan berat lapisan, analisis grafik, hubungan rapat arus katoda terhadap luas permukaan katoda lapisan, hubungan rapat arus terhadap laju ketebalan lapisan, dan pembahasan penelitian.

Bab V : Penutup

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelapisan Logam

Pelapisan logam adalah merupakan salah satu teknik perlindungan terhadap logam dari pengaruh luar yang dapat merusak serta mengurangi ketahanan pada permukaan benda kerja, dimana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan ketahanannya, dan tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya (Siregar, 2010). Pelapisan logam merupakan bagian akhir dari proses produksi dari suatu produk. Proses tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk akhir atau setelah proses pengerjaan mesin serta penghalusan terhadap permukaan benda kerja yang dilakukan. Dengan demikian, proses pelapisan termasuk dalam kategori pekerjaan *finishing* atau sering juga disebut tahap penyelesaian dari suatu produksi benda kerja.

Ditinjau dari cara kerja proses pelapisan dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

a. Pelapisan secara celup panas (*hot dip galvanis*) adalah suatu proses pelapisan dimana logam pelapis dipanaskan hingga mencair, kemudian logam yang akan dilapisi disebut logam dasar dicelupkan ke dalam logam cair tersebut, sehingga pada permukaan logam dasar akan terbentuk lapisan berupa paduan antara logam pelapis dan logam dasar (Ahmad, 2011).

b. Pelapisan logam dengan semprot (*spraying*) adalah suatu proses pelapisan dengan cara penyemprotan partikel-partikel halus dari logam cair

dengan disertai gas bertekanan tinggi dan panas pada logam yang akan dilapisi/logam dasar (Ahmad, 2011).

c. Pelapisan secara listrik (*electroplating*) Elektroplating merupakan proses pelapisan suatu logam atau non logam secara elektrolisis melalui penggunaan arus listrik searah (*direct current/DC*) dan larutan kimia (elektrolit). Pelapisan bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Terjadinya endapan pada proses disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik melalui elektrolit. Ion-ion pada elektrolit tersebut akan mengendap pada katoda. Endapan yang terjadi bersifat adhesif terhadap logam dasar. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit yaitu reaksi reduksi dan oksidasi yang diharapkan berlangsung terus menerus menuju arah tertentu secara tetap. Untuk itu diperlukan arus listrik searah dan tegangan yang konstan (Saleh, 1995).

Prinsip dasar dari proses lapis listrik adalah berdasarkan pada Hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Di samping itu jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut.

Dalam pelaksanaan proses pelapisan listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu arus yang dibutuhkan untuk melapis (rapat arus), temperatur larutan, waktu pelapisan dan konsentrasi larutan. Plating termasuk salah satu cara menanggulangi korosi pada logam dan juga berfungsi sebagai ketahanan bahan.

Di samping itu plating juga memberikan nilai estetika pada logam yang dilapisi.

Adapun fungsi pelapisan ini adalah sebagai berikut:

a. Dekoratif

Dekoratif bertujuan untuk menambah keindahan tampak luar suatu benda atau produk. Sekarang ini pelapisan dengan bahan nikel-khrom sedang digemari karena warnanya yang cemerlang. Dengan kata lain pelapisan ini hanya untuk mendapatkan bentuk luar yang baik saja. Logam-logam yang umum digunakan untuk pelapisan dekoratif adalah emas, perak, nikel dan krom (Siregar, 2010).

b. Protektif

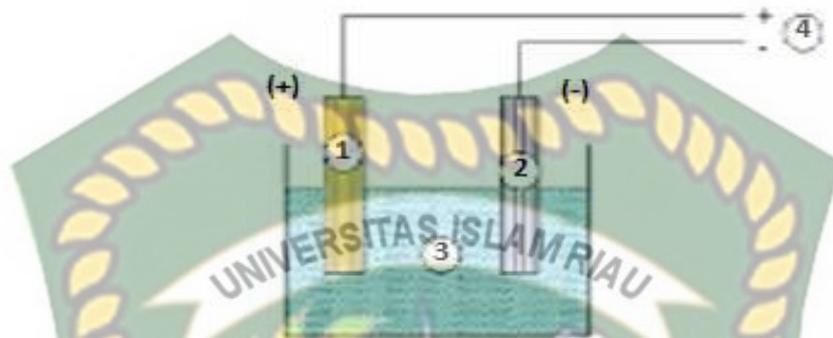
Protektif adalah pelapisan yang bertujuan untuk melindungi logam yang dilapisi dari serangan korosi karena logam pelapis tersebut akan memutus interaksi dengan lingkungan sehingga terhindar dari proses oksidasi (Siregar, 2010).

2.1.1 Prinsip kerja lapis listrik

Pada prinsipnya pelapisan logam dengan cara lapis listrik atau electroplating merupakan rangkaian dari arus listrik, anoda, larutan elektrolit dan katoda (benda kerja). Keempat gugusan ini disusun sedemikian rupa, sehingga membentuk suatu system lapis listrik dengan rangkaian sebagai berikut :

- Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik
- Katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik
- Larutan elektrolit ditampung dalam bak
- Anoda dan katoda direndamkan dalam larutan elektrolit.

Untuk lebih jelasnya rangkaian dan prinsip kerja proses lapis listrik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mekanisme proses pelapisan.

(Sumber : Mustopo, 2011)

Keterangan :

- (1) Anoda (bahan pelapis)
- (2) Katoda (benda yang dilapisi)
- (3) Elektrolit
- (4) Sumber arus searah

Bila arus listrik (potensial) searah dialirkan antara kedua elektroda anoda dan katoda dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif ditarik oleh katoda. Sementara ion bermuatan negatif berpindah ke arah anoda ion-ion tersebut dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada elektroda katoda.

a. Larutan Elektrolit

Suatu proses lapis listrik memerlukan larutan elektrolit yang merupakan media proses berlangsung. Larutan elektrolit dapat dibuat dari larutan asam dan garam logam yang dapat membentuk ion-ion positif. Tiap jenis pelapisan larutan

elektrolitnya berbeda-beda tergantung pada sifat-sifat elektrolit yang diinginkan. Sebagai contoh pelapisan tembaga, larutan yang dipakai dibuat dari garam logam cupper sulfat (CuSO_4) dan H_2O yang akan terurai seperti berikut :



Komposisi larutan elektrolit yang dipakai pada proses pelapisan nikel dan khrom adalah sebagai berikut (Azhar, 1995):

1. Larutan Nikel.

Larutan nikel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- NiSO_4
- Bright I-06
- NiCl_2
- Bright M-07
- H_3BO_3

2. Larutan Khrom

Larutan khrom yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- CrO_3
- H_2SO_4

3. Larutan Tembaga

Larutan tembaga yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- $\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2 \text{SO}_4$

Oleh karena itu larutan elektrolit selalu mengandung garam dari logam yang akan dilapis. Garam-garam tersebut sebaiknya dipilih yang mudah larut, tetapi anionnya tidak mudah tereduksi. Walau anion tidak ikut langsung dalam

proses terbentuknya lapisan, tapi jika menempel pada permukaan katoda akan menimbulkan gangguan bagi terbentuknya mikrostruktur lapisan, kemampuan/aktivitas dari ion logam ditentukan oleh konsentrasi dari garam logamnya, bila konsentrasi logamnya tidak mencukupi untuk diendapkan, akan terjadi endapan/lapisan yang terbakar pada rapat arus yang relatif rendah.

Selain itu, larutan elektrolit harus mempunyai sifat-sifat seperti *Covering power*, *throwing power* dan *levelling* yang baik. Adanya ion klorida dalam larutan yang bersifat asam berfungsi :

1. Mempercepat terkikisnya anoda atau mencegah pasipasi anoda.
2. Menaikkan koefisien difusi dari ion logamnya atau menaikkan batas rapat arus (*limiting current density*).

Sedangkan larutan yang bersifat basa (alkali) yang banyak digunakan pada proses lapis listrik adalah garam kompleks sianida, karena sianida kompleks terkomposisi oleh asam. Penggunaan bahan kimia untuk industri elektroplating biasanya bisa bertahan lama. Bahan kimia yang digunakan bisa berkurang karena penguapan atau tumpah. Larutan elektrolit misalnya, bisa bertahan sampai sangat lama. Dengan menggunakan indikator untuk mengetahui efektivitas bahan, larutan elektrolit bisa diperbaiki dengan menambahkan bahan tertentu untuk menstabilkan kandungannya. Meskipun penggunaannya sangat hemat, pada umumnya bahan kimia yang digunakan adalah logam berat dan bersifat racun.

Bahan-bahan tersebut berpotensi menjadi sumber cemaran, baik yang masih berupa bahan baku maupun senyawa kimi yang dihasilkan selama proses elektroplating. Industri mengekstrak material dari basis sumber daya alam dan

memasukkan produk sekaligus limbah pencemar ke dalam lingkungan hidup. Suatu kajian terhadap salah satu jenis industri yakni industri kecil lapis listrik telah dilakukan untuk mengetahui sampai beberapa jauh jenis industri ini telah melakukan limbah cair sebagai berikut :

1. Elektrodialisis untuk memperoleh kembali ion logam dalam larutan pelapisan.
2. Osmosis balik digunakan untuk memperoleh kembali garam pelapisan dan larutan.
3. Penukaran ion adalah proses lain untuk memperoleh kembali logam yang digunakan di banyak pabrik pelapisan.
4. Penguapan memerlukan modal dan biaya energi yang tinggi, tetapi telah dipakai di beberapa tempat untuk menghemat biaya logam dan biaya bahan kimia.
5. Saringan pasir bekerja baik pada tahap penghalusan akhir sesudah pengendapan.

Pengelolaan limbah agar dapat dipakai ulang (*reuse*) menggunakan metode sedimentasi atau pengendapan logam. Adapun caranya antara lain : partikel padat yang bercampur dengan air limbah dapat mengendap secara langsung berdasarkan gaya berat ukuran partikel. Ukuran partikel yang sulit mengendap bisa diatasi dengan menggunakan tawas (alum), feri sulfat, poli aluminium klorida (PAC), penambahan zat tersebut menyebabkan partikel akan menggumpal dan mengendap.

Beberapa bahan/zat kimia sengaja ditambahkan kedalam larutan elektrolit bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat lapisan tertentu. Sifat-sifat tersebut antara lain penampilan (*appearance*), kegetasan lapisan (*brittleness*), keuletan (*ductility*), dan kekerasan (*hardness*).

b. Anoda (elektroda positif)

Pada proses pelapisan secara listrik, peranan anoda sangat penting dalam menghasilkan kualitas lapisan. Pengaruh kemurnian/kebersihan anoda terhadap elektrolit dan penentuan optimalisasi ukuran serta bentuk anoda perlu diperhatikan. Dengan perhitungan yang cermat dalam menentukan anoda pada proses pelapisan dapat memberikan keuntungan yaitu meningkatkan distribusi endapan, mengurangi kontaminasi larutan, menurunkan biaya bahan kimia yang dipakai, meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi timbulnya masalah-masalah dalam proses pelapisan.

Anoda yang digunakan pada pelapisan tembaga adalah anoda terlarut (*soluble anode*) yaitu tembaga murni, untuk pelapisan nikel menggunakan anoda terlarut yaitu anoda nikel murni, sedangkan untuk pelapisan khrom menggunakan anoda tidak terlarut (*unsoluble anode*) yaitu dengan anoda timbal (Pb).

Adanya arus listrik yang mengalir melalui larutan elektrolit di antara kedua elektroda, maka pada anoda akan terjadi pelepasan ion logam dan oksigen (*reduksi*), selanjutnya ion logam tersebut dan gas hidrogen diendapkan pada elektroda katoda. Peristiwa ini dikenal sebagai proses pelapisan dengan anoda terlarut (*soluble anode*). Tetapi bila anoda tersebut hanya dipakai sebagai penghantar arus, anoda ini disebut anoda tak terlarut (*unsoluble anoda*).

Anoda tidak larut adalah paduan dari bahan-bahan seperti bahan nikel, paduan timbal-tin, karbon, platina-titanium dan lain sebagainya. Anoda ini diutamakan selain sebagai penghantar yang baik juga tidak mudah terkikis oleh larutan dengan atau tanpa aliran listrik. Tujuan dipakainya anoda tidak larut adalah untuk :

- Mencegah terbentuknya logam yang berlebihan dalam larutan
- Mengurangi nilai investasi peralatan
- Memelihara keseragaman jarak anoda dan katoda

Oleh karena itu anoda jenis ini tidak bisa digunakan dalam larutan yang mengandung bahan-bahan organik (*organic agent*) atau *cyanid*. Garam logam sering ditambahkan dalam larutan bertujuan menjaga kestabilan komposisi larutan dari pengaruh unsur-unsur yang larut dari anoda tidak larut.

Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan dalam memilih anoda terlarut antara lain adalah :

- a. Efisiensi anoda yang akan dipakai
- b. Jenis larutan elektrolit
- c. Kemurnian bahan anoda
- d. Bentuk anoda
- e. Rapat dan kapasitas arus yang display
- f. Cara pembuatan anoda

Proses lapis listrik yang umum dipakai pada perbandingan anoda dengan katoda adalah 2 : 1, karena kontaminasi anoda adalah penyebab atau sumber utama pengotor, maka usahakan penggunaan anoda yang semurni mungkin.

Spesifikasi kemurnian anoda yang di sarankan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Spesifikasi anoda terlarut

No	Anoda	Kemurnian (%)	Unsur-unsur pengotor
1	Cadmium	99,95	Ag, As, Cu, Fe, Pb, Sb, Ti, Zn
2	Copper	99,97	Ag, Cd
3	Lead alloy	99,92	Ag, Cu, Cd, Zn
4	Nickel	99,98	Ag, Cd, Cu, Fe, Pb, Sn, Zn
5	Tin	99,92	Ag, As, Bi, Cd, Cu, Fe, Pb, S, Sb
6	Tin-Lead	99,93	Ag, As, Bi, Cu, Fe, S, Pb, Sb, Zn
7	Silver	99,95	Bi, Fe, Si, S, Sn, Fe, Zn
8	Zinc	99,98	Cu, Cd, Pb, Sn

Sumber : Asatrio (2010)

Sedapat mungkin menggunakan anoda sesuai bentuk yang akan dilapis, jarak dan luas permukaan anoda di atur sedemikian rupa, sehingga dapat menghasilkan lapisan yang seragam dan rata. Rapat arus anoda diusahakan dalam range yang dikehendaki agar mudah dikendalikan. Anoda dan gantungannya dapat menyuplay arus dengan sempurna tanpa menimbulkan panas yang berlebihan.

