

## Pengaruh konsentrasi larutan dan kuat arus terhadap ketebalan pada proses pelapisan nikel untuk baja karbon rendah

**Sugiyarta\* A.P Bayuseno, Sri Nugroho**  
 \*Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin  
 Universitas Diponegoro Program Pasca sarjana  
 \*E-mail: [girtosolo@gmail.com](mailto:girtosolo@gmail.com)

### ABSTRAK

*Elektroplating adalah proses untuk melindungi logam dari pengaruh lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan dan arus listrik terhadap ketebalan lapisan nikel. Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah arus listrik dan konsentrasi larutan. Arus listrik divariasikan 50, 55, dan 60 A. Konsentrasi larutan divariasikan menjadi 3 yaitu konsentrasi 1 (NiSO<sub>4</sub> 300 gr, NiCl<sub>2</sub> 40 gr, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 40gr, H<sub>2</sub>O 1000 ml), konsentrasi 2 (NiSO<sub>4</sub> 325 gr, NiCl<sub>2</sub> 45 gr, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 40gr, H<sub>2</sub>O 1000 ml) dan konsentrasi 3 (NiSO<sub>4</sub> 350 gr, NiCl<sub>2</sub> 50 gr, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 40gr, H<sub>2</sub>O 1000ml). Spesimen berupa plat baja karbon rendah berukuran 50mm x 30mm x 1.8 mm sebanyak 27 buah. Pada konsentrasi 1, besar arus listrik tidak berpengaruh terhadap ketebalan nikel. Pada konsentrasi 2 dan 3, semakin besar arus listrik akan diperoleh hasil lapisan yang makin tebal. Semakin tinggi konsentrasi NiSO<sub>4</sub> dan NiCl<sub>2</sub> maka lapisan nikel akan semakin tebal. Ketebalan minimum diperoleh pada konsentrasi 1 pada arus 55 A yaitu 5,06 μm dan hasil pengukuran tertinggi pada konsentrasi 3 dengan arus 60 A ketebalan 23,26 μm.*

**Kata kunci:** Arus, konsentrasi, elektrolit, nikel, electroplating

### PENDAHULUAN

Untuk mendapatkan umur serta ketahanan korosi yang tinggi terhadap peralatan yang terbuat dari logam biasanya tahap penyelesaiannya dilakukan dengan melapisi dengan logam lain, diantaranya dengan electroplating, Benda kerja yang tidak dilapisi oleh lapisan pelindung lebih cepat terserang korosi. Korosi disebabkan oleh reaksi logam dengan unsur bukan logam dari lingkungannya [1]. 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 pelapisan logam selain mencegah korosi juga berfungsi dekoratif.

Dari sekian banyak jenis pelapisan logam, salah satunya adalah pelapisan nikel, yang bertujuan untuk memperbaiki sifat permukaan logam agar tahan korosi dan memperindah penampilan permukaan logam agar tahan korosi dan memperindah penampilan.

Proses pelapisan logam ini dilakukan dengan sistem elektroplating dimana logam pelapis dalam hal ini nikel bertindak sebagai anoda, sedangkan benda kerja yang dilapisi sebagai katoda, kedua elektroda tersebut dicelupkan dalam suatu elektrolit yang mengandung nikel sulfat. Dalam operasi pelapisan, kondisi operasi 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 operasi yang mempengaruhi, diantaranya rapat arus, konsentrasi larutan, temperatur, pH larutan. Pelapisan kali ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh besar kecilnya arus listrik dan

konsentrasi elektrolit terhadap ketebalan pelapisan dalam proses pelapisan nikel.

### Elektroplating

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja dimana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan maupun ketahanannya serta tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya. Adapun macam-macam pelapisan logam menurut tujuannya antara lain untuk dekoratif, protektif dan untuk mendapatkan sifat khusus pada permukaan.

Adapun pelapisan logam ditinjau dari sifat elektrokimia bahan pelapisnya, dapat di kategorikan sebagai pelapisan *anodik* dan pelapisan *katodik*. Pelapisan anodik dimana potensial listrik logam pelapis lebih anodik terhadap logam dasar/subtrat, sedangkan pelapisan katodik merupakan pelapisan dimana potensial listrik logam pelapis lebih katodik terhadap subtratnya. Keunggulan dari pelapisan anodik adalah sifat logam pelapis melindungi logam yang dilapisi, sementara itu pada pelapisan katodik lebih cocok digunakan pada pelapisan untuk tujuan dekoratif. Dalam perlindungan katodik, obyek yang dilindungi adalah katoda, tetapi dalam perlindungan anodik, obyek yang dilindungi adalah anoda.

