

Pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam pelapisan khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan

I Ketut Suarsana

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Elektroplating merupakan suatu proses pengendapan elektro lapisan logam pada elektrode yang bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Logam yang dilapisi adalah tembaga karena mudah dibentuk menjadi perhiasan, alat industri, bagian kendaraan bermotor dan lain sebagainya. Logam pelapis yang digunakan dalam pelapisan khrom dekoratif ini adalah nikel dan khrom. Penelitian ini menggunakan spesimen berupa tembaga yang berjumlah 15 buah dengan panjang 60 mm dan diameter 14 mm. Dalam pelaksanaan pelapisan pertama menggunakan voltase 5 volt, temperatur 60 °C dan dengan arus 50 ampere. Variasi dilakukan pada waktu pencelupan yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit dengan tiga kali pengulangan. Sedang pada pelapisan kedua menggunakan voltase 5 volt, temperatur 50 °C, arus 50 ampere dan waktu pencelupan 2 menit. Hasil penelitian ini adalah dengan variasi waktu pelapisan nikel pada tembaga yang dilakukan (dengan range 5 menit-25 menit), nilai iluminasi cahayanya (tingkat kecerahannya) dan ketebalan lapisannya meningkat, yaitu pada waktu pelapisan nikel 5 menit nilai iluminasi cahayanya adalah 3297,027 lux dan ketebalannya adalah 14,1 µm hingga pada waktu pelapisan nikel 20 menit yaitu sebesar 8242,904 lux untuk iluminasi cahayanya dan hingga waktu pelapisan nikel 25 menit yaitu sebesar 55,77 µm untuk ketebalan lapisannya. Sedangkan untuk waktu pelapisan nikel 25 menit nilai iluminasi cahayanya menurun yaitu sebesar 6868,862 lux yang disebabkan karena banyak lubang pada permukaan lapisan.

Kata kunci: Elektroplating khrom dekoratif, waktu pelapisan nikel, tingkat kecerahan, ketebalan lapisan

Abstract

Electroplating is a metal coat electro deposition process at electrode which aimed to form surface with the different properties and/or dimension from its original metal. The coated metal in this work was copper that was easy to be formed becoming ornament, industrial appliance, vehicle components, etc. The metal coater in this decorative chrome veneering was chrome and nickel. The research used 15 copper, with 60 mm in length and 14 mm in diameter. The first veneering conducted at 5 volt, 60 °C and 50 ampere. The veneering times were 5 minute, 10 minute, 15 minute, 20 minute and 25 minute with three times repetition. The second veneering used 5 volt, 50 °C, 50 ampere and veneering time was 2 minute. The results showed that the time variation of nickel veneering time at copper (by range 5 minute-25 minute) increased the value of light illumination (its brightness) and its coating thickness. With 5 minutes veneering time of nickel, the value of light illumination was 3297,027 lux and its thickness was 14,1 µm; while with 20 minutes, the value of light illumination was 8242,904 lux; and with 25 minutes, the coating thickness was 55,77 µm. With nickel veneering time 25 minutes, the value of light illumination decreased to 6868,862 lux caused by a lot of holes on coating surface.

Keywords: Decorative chrome electroplating, nickel veneering time, brightness, coating thickness

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi dewasa ini yang semakin pesat banyak barang yang diciptakan oleh manusia, baik untuk tujuan produksi maupun untuk tujuan kenyamanan hidup manusia itu sendiri, dimana semua barang tersebut banyak yang terbuat dari logam. Barang-barang dari logam ini memerlukan sentuhan akhir atau *finishing* agar dapat terlihat lebih menarik dan tahan lama.

Finishing logam merupakan bidang yang sangat luas, salah satu cara dari *finishing* logam yang banyak diterapkan adalah elektroplating. Saat ini sudah banyak berkembang industri elektroplating yang mengerjakan pelapisan bagian-bagian mesin kendaraan seperti *swing arm*, tromol, poros dan bagian-bagian mesin lainnya.

Di daerah Bali khususnya, juga sudah berkembang industri elektroplating yang

mengerjakan barang-barang yang menggunakan pelapisan nikel-khrom dimana biasanya pelapisan tersebut bertujuan sebagai pelapis protektif-dekoratif. Pelapisan ini biasanya digunakan pada benda-benda kerajinan dari logam dan beberapa bagian dari kendaraan. Maksud dari protektif-dekoratif ini adalah untuk melindungi benda-benda tersebut dari korosi dan untuk mendapatkan benda-benda yang memiliki tingkat kecerahan/kilap yang bagus sehingga dapat menampilkan keindahan dan meningkatkan kualitasnya. Adapun logam yang sering digunakan dalam bidang industri adalah tembaga. Di bidang industri kerajinan sendiri, tembaga banyak digunakan sebagai perhiasan, dimana untuk memperindah penampilan dari tembaga tersebut maka permukaannya dilapisi dengan logam lain seperti emas, perak, nikel ataupun khrom. Tembaga memiliki ketahanan korosi yang cukup baik, tetapi

pada kondisi dimana terdapat bahan pengkorosifnya maka tembaga akan teroksidasi membentuk oksida tembaga yang sangat beracun dan penampilannya akan menjadi kebiru-biruan sehingga terlihat kurang menarik.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan elektroplating atau pelapisan dengan khrom dekoratif. Setelah mengalami proses pelapisan dengan waktu tertentu maka akan terbentuk lapisan nikel-khrom dengan ketebalan tertentu pada permukaan tembaga.

Berdasarkan latar belakang diatas dan karena masih minimnya informasi tentang ketebalan lapisan dan tingkat kecerahan yang terbentuk dipengaruhi oleh lamanya waktu pelapisan nikel dalam khrom dekoratif pada tembaga maka dapat dirumuskan suatu masalah yaitu bagaimana pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam pelapisan khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan.

Beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

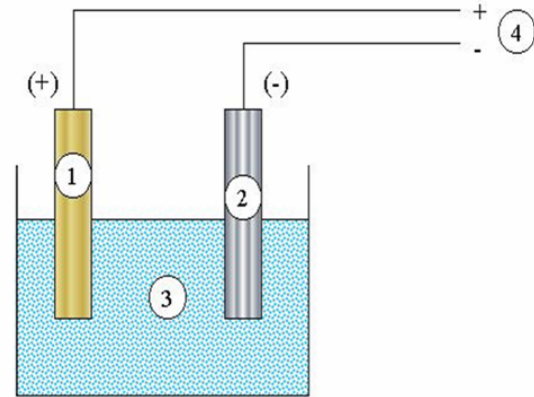
1. Logam yang di-*plating* adalah tembaga berbentuk silinder tipe LG2.
2. Variasi waktu pelapisan nikel adalah 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit.
3. Waktu pelapisan khrom setelah nikel adalah 2 menit.
4. Larutan elektrolit yang digunakan selama penelitian tidak diganti
5. Tingkat kecerahan dari lapisan diukur dengan menggunakan alat ukur iluminasi cahaya.
6. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi elektroplating selain waktu pelapisan dikonstantkan