Bentuk-bentuk anoda terdiri dari beberapa macam, ada yang berbentuk balok, bulat, palet, lempengan dan kubus, sedangkan ukuran sesuai dengan bentuk anoda tersebut.

Bentuk bulat, kubus dan palet biasanya digunakan dengan memakai keranjang yang berfungsi sebagai tempat penampung anoda, bentuk-bentuk anoda dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Bentuk-bentuk anoda

(Sumber : Asatrio, 2010)

g. Air

Pada industri pelapisan secara listrik, air merupakan salah satu unsur pokok yang selalu harus tersedia. Biasanya penggunaan air pada proses lapis listrik dikelompokkan dalam empat macam yaitu:

- Air untuk pembuatan larutan elektrolit
- Air untuk menambah larutan elektrolit yang menguap
- Air untuk pembilasan dan
- Air untuk proses pendingin

Dari fungsi air tersebut dapat ditentukan kualitas air yang dibutuhkan untuk suatu proses. Air ledeng dipakai untuk proses pembilasan, pencucian, proses etsa dan pendingin. Sedangkan air bebas mineral (*aquadest*) dipakai khusus untuk pembuatan larutan.

Pada proses pelapisan air yang digunakan harus berkualitas baik. Air ledeng yang masih mengandung kation dan anion, jika bercampur dengan ion-ion dalam larutan akan menyebabkan turunnya efisiensi lapisan. Unsur-unsur yang tidak diinginkan dalam larutan adalah unsur kalsium dan magnesium, karena mudah bereaksi dengan cadmium sianida, tembaga sianida, perak sianida dan senyawa-senyawa lainnya, sehingga akan mempercepat kejenuhan larutan.

Umumnya unsur-unsur yang terdapat dalam air adalah kandungan dari garam-garam seperti, bikarbonat, sulfat, klorida dan nitrat. Unsur-unsur garam logam alkali (sodium/potassium) tidak begitu mempengaruhi konsentrasi larutan sewaktu operasi pelapisan berlangsung, adanya logam-logam berat seperti besi dan mangan sebagai pengotor menimbulkan cacat-cacat antara lain kekasaran (*roughness*), gores (*streakiness*), noda-noda hitam (*staining*), warna yang suram (*iridescence*) atau mengkilap.

2.1.2 Bahan Pelapis

Tembaga atau *copper* (Cu) merupakan logam yang banyak sekali digunakan di industri, karena sifat daya hantar listrik dan panasnya yang sangat baik. Sehingga dengan mudah dapat dibentuk seperti ditempa, dirol, ditarik menjadi kawat, dan sebagainya dalam keadaan panas maupun dingin. Tembaga digunakan untuk pelapisan dasar karena dapat menutup permukaan bahan yang

dilapis dengan baik. Pada industri pelapisan, tembaga banyak digunakan sebagai pelapis baik dalam bentuk tembaga murni maupun paduannya seperti kuningan dan perunggu (Saleh, 1995).

Nikel (*nickel*) adalah logam yang banyak digunakan pada industri kimia, akumulator dan pelapisan logam, karena sifatnya yang tahan korosi dan lunak. Nikel berwarna putih keperak-perakan, berkilat halus, sehingga bila dipoles dan sebagai lapis lindung akan kelihatan tampak rupa yang indah dan mengkilap. Nikel memiliki kekerasan dan kekuatan sedang, keuletannya dan daya hantar listrik baik (Saleh, 1995).

Khrom (*chromium*) adalah suatu logam yang mempunyai kekerasan yang tinggi, sehingga memberikan tampak rupa yang indah. Chromium banyak digunakan untuk lapis lindung alat-alat kecepatan tinggi (*high speed tool*), cetakan (*die*) dan bahan pemuat dalam pembuatan stainless steel. Chromium dapat diendapkan/dilapisi dengan cara lapis listrik (*electroplating*) dan semprot logam (*metal spraying*) (Hartomo dan Kaneko, 1995).

A. Hukum Faraday

Michael Faraday pada tahun 1833 menetapkan hubungan antara kelistrikan dan ilmu kimia pada semua reaksi elektrokimia. Dua hukum Faraday ini adalah :

Hukum I: Jumlah dari tiap elemen atau grup dari elemen-elemen yang dibebaskan pada kedua anoda dan katoda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah listrik yang mengalir dalam larutan.

Hukum II : Jumlah dari arus listrik bebas sama dengan jumlah ion atau jumlah substansi ion yang dibebaskan dengan memberikan sejumlah arus listrik adalah sebanding dengan berat ekivalennya.

Hukum I membuktikan terdapat hubungan antara reaksi kimia dan jumlah total listrik yang melalui elektrolit. Menurut Faraday, arus 1 Ampere mengalir selama 96.496 detik (26,8 jam) membebaskan 1,008 gram hidrogen dan 35,437 gram khlor dari larutan asam khlorida encer. Seperti hasil yang ditunjukkan bahwa 96.496 coulomb arus listrik membebaskan satu satuan berat ekuivalen ion positif dan negatif. Oleh sebab itu 96.496 coulomb atau kira-kira 96.500 coulomb yang disebut 1 Faraday sebanding dengan berat 1 elektrokimia. Untuk menentukan logam yang terdeposisi dengan arus dan waktu dapat ditentukan :

$$W_t = \frac{I \cdot t \cdot e}{F} \dots\dots\dots (2.1) \text{ (Hartomo dan Kaneko, 1984)}$$

Dimana :

- W_t : Berat lapisan teori (gram)
- I : Arus (Ampere)
- t : Waktu (Detik)
- B : Berat Atom
- Z : Valensi
- F : Bilangan Faraday 96.500 Coloumb

2.1.3 Tahapan proses elektroplating

Tahapan proses elektroplating sebagai berikut (Mustopo, 2011) :

1. Proses Pengerjaan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum dilakukan pelapisan pada logam, permukaan logam harus disiapkan untuk menerima adanya lapisan. Persiapan ini bertujuan untuk meningkatkan daya ikat antara lapisan dengan bahan yang dilapisi. Permukaan yang ideal dari bahan dasar adalah permukaan yang seluruhnya mengandung atom bahan tersebut tanpa adanya bahan asing lainnya (Hartomo dan Kaneko, 1995). Untuk mendapatkan kondisi seperti tersebut perlu dilakukan pengerjaan pendahuluan dengan tujuan :

- Menghilangkan semua pengotor yang ada di permukaan benda kerja seperti pengotor organik, anorganik/oksida dan lain-lainnya.
- Mendapatkan kondisi fisik permukaan yang lebih baik dan lebih aktif

Teknik pengerjaan pendahuluan ini tergantung dari pengotornya, tetapi secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Pembersihan Secara Mekanik

Pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta geram geram yang masih melekat pada benda kerja. Biasanya untuk menghilangkan goresan-goresan dan geram-geram tersebut dilakukan dengan mesin gerinda, sedangkan untuk menghaluskan permukaannya dilakukan dengan proses *buffing*. Prinsipnya sama seperti proses gerinda, tetapi roda polesnya yang berbeda yaitu terbuat dari bahan katun, kulit, laken dan sebagainya.

b. Pembersihan dengan Pelarut (*Solvent*)

Proses pembersihan dengan pelarut bertujuan untuk membersihkan lemak, minyak, garam dan kotoran-kotoran lainnya dengan pelarut organik, proses

pembersihan pada temperature kamar yaitu dengan menggunakan pelarut organic, tetapi dilakukan pada temperature kamar dengan cara diusap/dioles.

c. Pembersihan dengan alkalin (*degreasing*)

Pekerjaan ini bertujuan untuk membersihkan benda kerja dari lemak atau minyak-minyak yang menempel, karena lemak maupun minyak tersebut akan mengganggu pada proses pelapisan. Pencucian dengan alkalin digolongkan dalam dua cara yaitu dengan cara biasa (*alkalin degreasing*) dan dengan cara elektro (*elektro degreasing*). Pembersihan secara biasa adalah merendamkan benda kerja ke dalam larutan alkalin dalam keadaan panas selama 5-10 menit. Lamanya perendaman harus disesuaikan dengan kondisi permukaan benda kerja. Seandainya lemak atau minyak yang menempel lebih banyak, maka dianjurkan lamanya perendaman ditambah hingga permukaan bersih dari noda-noda tersebut.

d. Pencucian dengan asam (*pickling*)

Pencucian dengan asam adalah bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau karat dan sejenisnya secara kimia melalui perendaman. Larutan asam ini terbuat dari pencampuran air bersih dengan asam antara lain :

- Asam klorida (HCL)
- Asam sulfat (H₂SO₄)
- Asam sulfat dan asam flourid (HF)

Untuk benda kerja dari besi/baja cor yang masih mengandung sisa-sisa pasir dapat digunakan larutan campuran dari asam sulfat dan asam fluorid, sebab

larutan tersebut dapat berfungsi untuk menghilangkan serpih juga dapat membersihkan sisa-sisa pasir yang menempel pada benda kerja.

2. Proses lapis listrik

Setelah benda kerja betul-betul bebas dari pengotor, maka benda kerja tersebut sudah siap untuk dilapis. Dalam operasi pelapisan, kondisi operasi perlu/penting sekali untuk diperhatikan. Karena kondisi tersebut menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu pelapisan yang dihasilkan. Kondisi operasi yang perlu diperhatikan tersebut antara lain :

a. Waktu pencelupan

Lama waktu proses electroplating juga berpengaruh terhadap ketebalan hasil pelapisan. Semakin lama waktu proses electroplating maka semakin tebal lapisan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu yang diberikan maka akan memberi kesempatan kepada material pelapis mengendap pada katoda (Paridawati, 2013).

b. Arus (Ampere)

Arus listrik pada dasarnya adalah aliran elektron, yang dapat mengalir dari suatu atom ke atom lainnya. Arus yang dipakai pada elektroplating adalah arus searah (DC: *Direct Current*). Sumber arus DC dapat diperoleh dari *accumulator*, batu baterai atau dengan mengubah arus AC (*Alternating Current* atau arus bolak balik). menjadi DC dengan menggunakan adaptor atau *rectifier*. Semakin besar kuat arus yang diberikan maka semakin banyak ion dari anoda sebagai bahan

pelapis yang tereduksi dan terbawa menempel dipermukaan logam induk sebagai katoda (Paridawati, 2013).

c. Tegangan Listrik (*Voltage*)

Prinsip dasar dari proses lapis listrik adalah berpedoman atau berdasarkan hukum faraday menyatakan :

1. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisa sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
2. Jumlah zat-zat (unsur-unsur) yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisa adalah sebanding dengan berat ekivalen masing-masing zat tersebut.

Hukum faraday sangat erat kaitannya dengan efisiensi arus terjadi pada pelapisan listrik. Efisiensi arus listrik adalah perbandingan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen (%) (hukum Ohm).

Tegangan yang digunakan dalam proses lapis listrik atau elektroplating yang dapat divariabelkan adalah 2 volt sampai dengan 12 volt sedang amperenya berbanding lurus kecil atau besar dengan tegangannya, maksudnya adalah bila luas permukaan benda kerja bervariasi, maka rapat aruslah yang menyesuaikan dengan besar-kecilnya voltage, bila dengan sistem bak asam kromat, efisiensi arus platingnya rendah, laju deposisi tetap besar karena tegangan yang digunakan pada posisi paling besar, pada temperatur yang tinggi daya larut bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan konduktifitasnya tinggi

serta menambah mobilitas ion logam, tetapi viskositas menjadi berkurang, sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya (Tomijiro, 1992).

d. pH Larutan

pH larutan dipakai untuk menentukan derajat keasaman suatu larutan elektrolit dalam operasi lapis listrik, pH berarti pula pOH-pH larutan dapat diukur dengan alat ukur pH meter atau pH colorimeter, tujuan menentukan derajat keasaman ini adalah untuk melihat atau mengecek kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang baik.

3. Proses pengerjaan akhir (*Post Treatment*)

Benda kerja yang telah dilakukan proses pelapisan (elektroplating) biasanya dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan, dan dari fungsi air perlu diketahui tentang kualitas air yang dibutuhkan sebagai contoh air ledeng dipakai untuk pembilasan dan pendinginan sedangkan air bebas mineral (aquades) khusus dipakai untuk pembuatan larutan, analisa dan untuk penambahan unsur kalsium dan magnesium karena mudah bereaksi dengan cupper cyanid, silver cyanid dan cadmium cyanid. Pada umumnya unsur-unsur yang terdapat dalam air adalah kandungan garam-garam seperti : bicarbonate, sulfat, chloride dan nitrat serta untuk unsur logam alkali tidak begitu mempengaruhi konsentrasi larutan.

2.2 Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2 % hingga 2,1 % berat sesuai grade-nya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai

unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 1,7 %, sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1.7 %. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai pemuat yang dapat mempengaruhi sifat dari baja. Penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, tergantung dari pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat (Ahmad, 2011).

- Baja yang di gunakan pada penelitian ini yaitu baja AISI 1010 dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Pengujian Spektrometer Emisi Optik

No	Unsur / Element	Nilai (%)
1	Carbon (C)	0,082
2	Silicon (Si)	0,019
3	Sulfur (S)	0,010
4	Phosphorus (P)	0,010
5	Manganese (Mn)	0,424
6	Nickel (Ni)	0,02
7	Chromium (Cr)	0,01
8	Molybdenum (Mo)	0,008
9	Vanadium (V)	0,010

10	Copper	(Cu)	0,050
11	Wolfram/Tungsen	(W)	0,004
12	Titanium	(Ti)	0,002
13	Tin	(Sn)	0,003
14	Aluminium	(Al)	0,042
15	Plumbun/Lead	(Pb)	0,0008
16	Antimony	(Sb)	0,002
17	Niobium	(Nb)	0,000
18	Zirconium	(Zr)	0,000
19	Zinc	(Zn)	0,003
20	Ferro/Iron	(Fe)	99,302

Tabel 2.2 lanjutan.

