

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Sebelumnya**

Ratih dan Arya (2014) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh waktu pencelupan dan temperatur proses elektroplating terhadap ketebalan dan kekerasan permukaan baja ST 42” dimana hasilnya adalah semakin lama durasi pencelupan dan semakin tinggi temperatur maka nilai ketebalan lapisan semakin meningkat. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai kekerasan permukaan, dimana semakin lama durasi pencelupan dan semakin tinggi temperatur maka nilai kekerasan permukaan akan semakin menurun.

Charles (2014) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh kuat arus terhadap ketebalan lapisan dan laju korosi (Mpy) hasil elektroplating baja karbon rendah dengan pelapis nikel” dimana hasilnya adalah semakin besar kuat arus yang diberikan maka semakin banyak ion dari anoda sebagai bahan pelapis yang tereduksi dan terbawa menempel di permukaan logam induk sebagai katoda. Semakin tebal lapisan pelindung nikel di permukaan maka spesimen memiliki ketahanan korosi yang semakin baik terutama bila dibandingkan dengan spesimen yang tidak dilapis mengalami laju korosi yang paling besar.

Samsudi (2010) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh variasi tegangan listrik dan waktu proses elektroplating terhadap sifat mekanis dan struktur mikro baja karbon rendah dengan krom” dimana hasilnya semakin besar tegangan listrik yang diberikan maka jumlah muatan yang mengalir dan menempel pada katoda akan semakin banyak dan menyebabkan lapisan yang dihasilkan semakin tebal. Serta nilai kekerasan juga meningkat seiring dengan meningkatnya nilai tegangan listrik yang diberikan, sehingga lapisan *hard chrome* yang dihasilkan semakin keras.

Febryan, dkk (2012) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh pH larutan elektrolit terhadap tebal lapisan elektroplating nikel pada baja ST 37” dimana hasilnya semakin asam larutan elektrolit, maka konsentrasi ion hidrogennya semakin besar. Sehingga semakin banyak pula ion-ion pelapis yang didistribusikan ke katoda. Namun, bila pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan penurunan konsentrasi ion-ion pelapis yang dapat menyebabkan lapisan menjadi tipis.

Handani dan Putri (2015) melakukan penelitian dengan judul “Karakterisasi sifat mekanik hasil elektroplating nikel karbonat ( $\text{NiCO}_3$ ) pada tembaga (Cu)” di mana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pencelupan terhadap persentase

massa deposit, kuat tarik, kuat tekan, dan kekerasan hasil elektroplating nikel karbonat ( $\text{NiCO}_3$ ) pada tembaga (Cu). Variasi waktu yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20, dan 25 menit, dimana hasil uji tekan dan uji tarik tertinggi diperoleh pada waktu pelapisan 15 menit yang menghasilkan persentase massa deposit 7,407% dengan nilai kuat tarik  $3,041 \text{ N/cm}^2$ , dan nilai kuat tekan  $3,139 \text{ N/cm}^2$  serta nilai kekerasannya 60,8 HRB. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu yang digunakan maka besar massa deposit dan kekerasan pada spesimen juga semakin meningkat, tetapi jika waktu yang digunakan terlalu lama dan suhu larutan terlalu tinggi maka hasil lapisannya tidak bagus, karena terjadi peningkatan aliran partikel sehingga logam  $\text{Ni}^{2+}$  tidak mengendap secara sempurna di katoda. Sehingga akibat yang ditimbulkan hasil pelapisannya menjadi hangus ataupun endapan nikel tidak merata.