2. Dasar Teori

2.1. Dasar-dasar elektroplating

Elektroplating merupakan suatu proses pengendapan elektro lapisan logam pada elektrode yang bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. *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, yaitu warna dan tekstur tertentu, serta untuk mengurangi tahanan kontak serta meningkatkan konduktivitas permukaan atau daya pantul. Sebelum dilakukan pelapisan pada bahan dasar, 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. Proses ini meliputi abrasi mekanik yang dilakukan untuk jenis *inert* yang kasar dan besar, pencucian untuk menghilangkan lemak, minyak dan debu agar lebih bersih, dapat digunakan larutan organik dan

larutan alkali untuk menghilangkan oksidanya. Secara prinsip proses elektroplating mencakup empat hal, yaitu pembersihan, pembilasan, pelapisan dan proteksi setelah pelapisan. Keempat hal ini dapat dilakukan secara manual atau bisa juga menggunakan tingkat otomatisasi yang lebih tinggi lagi.



Gambar 1. Skema pelaksanaan pelapisan logam secara listrik (elektroplating) [10]

Keterangan :

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

Elektroplating termasuk proses elektrolisa yang biasanya dilakukan dalam bejana sel elektrolisa dan berisi cairan elektrolit. Pada cairan tersebut paling sedikit tercelup dua elektrode. Masing-masing elektrode dihubungkan dengan arus listrik yang terbagi menjadi kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda). Di dalam proses elektrolisa terjadi reaksi oksidasi dan reduksi. Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik ini adalah penempatan ion-ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda dan elektrolit yang digunakan. Dengan adanya arus listrik yang mengalir dari sumber maka elektron dialirkan melalui elektrode positif (anoda) menuju elektrode negatif (katoda) dan dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang lain yang dilapisi.

2.2. Faktor - faktor yang mempengaruhi elektroplating

- a. Suhu
Suhu sangat penting untuk menyeleksi cocoknya jalannya reaksi dan melindungi pelapisan. Keseimbangan suhu ditentukan oleh beberapa faktor seperti ketahanan, jarak anoda dan katoda, serta amper yang digunakan.
- b. Kerapatan arus
Kerapatan arus yang baik adalah arus yang tinggi pada saat arus diperkirakan masuk, bagaimanapun nilai kerapatan arus mempengaruhi waktu *plating* untuk mencapai ketebalan yang diperlukan.

- c. Konsentrasi ion
Merupakan faktor yang berpengaruh pada struktur deposit, dengan naiknya konsentrasi logam dapat menaikkan seluruh kegiatan anion yang membantu mobilitas ion.
- d. Agitasi
Yaitu terdiri dari dua macam, yaitu jalannya katoda dan jalannya larutan. Agitasi yang besar mungkin akan merusak, dan agitasi seharusnya disalurkan dengan tujuan untuk menghindari bentuk/struktur, penampilan, dan ketebalan pelapisan yang tidak seragam.
- e. *Throwing power*
Yaitu kemampuan larutan penyalur menghasilkan lapisan dengan ketebalan merata dan sejalan dengan terus berubahnya jarak antara anoda dan permukaan komponen selama proses pelapisan.
- f. Konduktivitas
Konduktivitas larutan tergantung pada konsentrasi ion yang besar atau jumlah konsentrasi molekul.
- g. Nilai pH
Derajat keasaman (pH) merupakan faktor penting dalam mengontrol larutan elektroplating.
- h. Pasivitas
Gejala ini sering ditemui pada logam yang mengalami korosi, dimana hasil korosi menjadi lapisan pasif. Bila hal ini terjadi pada anoda, maka ion-ion logam pelapis terus menurun, sehingga akan mengganggu proses.
- i. Waktu pelapisan
Waktu pelapisan sangat berpengaruh pada ketebalan lapisan yang diharapkan [4]. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya [6], dimana pada saat variasi waktu yang dilakukan adalah 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit, telah terjadi perbedaan ketebalan lapisan yang sangat signifikan. Semakin lama pencelupan maka ketebalan lapisan semakin bertambah, hal inilah yang mendasari penelitian ini menggunakan variasi waktu pelapisan nikel yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit.

2.3. Kecerahan lapisan

Penampilan lapisan dekoratif merupakan suatu hal yang penting tetapi seringkali dinilai secara subjektif. Sehingga dalam pengamatan suatu lapisan yang mengamati kecerahan, penilaiannya diserahkan secara subjektif kepada keputusan pengawas [5]. Dalam penelitian ini, penentuan tingkat kecerahan menggunakan iluminasi cahaya. Kuat penerangan atau iluminasi didefinisikan sebagai banyaknya fluks cahaya yang mengenai satu satuan luas permukaan yang mendapat penerangan. Jika sumber cahaya tidak berwujud titik melainkan berwujud suatu luasan/permukaan, maka banyaknya fluks cahaya yang dipancarkan sudah tentu sebanding dengan luas permukaan sumber cahaya itu dan begitu pula intensitas cahayanya. Pengukuran intensitas cahaya,

yakni yang lazim disebut fotometri, dilakukan dengan membandingkan intensitas cahaya sumber cahaya yang akan ditentukan intensitasnya dengan intensitas cahaya dari sumber cahaya standar yang memang sudah tertentu intensitasnya, yakni dengan membandingkan iluminasi yang diberikan oleh keduanya pada suatu tabir [8]

Intensitas cahaya

$$I = \frac{dF}{d\Omega} \quad (1)$$

Iluminasi

$$E = \frac{dF}{dA} \quad (2)$$

Keterangan : F = Fluks cahaya (lumen)

Ω = Sudut ruang (sr)

A = Luas permukaan yang memperoleh penerangan (m^2)

2.4. Ketebalan lapisan

Ketebalan lapisan yang terbentuk dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

1. Dengan cara mengukur ketebalan pelapisan pada foto yang telah diambil kemudian dibandingkan dengan ketebalan yang telah diketahui dengan pembesaran yang sama yang digunakan pada saat pengamatan dan pengambilan foto. Dalam hal ini mikroskop hanya digunakan untuk mengamati ketebalan dari pelapisan.

$$Z = \frac{Tf}{Ts} \quad (3)$$

$$T = \frac{Tfs}{Z} \quad (4)$$

Dimana :

T = Tebal lapisan yang dicari (mm)

Tf = Tebal pembanding pada foto (mm)

Ts = Tebal pembanding (diketahui) (mm)

Tfs = Tebal lapisan yang diukur pada foto (mm)

Z = Pembesaran yang digunakan mikroskop

2. Cara yang kedua adalah dengan cara matematis, dengan formula sebagai berikut :

- Menurut Lowenheim [5]

$$T = \frac{W}{\rho \cdot A} \quad (5)$$

Dimana :

T = Tebal lapisan yang terbentuk (cm)

$W = m_2 - m_1$ = Massa lapisan yang terbentuk (gr)