Sumber : (Firdaus,2017)

2.2.1 Klasifikasi Baja

Baja secara umum dapat dikelompokkan atas 2 jenis yaitu :

a. Baja Karbon (*Carbon steel*)

Baja karbon digolongkan menjadi tiga kelompok berdasarkan banyaknya karbon yang terkandung dalam baja yaitu :

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon antara 0,025% – 0,25% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 – 30 kg karbon. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja, maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

- a) Baja karbon rendah (*low carbon steel*) yang mengandung 0,04% - 0,10% C untuk dijadikan baja – baja plat atau strip.
- b) Baja karbon rendah yang mengandung 0,05% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
- c) Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% - 0,20% C digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, membuat baut atau dijadikan baja konstruksi.

2. Baja Karbon Menengah

Baja karbon menengah (*medium carbon steel*) mengandung karbon antara 0,25% - 0,55% C dan setiap satu ton baja karbon mengandung karbon antara 30 – 60 kg. baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung kadar karbon antara 0,56% - 1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70 – 130 kg. Baja ini mempunyai kekuatan paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja

dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya.

2.3 Perhitungan ketebalan, rapat arus lapisan logam secara teoritis

Michael Faraday menemukan hubungan antara produk suatu endapan dari ion logam dengan jumlah arus untuk mengendapkannya, yang dapat diungkapkan sebagai berikut: “Jumlah bahan yang terdekomposisi saat berlangsung elektrolisa berbanding lurus dengan kuat arus dan waktu pengaliran dalam larutan elektrolit”(Hukum Faraday).

Jumlah arus yang sama akan membebaskan jumlah ekuivalen yang sama dari berbagai unsur. Pernyataan ini dapat dirumuskan:

$$W_t = \frac{I \cdot t \cdot e}{F} \dots\dots\dots (2.2) \text{ (Hartomo dan Kaneko, 1984)}$$

Dimana :

- W_t : Berat lapisan teori (gram)
- I : Arus (Ampere)
- t : Waktu (Detik)
- B : Berat Atom
- Z : Valensi
- F : Bilangan Faraday 96.500 Coloumb

Dari rumus tersebut, Volume endapan diperoleh dengan perhitungan :

$$V = \frac{W}{\rho} \dots\dots\dots (2.3) \text{ (Ibid, hal 63 dalam Mutholib, 2006)}$$

Dimana :

V : Volume (cm^3)

W : Berat endapan (*gram*)

ρ : Density adalah kerapatan logam pelapis (gram/cm^3),

Dengan mengukur langsung permukaan benda kerja dengan asumsi bahwa endapan adalah asam, maka ketebalan dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$S = \frac{V}{A} \dots\dots\dots (2.4) (\text{Ibid, hal 63 dalam Mutholib, 2006})$$

Dimana :

S : Ketebalan (*cm*)

V : Volume (cm^3)

A : Luas permukaan (cm^2)

Dari rumus – rumus diatas, untuk menentukan laju ketebalan lapisan (\dot{S}) dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \frac{I \cdot t \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho}$$

Jadi, rumus untuk laju ketebalan lapisan adalah sebagai berikut :

$$\dot{S} = \frac{I \cdot 60 \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho}$$

Dengan mengubah beberapa variabel seperti arus dan luas permukaan akan diperoleh berat logam pelapis berbeda-beda.

$$i = \frac{I}{A k} \dots\dots\dots (2.5) (\text{Mustopo, hal 25, 2011})$$

Dimana :

i : Rapat arus katoda

I : Arus.

A katoda : Luas permukaan katoda/subtrat.

2.4 Ketebalan lapisan

Ketebalan adalah salah satu persyaratan penting dari suatu lapisan hasil elektroplating. Oleh karena itu, dari sekian banyak jenis pengujian yang dilakukan terhadap hasil plating, pengukuran ketebalan adalah salah satu uji yang harus dilakukan. Dalam merencanakan pengukuran ketebalan perlu diperhatikan kejelasan pengukuran ketebalan yang diinginkan, yaitu ketebalan rata-rata atau ketebalan pada lokasi atau titik tertentu yang sangat strategis. Diambil ketebalan rata-rata karena distribusi ketebalan yang serbasama di setiap titik pada suatu permukaan yang dilapisi jarang sekali bisa dihasilkan dengan proses elektroplating.

2.5 Rapat Arus

Rapat Arus Berdasarkan hukum Faraday, banyaknya pelapisan sebanding dengan kuat arus. Akan tetapi dalam praktik, besaran yang diperlukan untuk plating adalah rapat arus yaitu arus per satuan luas, biasanya dinyatakan dalam Ampere/dm² (A/dm²) atau Ampere/ft² (A/ft²). Rapat arus antara anoda dan katoda besarnya berbeda dan rapat arus katoda merupakan besaran yang perlu diperhatikan agar kualitas pelapisan pada katoda berkualitas baik dan tidak sampai terbakar. Semakin besar rapat arus maka laju plating makin cepat dan waktu yang diperlukan untuk memperoleh lapisan dengan ketebalan tertentu akan makin singkat. Pada praktik bila benda yang dilakukan plating berjumlah banyak atau luasan benda besar, maka diperlukan arus yang besar dan kemudian diturunkan

bila jumlah benda sedikit atau luasan benda kecil. Rapat arus yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya panas sehingga benda kerja yang diplating dapat terbakar dengan ditandai warna yang menghitam (Sutomo dan Rahmat, 2012).

2.6 *Adhesivitas*

Adhesivitas merupakan salah satu ciri khusus dari pengujian lapisan logam, pada ikatan logam ini elektron tidak hanya menjadi milik satu atau dua atom saja, melainkan menjadi milik dari semua atom yang ada dalam ikatan lapisan logam tersebut. Elektron-elektron dapat terdelokalisasi sehingga dapat bergerak bebas dalam awan elektron yang mengelilingi atom-atom logam. Akibat dari elektron yang dapat bergerak bebas ini adalah sifat logam yang dapat menghantarkan listrik dengan mudah. Ikatan logam ini hanya ditemui pada ikatan yang seluruhnya terdiri dari atom unsur-unsur logam semata (Mustopo, 2011).

2.7 **Pengaruh waktu dan arus terhadap ketebalan lapisan**

A. Pengaruh waktu terhadap ketebalan lapisan.

Lama waktu proses electroplating juga berpengaruh terhadap ketebalan hasil pelapisan. Semakin lama waktu proses electroplating maka semakin tebal lapisan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu yang diberikan maka akan memberi kesempatan kepada material pelapis mengendap pada katoda (Paridawati, 2013). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Arif, dkk (2015) yang menyatakan bahwa hubungan antara kuat arus dan waktu terhadap tebal lapisan menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan ketebalan lapisan akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya kuat arus listrik yang mengalir maka jumlah ion-ion akan

semakin banyak, sehingga ion-ion akan semakin banyak terlepas dari larutan dan mengendap pada katoda/benda kerja.

Penelitian yang dilakukan oleh Dewi dan Ahmadi, menemukan bahwa waktu yang digunakan dalam elektroplating juga berpengaruh terhadap ketebalannya, semakin besar waktu yang digunakan ketebalan lapisan akan meningkat, hal ini juga disebabkan karena waktu yang tinggi akan menghasilkan massa endapan yang besar.

Berdasarkan penelitian terdahulu, terlihat kecenderungan semakin besar waktu yang digunakan pada proses elektroplating maka massa nikel-krom yang diendapkan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan Hukum Faraday bahwa jumlah endapan logam yang terbentuk sebanding dengan jumlah waktu yang diberikan.

B. Pengaruh arus terhadap ketebalan lapisan.

Arus listrik pada dasarnya adalah aliran elektron, yang dapat mengalir dari suatu atom ke atom lainnya. Arus yang dipakai pada elektroplating adalah arus searah (DC: *Direct Current*). Sumber arus DC dapat diperoleh dari *accumulator*, batu baterai atau dengan mengubah arus AC (*Alternating Current* atau arus bolak balik). menjadi DC dengan menggunakan adaptor atau *rectifier*. Semakin besar kuat arus yang diberikan maka semakin banyak ion dari anoda sebagai bahan pelapis yang tereduksi dan terbawa menempel dipermukaan logam induk sebagai katoda. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Arif, dkk (2015) di mana hubungan antara kuat arus dan waktu terhadap tebal lapisan menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan ketebalan lapisan akan semakin

meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya kuat arus listrik yang mengalir maka jumlah ion-ion akan semakin banyak, sehingga ion-ion akan semakin banyak terlepas dari larutan dan mengendap pada katoda/benda kerja.



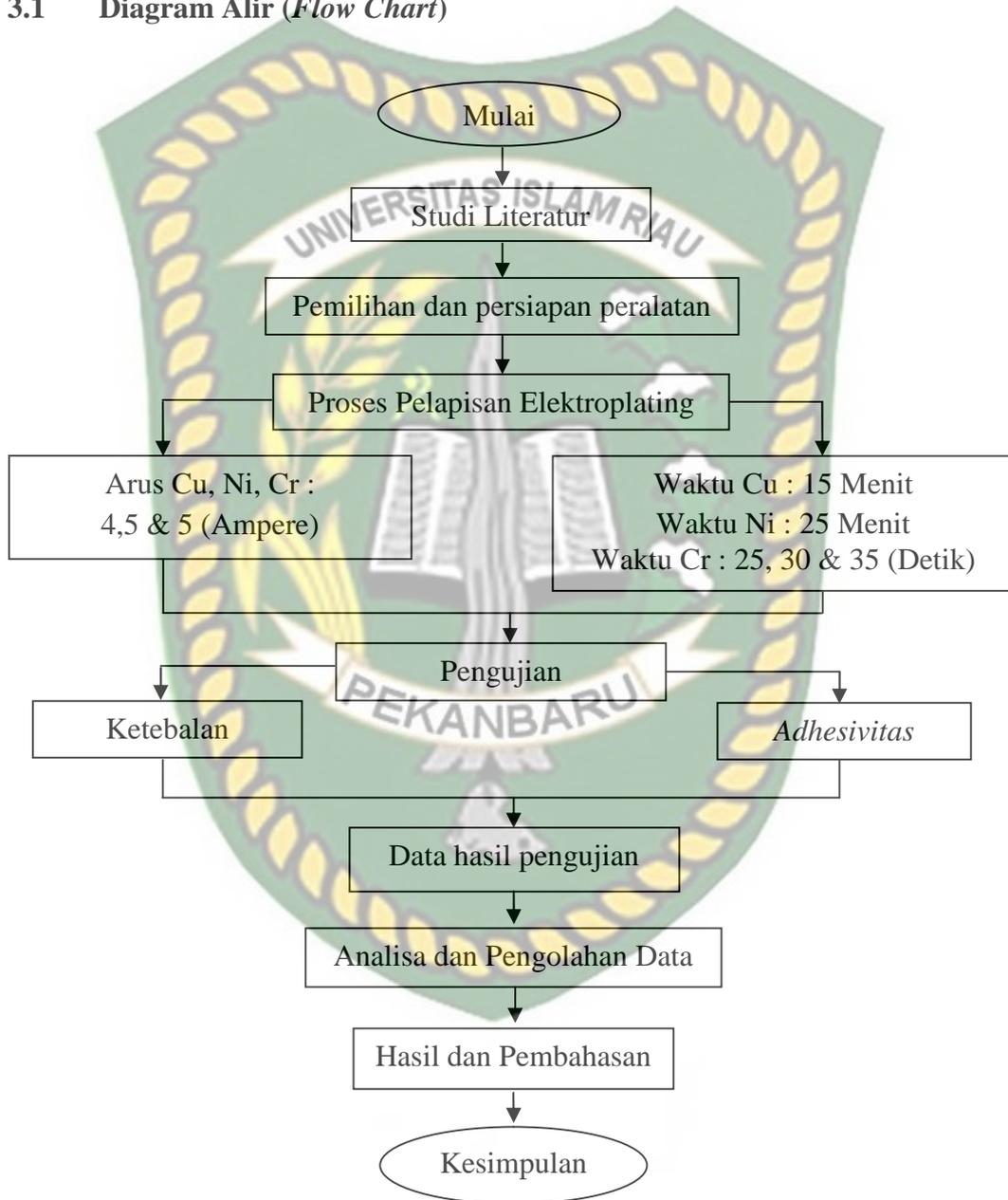
Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir (*Flow Chart*)



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

3.2 Waktu dan tempat penelitian

3.2.1 Waktu penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan pada bulan April 2019

3.2.2 Tempat penelitian

Penelitian akan dilakukan di dua tempat berbeda. Tempat elektroplating yaitu Bengkel Lomilo *Accesories chrome*. Sedangkan tempat penelitian yaitu laboratorium Universitas Islam Riau. Pembuatan spesimen dan proses elektroplating dengan variasi arus dan waktu dilakukan Bengkel Lomilo *Accesories chrome*, nikel, dan tembaga Sedangkan pengujian produk hasil proses produksi hasil elektroplating di lakukan di Laboratorium Universitas Islam Riau.

3.3 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya:

1. Logam yang akan dilapisi adalah baja karbon AISI 1010. Ukuran luas permukaan spesimen 4000 mm^2 , dengan panjang 100 mm dan lebar 40 mm sedangkan perkiraan berat spesimen 13 gram.
2. Larutan elektrolit

Suatu proses elektroplating memerlukan elektrolit yang merupakan media proses berlangsung. Larutan lektrolit dapat dibuat dari asam dan garam logam yang dapat membentuk ion-ion positif. Tiap jenis pelapisan larutan elektrolitnya berbeda-beda tergantung pada sifat-ifat elektrolit yang diinginkan.

Komposisi larutan elektrolit yang dipakai pada proses pelapisan nikel dan khrom adalah sebagai berikut (Azhar, 1995):

a. Larutan nikel.