### 2.1.1 Persentase Berat Deposit

Pengujian persentase berat deposit ini digunakan untuk menghitung pertambahan berat sebelum dan sesudah pelapisan dari spesimen. Pengujian persentase berat deposit nikel dilakukan dengan menggunakan alat ukur timbangan digital. Nilai persentase berat deposit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{berat} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (2-1)$$

Sumber: Anton, J (1992)

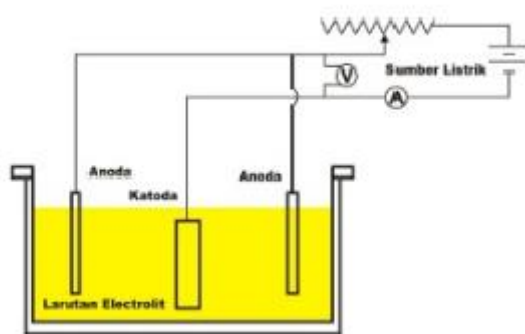
Di mana:

$W_1$  = Berat logam sesudah dilapisi (gram)

$W_0$  = Berat logam sebelum dilapisi (gram)

## 2.2 Elektroplating

Pelapisan logam yang mana dikenal sebagai elektroplating dapat diartikan sebagai proses pelapisan logam dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu untuk memindahkan partikel logam pelapis ke material yang dilapisi. Pelapisan secara listrik elektroplating adalah elektrodposisi pelapisan/coating logam melekat ke elektroda untuk menjaga substrat dengan memberikan permukaan dengan sifat dan dimensi berbeda daripada logam basisnya tersebut (Anton, J.H 1992), sedangkan pengertian elektroplating yang lain adalah suatu proses pengerjaan permukaan material baik logam maupun bukan logam dan upaya meningkatkan sifat-sifat material tersebut (Saleh, A. Arsianto, 1995).



Gambar 2.1 Skema elektroplating

Sumber: A. Abrianto (2009)

Proses elektroplating pada Gambar 2.1 dapat dilakukan dengan cara mengaliri arus listrik antara dua logam yang mana masing–masing berperan sebagai anoda dan katoda melalui larutan elektrolit dalam suatu bak. Katoda berupa spesimen yang akan dilapis sementara anoda berupa logam pelapis. Kedua spesimen tersebut dihubungkan ke kutub positif dan negatif dengan arus searah. Katoda dihubungkan ke kutub negatif, sedangkan anoda dihubungkan pada kutub positif. Anoda dalam larutan elektrolit ada yang larut dan ada yang tidak. Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja, sedangkan anoda yang larut berfungsi selain penghantar arus listrik, juga sebagai bahan baku pelapis. Sedangkan elektrolit berupa larutan yang molekulnya dapat larut dalam air dan terurai menjadi partikel–partikel yang bermuatan positif dan negatif.

Pelapisan logam dapat berupa lapis seng, krom, perak, emas, tembaga, dan nikel. Penggunaan material pelapis tersebut disesuaikan dengan kebutuhan dan untuk memperoleh sifat mekanik yang diinginkan. Proses elektroplating tidak hanya mengubah sifat mekanik saja tetapi juga sifat fisik material. Salah satu contoh perubahan fisik nilai material dilapisi dengan nikel adalah bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi, dan bertambah kapasitas konduktifitasnya. Tujuan pelapisan logam yaitu antara lain untuk meningkatkan sifat mekanik dari logam, melindungi logam dari korosi, dan memperindah tampilan (*decorative*).

## 2.3 Macam–Macam Pelapisan Logam

### 2.3.1 Pelapisan Protektif

Pelapisan protektif adalah jenis pelapisan yang bertujuan untuk melindungi logam yang dilapisi dari korosi dimana logam pelapis berfungsi memutus interaksi logam yang dilapisi dengan lingkungan sehingga terhindar dari proses oksidasi.

### **2.3.2 Pelapisan Dekoratif**

Pelapisan dekoratif memiliki tujuan utama untuk memberikan keindahan tampak luar suatu produk atau benda. Pelapisan logam dengan bahan krom saat ini sering banyak dilakukan karena warnanya yang mengkilap, tahan lama, dan tidak mudah terkorosi. Pelapisan ini hanya untuk mendapatkan bentuk luar saja atau memperindah tampilan dari produk. Produk dari pelapisan dekoratif banyak digunakan sebagai aksesoris pada kendaraan bermotor baik yang beroda dua maupun beroda empat. Logam yang biasa digunakan sebagai pelapis yaitu emas, perak, krom, dan nikel.