Dari hukum Faraday bahwa pada elektrolit zat yang diendapkan berbanding lurus dengan waktu dan arus listrik. Berat logam yang diendapkan, dapat ditulis sebagai berikut :

$$w = \frac{Ma \cdot I \cdot t}{nF} \dots \dots \dots (1)$$

dimana :  
 W = Berat logam yang diendapkan (gr)  
 Ma = Massa atom (gr)  
 I = Arus listrik (Amp)

T = Waktu (detik)  
 N= Elektron valensi  
 F= Bilangan Faraday (96.500)

Secara matematis ketebalan lapisan yang terbentuk, menurut lowenheim dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta = \frac{W}{\rho \cdot A} \dots \dots \dots (2)$$

dimana :  
 δ = Tebal lapisan terbentuk (cm)  
 W = Berat lapisan yang terbentuk (gr)  
 ρ=Massa jeni pelapis (gr/cm<sup>3</sup>)  
 A = Luas permukaan setelah dilapis (cm<sup>2</sup>)

Ketebalan teoritis dapat dihitung pula dari substitusi persamaan (1) dan (2) yang dapat dituliskan sebagai berikut

$$\delta = \frac{Ma \cdot It}{\rho \cdot An \cdot F} \dots \dots \dots (3)$$

Efisiensi arus, dinyatakan dalam bentuk prosentase, yaitu perbandingan antara berat aktual berbanding terbalik dengan berat ideal / teoritisnya[2], secara matematis dituliskan

$$\epsilon = 100 \times \frac{W_{akt}}{W_{teoritis}} \dots \dots \dots (4)$$

dimana :  
 W<sub>akt</sub> = Berat hasil penimbangan (gr)  
 W<sub>teoritis</sub> = Berat teoritis (gr)

**Nikel sebagai logam pelapis**

Nikel merupakan unsur ke-24 terbanyak dalam batuan bumi. Biasanya nikel terdapat bersama besi dan kobalt. Pada saat ini, pelapisan nikel pada besi banyak sekali dilaksanakan baik untuk tujuan pencegahan karat ataupun untuk menambah keindahan. Dengan hasil lapisannya yang mengkilap maka dari segi ini nikel adalah paling banyak diinginkan untuk melapis permukaan. Jenis lain dari pelapisan nikel adalah pelapisan yang berwarna hitam. Warna hitam ini pun tampak menarik dan biasanya digunakan untuk melapis laras senapan dan lainnya.

Nikel bersifat tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Sifat-sifat lainnya dari nikel tercantum pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data spesifikasi nikel [3]

| Kreteria         | Spesifikasi              |
|------------------|--------------------------|
| Titik lebur      | 1453 °C                  |
| Titik didih      | 2913 °C                  |
| Massa atom       | 58,6934 gr/mol           |
| Massa jenis      | 8,908 gr/cm <sup>3</sup> |
| Struktur Kristal | FCC                      |
| Kalor Peleburan  | 17,48 kJ/mol             |
| Kalor Penguapan  | 377,5 kJ/mol             |

Nikel juga memiliki kekerasan dan kekuatan yang sedang, keuletannya baik, daya hantar listrik dan termal juga baik. Senyawa nikel digunakan terutama sebagai katalis dalam elektroplating. Pada proses

plating, walau kebanyakan nikel sebagai anodanya, tetap perlu terus ditambahkan garam ke bak plating. Garam-garam yang digunakan untuk plating misalnya nikel karbonat, nikel khlorida, nikel fluoborat, nikel sulfamat, dan nikel sulfat.

Nikel pada paduannya terutama dibuat secara elektrolisa, nikel adalah logam yang berwarna keabu-abuan mempunyai sel satuan kubus berpusat muka (fcc). Setelah penganilan kekuatan tariknya 45-55kgf/mm<sup>2</sup>, perpanjangannya 40-50% dan kekerasannya 80-90 Brinell [4]. Nikel baik sekali dalam ketahanan panas dan ketahanan korosinya, tidak rusak oleh air kali atau air laut dan alkali, akan tetapi nikel bisa rusak oleh asam nitrat dan sedikit terkorosi oleh asam khlor dan asam sulfat.