Larutan nikel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- NiSO₄
- Bright I-06
- NiCL₂
- Bright M-07
- H₃BO₃



Gambar 3.2. Larutan nikel

b. Larutan Khrom

Larutan Khrom yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- CrO₃
- H₂SO₄



Gambar 3.3. Larutan khrom

c. Larutan Tembaga

Larutan tembaga yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Cu SO₄. 5H₂O
- H₂ SO₄



Gambar 3.4. Larutan tembaga

3.4 Alat penelitian

Untuk melaksanakan kegiatan penelitian elektroplating diperlukan berbagai peralatan seperti pembangkit arus searah, bak penampung larutan elektrolit, dan lain-lain.

a. Rectifier

Rectifier adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sumber arus searah (DC). Dengan *rectifier* tegangan dan arus yang akan digunakan dalam penelitian dapat diatur.

pada penelitian ini, tegangan (*voltage*) yang digunakan adalah 12 Volt. Sedangkan arus yang digunakan adalah 4,5 Ampere dan 5 Ampere.



Gambar 3.5. Rectifier

b. Bak plating

Bak plating berfungsi sebagai tempat untuk menampung larutan elektrolit yang akan digunakan di dalam penelitian. Bentuk bahan yang dipakai untuk membuat bak harus tahan terhadap pengaruh kimia dan mengandung bahan yang tahan larut, dalam hal ini pelapisannya sesuai kebutuhan. Selain itu larutan jangan sampai dikotori. Bahan bak yang sering digunakan antara lain : kayu, plastik, gelas, keramik, semen.

Dalam perancangan alat yang kami buat, jenis bahan bak yang kami gunakan adalah terbuat dari plastik. Alasan pemilihan bahan bak dari plastik adalah karena:

1. Bahan mudah didapatkan dipasaran.
2. Murah.
3. Volume larutan yang akan digunakan kecil.
4. Suhu operasi rendah (sesuai suhu ruangan).
5. Bahan plastik tidak bereaksi dengan larutan kimia / tahan terhadap reaksi kimia sehingga tidak akan mengganggu proses elektrolisis pada saat proses pelapisan berlangsung.



Gambar 3.6 Bak Plating

c. Bak pembersih

Setelah spesimen diplating, spesimen dibilas dengan air bersih, air sabun dan bensin pada bak pembersih yang telah disiapkan. Bak pembersih ini berfungsi untuk membersihkan spesimen dari sisa larutan plating.



Gambar 3.7. Bak untuk pencucian / pembilasan

d. Larutan HCL

Larutan HCL digunakan untuk menghilangkan karat yang terdapat pada benda kerja



Gambar 3.8 Larutan HCL

e. Larutan asam sulfat

Larutan asam sulfat berfungsi agar keadaan permukaan benda terbebas dari oksida-oksida



Gambar 3.9 Larutan asam sulfat

f. *Thermometer*

Thermometer digunakan untuk mengukur temperature larutan.



Gambar 3.10. Thermometer

g. *Heater*

Digunakan untuk memanaskan larutan sampai dengan temperature yang diinginkan.



Gambar 3.11. Heater

h. *Stopwath*

Digunakan untuk menghitung waktu pencelupan.



Gambar 3.12. Stopwath

i. Gerinda listrik

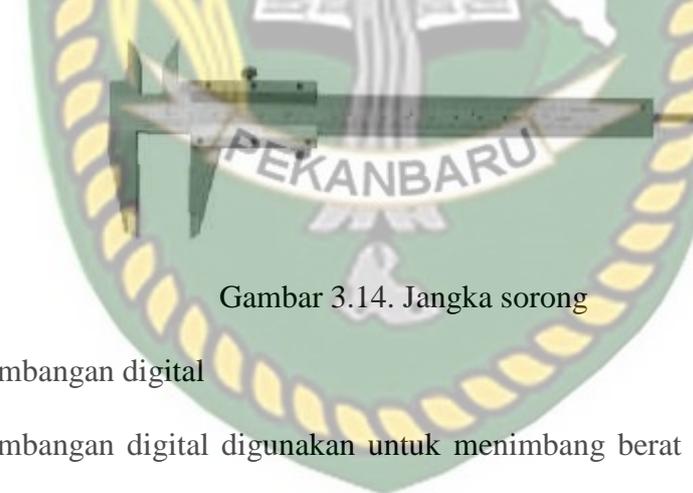
Mesin ini digunakan untuk menghaluskan permukaan benda kerja dan untuk menghilangkan lapisan oksidasi yang melapisi permukaan logam.



Gambar 3.13. Gerinda Listrik

j. Jangka sorong

Alat ini dipakai untuk mengukur dimensi specimen. Pembacaan skala pengukuran dimensi specimen sampai ketelitian 0,1 mm.



Gambar 3.14. Jangka sorong

k. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat specimen sebelum dan sesudah pencelupan.



Gambar 3.15. Timbangan digital

1. Mikroskop

Alat ini berfungsi untuk mengukur ketebalan lapisan logam yang melapisi logam induk pada proses elektroplating.



Gambar 3.16. *Microscope*

3.5 Rancangan penelitian

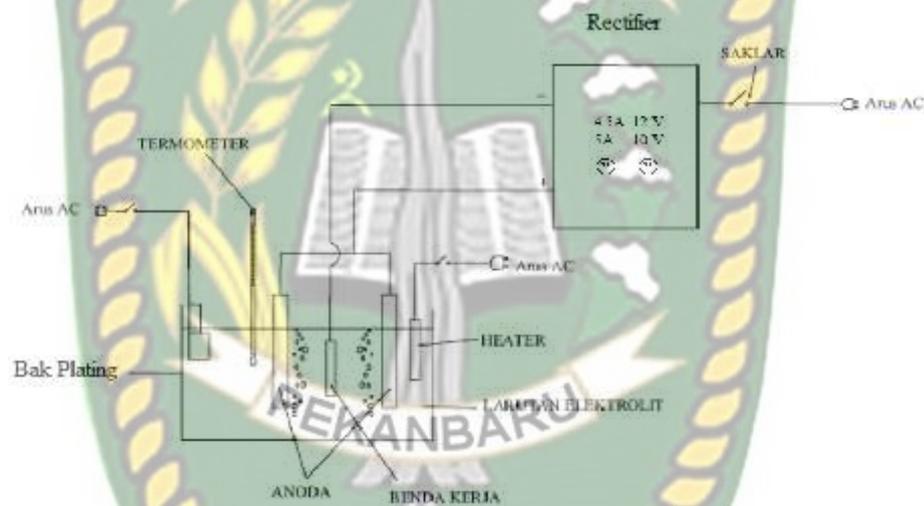
Sebelum proses pelapisan dilaksanakan, persiapkan dahulu benda kerja yang digunakan dalam percobaan, serta peralatan yang akan digunakan untuk pengambilan data. Sebelum melakukan proses pelapisan, lakukan dahulu penimbangan terhadap benda kerja. Adapun rancangan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda kerja di potong dengan gerinda listrik sesuai ukuran yang digunakan.
2. Kemudian benda kerja dimasukkan dalam bak yang berisi air untuk membersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel, jika pada benda kerja terdapat minyak atau lemak maka terlebih dahulu dicuci menggunakan bensin agar terbebas dari minyak / lemak. Pastikan bahwa benda kerja telah terbebas

dari minyak / lemak setelah itu cuci dengan menggunakan air sabun untuk membersihkan bensin yang masih menempel pada benda kerja, kemudian bilas dengan menggunakan air bersih untuk membersihkan air sabun.

3. Masukkan / celupkan benda kerja kedalam larutan HCl selama beberapa saat, yang berfungsi untuk menghilangkan karat yang terdapat pada benda kerja. Setelah benda dirasa bersih, angkat lalu cuci lagi dalam air sabun kemudian bilas dengan air bersih.
4. Masukkan / celupkan benda kerja kedalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) selama beberapa saat, sambil digoyang-goyang. Pencelupan ini berfungsi agar keadaan permukaan benda terbebas dari oksida-oksida. Setelah itu angkat benda dan siap untuk diplating.
5. Ketebalan spesimen dan luas permukaan spesimen sebelum melakukan pencelupan, pengukuran awal ini dilakukan pada 5 sudut, yaitu :
 - Di ukur sudut kanan bawah.
 - Di ukur sudut kiri bawah.
 - Di ukur sudut kanan atas.
 - Di ukur sudut kiri atas.
 - Di ukur tengah.
6. Hitung rata-rata ketebalan lapisan.
7. Sebelum melakukan proses pelapisan Cu-Ni-Cr dan Ni-Cr panaskan dahulu larutan elektrolit kurang lebih $50^{\circ}C$ dan pastikan rangkaian listrik telah terpasang dengan benar.

8. Setelah semuanya telah siap, masukkan benda kerja kedalam larutan elektrolit kemudian hubungkan rangkaian peralatan, pastikan semuanya terpasang dengan benar. Anoda pada kutub positif dan benda kerja pada kutub negatif, selama waktu yang di tentukan dan proses pelapisan sedang berlangsung, setelah proses pelapisan selesai angkat benda kerja kemudian cuci kedalam air bersih setelah itu keringkan, dan proses pelapisan telah selesai. Berikut adalah skema proses pelapisan Cu-Ni-Cr dan Ni-Cr :



Gambar 3.14 Skema proses Elektroplating

9. Setelah selesai proses pelapisan lalu dilakukan penimbangan, mengukur ketebalan, *adhesivitas* dan pengamatan tampak fisik terhadap spesimen.

3.6 Pengambilan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kumpulan fakta segala sesuatu yang dapat dipercaya kebenarannya sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Berikut metode pengambilan data dan prosedur pengambilan data.

3.6.1 Metode pengambilan data

Proses pengambilan data menggunakan metode eksperimen yaitu menyiapkan sarana pengujian tampak fisik, dan pengujian pengukuran ketebalan pelapisan tembaga-nikel-khrom dan nikel-khrom. Dengan data yang diambil untuk penelitian ini adalah data ketebalan lapisan dan *adhesivitas* setelah proses elektroplating.

3.6.2 Prosedur pengujian mikroskop

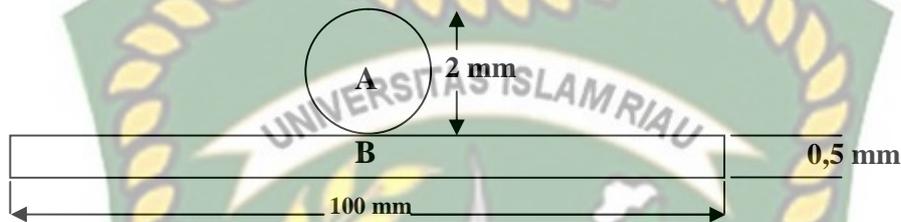
Proses pengujian mikroskop yang dilakukan membutuhkan persiapan bahan spesimen yang sangat banyak, langkah-langkah persiapan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan spesimen dengan cara memotong baja AISI 1010 dengan tinggi 5 mm
2. Menghaluskan bagian permukaan yang akan di uji dengan hamplas halus, lalu di bersihkan dengan menggunakan air
3. Meneteskan bagian permukaan yang akan di uji dengan etsa selama 15 detik, lalu bilas dengan alkohol
4. Gunakan lilin sebagai media untuk tempat berdirinya spesimen dan untuk membuat spesimen lebu rata saat di uji mikroskop.

3.6.3 Prosedur pengujian *adhesivitas* lapisan

Pengujian tingkat *adhesivitas* dilakukan dengan cara pengujian *Bend test* sesuai dengan ASTM G305. Pengujian ini untuk mengetahui *adhesivitas* lapisan yang terjadi pada masing-masing benda uji, langkah-langkah persiapan dan pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Menekuk benda uji dengan benda berbentuk silinder, sampai kedua kaki benda uji sejajar diameter silinder harus empat kali ketebalan spesimen.
2. Ulangi langkah diatas dengan menggunakan benda uji yang berbeda.



Keterangan :

A : Mandrel

B : Spesimen uji

1.6.4 Prosedur pengujian tampak fisik

Setelah melakukan pengujian pengukuran ketebalan dan *adhesivitas*, kemudian dilakukan pengamatan tampak fisik, pengamatan ini untuk mengetahui perubahan secara fisik yang terjadi terhadap masing-masing benda uji setelah mendapat proses elektroplating dengan cara melihat dan memfoto setiap benda uji.

Adapun cara pengamatan tampak fisik hasil pelapisan adalah :

1. Masing-masing spesimen diletakkan bersebelahan satu sama lain.
2. Melihat spesimen mana yang lebih mengkilap dan lebih baik pelapisannya.
3. Memfoto semua spesimen secara bersebelahan dengan spesimen lainnya, dan melihat spesimen mana yang lebih mengkilap lapisannya.

3.7 Perhitungan Teoritis

Berikut adalah penjelasan perhitungan teoritis mengenai proses elektroplating yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Table 3.1 Tabel Perhitungan Teoritis.

No.	Variabel	Pengertian	Pengukuran
1.	Laju Ketebalan	Kecepatan tebal lapisan yang didapat setelah proses electroplating	$\dot{S} = \frac{1.60. B}{Z. F. A. \rho}$
2.	Rapat arus	Aliran muatan suatu luas penampang tertentu di suatu titik penghantar	$i = \frac{I}{A K}$

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Data Hasil Uji Ketebalan Mikroskop.