### **2.3.3 Pelapisan Untuk Sifat Khusus Permukaan**

Pelapisan ini memiliki tujuan untuk memperoleh sifat khusus permukaan seperti sifat tahan suhu tinggi, sifat keras, dan sifat tahan aus atau gabungan dari beberapa tujuan tersebut. Misalnya dengan melapisi bantalan dengan logam nikel agar bantalan lebih bersifat keras dan tidak mudah aus karena gesekan pada saat berputar.

## **2.4 Pelapisan Logam Ditinjau Dari Sifat Elektrokimia Bahan Pelapis**

### **2.4.1 Pelapisan Anodik**

Pelapisan Anodik adalah pelapisan dimana potensial listrik logam pelapis lebih anodik terhadap substrat. Contohnya pelapisan pada baja yang memiliki potensial listrik  $-0,04$  Volt yang dilapisi dengan logam Seng yang memiliki potensial listrik  $-0,0762$  Volt. Logam seng memiliki sifat lebih anodik daripada baja sehingga logam seng akan mengorbankan dirinya dalam bentuk korosi sehingga logam yang lebih bersifat katodik terhindar dari reaksi korosi. Pelapisan ini merupakan salah satu jenis pelapisan protektif. Keunggulannya adalah sifat logam pelapis yang melindungi logam yang dilapisi sehingga walaupun terjadi cacat pada permukaan pelapis karena akibat retak, tergores, terkelupas dan sebagainya sehingga terjadi "eksposure" terhadap lingkungannya, sampai batas tertentu terproteksi oleh logam pelapis.

### **2.4.2 Pelapisan Katodik**

Pelapisan ini merupakan kebalikan dari pelapisan anodik, dimana potensial listrik logam pelapis lebih katodik terhadap substrat. Contohnya pelapisan pada tembaga yang memiliki potensial listrik  $+0,34$  Volt yang dilapisi dengan logam Emas yang memiliki potensial listrik  $+1,5$  Volt. Logam emas memiliki sifat lebih mulia dibandingkan dengan logam tembaga, maka jika logam pelapis cacat, logam yang dilapisi akan terekspose ke lingkungan dan bersifat anodik sehingga akan terjadi korosi lokal yang intensif terhadap substrat. Pelapisan

katodik cocok digunakan pada pelapisan dekoratif karena umumnya aksesoris dan perhiasan dari bahan yang imitasi tidak terkena gaya-gaya luar sehingga kemungkinan untuk mengalami cacat lokal kecil.

## 2.5 Perangkat yang Digunakan dalam Proses Elektroplating

### 2.5.1 Regulated Power Supply

*Power Supply* pada Gambar 2.2 memiliki fungsi sebagai penyedia arus listrik DC dengan mengubah tegangannya dulu dari AC menjadi DC. Proses pengubahan tegangan tersebut dilakukan karena hardware pada umumnya seperti computer, hanya bisa bekerja dengan arus DC. Penelitian ini menggunakan *power supply* sebagai sumber arus listrik yang digunakan dalam proses elektroplating. Arus listrik tersebut nantinya digunakan sebagai penghantar untuk memindahkan ion-ion positif dari anoda.