ρ = Massa jenis pelapis (gr/cm^3)

A = Luas permukaan setelah dilapisi (cm^2)

- Menurut A. A. Saleh [7]

$$T = \frac{H \left(\frac{C}{A} \right)}{F_1 \times 1000} \quad (6)$$

Dimana :

T = Ketebalan lapisan yang terbentuk (in)

H = Waktu pelapisan (jam)

C = Rapat arus listrik (A/in^2)

A = Luas permukaan spesimen yang telah terlapisi (in^2)

F_1 = Faktor (0,199) untuk nikel

2.5. Sifat-sifat logam

2.5.1. Tembaga

Tembaga murni jarang dipergunakan, kecuali untuk keperluan alat-alat listrik atau alat penukar panas. Ini disebabkan antara lain karena harganya yang cukup mahal dan kekuatannya tidak begitu tinggi. Tembaga biasanya digunakan dalam bentuk paduan. Tembaga memang mudah membentuk paduan dengan logam-logam lain. *Alloy* utamanya adalah *perunggu* (dengan seng) dan *kuningan* (dengan timah). Ada pula *alloy* lain misalnya aluminium-kuningan, tembaga-berilium.

Tembaga bersifat liat, lunak, ulet. Tidak terlalu teroksidasi oleh udara, bila terjadi terbentuk *patina* (hijau) terdiri atas hidroksokarbonat dan hidroksosulfat. Reaksinya dengan sulfida (gas, lembab) juga sedikit, tetapi terbentuk tarnish (film noda/ bercak) yang menyulitkan untuk disolder. Itulah sebabnya pada alat komunikasi tembaga masih sering diplat timah (atau timah-timbel)[3].

2.5.2. Nikel

Nikel bersifat ferromagnetik tetapi diatas 353°C bersifat paramagnetik. Nikel memiliki kekuatan dan kekerasan sedang, keliatan dan keuletannya baik, daya hantar listrik dan termal juga baik. Pada suhu biasa, nikel tidak terserang udara basah atau kering. Nikel diudara kota tercemar mengalami tarnish (bercak noda), maka perlu dilapisi oleh khrom.

Senyawa nikel digunakan terutama sebagai katalis dalam elektroplating. Pada proses *plating*, walau kebanyakan nikel dari anodanya, tetap perlu terus ditambahkan garamnya ke bak *plating*. Garam-garam untuk *plating* itu misalnya nikel karbonat, nikel klorida, nikel fluoborat, nikel sulfamat dan nikel sulfat

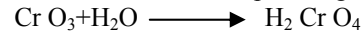
Nikel amat populer dalam *plating*, terutama pada sistem plating tembaga-nikel-khrom (dekoratif-protektif). Nikel merupakan logam *plating* yang paling peka responnya atas aditif-aditif bak platingnya. Itulah sebabnya, bisnis *plating* nikel juga dironai dinamika pembuatan dan pemasaran aditifnya yang tentu saling berkeunggulan khas. Berbagai formulasi bak plating nikel tersedia, tinggal pilih yang mana yang ingin digunakan. Nikel terutama dilapiskan ke barang-barang besi, baja, perunggu, seng, tembaga, plastik juga aluminium sampai magnesium, baru sesudahnya dilapiskan krom tipis saja [3].

2.5.3. Khrom

Khrom atau chromium adalah logam non ferro yang dalam tabel periodik termasuk grup IV b. Proses pelapisan chromium mulai dikenal secara luas pada industri logam sebagai lapisan lindung atau pengerjaan permukaan (*surface treatment/ metal finishing*) pada tahun 1930 dan merupakan lapisan yang mempunyai sifat yang keras, warna putih kebiru-biruan, dan tahan terhadap efek kekusaman yang tinggi. Selain nikel maka pelapisan khrom banyak dilaksanakan untuk mendapatkan permukaan

yang menarik. Karena sifat khas khrom yang sangat tahan karat maka pelapisan krom mempunyai kelebihan tersendiri bila dibandingkan dengan pelapisan lainnya.

Selain sifat dekoratif dan atraktif dari pelapisan khrom, keuntungan lain dari pelapisan khrom adalah dapat dicapainya hasil pelapisan yang keras. Sumber logam khrom didapat dari asam khrom, tapi dalam perdagangan yang tersedia adalah khrom oksida (CrO_3) sehingga terdapatnya asam khrom adalah pada waktu khrom oksida bercampur dengan air [10].



Ditinjau dari sifat dan pemakaian lapisan chromium dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu pelapisan chromium dekoratif dan proses pelapisan chromium keras (*hard chromium / industrial chromium*).

1. Khrom dekoratif

Khrom dekoratif mempunyai ciri lapisan yang tipis, dengan menitikberatkan pada segi tampak rupa yang menarik dan indah, permukaannya halus tanpa noda, tidak mudah pudar, dan menambah daya tahan terhadap korosi.

2. Khrom keras

Khrom keras mempunyai ciri lapisan yang lebih tebal, dan banyak digunakan untuk benda-benda yang karena penggunaannya memerlukan sifat mekanik tertentu. Sifat yang paling penting dalam lapis krom keras adalah kekerasan, daya lekat, daya tahan korosi, dan memiliki koefisien gesek yang rendah

2.6. Formula pembersih

Sebelum material di-*plating*, material dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran-kotoran yang menempel pada permukaan material yang akan dilapisi untuk menghindari pasivitas. Pembersihan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu dengan cara mekanis, dengan menggunakan larutan pembersih (secara kimia) dan dengan pembersihan secara listrik. Pembersihan mekanis biasanya dilakukan untuk kotoran yang sulit dihilangkan dan menempel dengan kuat pada permukaan material, adapun alat-alat yang biasa digunakan dalam pembersihan mekanis adalah mesin polis (ampelas), sikat dan penyemprot pasir/*sand blasting* (digunakan untuk pembersihan permukaan yang kasar dan tidak mungkin dilakukan oleh alat lain karena bentuknya), setelah dilakukan pembersihan secara mekanis kemudian dapat dilanjutkan dengan pencelupan ke dalam larutan pembersih seperti asam klorida, asam sulfat dan asam nitrat untuk mengilangkan lemak, karat atau oksida logam, atau dapat pula dilakukan pembersihan secara listrik.