Setelah dilakukan proses pelapisan elektroplating pada baja AISI 1010, spesimen hasil pelapisan harus dijaga untuk tetap bersih karena akan dilakukan pengujian ketebalan lapisan. Pengujian ketebalan menggunakan alat uji Mikroskop 1:50. Sebelum dilakukan mengoperasikan proyektor, terlebih dahulu melakukan setingan pada proyektor tersebut dan spesimen di potong dengan tinggi 5 mm. Pengujian mikroskop untuk melihat ketebalan lapisan, dengan data ketebalan spesimen awal sebelum di lapis yaitu 0,5 mm, panjang 100 mm dan lebar 40 mm. Setelah di lapis dari setiap spesimen dilakukan pengukuran pada 3 bagian, yaitu :

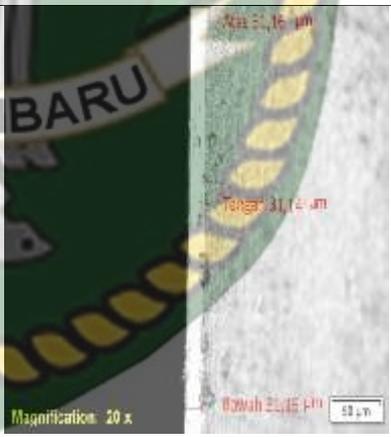
4.1.1 Pelapisan Ni-Cr

Ketebalan spesimen :

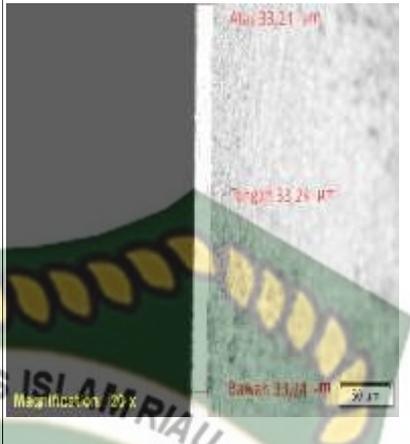
- Bagian atas : 30,08 μm
- Bagian tengah : 30,07 μm
- Bagian bawah : 30,13 μm
- Rata-rata ketebalan = $90,28 \mu\text{m} : 3 = 30,09 \mu\text{m}$

Hasil pengujian yang dilakukan pada semua spesimen dengan diperoleh data seperti pada tabel 4.1.

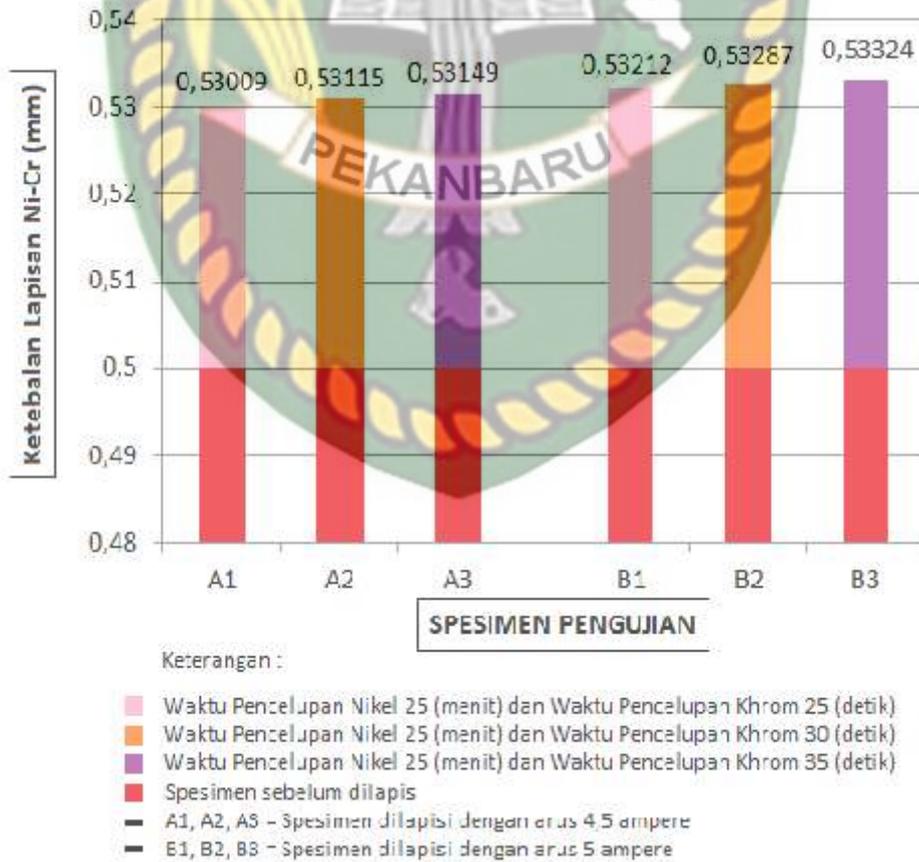
Tabel 4.1 Hasil uji rata-rata ketebalan spesimen setelah pelapisan Ni-Cr dengan variasi waktu pencelupan Ni, pencelupan Cr dan variasi arus.

No	Kode Spesimen	Waktu Pelapisan Ni (menit)	Waktu Pelapisan Cr (detik)	Arus (A)	Hasil Uji Mikroskop	Rata-rata Ketebalan Lapisan (μm)
1	A1	25	25	4,5		30,09
2	A2	25	30	4,5		31,15

3	A3	25	35	4,5		31,49
4	B1	25	25	5		32,12
5	B2	25	30	5		32,87

6	B3	25	35	5		33,24
---	----	----	----	---	------------------------------------------------------------------------------------	-------

Dari data-data tabel hasil uji rata-rata ketebalan spesimen setelah pelapisan Ni-Cr dengan variasi waktu pencelupan Ni, pencelupan Cr dan variasi arus, kemudian dimasukkan kedalam sebuah gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil ketebalan lapisan spesimen setelah pelapisan Ni-Cr.

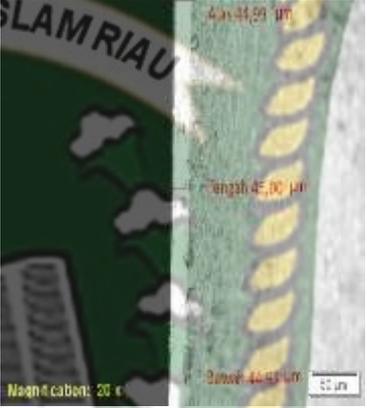
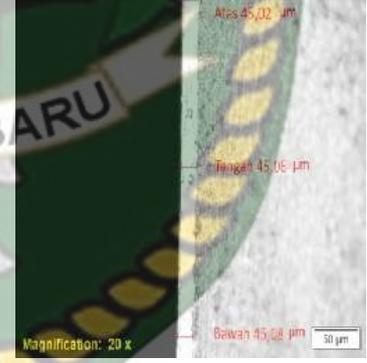
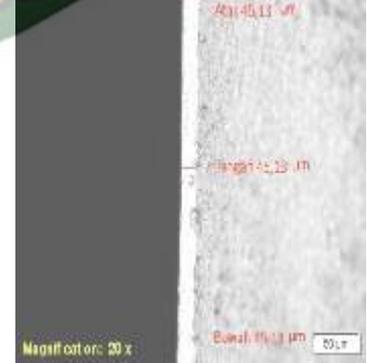
Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pencelupan, maka semakin tinggi pula nilai ketebalan. Pada arus 4,5 A dengan waktu 25 menit pencelupan Ni dan 25 detik pencelupan Cr didapat ketebalan sebesar 0,53009 mm, kemudian ketebalan meningkat menjadi 0,53115 mm ketika waktu pencelupan Cr naik menjadi 30 detik dan terus meningkat menjadi 0,53149 mm pada waktu pencelupan Cr 35 detik. Sedangkan pada arus 5 A dengan waktu 25 menit pencelupan Ni dan 25 detik pencelupan Cr didapat ketebalan sebesar 0,53212 mm, kemudian ketebalan meningkat menjadi 0,53287 mm ketika waktu pencelupan Cr naik menjadi 30 detik dan terus meningkat menjadi 0,53324 mm pada waktu pencelupan Cr 35 detik.

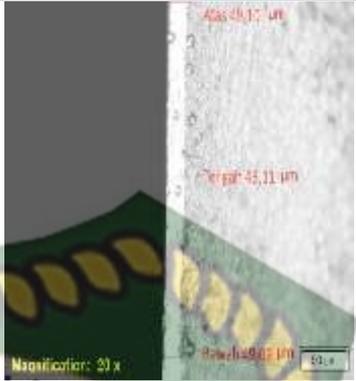
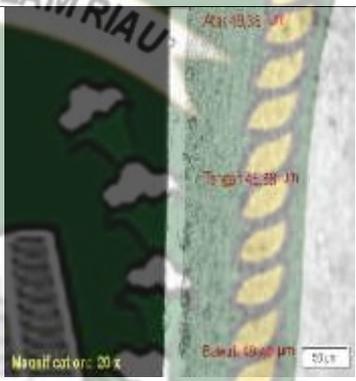
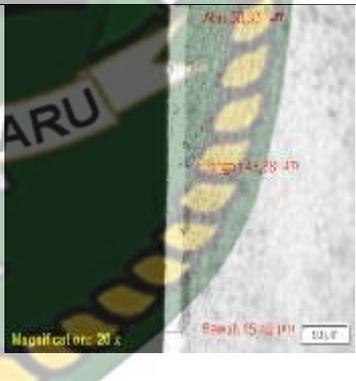
Berdasarkan uraian di atas, spesimen yang memiliki ketebalan tertinggi terjadi pada spesimen dengan arus 5 ampere, waktu pencelupan Ni 25 menit dan 35 detik pencelupan Cr. Sedangkan spesimen dengan arus 4,5 ampere dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan pencelupan Cr 25 detik memiliki lapisan ketebalan paling rendah. Hal ini terjadi karena waktu dan arus yang semakin meningkat mengakibatkan pengendapan ion di permukaan katoda semakin bertambah, sehingga berdampak terhadap ketebalan katoda.

4.1.2 Pelapisan Cu-Ni-Cr

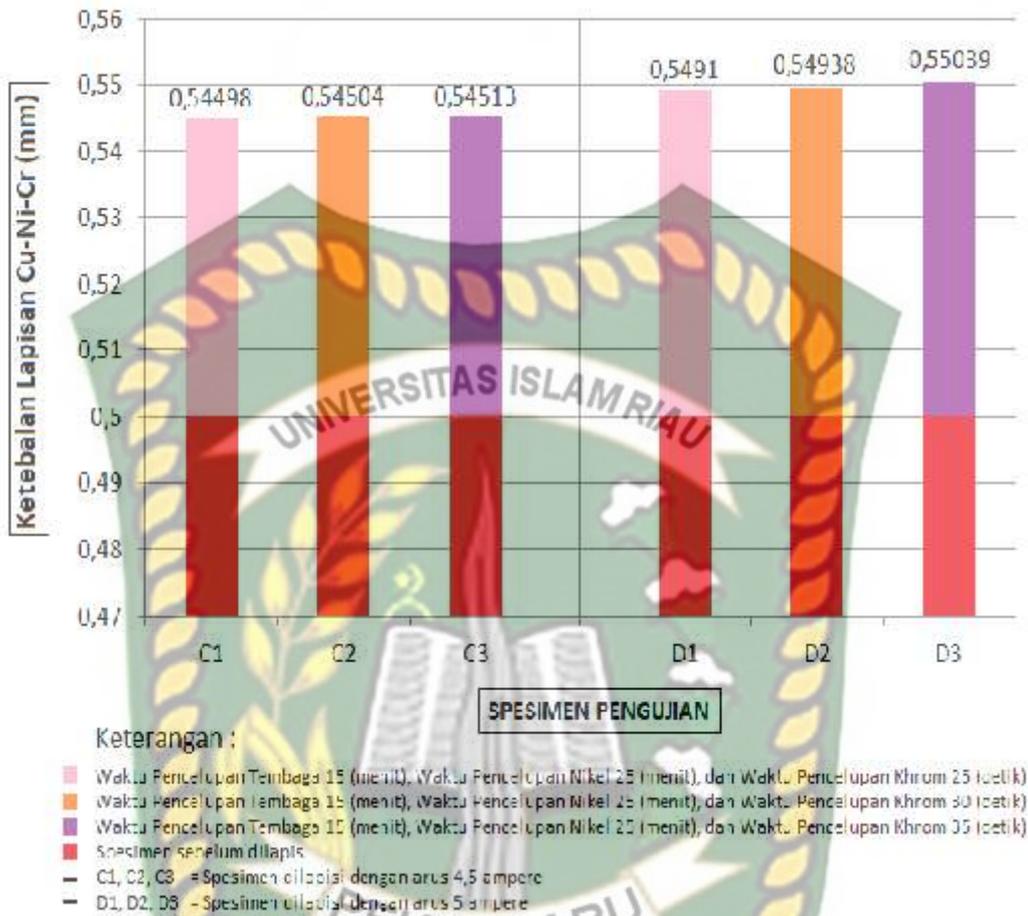
Cara yang sama dilakukan pada spesimen Cu-Ni-Cr dengan melakukan penambahan 3 bagian dan di rata-ratakan, kemudian diperoleh data seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil uji rata-rata ketebalan spesimen setelah pelapisan Cu-Ni-Cr dengan variasi waktu pencelupan Cu, pencelupan Ni, pencelupan Cr dan variasi arus.

No	Kode Spesimen	Waktu Pelapisan Cu (menit)	Waktu Pelapisan Ni (menit)	Waktu Pelapisan Cr (detik)	Arus (A)	Hasil Uji Mikroskop	Rata-rata Ketebalan Lapisan (μm)
1	C1	15	25	25	4,5		44,98
2	C2	15	25	30	4,5		45,04
3	C3	15	25	35	4,5		45,13

4	D1	15	25	25	5		49,10
5	D2	15	25	30	5		49,38
6	D3	15	25	35	5		50,39

Dari data-data percobaan diatas kemudian dimasukkan kedalam sebuah gambar 4.2 yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.2 Hasil ketebalan lapisan spesimen setelah pelapisan Cu-Ni-Cr.

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pencelupan, maka semakin tinggi pula nilai ketebalan. Pada arus 4,5 A dengan waktu pencelupan Cu 15 menit, waktu pencelupan Ni 25 menit dan 25 detik waktu pencelupan Cr didapat ketebalan sebesar 0,54498 mm, kemudian ketebalan meningkat menjadi 0,54504 mm ketika waktu pencelupan Cr naik menjadi 30 detik dan terus meningkat menjadi 0,54513 mm pada waktu pencelupan Cr 35 detik. Sedangkan pada arus 5 A dengan waktu 15 menit pencelupan Cu, waktu 25 menit pencelupan Ni dan 25 detik pencelupan Cr didapat ketebalan sebesar 0,54910 mm, kemudian ketebalan meningkat menjadi 0,54938 mm ketika waktu

pencelupan Cr naik menjadi 30 detik dan terus meningkat menjadi 0,55039 mm pada waktu pencelupan Cr 35 detik.