Gambar 2.2 Regulated power supply  
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2017)

### 2.5.2 Larutan Elektrolit

Larutan didefinisikan sebagai campuran homogen antara dua atau lebih zat yang terdispersi baik sebagai molekul, atom maupun ion yang komposisinya dapat bervariasi tetapi memiliki komposisi merata atau serba sama di seluruh volumenya. Dimana salah satu berperan sebagai pelarut dan yang lainnya sebagai zat terlarut. Zat pelarut disebut sebagai *solven*, sedangkan zat yang terlarut disebut sebagai *solute*. Umumnya jumlah *solven* lebih banyak dari *solute*. Komposisi dari dua komponen larutan tersebut disebut sebagai konsentrasi larutan. Sedangkan elektrolit merupakan elemen yang akan terurai menjadi ion – ion bermuatan saat dilarutkan ke dalam air dan memiliki sifat konduktor. Dalam penelitian ini larutan yang digunakan adalah larutan Ni ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Larutan Ni

Sumber: Dokumentasi pribadi (2017)

Elektrolit terbagi menjadi elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Yang membedakan dari kedua elektrolit tersebut adalah daya hantarnya. Elektrolit kuat memiliki sifat daya hantar listrik yang lebih kuat dibandingkan elektrolit lemah. Elektrolit kuat terionisasi secara keseluruhan menjadi beberapa partikel ion, sedangkan elektrolit lemah yang terionisasi hanya sebagian ion.

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui komposisi larutan elektrolit antara lain:

1. Konsentrasi Zat ( $\text{mol}^{-1}$ )

Konsentrasi zat merupakan jumlah dari nilai mol per satuan volume (V). Dalam proses kimia satuan SI  $\text{mol}/\text{m}^3$  tidak bisa digunakan, sehingga molaritas yang didefinisikan sebagai jumlah zat terlarut per liter suatu larutan.

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \quad (\text{Mol}^{-1}) \quad (2-2)$$

Sumber: (Anton J. 1992)

2. Molalitas ( $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Molalitas adalah perbandingan fraksi mol zat terlarut dengan berat keseluruhan larutan.

$$\text{Molalitas} = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{berat larutan}} \quad (\text{Mol} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (2-3)$$

Sumber: (Anton J. 1992)

3. Persentase Massa (%)

Elemen yang paling berguna untuk menentukan komposisi suatu larutan dalam ilmu kimia adalah fraksi mol, molaritas, dan molalitas. Fraksi mol adalah ukuran konsentrasi larutan yang menyatakan perbandingan jumlah mol sebagian zat terhadap jumlah mol total komponen larutan. Fraksi mol terbagi menjadi berikut.

a. Fraksi mol zat terlarut ( $X_t$ )

Fraksi mol zat terlarut ( $X_t$ ) dirumuskan sebagai berikut.

$$X_t = \frac{nt}{nt+np} \quad (2-4)$$

Sumber: Anton, J (1992)

Keterangan:

$X_t$  = Fraksi mol zat terlarut

b. Fraksi mol zat pelarut ( $X_p$ )

Fraksi mol zat pelarut ( $X_p$ ) dirumuskan sebagai berikut.

$$X_p = \frac{np}{nt+np} \quad (2-5)$$

Sumber: Anton, J (1992)

Keterangan:

$X_p$  = Fraksi mol zat pelarut

$N_t$  = Jumlah zat terlarut

$N_p$  = Jumlah zat pelarut

### 2.5.3 Anoda

Anoda berperan sebagai pembawa muatan positif dalam larutan elektrolit. Anoda dalam larutan elektrolit ada yang larut dan ada yang tidak. Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja, sedangkan anoda yang larut berfungsi selain penghantar arus listrik, juga sebagai bahan baku pelapis. Dengan adanya arus listrik yang mengalir maka ion – ion logam akan terlepas dan kemudian mengendap di katoda.

Michael Faraday berpendapat tentang hubungan antara arus yang digunakan untuk proses pengendapan dengan hasil endapan ion logam, yang mana disebut sebagai Hukum Faraday sebagaimana berikut.