Seperti telah dikemukakan di atas nikel dipergunakan sebagai unsur paduan untuk baja, dan paduan nikel tahan panas. Nikel sendiri dibuat dalam bentuk pelat tipis batangan pendek, pipa dan kawat, yang dipakai untuk pembuatan tabung electron dan penggunaan dalam industri makanan.

**Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kualitas pelapisan nikel.**

Beberapa parameter yang dapat mempengaruhi pelapisan logam diantaranya adalah konsentrasi larutan, rapat arus, temperatur dan waktu pelapisan[5].

**1) Komposisi larutan**

Elektrolit adalah zat-zat yang dapat menghantarkan arus listrik. Pada dasarnya elektrolit yang dipergunakan dalam bentuk larutan asam/basa dicampur dengan air murni. Air murni yang dimaksudkan adalah air yang tidak mengandung zat yang dapat merubah sifat elektrolit. dengan tujuan antara lain:

- a. Unsur logam yang dideposisikan (dilarutkan)
- b. Membentuk kompleks dengan ion logam deposisinya
- c. Menyediakan sarana hantaran listrik
- d. Stabilisasi larutan
- e. Stabilisasi tingkat keasaman (pH)
- f. Mengubah/mengatur bentuk fisik deposit
- g. Membantu larutan anoda
- h. Mengatur sifat-sifat lain larutan/depositnya

Larutan elektrolit yaitu zat-zat yang dilarutkan dalam air murni yang dapat menjembatani partikel-partikel bermigrasi dari anoda ke katoda.

Konsentrasi ini akan berkaitan dengan nilai pH dari larutan. Pada larutan elektrolit nikel mempunyai batas-batas pH yang diijinkan agar proses tersebut berlangsung baik, berkisar antara 2 – 4,5 [3]. Jika nilai pH melebihi dari nilai yang diijinkan maka akan terjadi sumuran pada permukaan produk dan lapisan nikel kasar pada permukaan benda yang dilapisi.

Dalam proses pelapisan nikel temperatur elektrolit juga sangat menentukan hasil pelapisan temperatur diatur sesuai dengan ketentuan yang ada, untuk meratakan distribusi ion nikel agar supaya ketebalan yang diperoleh sama maka dalam proses elekttroplating dibutuhkan pengaduk dengan menggunakan udara dengan cara dihembuskan melalui

kompresor kedalam elektrolit, bisa juga secara mekanik yaitu diaduk langsung dengan menggunakan pengaduk.

Arus yang digunakan juga harus disesuaikan dengan luasan permukaan yang dilapisi dimana semakin luas permukaan yang dilapisi maka arus yang digunakan juga harus semakin besar, tapi bukan berarti boleh melebihi ketentuan yang sudah ada. Keasaman (pH) 2 – 4,5 merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses elektroplating maka dari itu dalam prosesnya pH ini harus dipertahankan, untuk mempertahankan ini maka digunakan asam borak.

**2) Rapat Arus**

Rapat arus adalah harga yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir persatuan luas permukaan elektroda. Terbagi dalam dua macam rapat arus anoda dan rapat arus katoda. Pada proses lapis listrik rapat arus yang diperhitungkan adalah rapat arus katoda, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom-atom logam pada tiap satuan luas permukaan benda kerja yang akan dilapis. Untuk proses elektroplating ini faktor rapat arus memegang peranan sangat penting, karena akan mempengaruhi efisiensi pelapisan, reaksi reduksi oksidasi dan difusi dari hasil pelapisan pada permukaan benda yang dilapisi.

**3) Temperatur dan waktu pelapisan**

Temperatur terlalu rendah dan rapat arus yang cukup optimum akan mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam, tetapi jika temperatur tinggi dengan rapat arus yang optimum maka hasil pelapisan menjadi tidak merata. Waktu pelapisan akan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapis.

**METODE PENELITIAN**

**Alat dan bahan yang digunakan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari empat proses yaitu proses persiapan, proses pembuatan elektrolit dan proses elektroplating serta pengambilan gambar.

Alat persiapan yang meliputi alat-alat mesin perkakas yang digunakan untuk membuat spesimen dari lembaran plat sampai menjadi ukuran 3 x 5 mm.

Bahan membuat elektrolit yang terdiri dari asam borak ( H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ), Nikel sulfat (NiSO<sub>4</sub>) nikel klorida (NiCl<sub>2</sub>) dan aquadest [6]. Sedang alat yang digunakan antara lain bak, termometer, pemanas, pengaduk dan timbangan.