3. Metode Penelitian

3.1. Tempat penelitian

Proses elektroplating di lakukan di Laboratorium Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana Bali. Sedangkan untuk pengukuran iluminasi cahaya dilakukan di

Laboratorium Optik dan Gelombang Fakultas MIPA Universitas Udayana Bali dan pengukuran ketebalan dilakukan di Laboratorium Bahan Diploma Mesin Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

3.2. Bahan penelitian

Bahan penelitian yang dipakai:

1. Pelapisan Nikel, larutan yang digunakan sebagai elektrolit adalah larutan nikel cerah dari *type Watts* [5], dengan komposisi sebagai berikut :
 - Nikel Sulfat : 330 gr/liter
 - Nikel Chlorida : 45 gr/liter
 - Boric Acid : 38 gr/liter
 - Temperatur : 45 - 65 °C
 - pH : 1,5 – 4,5
 - Rapat Arus : 250-1000 A/m²

Untuk bahan pencerah digunakan larutan universal T/L initial atau 06 dengan komposisi 10 cc/liter. Sebagai anoda digunakan logam nikel murni yang berbentuk plat.
2. Pelapisan Khrom, larutan yang digunakan sebagai elektrolit adalah larutan krom dekoratif [5], dengan komposisi sebagai berikut :
 - Chromis acid (CrO₃) : 250 gr/liter
 - H₂SO₄ : 2,5 gr/liter
 - Temperatur : 40-55 °C
 - Rapat Arus : 500-2500 A/m²
3. Jarak anoda dan katodanya adalah 13 cm.
4. Spesimen uji yang diplating adalah tembaga berbentuk silinder. Tembaga dengan total panjang awal 1,5 meter dan dengan diameter 14 mm dipotong menjadi 25 buah dengan panjang masing-masing 60 mm. Dari ke-25 buah tembaga yang telah dipotong kemudian diambil secara acak sebanyak 15 buah yang selanjutnya digunakan sebagai spesimen uji, sedang sisanya tidak digunakan. Posisi spesimen dalam pelapisan adalah melintang.

3.3. Alat penelitian

Didalam melakukan penelitian memerlukan alat yang sesuai dengan tujuan dari penelitian, dimana semua alat tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Rectifier

Rectifier atau *power supply* adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan listrik dari 220 volt menjadi yang lebih rendah sesuai dengan yang diinginkan atau alat ini juga disebut *trafo step down*. Tegangan yang keluar dari trafo masih dalam keadaan bolak-balik (AC), sehingga untuk merubah dari AC ke DC (searah) diperlukan *kuprok* sebagai penyearah dan kapasitor elektrolit sebagai perata dari tegangan *output*. Pada *rectifier* juga dipasang sebuah instrumen volt meter yang dipasang secara paralel dan sebuah amperemeter yang dipasang secara seri. Kuat arus yang digunakan adalah 50 Ampere dan tegangan yang digunakan adalah 5 volt.

2. Bak plating

Bak *plating* biasanya dibuat dari bahan *fiberglass* karena tahan terhadap korosi yang diakibatkan oleh larutan plating. Ukuran bak disesuaikan dengan jenis kerja dan besar benda kerja yang dikerjakan. Dalam penelitian ini bak plating yang digunakan berukuran 17 cm × 22 cm × 22 cm (lebar × panjang × tinggi).

3. Bak pembersih

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

4. Termometer

Digunakan untuk mengukur suhu larutan *plating* sehingga diketahui temperatur dari larutan tersebut dan disesuaikan dengan suhu yang digunakan.

5. Agitator

Digunakan untuk menghasilkan gelembung-gelembung udara atau agitasi. Di mana agitasi ini berfungsi sebagai penggerak larutan yang disebabkan oleh udara sehingga dapat mempercepat proses pelapisan.

6. Water heater

Digunakan untuk memanaskan larutan plating sehingga diperoleh suhu yang sesuai.

7. Mikroskop

Digunakan untuk mengamati ketebalan lapisan akhir pada permukaan spesimen. Mikroskop yang digunakan adalah tipe PME-3 dari Olympus.

8. Stop watch

Digunakan untuk menghitung waktu pencelupan.

9. Kamera Digital

Digunakan untuk mengambil foto ketebalan lapisan pada mikroskop.

10. Jangka sorong

Digunakan untuk mengukur diameter dan panjang material uji sebelum pelapisan.

11. Alat Pengukur Iuminasi Cahaya

Terdiri dari Laser He-Ne (Helium-Neon) dengan spesifikasi $P_1 = 20 \text{ VA}$, $P_2 = 0,2 \text{ mW}$, diameter cahaya laser (d) = 2 mm, $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, DIN 58126KL2 sebagai sumber cahaya dan Osiloskop 20 MHz tipe HM 203-7 dari HAMEG serta BPY-7 sebagai penerima cahaya dari laser (referensi) dan pantulan cahaya dari spesimen uji. Dimana pada osiloskop energi cahaya dirubah menjadi energi listrik dalam bentuk tegangan yang ditampilkan dalam bentuk gelombang tipe square dengan pengaturan volt divisionnya adalah 0,5 volt/div dan frekuensi divisionnya adalah 1 μs (mikro sekon)/div.



Gambar 2. Laser He-Ne dan osiloskop

3.4. Langkah-langkah penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian
2. Memasang semua alat untuk proses pelapisan
3. Mempersiapkan larutan yang dipakai selama penelitian, kemudian larutan tersebut dipanaskan sampai suhu 60 °C untuk pelapisan nikel dan 50 °C untuk pelapisan khrom dekoratif
4. Mempersiapkan bahan yang akan dilapisi yaitu tembaga yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan dan telah dibersihkan dengan larutan pembersih
5. Proses pelapisan pertama
Tembaga yang akan dilapisi diletakkan pada kutub negatif dan plat nikel pada kutub positif. Spesimen dicelupkan kemudian stop kontak dihidupkan.
6. Pelapisan dilakukan dengan memvariasikan waktu pencelupan pada nikel yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit dengan tiga kali pengulangan untuk masing-masing waktu dan kuat arus yang digunakan adalah 50 Ampere
7. Pembilasan spesimen sebelum dilakukan proses pelapisan kedua
8. Proses pelapisan kedua
Pelapisan khrom dilakukan dengan mencelupkan spesimen uji kedalam larutan khrom dekoratif dengan tegangan 5 Volt dan waktu pencelupan selama 2 menit
9. Pembersihan spesimen sebelum dilakukan pengujian iluminasi cahaya dan pengukuran ketebalan
10. Pengujian iluminasi cahaya dilakukan pada permukaan spesimen yang datar dan yang terlihat paling cerah serta mengukur ketebalannya

11. Pengolahan data hasil penelitian, dimana nantinya data-data hasil penelitian tersebut akan dimasukkan kedalam tabel untuk selanjutnya dianalisis.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Tingkat kecerahan lapisan

4.1.1. Data hasil pengamatan

Tingkat kecerahan lapisan diukur menggunakan alat ukur iluminasi cahaya, data iluminasi cahaya yang diperoleh, didapat dari hasil pengukuran tegangan berupa tinggi gelombang (amplitudo) pada osiloskop. Karena ukuran 1 kotak pada layar osiloskop senilai dengan 1 volt, maka dengan mengukur tinggi gelombang pada layar osiloskop, didapatkan nilai untuk gelombang yang lebih tinggi (gelombang iluminasi cahaya referensi) sebesar 1,3 volt dan untuk gelombang yang lebih rendah (gelombang iluminasi cahaya pantul) sebesar 0,2 volt yang dapat dilihat pada Tabel 1. Sehingga gelombang yang ditunjukkan oleh osiloskop dapat dinyatakan sebagai kualitas kecerahan dari proses elektroplating khrom dekoratif.