1. Jumlah bahan yang terdekomposisi pada saat berlangsungnya proses elektrolisis berbanding lurus dengan kuat arus (*ampere*) dan waktu arus mengalir (*second*) dalam suatu larutan elektrolit.
2. Jumlah arus yang dihitung sama nantinya membebaskan ekuivalen yang sama pula dari berbagai elemen. Dapat dinyatakan dalam rumus:

Hukum *Faraday I & II*

$$W = \frac{I \cdot t \cdot A}{z \cdot F} \quad (2-6)$$

Sumber: (Anton J. 1992)

Di mana:

$W$  = Berat yang diendapkan (gram)

$I$  = Arus yang dipakai (ampere)

$t$  = Waktu yang terpakai (sec)

$A$  = Berat atom dari logam pelapis (gram)

$z$  = Valensi logam pelapis

$F$  = Konstanta Faraday (96,500 Coulomb)

Ketebalan endapan dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \frac{\text{Berat endapan (gram)}}{\text{Berat jenis (gram/cm}^3\text{)}} \quad (2-7)$$

Sumber: (Anton J. 1992)

Melalui pengukuran secara langsung pada permukaan spesimen (katoda) dengan asumsi endapan yang sama semua, ketebalan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan} = \frac{\text{Volume (cm}^3\text{)}}{\text{Luas permukaan (cm}^2\text{)}} \quad (2-8)$$

Sumber: (Anton J. 1992)

Jumlah perubahan kimia yang terjadi nantinya sebanding dengan jumlah arus yang mengalir pada proses elektroplating. Dari semua banyak perubahan yang terjadi hanya diperlukan satu saja, yaitu perubahan jumlah endapan logam pada permukaan katoda sehingga arus yang diperlukan untuk perubahan kimia dianggap sebagai pengurangan efisiensi.

## 2.5.4 Katoda

Katoda dalam proses elektroplating berperan sebagai benda kerja yang dilapisi. Katoda dapat berupa elektroda yang bermuatan negatif dan menerima ion hasil reduksi dari anoda. Katoda dihubungkan dengan kutub negatif dari *power supply*. Semakin dekat jarak benda kerja dengan anoda maka permukaan spesimennya lebih mudah terlapisi.

## 2.6 Baja

### 2.6.1 Definisi Baja

Baja merupakan logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur utama dan karbon (C) sebagai unsur paduannya. Baja memiliki kandungan karbon sekitar 0,2 sampai 2,1 % berat sesuai grade-nya. Fungsi dari karbon tersebut adalah sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi. Sedangkan baja karbon adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 1,7% dan besi mempunyai kadar karbon lebih dari 1,7%. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran dan penempaan (*forging*).

### 2.6.2 Klasifikasi Baja

Klasifikasi baja antara lain sebagai berikut.

1. Menurut komposisi kimianya:



a. Baja karbon (*carbon steel*), dibagi menjadi tiga yaitu:

1) Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

0,05 % – 0,30% C. Sifatnya mudah ditempa dan mudah *machining*.

0, 05 % – 0, 20 % C: konstruksi bangunan, paku, rantai dan lainnya.

0, 20 % – 0, 30 % C: roda gigi, baut dan lainnya.

2) Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah.

Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Penggunaan:

0, 30 % – 0, 40 % C: *connecting rods, crank pins, axles*.

0, 40 % – 0, 50 % C: *car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers*.

0, 50 % – 0, 60 % C: *hammers dan sledges*.

3) Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan 0, 60 % – 1, 50 %C Penggunaan: *screw drivers, blacksmiths hammers, table knives, screws, hammers, vise jaws, knives, drills. Tools for turning brass and wood, reamers, tools for turning hard metals, saws for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters*.

b. Baja paduan (*alloy steel*)

Tujuan dilakukan penambahan unsur yaitu:

1) Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya)

2) Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah

3) Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi)

4) Untuk membuat sifat-sifat spesial

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

1) *Low alloy steel*, jika elemen paduannya  $\leq 2,5\%$

2) *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya 2,5 – 10%

3) *High alloy steel*, jika elemen paduannya  $> 10\%$

Selain itu baja paduan dibagi menjadi dua golongan yaitu baja campuran khusus (*special alloy steel*) dan *high speed steel*.