Berdasarkan uraian di atas, spesimen yang memiliki ketebalan tertinggi terjadi pada spesimen dengan arus 5 A dan waktu pencelupan Cu 15 menit, waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 35 detik. Sedangkan spesimen dengan arus 4,5 A dan waktu pencelupan Cu 15 menit, waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik memiliki lapisan ketebalan paling rendah. Hal ini terjadi karena waktu yang semakin meningkat mengakibatkan pengendapan ion di permukaan katoda semakin bertambah, sehingga akan berdampak terhadap ketebalan katoda.

4.2 Penimbangan Berat Spesimen

Penimbangan berat spesimen ini dilakukan dengan menggunakan timbangan digital mikro dengan NST mg (milligram). Di ambil sampel spesimen nikel-khrom dan tembaga-nikel-khrom untuk memperoleh data. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengkalibrasi timbangan agar data yang didapatkan akurat dan presisi, setelah dikalibrasi maka dilakukan pengukuran berat spesimen seperti data yang dicontohkan, mula-mula spesimen di letakkan pada mangkok timbangan kemudian mencatat nilai yang ditunjukkan, setelah itu dilakukan pengukuran dengan metode yang sama berulang-ulang untuk spesimen berikutnya. Proses *electroplating* dilakukan dan setelah itu pengukuran dilakukan kembali untuk menghitung berat setelah pelapisan dan setelah didapatkan berat awal dan berat akhir maka kemudian dikurangkan antara berat awal di kurang dengan berat akhir untuk mengetahui selisih berat material, seperti pada tabel

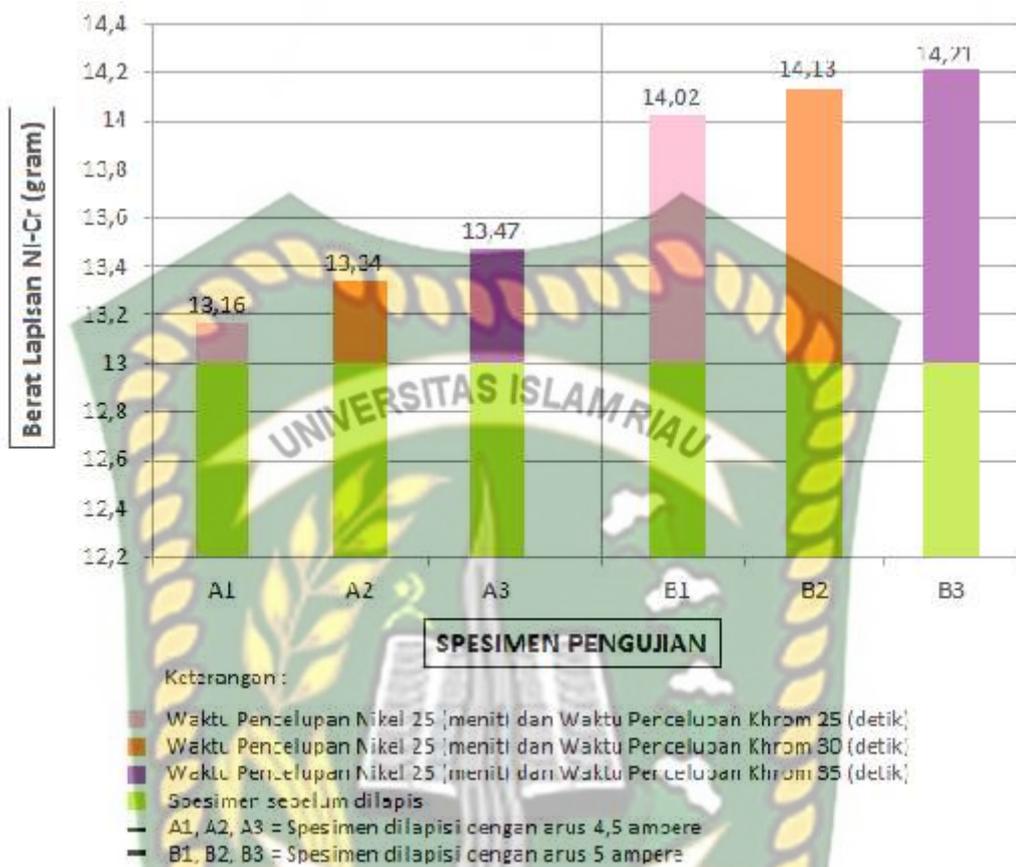
yang telah disajikan. Sebagai contoh berat awal spesimen sebelum di lapis Ni-Cr adalah 13 gram dan kemudian berat spesimen sesudah di lapis Ni-Cr adalah 13,07 gram, maka selisih berat sebelum dilapis dan sesudah dilapis adalah 0,07 gram.

Hasil penelitian yang dilakukan data-data dimasukan kedalam sebuah tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3. Hasil uji berat spesimen sebelum dan setelah pelapisan Ni-Cr.

Kode Spesimen	Waktu Pelapisan Ni (menit)	Waktu Pencelupan Cr (detik)	Arus (A)	Berat Spesimen	
				Sebelum dilapis (gram)	Sesudah dilapis (gram)
A1	25	25	4,5	13	13,16
A2	25	30	4,5	13	13,34
A3	25	35	4,5	13	13,47
B1	25	25	5	13	14,02
B2	25	30	5	13	14,13
B3	25	35	5	13	14,21

Dari data-data hasil uji berat spesimen sebelum dan setelah pelapisan Ni-Cr, kemudian dimasukkan kedalam sebuah gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil berat lapisan spesimen setelah pelapisan Ni-Cr.

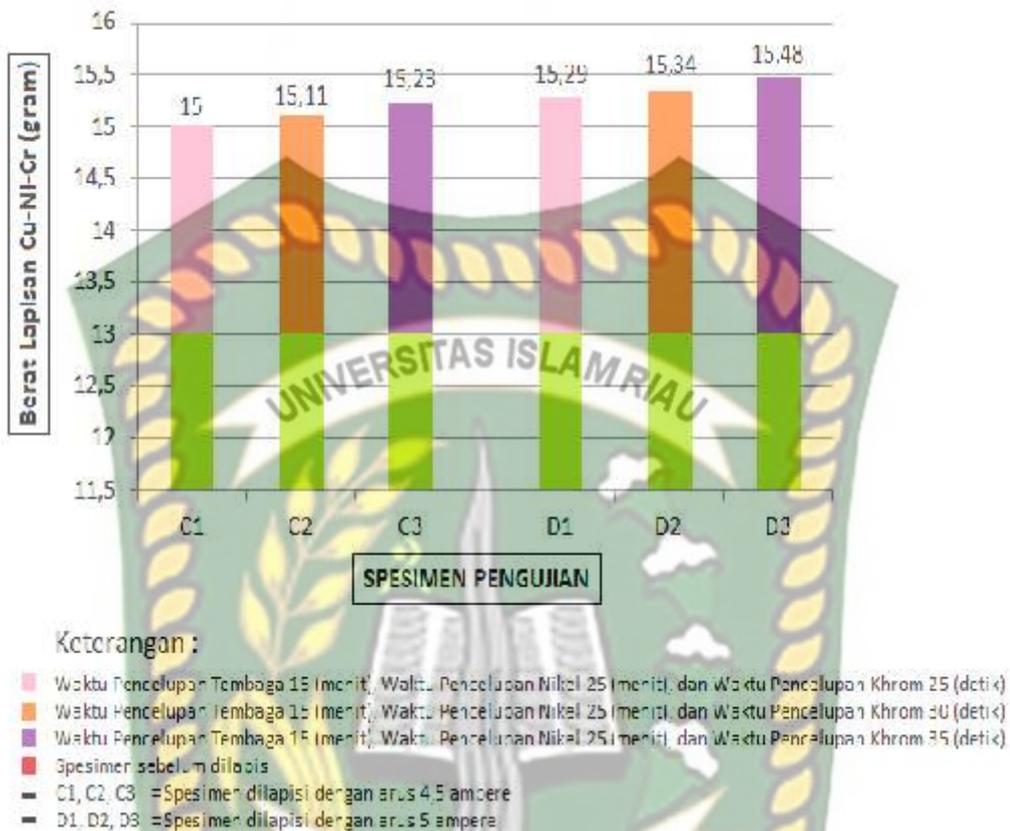
Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pencelupan, maka semakin besar nilai berat spesimen. Pada arus 4,5 A dengan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik didapat berat sebesar 13,16 gram, kemudian berat meningkat menjadi 13,34 gram ketika waktu pencelupan Cr naik menjadi 30 detik, dan terus meningkat menjadi 13,47 gram pada waktu pencelupan Cr 35 detik. Sedangkan pada arus 5 A dengan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik didapat berat sebesar 14,02 gram, kemudian berat meningkat menjadi 14,13 gram ketika waktu pencelupan Cr naik menjadi 30 detik, dan terus meningkat menjadi 14,21 gram pada waktu pencelupan Cr 35 detik.

Berdasarkan uraian di atas, spesimen yang memiliki berat terbesar terjadi pada spesimen dengan arus 5 A dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 35 detik. Sedangkan spesimen dengan arus 4,5 A dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik memiliki berat terkecil. Hal ini terjadi karena waktu yang semakin meningkat mengakibatkan pengendapan ion di permukaan katoda semakin bertambah, sehingga akan berdampak terhadap peningkatan berat katoda. Maka hasil penimbangan berat rata-rata pada tiap variasi terjadi peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu pencelupan khrom.

Tabel 4.4. Hasil uji berat spesimen sebelum dan setelah pelapisan Cu-Ni-Cr.

Kode Spesimen	Waktu Pelapisan Cu (menit)	Waktu Pelapisan Ni (menit)	Waktu Pencelupan Cr (detik)	Arus (A)	Berat Spesimen	
					Sebelum dilapis (gram)	Sesudah dilapis (gram)
C1	15	25	25	4,5	13	15,00
C2	15	25	30	4,5	13	15,11
C3	15	25	35	4,5	13	15,23
D1	15	25	25	5	13	15,29
D2	15	25	30	5	13	15,34
D3	15	25	35	5	13	15,48

Dari data-data hasil uji berat spesimen sebelum dan setelah pelapisan Cu-Ni-Cr, kemudian dimasukkan kedalam sebuah gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil berat lapisan spesimen setelah pelapisan Cu-Ni-Cr.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pencelupan, maka semakin besar nilai berat spesimen. Pada arus 4,5 A dengan waktu pencelupan Cu 15 menit, waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik didapat berat sebesar 15 gram, kemudian berat meningkat menjadi 15,11 gram ketika waktu pencelupan Cr naik menjadi 30 detik, dan terus meningkat menjadi 15,23 gram pada waktu pencelupan Cr 35 detik. Sedangkan pada arus 5 A dengan waktu pencelupan Cu 15 menit, waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik didapat berat sebesar 15,29 gram, kemudian berat meningkat menjadi 15,34 gram pada waktu pencelupan Cr naik menjadi 30 detik, dan terus meningkat menjadi 15,48 gram pada waktu pencelupan Cr 35 detik.

Berdasarkan uraian di atas, spesimen yang memiliki berat terbesar terjadi pada spesimen dengan arus 5 A dan waktu pencelupan Cu 15 menit, waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 35 detik. Sedangkan spesimen dengan arus 4,5 A dan waktu pencelupan Cu 15 menit, waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik memiliki berat terkecil. Hal ini terjadi karena waktu yang semakin meningkat mengakibatkan pengendapan ion di permukaan katoda semakin bertambah, sehingga akan berdampak terhadap peningkatan berat katoda. Maka hasil penimbangan berat rata-rata pada tiap variasi terjadi peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu pencelupan khrom.

4.3 Rapat Arus

Pada alat ampere meter yang terbaca adalah kuat arus. Rapat arus tidak dapat dilihat hanya dari ampere meter, namun diperhitungkan luas permukaan elektrodanya dengan rumus :

$$i = \frac{I}{A \cdot t} \dots\dots\dots(5) \text{ (Sumber : Mustopo, hal 25, 2011)}$$

Dimana :

$$i = \text{Rapat arus katoda (A/dm}^2\text{)}$$

$$I = 4,5 \text{ ampere}$$

$$A = (P \times l) \text{ cm}^2$$

$$= 10 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} = 40 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{katoda}} = (2 \times A) \text{ dm}^2$$

$$= 2 \times 40 \text{ cm}^2 = 80 \text{ cm}^2 = 0,80 \text{ dm}^2$$

Perhitungan secara teoritis untuk arus 4,5 ampere di bawah ini:

$$i = \frac{4,5 \text{ a}}{0,8 \text{ d}^2} = 5,625 \text{ A/dm}^2$$

1. Perhitungan secara teoritis untuk arus 5 ampere di bawah ini:

$$i = \frac{5 \text{ a}}{0,8 \text{ d}^2} = 6,25 \text{ A/dm}^2$$

Tabel 4.5. Hubungan antara rapat arus dan luas permukaan katoda pelapisan

No	Luas permukaan katoda/subtract	Arus (A)	Rapat arus (A/dm ²)
1	2 (10cm x 4cm)	4,5	5,625
2	2 (10cm x 4cm)	5	6,25

4.4 Hubungan Laju Ketebalan Terhadap Arus dan Bahan Pelapis.

Untuk mengetahui besar laju ketebalan secara teoritis digunakan rumus sebagai berikut :

$$\dot{S} = \frac{I \cdot 60 \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho}$$

Dimana :

I : Arus (Ampere)

B : Berat Atom

Z : Valensi

F : Bilangan Faraday 96.500 Coloumb

A : Luas permukaan benda kerja (cm²)

: kerapatan logam pelapis (gram/cm³)