Tabel 1. Data hasil pengujian iluminasi cahaya lapisan khrom dekoratif

Waktu Pelapisan Nikel (menit)	Spesimen	Illuminasi Pantul (Volt)	Illuminasi Referensi (Volt)
5	1	0,2	1,3
	2	0,2	1,3
	3	0,2	1,3
10	1	0,3	1,3
	2	0,3	1,3
	3	0,3	1,3
15	1	0,4	1,3
	2	0,4	1,3
	3	0,4	1,3
20	1	0,5	1,3
	2	0,5	1,3
	3	0,5	1,3
25	1	0,4	1,3
	2	0,45	1,3
	3	0,4	1,3

Untuk mengetahui nilai iluminasi cahaya dalam satuan lux maka harus dirubah terlebih dahulu kedalam satuan Watt/m². Sehingga sebelumnya harus dicari nilai iluminasi sumber cahayanya. Sumber cahayanya adalah laser dengan spesifikasi P₁= 20 VA, P₂= 0,2 mW, diameter cahaya laser (d) = 2 mm, λ= 632,8 nm, DIN 58126KL2, dengan menggunakan persamaan (2) dapat diketahui iluminasinya.

Mencari luasan permukaan yang memperoleh penerangan :

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \times (1 \text{ mm})^2 \\ &= 3,14 \text{ mm}^2 \\ &= 3,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan F = P₂ = 0,2 mW = 0,2 × 10⁻³ W, maka :

$$E = \frac{0,2 \times 10^{-3} \text{ W}}{3,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$E = 63,69 \text{ W/m}^2$$

Nilai iluminasi cahaya dari sumber cahaya atau laser adalah $63,69 \text{ W/m}^2$. Karena cahaya laser dibagi menjadi dua oleh *beam splitter*, dimana satu cahaya ke arah spesimen untuk kemudian dipantulkan ke osiloskop (cahaya pantul) dan cahaya yang lain diteruskan langsung ke osiloskop (cahaya referensi) maka nilai iluminasi cahaya referensi adalah setengah dari nilai iluminasi cahaya laser yaitu sebesar $31,845 \text{ Watt/m}^2$. Sehingga nilai iluminasi cahaya referensi sebesar 1,3 volt pada osiloskop setara dengan $31,845 \text{ Watt/m}^2$.

Untuk cahaya pantul, sebagai contoh diambil waktu pelapisan nikel 5 menit ke-1 dengan nilai iluminasi cahaya pantul pada osiloskop adalah 0,2 volt, maka nilai iluminasinya :

$$\frac{0,2 \text{ v}}{2,6 \text{ v}} \times 63,69 \text{ Watt/m}^2 = 4,899 \text{ Watt/m}^2$$

Cara ini digunakan untuk semua percobaan, Karena $1 \text{ Watt} = 673 \text{ lumens}$ dan $\text{lumens/m}^2 = \text{lux}$, maka data dan satuan kembali berubah. Sebagai contoh diambil waktu pelapisan nikel 5 menit ke-1 dengan nilai iluminasi cahayanya adalah $4,899 \text{ Watt/m}^2$, maka nilai tersebut dalam satuan lux adalah:

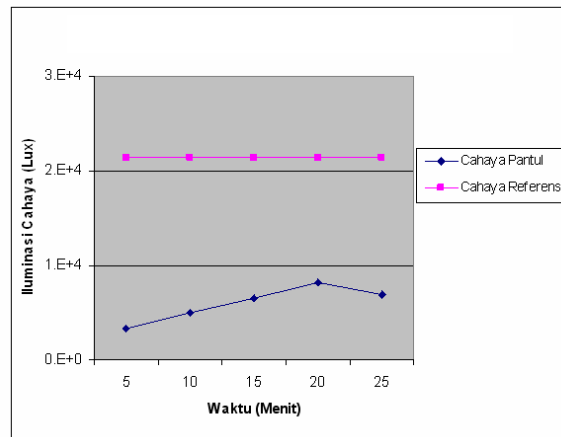
$$4,899 \text{ Watt/m}^2 \times 673 \text{ lumens} = 3297,027 \text{ lumens/m}^2 = 3297,027 \text{ lux}$$

Dengan menggunakan cara yang sama maka semua data dapat diketahui nilainya dalam satuan lux yang kemudian dicatat kedalam Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil perhitungan iluminasi cahaya lapisan khrom dekoratif

Waktu Pelapisan Nikel (menit)	Spesimen	Illuminasi Cahaya Pantul (Lux)	Illuminasi Cahaya Referensi (Lux)
5	1	3297,027	21431,685
	2	3297,027	21431,685
	3	3297,027	21431,685
Jumlah		9891,081	64295,055
Rata-Rata		3297,027	21431,685
10	1	4945,877	21431,685
	2	4945,877	21431,685
	3	4945,877	21431,685
Jumlah		14837,631	64295,055
Rata-Rata		4945,877	21431,685
15	1	6594,054	21431,685
	2	6594,054	21431,685
	3	6594,054	21431,685
Jumlah		19782,162	64295,055
Rata-Rata		6594,054	21431,685
20	1	8242,904	21431,685
	2	8242,904	21431,685
	3	8242,904	21431,685
Jumlah		24728,712	64295,055
Rata-Rata		8242,904	21431,685
25	1	6594,054	21431,685
	2	7418,479	21431,685
	3	6594,054	21431,685
Jumlah		20606,587	64295,055
Rata-Rata		6868,862	21431,685

Berdasarkan Tabel 2 di atas, kemudian data-data tersebut dijabarkan kedalam bentuk grafik hubungan waktu pelapisan nikel dengan iluminasi intensitas cahaya pada Gambar 3.



Gambar 3. Iluminasi cahaya vs waktu

4.1.2. Pembahasan

Dari Gambar 3 (grafik hubungan waktu pelapisan Nikel dengan iluminasi cahaya), dengan variasi waktu pelapisan nikel 5 menit sampai 25 menit diperoleh nilai iluminasi cahaya pantul yang meningkat yaitu pada waktu pelapisan nikel 5 menit sebesar $3297,027 \text{ lux}$ hingga pada waktu pelapisan nikel 20 menit yaitu sebesar $8242,904 \text{ lux}$. Tetapi pada waktu pelapisan nikel 25 menit terjadi penurunan dengan nilai iluminasi cahayanya $6868,862 \text{ lux}$ akibat adanya lubang-lubang pada permukaan lapisan yang terbentuk sehingga mengurangi kemampuan pantul dari lapisan yang kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor seperti akibat tekanan udara yang dihasilkan oleh agitator yang diakibatkan karena proses pelapisan nikel yang terlalu lama, kurang bagus material yang digunakan dalam proses elektroplating ataupun karena reaksi yang ditimbulkan selama proses elektroplating.