1) Baja Paduan Khusus (*special alloy steel*)

Baja jenis ini mengandung satu atau lebih logam-logam seperti nikel, chromium, manganese, molybdenum, tungsten dan vanadium. Dengan

menambahkan logam tersebut ke dalam baja maka baja paduan tersebut akan merubah sifat-sifat mekanik dan kimianya seperti menjadi lebih keras, kuat dan ulet bila dibandingkan terhadap baja karbon (*carbon steel*).

2) *High Speed Steel* (HSS)

Kandungan karbon: 0,70% – 1,50%. Penggunaan membuat alat-alat potong seperti *drills, reamers, countersinks, lathe tool bits* dan *milling cutters*. Disebut *High Speed Steel* karena alat potong yang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dua kali lebih cepat dibanding dengan *carbon steel*. Sedangkan harga dari HSS besarnya dua sampai empat kali daripada *carbon steel*.

Baja Paduan dengan Sifat Khusus

1) Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Sifatnya antara lain:

- a) Memiliki daya tahan yang baik terhadap panas, karat dan goresan/gejakan
- b) Tahan temperatur rendah maupun tinggi
- c) Memiliki kekuatan besar dengan massa yang kecil
- d) Keras, liat, densitasnya besar dan permukaannya tahan aus
- e) Tahan terhadap oksidasi
- f) Kuat dan dapat ditempa
- g) Mudah dibersihkan
- h) Mengkilat dan tampak menarik

2) *High Strength Low Alloy Steel* (HSLA)

Sifat dari HSLA adalah memiliki tensile strength yang tinggi, anti bocor, tahan terhadap abrasi, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, ulet, sifat mampu mesin yang baik dan sifat mampu las yang tinggi (*weldability*). Untuk mendapatkan sifat-sifat di atas maka baja ini diproses secara khusus dengan menambahkan unsur-unsur seperti: tembaga (Cu), nikel (Ni), Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Vanadium (Va) dan Columbium.

3) Baja Perkakas (*Tool Steel*)

Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh baja perkakas adalah tahan pakai, tajam atau mudah diasah, tahan panas, kuat dan ulet. Kelompok dari tool steel berdasarkan unsur paduan dan proses pengerjaan panas yang diberikan antara lain:

- a) *Later hardening* atau *carbon tool steel* (ditandai dengan tipe W oleh AISI), Shock resisting (Tipe S), memiliki sifat kuat dan ulet dan tahan terhadap beban kejut dan repeat loading. Banyak dipakai untuk pahat, palu dan pisau.
- b) *Cool work tool steel*, diperoleh dengan proses hardening dengan pendinginan yang berbeda-beda. Tipe O dijelaskan dengan mendinginkan pada minyak sedangkan tipe A dan D didinginkan di udara.
- c) *Hot Work Steel* (tipe H), mula-mula dipanaskan hingga (300 – 500) °C dan didinginkan perlahan-lahan, karena baja ini banyak mengandung tungsten dan molybdenum sehingga sifatnya keras.
- d) *High speed steel* (tipe T dan M), merupakan hasil paduan baja dengan tungsten dan molybdenum tanpa dilunakkan. Dengan sifatnya yang tidak mudah tumpul dan tahan panas tetapi tidak tahan kejut.
- e) Campuran carbon-tungsten (tipe F), sifatnya adalah keras tapi tidak tahan aus dan tidak cocok untuk beban dinamis serta untuk pemakaian pada temperatur tinggi.

## 2.7 Nikel

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 2.2.