Bahan untuk proses elektroplating yaitu katoda plat baja lunak, anoda nikel, serta elektrolit untuk pelapisan nikel. Sedang alat yang digunakan bak, pemanas, pengaduk, stop watch, termometr, pengait, multimeter, dan rectifier.

**Variabel penelitian**

Variabel penelitian merupakan parameter yang terukur berbentuk apa saja yang ditetapkan untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian dari informasi yang diperoleh dapat ditarik kesimpulannya . Di dalam variabel terdapat

satu atau lebih kasus yang terjadi, yang mungkin pula terdiri dari berbagai aspek atau unsur sebagai bagian yang tidak terpisahkan. Secara khusus variabel penelitian dikelompokkan sebagai berikut :

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah arus listrik yang divariasikan (50 A, 55 A dan 60 A) dan konsentrasi larutan seperti pada tabel 2.

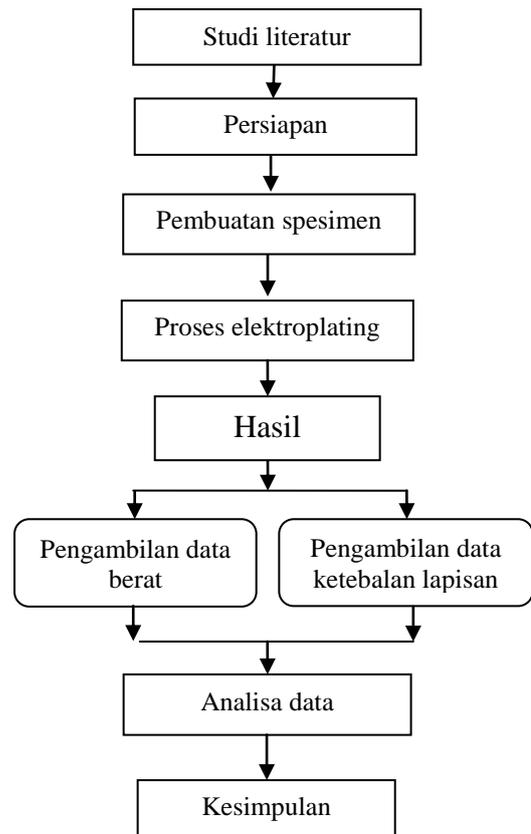
**Tabel 2.** Konsentrasi larutan

| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub><br>(gr) | NiSO <sub>4</sub><br>(gr) | NiCl <sub>2</sub><br>(gr) | H <sub>2</sub> O<br>(ml) | Nama<br>konsentrasi |
|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|
| 30                                     | 300                       | 40                        | 1000                     | 1                   |
| 30                                     | 325                       | 45                        | 1000                     | 2                   |
| 30                                     | 350                       | 50                        | 1000                     | 3                   |

Parameter yang divariasikan adalah konsentrasi larutan yang dibuat 3 kali perubahan, pada tabel 2 ini untuk perubahan yang pertama dimana tidak semua komposisi elektrolit itu diubah, perubahan dilakukan pada nikel sulfat (NiSO<sub>4</sub>) dan nikel klorida (NiCl<sub>2</sub>)

**Diagram alur penelitian**

Alur penelitian berupa ; persiapan bahan, pembuatan elektrolit, pelaksanaan pelapisan, pengujian spesimen, data hasil pengujian serta olah data digambarkan dalam diagram alir gambar 1



**Gambar 1.** Alur penelitian

**Pelaksanaan percobaan**

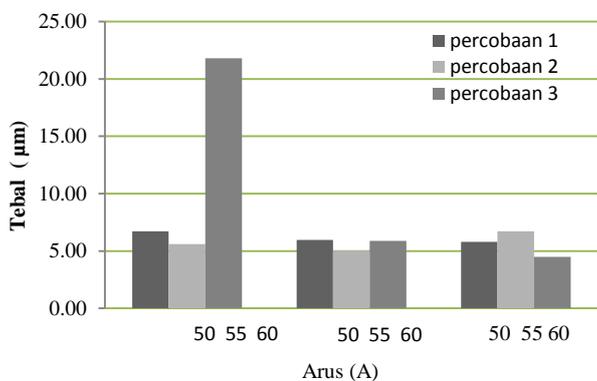
Percobaan dilakukan dengan menggunakan elektrolit yang mempunyai komposisi kimia H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, NiSO<sub>4</sub>, NiCl<sub>2</sub>, brigner, nisol, dengan mengubah

prosentase  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{NiCl}_2$  diulangi tiga kali percobaan, masing-masing percobaan dilakukan pada arus yang berbeda dan juga diulang tiga kali perubahan yaitu 55 A, 60 A dan 65 A pengujian masing-masing dilakukan selama 20 menit tiap percobaan, hasil dari percobaan ini berupa plat baja lunak yang telah terlapsi oleh nikel.