Selanjutnya antara iluminasi cahaya pantul dan iluminasi cahaya referensi terjadi perbedaan jarak yang cukup besar yang disebabkan karena cahaya referensi merupakan cahaya yang ditangkap langsung oleh osiloskop setelah dipecah menjadi dua bagian sama besar oleh *beam splitter*, sedangkan cahaya pantul adalah cahaya yang ditangkap oleh osiloskop setelah memantul terlebih dahulu ke permukaan lapisan spesimen uji. Sehingga nilai iluminasi cahaya pantul tidak dapat melebihi nilai iluminasi cahaya referensi.

Dari pembahasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kecerahan hasil elektroplating merupakan fungsi dari waktu.

4.2. Ketebalan Lapisan

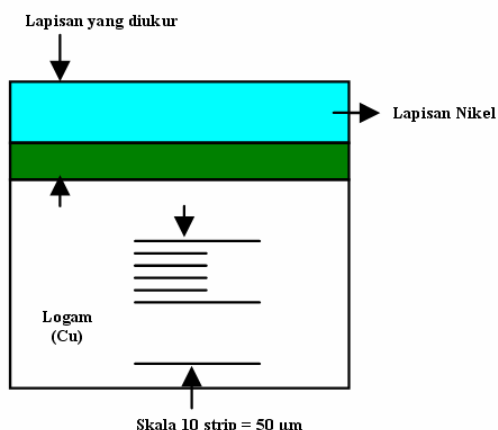
4.2.1. Data hasil pengamatan

Pengukuran ketebalan dilakukan dengan cara pengamatan spesimen pada mikroskop, kemudian dilakukan pemotretan. Setelah itu pengukuran

ketebalan lapisan yang terbentuk pada permukaan tembaga dilakukan dengan cara mengukur lapisan pada foto hasil pemotretan sehingga dapat diketahui ketebalan lapisannya. Sebagai contoh perhitungan dipakai data untuk waktu pelapisan nikel 5 menit ke-1 dengan foto pada Gambar 4.

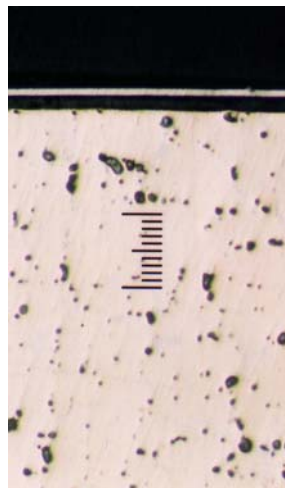


Gambar 4. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 5 menit ke-1

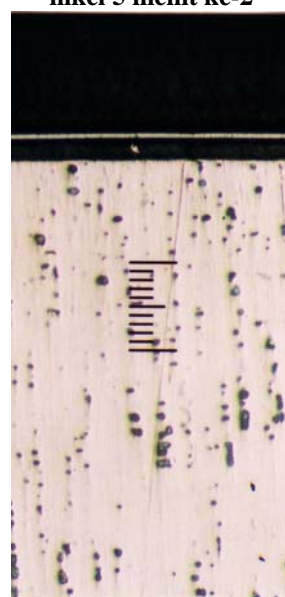


Gambar 5. Cara pengukuran ketebalan lapisan

Dari Gambar 4 diukur ketebalan lapisan pada permukaan tembaga dengan cara pengukuran ditunjukkan pada Gambar 5 di atas sehingga didapatkan ketebalan lapisannya adalah 3 mm. Dimana lapisan yang diukur adalah lapisan nikel dan lapisan yang terbentuk sebelum nikel yang menempel pada permukaan spesimen tembaga yang kemungkinan muncul akibat proses preparasi yang kurang baik ataupun muncul akibat proses pelapisan nikel itu sendiri. Sedangkan untuk lapisan khrom dalam foto tidak terlihat karena lapisannya sangat tipis disebabkan waktu pelapisan khrom untuk pelapisan khrom dekoratif adalah 2 menit dan lapisan ini hanya berfungsi sebagai pelapis dekoratif. Dengan menggunakan cara yang sama maka didapatkan ketebalan dari semua lapisan yang kemudian dicatat ke dalam Tabel 3.



Gambar 6. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 5 menit ke-2



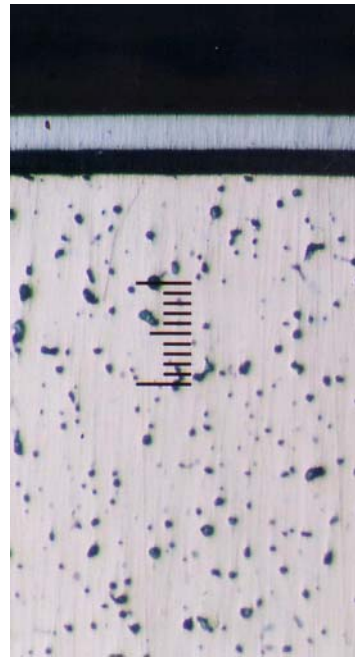
Gambar 7. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 5 menit ke-3



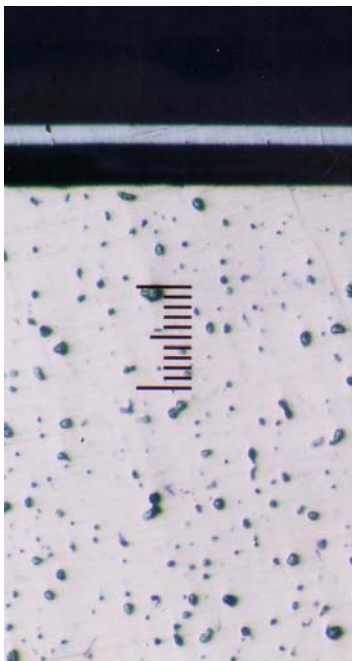
Gambar 8. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 10 menit ke-1



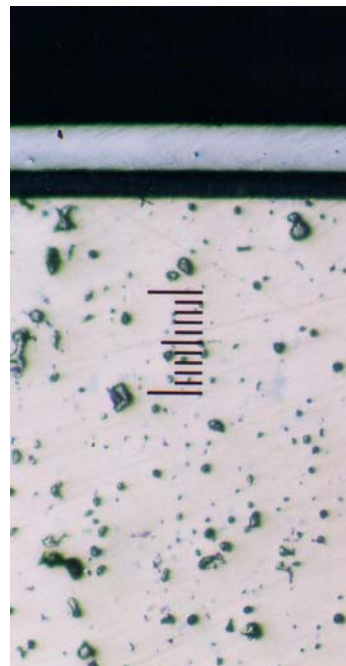
Gambar 9. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 10 menit ke-2