Dimana untuk logam pelapis Cu harga $Z = 2$, $B = 63,54 \text{ gram/cm}^3$ dan $\rho = 8,96 \text{ gram/cm}^3$. Sedangkan logam pelapis Ni harga $Z = 2$, $B = 58,7$ dan $\rho = 8,9 \text{ gram/cm}^3$. Sedangkan untuk logam pelapis Cr harga $Z = 3$, $B = 51,99$ dan $\rho = 7,18 \text{ gram/cm}^3$. Maka, laju ketebalan secara teoritis berdasarkan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Perhitungan secara teoritis untuk arus 4,5 ampere dan bahan pelapis Cu di bawah ini:

$$\begin{aligned} \dot{S} &= \frac{I \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho} \\ &= \frac{4,5 \times 6 \times 63,5}{2 \times 9 \times 8 \text{ c}^2 \times 8,9 \text{ g} / \text{c}^3} \\ &= 0,000124 \text{ cm/menit} \end{aligned}$$

2. Perhitungan secara teoritis untuk arus 5 ampere dan bahan pelapis Cu di bawah ini:

$$\begin{aligned} \dot{S} &= \frac{I \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho} \\ &= \frac{5 \times 6 \times 63,5}{2 \times 9 \times 8 \text{ c}^2 \times 8,9 \text{ g} / \text{c}^3} \\ &= 0,000137 \text{ cm/menit} \end{aligned}$$

3. Perhitungan secara teoritis untuk arus 4,5 ampere dan bahan pelapis Ni di bawah ini:

$$\begin{aligned} \dot{S} &= \frac{I \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho} \\ &= \frac{4,5 \times 6 \times 58,7}{2 \times 9 \times 8 \text{ c}^2 \times 8,9 \text{ g} / \text{c}^3} \\ &= 0,000115 \text{ cm/menit} \end{aligned}$$

4. Perhitungan secara teoritis untuk arus 5 ampere dan bahan pelapis Ni di bawah ini:

$$\dot{S} = \frac{I \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho}$$

$$= \frac{5 \text{ a} \quad \times 6 \times 5,7}{2 \times 9 \quad \times 8 \text{ c}^2 \times 8,9 \text{ g} \quad / \text{c}^3}$$

$$= 0,000128 \text{ cm/menit}$$

5. Perhitungan secara teoritis untuk arus 4,5 ampere dan bahan pelapis Cr di bawah ini:

$$\dot{S} = \frac{I \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho}$$

$$= \frac{4,5 \text{ a} \quad \times 6 \times 5,9}{3 \times 9 \quad \times 8 \text{ c}^2 \times 7,1 \text{ g} \quad / \text{c}^3} = 0,000084 \text{ cm/menit}$$

6. Perhitungan secara teoritis untuk arus 5 ampere dan bahan pelapis Cr di bawah ini:

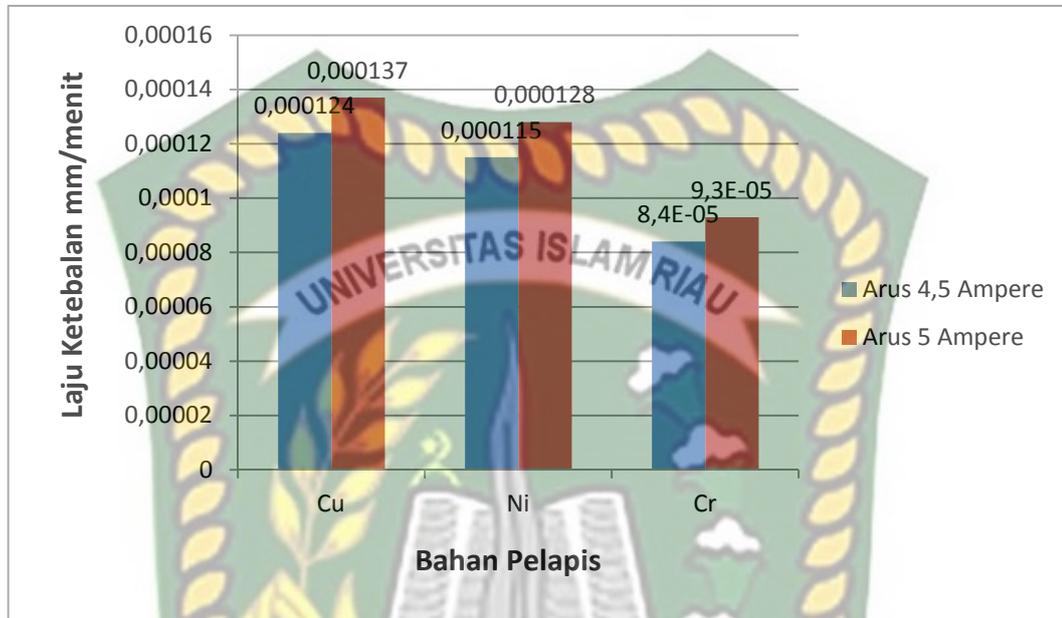
$$\dot{S} = \frac{I \cdot B}{Z \cdot F \cdot A \cdot \rho}$$

$$= \frac{5 \text{ a} \quad \times 6 \times 5,9}{3 \times 9 \quad \times 8 \text{ c}^2 \times 7,1 \text{ g} \quad / \text{c}^3} = 0,000093 \text{ cm/menit}$$

Tabel 4.6. Hubungan laju ketebalan terhadap arus dan bahan pelapis Cu, Ni dan Cr.

No	Arus (Ampere)	Laju ketebalan (cm/menit) bahan pelapis Cu	Laju ketebalan (cm/menit) bahan pelapis Ni	Laju ketebalan (cm/menit) bahan pelapis Cr
1	4,5	0,000124	0,000115	0,000084
2	5	0,000137	0,000128	0,000093

Dari data-data hubungan laju ketebalan terhadap arus dan bahan pelapis Cu, Ni dan Cr, kemudian dimasukkan kedalam sebuah gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hubungan laju ketebalan terhadap arus dan bahan pelapis Cu, Ni, Cr .

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa akselerasi laju ketebalan dari lapisan Cu, Ni dan Cr mengalami kenaikan bila rapat arus yang digunakan semakin naik. Laju ketebalan tertinggi didapatkan pada bahan pelapis Cu memiliki laju ketebalan adalah 0,000137 mm/menit pada arus 5 ampere, sedangkan pada bahan pelapis Cr memiliki laju ketebalan terendah yaitu 0,000093 mm/menit dengan arus 5 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa laju ketebalan sangat bergantung dengan bahan pelapis dan arus yang digunakan.

4.5 Hasil Uji Adhesivitas

Pengujian tingkat *adhesivitas* dilakukan dengan cara *Bend Test* sesuai dengan ASTM G305. setelah dilakukan pengujian terhadap setiap spesimen. Dapat dilihat bahwa untuk Cu-Ni-Cr dengan lapisan dasar tembaga terlihat terjadi

retakan yang lebih jelas di bagian yang terkena radius *Bend Test* pada spesimennya. Sedangkan untuk Ni-Cr tanpa lapisan dasar tembaga terlihat bahwa terjadi retakan sedikit di bagian yang terkena radius *Bend Test* pada spesimen tersebut.



Gambar 4.6 Hasil pengujian *adhesivitas*

Setelah dilakukan pengujian *adhesivitas* terhadap setiap spesimen dapat ditunjukkan pada gambar 4.6 Hasil yang didapat dari pengujian ini adalah terjadinya pengelupasan dan retakan yang lebih jelas terhadap spesimen Cu-Ni-Cr dengan lapisan dasar Cu dengan waktu pencelupan Cu 15 menit dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 35 detik. Hal ini disebabkan karena tebalnya lapisan Cu-Ni-Cr. Sedangkan untuk spesimen yang mengalami sedikit pengelupasan dan retakan pada spesimen Ni-Cr tanpa lapisan dasar karena tebal lapisan Ni-Cr yang lebih tipis dibandingkan lapisan Cu-Ni-Cr dengan lapisan dasar Cu.

Namun perbedaan terlihat jelas setelah spesimen dilihat menggunakan uji mikroskop dimana pada spesimen Ni-Cr terlihat retakan lebih halus pada bagian lekukan yang telah di uji bending pada bagian lapisan Ni-Cr. Sedangkan untuk lapisan Cu-Ni-Cr sangat terlihat jelas retakannya dan pengelupasan lapisan itu

diakibatkan karna tebalnya lapisan pada lapisan Cu-Ni-Cr. Hasil dari uji mikroskop dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Uji Mikroskop 1. Ni-Cr 2. Cu-Ni-Cr.

Untuk perbandingan waktu sendiri tidak memiliki terlalu banyak perubahan antara pelapisan Cu-Ni-Cr dan Ni-Cr pada pengujian *bend test*, namun terdapat sedikit perbedaan pada lapisan Cu-Ni-Cr dimana pada waktu pelapisan Cr 35 detik terjadi banyak retakan pada bagian lekukan yang terkena radius *bend test*, itu terjadi karena semakin lama waktu pelapisan akan berpengaruh pada tebal lapisan dan hasil *bend test*. Data hasil uji *bending strength* dapat dilihat pada tabel 4.7.

Table 4.7 Hasil uji *bending strength* dengan variasi waktu lapisan Cr 25, 30, 35 detik dengan arus 4,5 ampere dan 5 ampere.

<i>Specimen</i>	<i>Area</i> (mm ²)	<i>Max. force</i> (N)	<i>02% Y.S</i> (N/mm ²)	<i>Yield strength</i> (N/mm ²)	<i>Bending strength</i> (N/mm ²)	<i>Elongation</i> (%)
A1	27.490	439.1	15,97	15,97	669.93	56.21
A2	27.510	439.7	15,98	15,98	670.02	56.21
A3	27.530	440.3	15.99	15.99	670.08	56.21
B1	27.490	442.5	16.09	16.09	670.71	56.21
B2	27.500	442.8	16.10	16.10	670.82	56.21

B3	27.520	443.4	16.11	16.11	670.88	56.21
C1	27.230	466.4	17.13	17.13	671.49	56.21
C2	27.250	467.6	17.16	17.16	671.58	56.21
C3	27.260	468.1	17.17	17.17	671.69	56.21
D1	27.330	471.4	17,25	17,25	672.19	56.21
D2	27.410	473.6	17,28	17,28	672.28	56.21
D3	27.570	477.2	17,31	17,31	672.49	56.21

Keterangan :

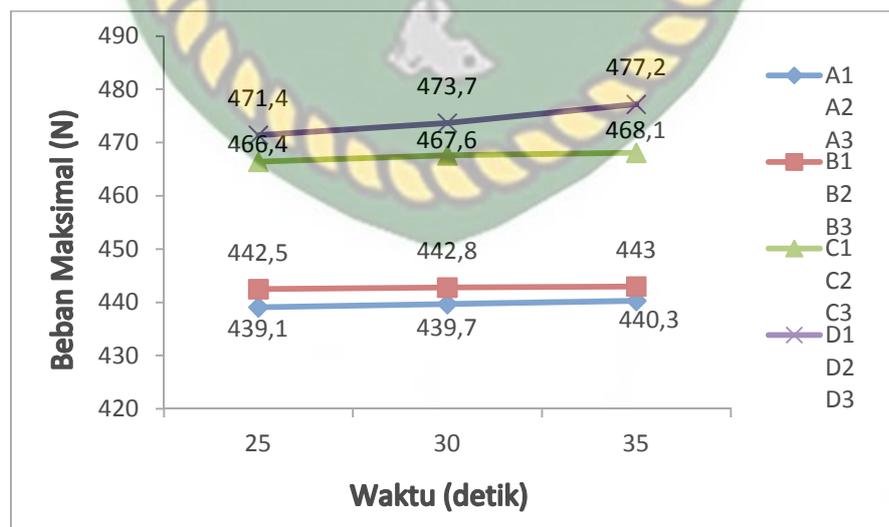
A1, A2, A3 = Spesimen yang dilapisi Ni-Cr dengan arus 4,5 ampere.

B1, B2, B3 = Spesimen yang dilapisi Ni-Cr dengan arus 5 ampere.

C1, C2, C3 = Spesimen yang dilapisi Cu-Ni-Cr dengan arus 4,5 ampere.

D1, D2, D3 = Spesimen yang dilapisi Cu-Ni-Cr dengan arus 5 ampere.

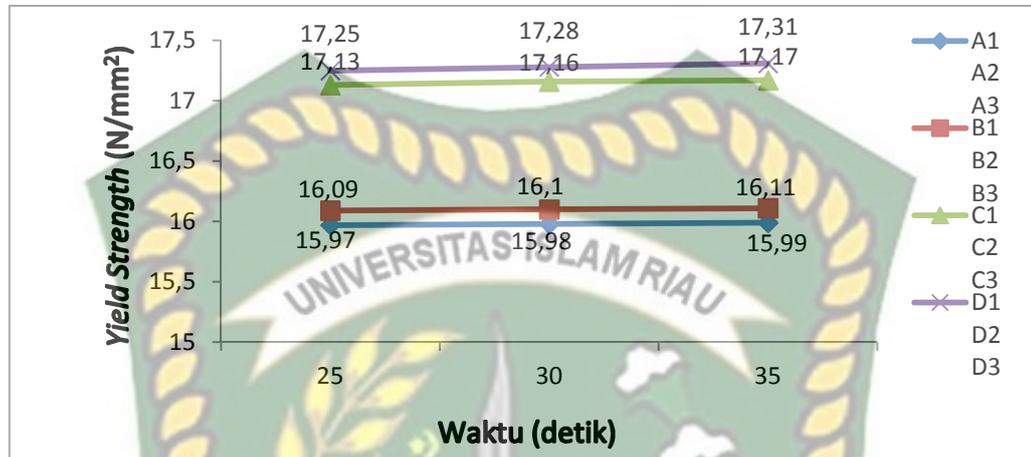
Dari data tabel 4.8 hasil uji *bend test* pada nilai beban maksimal dan *yield strength* terhadap setiap spesimen lapisan nikel-khrom dan khrom, kemudian dimasukkan kedalam sebuah grafik yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.8 Hasil uji *bend test* pada nilai beban maksimal dan *yield strength* terhadap spesimen pengujian.