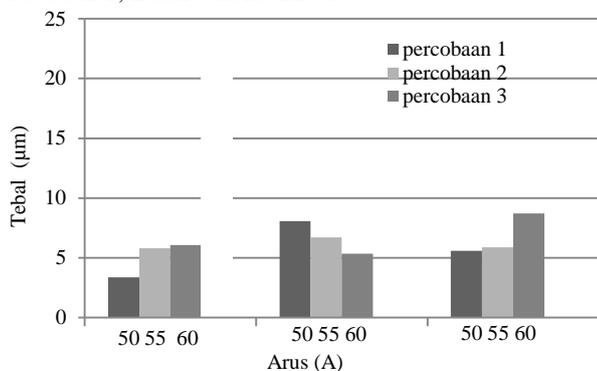
Plat baja yang tekah terlapsi nikel, dilakukan pengukuran ketebalannya dengan menggunakan mikroskop. Gambar diambil dengan pembesaran 40 x, gambar diambil 3 pada setiap percobaan, sehingga untuk satu konsentrasi didapatkan 9 gambar dan menghasilkan 9 data hasil pengukuran.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

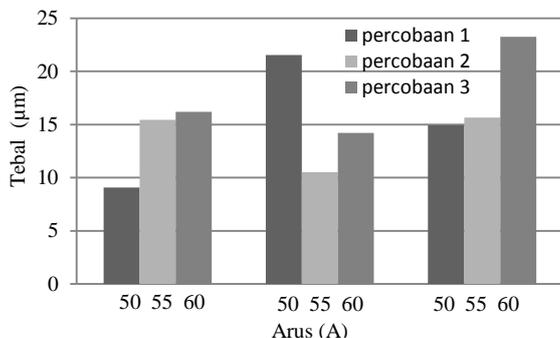
**Tabel 3.** Hasil pengukuran ketebalan lapisan nikel



**Gambar 2.** Hubungan antara arus dan tebal pada percobaan 1, 2 dan 3 konsentrasi 1



**Gambar 3** Hubungan antara arus dan tebal pada percobaan 1, 2 dan 3 konsentrasi 2



**Gambar 4** Hubungan antara arus dan tebal pada percobaan 1, 2 dan 3 konsentrasi 3

**Pembahasan**

Adanya pengaruh kuat arus listrik dan konsentrasi larutan terhadap ketebalan lapisan yang terbentuk pada permukaan spesimen dapat dilihat pada gambar .2, 3 dan .4. dengan mengamati grafik tersebut maka dapat terlihat bahwa pada kondisi konsentrasi 1 gambar .2 tidak terlihat adanya pengaruh antara arus yang divariasikan terhadap ketebalan. Hal ini menyimpang dari hukum Faraday, dimana kedua hukumnya menyatakan secara matematis bahwa masa yang terbentuk pada suatu proses elektrokimia adalah berbanding lurus dengan kuat arus listrik [7]. Penyimpangan ini mungkin terjadi karena konsentrasi yang rendah, sehingga Ni terlarut kurang dan kemungkinan juga penyebab adalah terletak pada efisiensi proses yang dilaksanakan, dimana kondisinya belum memenuhi kondisi ideal. Misalnya dalam penyaluran arus listrik yang dibutuhkan untuk membangkitkan pergerakan elektron pada kedua elektroda (spesimen dan anoda), termasuk perpindahan material diantara keduanya yang diangkut oleh ion-ion bermuatan listrik melalui larutan.

Pada pelaksanaan proses pelapisan, baik anoda maupun katoda (spesimen) pemasanganya hanya menggunakan kawat pengait. Kondisi pemasangan seperti ini memungkinkan tidak stabilnya kedudukan kedua elektroda, sebab selama proses berlangsung timbul gelembung udara dalam larutan. Ketidak stabilan kedudukan ini tentunya akan mempengaruhi penyaluran arus listrik.