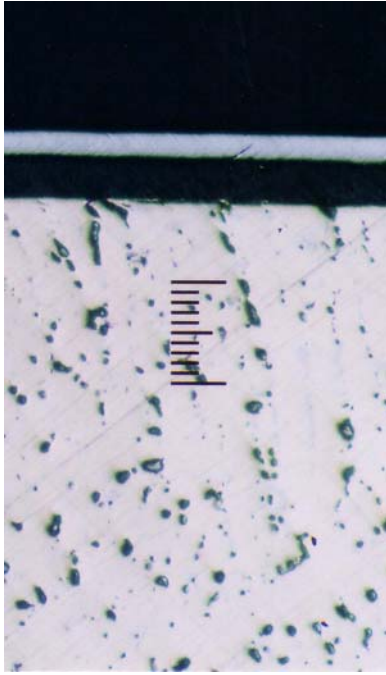
Gambar 11. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 15 menit ke-1



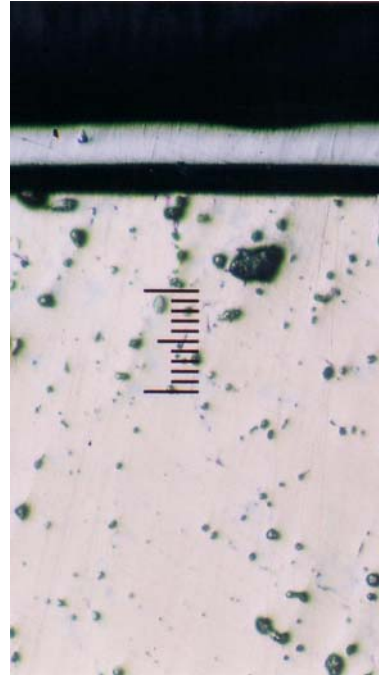
Gambar 10. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 10 menit ke-3



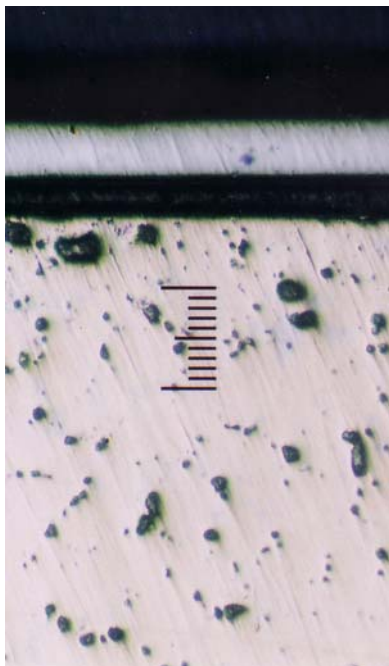
Gambar 12. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 15 menit ke-2



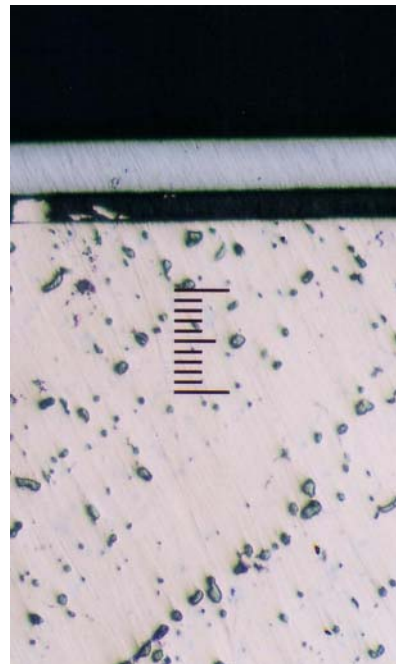
Gambar 13. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 15 menit ke-3



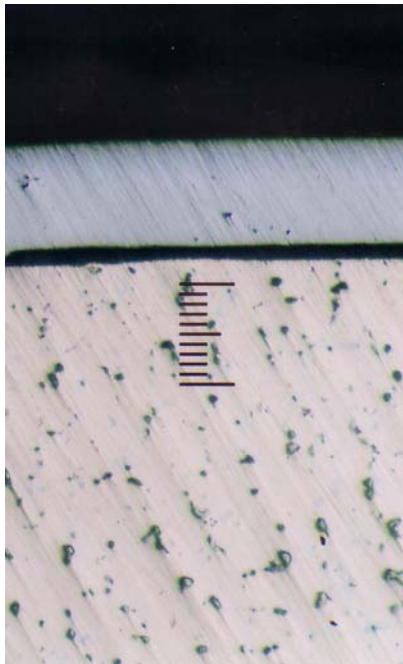
Gambar 15. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 20 menit ke-2



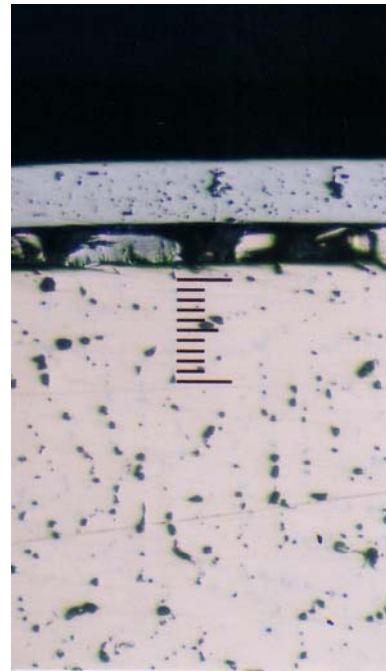
Gambar 14. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 20 menit ke-1



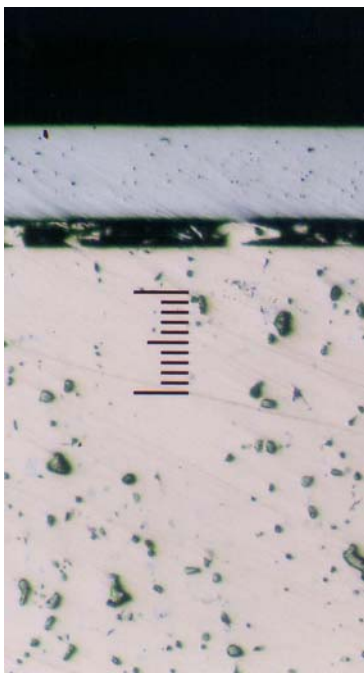
Gambar 16. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 20 menit ke-3



Gambar 17. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 25 menit ke-1



Gambar 19. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 25 menit ke-3



Gambar 18. Foto lapisan pada waktu pelapisan nikel 25 menit ke-2

Tabel 3. Data hasil pengujian ketebalan lapisan

Waktu Pelapisan Nikel (menit)	Spesimen	Ketebalan Lapisan (mm)
5	1	3
	2	4
	3	4
10	1	6,5
	2	6,5
	3	7,5
15	1	8
	2	9,5
	3	9
20	1	12
	2	10
	3	10,5
25	1	15
	2	15
	3	13,5

Setelah semua ketebalan lapisan pada foto diketahui kemudian dilakukan perhitungan pembesaran yang digunakan untuk mengetahui ketebalan lapisan yang sebenarnya. Untuk menghitung pembesaran yang digunakan pada foto adalah dengan cara membagi ketebalan skala pada foto pada Gambar 4 di atas dengan ketebalan sebenarnya dari skala pada foto. Dimana diketahui ketebalan skala pada foto adalah 13 mm dan ketebalan skala sebenarnya adalah 50 μm . Sehingga dengan menggunakan persamaan (3) dapat diketahui pembesarannya.