Dari gambar 4.8 dapat dilihat perbedaan antara lapisan nikel-khrom dan lapisan tembaga-nikel-khrom dimana hasil *bend test* pada beban malsimal terhadap lapisan A1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki beban maksimal sebesar 439,1 N, untuk lapisan A2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki beban maksimal yaitu sebesar 439,7 N, dan pada lapisan A3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki beban maksimal sebesar 440,3 N. Sedangkan untuk lapisan B1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki beban maksimal sebesar 442,5 N, untuk lapisan B2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki beban maksimal sebesar 442,8 N dan untuk lapisan B3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki beban maksimal sebesar 443 N. Kemudian untuk lapisan C1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki beban maksimal sebesar 466,4 N, untuk lapisan C2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki beban maksimal sebesar 467,6 N dan untuk lapisan C3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki beban maksimal sebesar 468,1 N. Dan juga untuk lapisan D1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki beban maksimal sebesar 471,4 N, untuk lapisan D2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki beban maksimal sebesar 473,7 N dan untuk lapisan D3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki beban maksimal sebesar 477,2 N. Dari data pengujian *bend test* tersebut beban maksimal yang paling besar yaitu pada spesimen D3 dengan waktu pencelupan Cu 15 menit dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 35 detik dan *yield strength* yang terendah yaitu pada spesimen A1 dengan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik. Hal ini disebabkan karena nilai ketebalan lapisan spesimen

berpengaruh terhadap arus dan waktu pencelupan pada beban maksimal pada pengujian *bend test*.



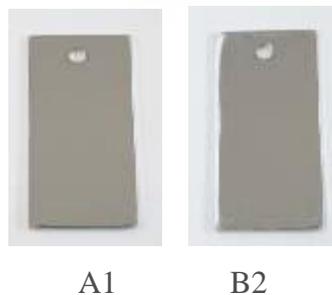
Gambar 4.9 Hasil uji *bend test* pada nilai *yield strength* terhadap spesimen pengujian.

Dari gambar 4.9 dapat dilihat perbedaan antara lapisan Ni-Ce dan lapisan Cu-Ni-Cr dimana hasil *bend test* pada *yield strength* terhadap lapisan A1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki *yield strength* sebesar 15,97 N/mm², untuk lapisan A2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki *yield strength* yaitu sebesar 15,98 N/mm², dan pada lapisan A3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki *yield strength* sebesar 15,99 N/mm². Sedangkan untuk lapisan B1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki *yield strength* sebesar 16,09 N/mm², untuk lapisan B2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki *yield strength* sebesar 16,10 N/mm² dan untuk lapisan B3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki *yield strength* sebesar 16,11 N/mm². Kemudian untuk lapisan C1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki *yield strength* sebesar 17,13 N/mm², untuk lapisan C2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki *yield strength* sebesar 17,16 N/mm² dan untuk lapisan C3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki *yield strength*

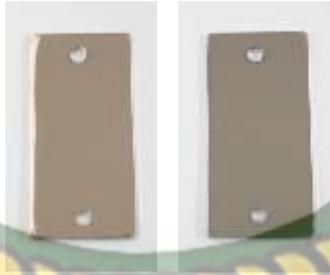
sebesar 17,17 N/mm². Dan juga untuk lapisan D1 dengan waktu lapisan Cr 25 detik memiliki *yield strength* sebesar 17,25 N/mm², untuk lapisan D2 dengan waktu lapisan Cr 30 detik memiliki *yield strength* sebesar 17,28 N/mm² dan untuk lapisan D3 dengan waktu lapisan Cr 35 detik memiliki *yield strength* sebesar 17,31 N/mm². Dari data pengujian bend test tersebut *yield strength* yang paling besar yaitu pada spesimen D3 dengan waktu pencelupan Cu 15 menit dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 35 detik dan *yield strength* yang terendah yaitu pada spesimen A1 dengan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik. Hal ini disebabkan karena nilai ketebalan lapisan spesimen berpengaruh terhadap arus dan waktu pencelupan pada *yield strength* pada pengujian *bend test*.

4.6 Data Hasil Pengamatan Tampak Fisik

Pengamatan tampak fisik dilakukan setelah proses pelapisan selesai, apabila permukaan spesimen benar-benar sudah bersih dan kering, maka dapat dilakukan pengamatan tampak fisik hasil pelapisan. Masing-masing spesimen dari masing-masing variasi diamati secara visual, dibandingkan kemudian diambil fotonya.



Gambar 4. Hasil pengamatan tampak fisik.



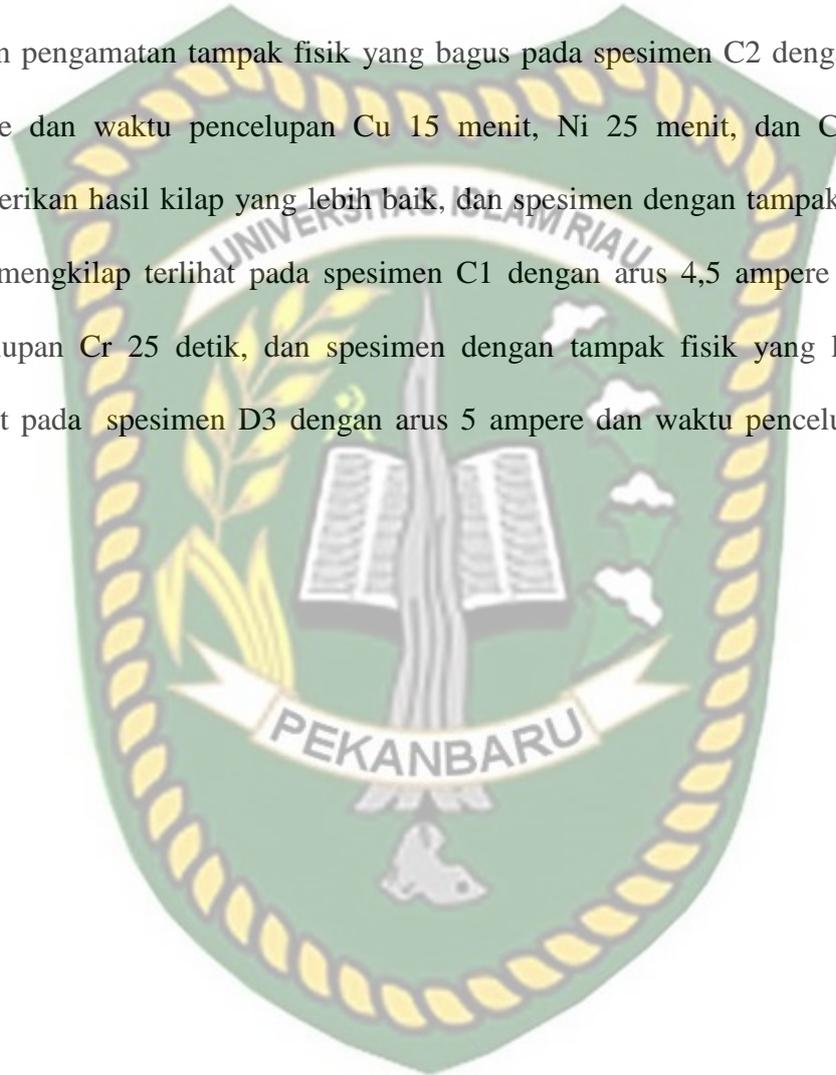
C1 D3

Gambar 4. Hasil pengamatan tampak fisik.

Pada proses pelapisan waktu dan arus berpengaruh pada tampak fisik spesimen, dimana proses pelapisan dengan waktu dan arus yang lebih kecil akan memperlihatkan tampak fisik yang tidak mengkilap, dikarenakan ion-ion yang mengendap pada spesimen lebih sedikit, dan juga proses pelapisan dengan waktu dan arus yang lebih besar akan memperlihatkan tampak fisik yang gelap, dikarenakan ion-ion yang mengendap pada spesimen lebih banyak. Pada proses pelapisan waktu dan arus yang lebih kecil tidak menampilkan kilap yang baik dan waktu dan arus yang lebih lama memberikan hasil kilap yang lebih gelap, Untuk mendapatkan hasil tampak fisik yang baik yaitu waktu dan arus pada proses pencelupan yang memperlihatkan kilap yang lebih cerah dan warna pada pelapisan tersebut.

Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa pelapisan Ni-Cr langsung terlihat berwarna silver kebiru-biruan dengan pengamatan tampak fisik yang bagus pada spesimen B2 dengan arus 5 ampere dan waktu pencelupan Ni 25 menit, dan Cr 30 detik memberikan hasil kilap yang lebih baik, namun pada spesimen A1 dengan variasi waktu dan arus pencelupan Cr yang lebih sebentar yaitu 25 detik dan arus 4,5 ampere spesimen terlihat tidak mengkilap, dan juga

pada spesimen B3 dengan variasi waktu dan arus pencelupan Cr yang lebih lama yaitu 35 detik dan arus 5 ampere spesimen terlihat lebih gelap. Dan juga terlihat sama pada pencelupan Cu-Ni-Cr terlihat berwarna silver kekuning-kuningan dengan pengamatan tampak fisik yang bagus pada spesimen C2 dengan arus 4,5 ampere dan waktu pencelupan Cu 15 menit, Ni 25 menit, dan Cr 30 detik memberikan hasil kilap yang lebih baik, dan spesimen dengan tampak fisik yang tidak mengkilap terlihat pada spesimen C1 dengan arus 4,5 ampere dan waktu pencelupan Cr 25 detik, dan spesimen dengan tampak fisik yang lebih gelap terlihat pada spesimen D3 dengan arus 5 ampere dan waktu pencelupan Cr 35 detik.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pengujian yang ada pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa yang didapat dalam penelitian ini menunjukkan pelapisan Ni-Cr langsung terlihat berwarna silver kebiru-biruan dan Cu-Ni-Cr terlihat berwarna silver kekuning-kuningan.
2. Dengan meningkat kuat arus menghasilkan tebal lapisan yang semakin tinggi. Nilai ketebalan tertinggi terjadi pada spesimen dengan kuat arus 5 Ampere dengan waktu pencelupan Cu 15 menit dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan pencelupan Cr 35 detik yaitu sebesar 0,05039 mm. Sedangkan nilai ketebalan terendah terjadi pada spesimen dengan kuat arus 4,5 A dengan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik yaitu sebesar 0,03009 mm.
3. Laju ketebalan tertinggi didapatkan pada rapat arus $6,25 \text{ A/dm}^2$ dengan bahan pelapis khrom memiliki laju ketebalan adalah 0,000140 mm/menit, sedangkan pada bahan pelapis nikel dengan rapat arus $5,625 \text{ A/dm}^2$ memiliki laju ketebalan terendah yaitu 0,000115 mm/menit. Hal ini menunjukkan bahwa laju ketebalan sangat bergantung dengan bahan pelapis dan arus yang digunakan.
4. Pengujian *adhesivitas* pada elektroplating menyimpulkan bahwa perbandingan waktu sendiri tidak memiliki terlalu banyak perubahan,

antara pelapisan Ni-Cr dan Cu-Ni-Cr pada pengujian *bend test* terdapat sedikit perbedaan pada lapisan Cu-Ni-Cr dimana pada waktu pelapisan Cu 15 menit dan waktu pelapisan Ni 25 menit dan waktu pelapisan Cr 35 detik terjadi banyak retakan pada bagian lekukan yang terkena radius *bend test*, itu terjadi karena semakin lama waktu pelapisan akan berpengaruh pada tebal lapisan dan hasil *bend test*.

5. Dari data pengujian *bend test* tersebut *yield strength* yang paling besar yaitu pada spesimen D3 dengan waktu pencelupan Cu 15 menit dan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 35 detik dan *yield strength* yang terendah yaitu pada spesimen A1 dengan waktu pencelupan Ni 25 menit dan waktu pencelupan Cr 25 detik. Hal ini disebabkan karena nilai ketebalan lapisan spesimen berpengaruh terhadap arus dan waktu pencelupan pada *yield strength* pada pengujian *bend test*.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengkajian yang lebih mendalam yaitu dengan banyak melakukan percobaan untuk mengetahui secara pasti besar akselerasi laju ketebalan permenitnya dari pelapisan logam yang terjadi.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian struktur mikroskop untuk mengetahui perbedaan komposisi pada lapisan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adyani, I.A.S., 2009, *Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan Krom Pada Stoneware dan Earthenware*, Jurnal Teknologi Elektro Vol. 8 No. 2 Juli-Desember 2009, Mataram.
- Hartono, AJ. dan Kaneko, T., 1995. *Mengenal pelapisan logam (elektroplating)*, Andi offset, Yogyakarta.
- Hadromi, 2002. *Industri elektroplating kecil dan menengah*, Yogyakarta.
- Nasser kanani, 2006. *Electroplating basic principles, procces and practice*, publisher Elsevier Ltd.
- Napitupulu, R.A.M., 2005, *Pengaruh Temperatur dan Waktu Pelapisan Terhadap Laju Pelapisan Nikel Pada Baja Karbon Rendah*, Jurnal Teknik Simetrika, Vol 4 No. 2 Agustus 2005: 345-351, Sumatera Utara.
- Purwanto, syamsul huda, 2005. *Teknologi industri elektroplating*. universitas diponegoro, Semarang.
- Raharjo samsudi, 2008. *Pemilihan jenis larutan elektrolit sebagai media pelapis krom keras pada baja karbon rendah*. *Traksi* Vol.8.
- Suarsana, I.K., 2008. *Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram Vol. 2 No. 1, Juni 2008 (48-60), Jimbaran Bali.
- Saleh, A.A., 1995, *Pelapisan Logam*, Buku Pegangan Industri Elektroplating, Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Bandung.
- Valdsas Kvedaras, Jonas Vilys and Vytantas ciuplys, 2006. *Fatigue strength of chromium-plated steel*, Vol 12 No. 1 h 1320-1329.
- Warak, 2002. *Pengaruh lama waktu pengekruaman terhadap ketebalan dan kekerasan permukaan logam yang dilapis krom*, Master thesis ITB, Bandung.