Pada konsentrasi 2 dan konsentrasi 3 terlihat adanya kenaikan ketebalan. Penjelasan untuk kondisi ini adalah semakin besar nilai kuat arus listrik yang digunakan, maka akan menyebabkan elektron lebih reaktif (lebih mudah bergerak), Hal ini juga akan menyebabkan porsi akumulasi pergerakan elektron dan perpindahan material pada kedua elektroda juga semakin besar Hal lain yang perlu dikemukakan dan berkaitan dengan hasil percobaan ini adalah konsep toritis mengenai proses elektrokimia yang dikemukakan oleh Faraday. Secara kualitatif hasil perhitungan secara teoritis telah menunjukkan hasil atau pola yang sama dengan hasil yang diperoleh melalui percobaan, walaupun masih terdapat perbedaan secara kuantitatif.

Pengaruh variabel konsentrasi terhadap variabel ketebalan lapisan dapat juga dilihat dari gambar 2, 3.dan 4. Pada gambar 4 menunjukkan adanya ketebalan pelapisan yang paling tinggi yaitu 23,26 µm pada arus 60 A. Penjelasanya adalah semakin tinggi konsentrasi  $\text{NiSO}_4$  dan  $\text{NiCl}_2$  maka nikel yang tersedia dalam elektrolit akan semakin banyak, sehingga kesempatan nikel tersebut menempel pada spesimen itu menjadi lebih tinggi. Pada proses elektroplating larutan elektrolit  $\text{NiSO}_4$  terurai menjadi ion Ni dan  $\text{SO}_4$ . kation elektrolit ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) menempel pada anoda. Pada katoda plat baja mengalami pelepasan oksigen terhadap larutan nikel ( $\text{NiSO}_4$ ) akibat adanya arus listrik searah dengan tegangan konstan sehingga ion nikel (Ni) akan menempel pada permukaan plat baja atau besi dengan

perantara elektrolit nikel sehingga plat baja/besi terlapis nikel. Reaksi yang terjadi pada anoda adalah bahan pelapis nikel (Ni) mengikat oksigen yang dilepaskan oleh plat baja/besi. Bahan pelapis nikel akan mengalami pengikatan yang kemudian akan terlarut pada elektrolit nikel ( $\text{NiSO}_4$ ) yang telah melapisi plat tersebut. Sehingga larutan elektrolit nikel ( $\text{NiSO}_4$ ) tetap stabil, akibatnya bahan pelapis nikel (Ni) lama kelamaan akan berkurang atau habis.

Dengan membandingkan data yang ada, maka dapat diketahui bahwa nilai ketebalan lapisan pada permukaan spesimen yang diperoleh secara teoritis dengan menggunakan perhitungan dasar elektrokimia, lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai ketebalan lapisan yang diperoleh dari pengukuran (eksperimen).

### KESIMPULAN

Pada konsentrasi 1, besar arus listrik tidak berpengaruh terhadap ketebalan nikel. Pada konsentrasi 2 dan 3, semakin besar arus listrik akan diperoleh hasil lapisan yang makin tebal. Semakin tinggi konsentrasi  $\text{NiSO}_4$  dan  $\text{NiCl}_2$  maka lapisan nikel akan semakin tebal. Ketebalan minimum diperoleh pada konsentrasi 1 pada arus 55 A yaitu  $5,06 \mu\text{m}$  dan hasil pengukuran tertinggi pada konsentrasi 3 dengan arus 60 A ketebalan  $23,26 \mu\text{m}$ .

### DAFTAR PUSTAKA

1. Hartomo, J. Anton, 1992, "*Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*", Andi Ofset, Jogjakarta.
2. Helen h. Lou, 2006, "*Electroplating*" Departement of chemical engineering , Lamar University, Beaumont, texas, USA.
3. ASM Metals Handbook, 1994, "*Surface Engineering*", volume 5
4. Callister Jr, William D, 2007, "*Material Science and Engineering*", Department of Metallurgical Engineering The Universty of Utah.
5. I ketut Suarsana, 2008, "*Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*" CAKRAM Vol. 2 No.1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana
6. Davis, J.R., 2001, "*Surface Engineering for Corrosion and Wear Resistance*", ASM International
7. Lowenheim, Frederick A., 1978, "*Electroplating*", McGRAW-HILL BOOK COMPANY, Kingsport Pres Inc.