Tabel 2.2

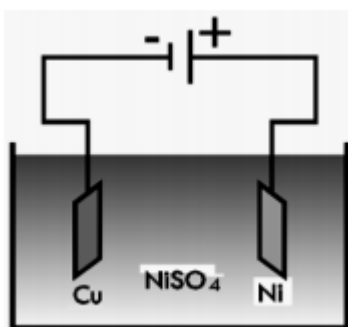
Data Spesifikasi Nikel

| Kriteria         | 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             |

Sumber: ASM Handbook, Vol.5 (1994)

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 45-55 kgf/mm<sup>2</sup>, perpanjangannya 40-50% dan kekerasannya 80-90 Brinell. 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.

Pada proses pelapisan dengan nikel digunakan elektrolit nikel (NiSO<sub>4</sub>) dan anoda nikel (Ni). Pada saat anoda dan katoda terjadi perubahan potensial akibat aliran arus listrik searah maka anoda nikel terurai ke dalam laurat eletrolit. Sebagai contoh plat baja karbon rendah yang telah dilapisi tembaga, akan dilapisi dengan nikel. Rangkaian sederhana pelapisan ini ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pelapisan Cu dengan Ni

Reaksi yang terjadi saat proses pelapisan adalah:

1. Reaksi pada elektrolit:

Elektrolit nikel (NiSO<sub>4</sub>) terurai menjadi ion Ni dan SO<sub>4</sub>. Kation elektrolit (SO<sub>4</sub><sup>2+</sup>) menempel pada anoda. Reaksi tersebut dapat ditulis:



2. Reaksi pada katoda

Plat baja mengalami pelepasan oksigen ke elektrolit nikel (NiSO<sub>4</sub>) sehingga ion nikel (Ni) akan menempel di permukaan plat baja sehingga plat terlapisi nikel. Reaksi yang terjadi pada katoda dapat dituliskan sebagai berikut.



- b. Pembentukan gas hidrogen:  $2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$
- c. Reduksi oksigen terlarut :  $\frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

### 3. Reaksi pada anoda

Reaksi yang terjadi adalah pada anoda nikel (Ni) mengikat oksigen yang dilepas oleh baja, kemudian akan terlarut pada elektrolit nikel ( $\text{NiSO}_4$ ) tetap stabil, akibatnya bahan pelapis nikel (Ni) lama kelamaan akan berkurang atau habis. Reaksi yang terjadi pada anoda dapat ditulis:

- a. Pereduksian anoda nikel:  $\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$
- b. Pembentukan gas oksigen:  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow 4\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{e}^-$
- c. Oksidasi gas Hidrogen:  $\text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^-$

Beberapa indikator yang dapat digunakan untuk menggolongkan dan mengklasifikasikan hasil dari proses pelapisan nikel antara lain sebagai berikut.

- a. Hasil pelapisan tidak baik, apabila terdapat noda hitam akibat dari ion yang terbakar, meskipun logam pelapis sulit terlepas, tahan terhadap goresan, mampu solder dan tahan korosi.
- b. Hasil pelapisan kurang baik, apabila tidak terdapat noda hitam akan tetapi mempunyai permukaan kasar, logam pelapis mudah terlepas, tidak tahan gores, tidak mampu solder dan tidak tahan terhadap korosi.
- c. Hasil pelapisan baik, apabila tidak terdapat noda hitam, mempunyai permukaan halus, logam pelapis tidak mudah terlepas, tahan gores, mampu solder dan tahan terhadap korosi.
- d. Hasil pelapisan terbaik, apabila tidak terdapat noda hitam, permukaan halus, hasil pelapisan tebal dan logam pelapis tidak mudah terlepas, tahan gores, dan tahan korosi.