$$Z = \frac{T_f}{T_s}$$

$$Z = \frac{13 \text{ mm}}{50 \mu\text{m}}$$

$$Z = \frac{13 \text{ mm}}{0,05 \text{ mm}} = 260$$

Setelah diketahui pembesaran yang digunakan adalah 260 kali, maka dengan menggunakan persamaan (4) dapat diketahui ketebalan lapisan yang terbentuk.

$$T = \frac{Tfs}{Z}$$

$$T = \frac{3 \text{ mm}}{260}$$

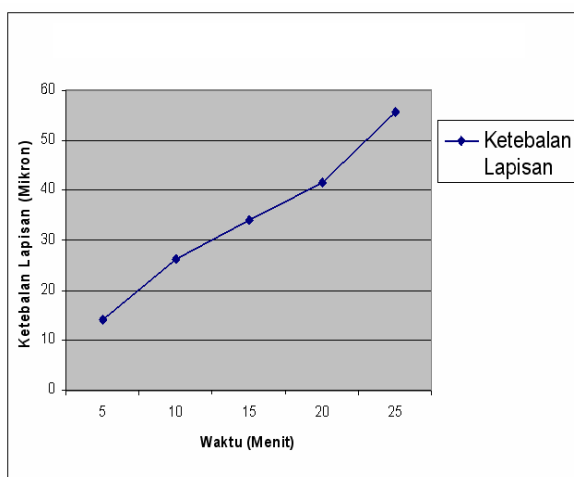
$$T = 0,01154 \text{ mm} = 11,54 \mu\text{m}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, maka semua data ketebalan lapisan yang terbentuk dapat diketahui dan dicatat kedalam Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil perhitungan ketebalan lapisan pada tembaga

Waktu Pelapisan Nikel (menit)	Spesimen	Ketebalan Lapisan (µm)	Ketebalan Lapisan Rata-Rata (µm)
5	1	11,54	14,1
	2	15,38	
	3	15,38	
10	1	25	26,28
	2	25	
	3	28,84	
15	1	30,77	33,97
	2	36,54	
	3	34,61	
20	1	46,15	41,66
	2	38,46	
	3	40,38	
25	1	57,69	55,77
	2	57,69	
	3	51,92	

Setelah semua data ditabelkan kemudian data-data tersebut dijabarkan kedalam bentuk grafik pada Gambar 20 di bawah ini.



Gambar 20. Grafik hubungan waktu pelapisan nikel dengan ketebalan lapisan

4.2.2. Pembahasan ketebalan lapisan

Dari Gambar 20 (Grafik hubungan waktu pelapisan nikel dengan ketebalan lapisan), dengan

variasi waktu pelapisan nikel 5 menit sampai 25 menit diperoleh ketebalan lapisan yang meningkat, yaitu pada waktu pelapisan nikel 5 menit, ketebalan lapisannya sebesar 14,1 µm hingga pada waktu pelapisan nikel 25 menit yaitu 55,77 µm yang disebabkan karena semakin lama waktu pelapisan nikel pada tembaga maka semakin banyak pengendapan logam nikel pada permukaan tembaga yang pada akhirnya menyebabkan ketebalannya semakin bertambah seiring dengan bertambahnya waktu pelapisan.

Dari pembahasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pada ketebalan lapisan dalam proses elektroplating, ketebalan lapisan merupakan fungsi dari waktu pelapisan. Sehingga dari kedua pembahasan di atas yaitu tingkat kecerahan lapisan dan ketebalan lapisan dapat diketahui bahwa tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan merupakan fungsi dari waktu pelapisan. Ketebalan lapisan juga merupakan fungsi dari tingkat kecerahan lapisan, karena bila dibandingkan antara Gambar 3 (Grafik hubungan waktu pelapisan nikel dengan iluminasi cahaya) dengan Gambar 20 (Grafik hubungan waktu pelapisan nikel dengan ketebalan lapisan) dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya waktu pelapisan nikel dari 5 menit sampai 25 menit, ketebalan lapisannya meningkat yang pada akhirnya menyebabkan tingkat kecerahan atau iluminasi cahayanya juga meningkat meskipun pada waktu pelapisan nikel 25 menit tingkat kecerahannya menurun yang disebabkan karena beberapa faktor yang telah disebutkan pada pembahasan tingkat kecerahan.

5. Kesimpulan

Dari penelitian, perhitungan dan pembahasan data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan waktu pelapisan nikel 5 menit hingga 25 menit diperoleh iluminasi cahaya atau tingkat kecerahannya meningkat, yaitu pada waktu 5 menit (3297,027 lux) hingga 20 menit (8242,904 lux) dan menurun pada waktu pelapisan nikel 25 menit (6868,862 lux). Sehingga tingkat kecerahan lapisan merupakan fungsi dari waktu pelapisan.
2. Dengan waktu pelapisan nikel 5 menit hingga 25 menit diperoleh ketebalan lapisan yang meningkat yaitu pada waktu pelapisan nikel 5 menit (14,1 µm) hingga pada waktu pelapisan nikel 25 menit (55,77 µm). Sehingga ketebalan lapisan merupakan fungsi dari waktu pelapisan.
3. Dengan ketebalan lapisan yang meningkat disebabkan karena waktu pelapisan nikel menyebabkan secara umum meningkatnya iluminasi cahaya atau tingkat kecerahannya sehingga ketebalan lapisan juga merupakan fungsi dari tingkat kecerahan lapisan.

Daftar Pustaka

- [1]. Beurner, B.J.M, 1978, *Ilmu Bahan Logam*, P.T. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- [2]. Fontana, Mars. G dan Greene, Norbert. D, 1978, *Corrosion Engineering*, Second Edition, Printed and Bound by Fong & Sons Printers Pte. Ltd., Singapore.
- [3]. Hartono, J. Anton dan Tomijiro Kaneko, 1992, *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [4]. Kirk – Othmer, 1979, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Third-Edition, Volume 6, New York.
- [5]. Lowenheim, Frederick. A, 1978, *Electroplating*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [6]. Putra Widia Semara, I Putu, 2005, *Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Waktu Pelapisan Terhadap Ketebalan Pelapisan Nikel Pada Tembaga*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Denpasar.
- [7]. Saleh, A. A, *Pelapisan Logam*, Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Jakarta.
- [8]. Soedjojo, Peter, 1992, *Azas-azas Ilmu Fisik: Jilid 3*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [9]. Young, Matt, 1991, *Optics and Lasers*, Fourth Revised Edition. DOVER PUBLICATIONS, INC., New York.
- [10]. ---, 1998, *Teknologi Pelapisan Logam Secara Listrik*, BPPT, Program Penerapan IPTEK di Daerah, Jakarta.