## 2.8 Korosi

### 2.8.1 Pengertian Korosi

Beumer (1978), berpendapat bahwa korosi bisa diartikan sebagai pencemaran logam oleh keadaan sekitar. Keadaan sekitar yang dimaksud adalah udara yang lembab, bahan kimia, air laut, gas dan sebagainya. Korosi merupakan kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungan yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Logam dan paduan dapat terpengaruh korosi dalam berbagai cara. Korosi bisa disebabkan dezincifikasi pada kuningan, *pitting* pada *stainless steel*, atau serangan grafit pada besi tuang. Contoh korosi

yang sering terjadi adalah perkaratan besi. Reaksi reduksi oksidasi merupakan reaksi yang disertai pertukaran elektron antara pereaksi, yang menyebabkan keadaan oksidasi berubah. Dari sejarahnya, istilah oksidasi diterapkan untuk proses-proses dimana oksigen diambil oleh suatu zat. Maka reduksi dianggap sebagai proses dimana oksigen diambil dari dalam suatu zat. Kemudian pengangkapan hidrogen juga disebut reduksi, sehingga kehilangan hidrogen harus disebut dengan oksidasi.

Korosi dapat digambarkan sebagai sel galvanik yang mempunyai hubungan pendek dimana beberapa daerah permukaan logam bertindak sebagai katoda dan lainnya sebagai anoda, dan rangkaian listrik dilengkapi oleh aliran elektron menuju besi itu sendiri.

Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Karat logam umumnya adalah berupa oksida atau karbonat. Rumus kimia karat besi adalah  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , suatu zat padat yang berwarna coklat-merah.

Korosi merupakan proses elektrokimia. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi itu berlaku sebagai anode, di mana besi mengalami oksidasi. Deret Volta membantu mengetahui kemungkinan terjadinya korosi. Kecepatan korosi bergantung pada banyak factor, seperti ada atau tidaknya lapisan oksida, karena lapisan oksida dapat menghalangi beda potensial terhadap elektrode lainnya yang akan sangat berbeda bila masih bersih dari oksida.

### 2.8.2 Macam-Macam Korosi

#### 1. Korosi menyeluruh

Korosi menyeluruh adalah bentuk umum korosi yang sering terjadi. Di udara, ukuran laju korosi sedikit sulit, sedangkan pada larutan kimia laju korosinya cepat. Korosi menyeluruh ditandai dengan reaksi kimia atau elektrokimia yang mana prosesnya sama di seluruh area yang terbuka. Sehingga logam menjadi semakin tipis. Pengukuran ketebalan permukaan bisa menjadi penentuan untuk menentukan laju korosi.

#### 2. Korosi Galvanik

Bentuk korosi ini terjadi saat dua konduktor yang berbeda saling terhubung satu sama lain dalam larutan elektrolit. Potensial elektrik ada diantara dua logam dan aliran arus anoda menuju katoda. Aliran arus ini menghasilkan korosif.

#### 3. Korosi *pitting*

Korosi *pitting* adalah bentuk korosi yang paling merusak dan tidak terprediksi. Bentuk korosi ini terjadi pada titik tertentu dan pada area yang terhalang. Korosi lokal terjadi karena homogenitas yang kurang pada permukaan logam.

### 2.8.3 Sebab Korosi

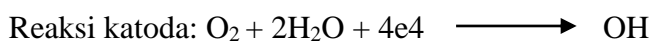
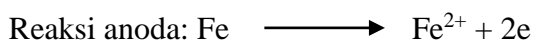
Sebab utama semua bentuk korosi adalah sifat elektrokimia. Jika dua logam yang berlainan ditempatkan dalam cairan yang dapat mengalirkan listrik dan dihubungkan satu sama lain, mengalirilah suatu aliran listrik. Logam yang paling kurang mulia oleh aliran berubah menjadi persenyawaan logam. Semua bentuk korosi tidak hanya terjadi dalam cairan, tetapi juga udara lembab.

### 2.8.4 Faktor Korosi

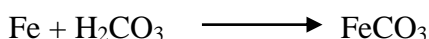
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi suatu logam dapat terkorosi dan kecepatan laju korosi suatu logam. Suatu logam yang sama belum tentu mengalami kasus korosi yang sama pula pada lingkungan yang berbeda. Begitu juga dua logam pada kondisi lingkungan yang sama tetapi jenis materialnya berbeda, belum tentu mengalami korosi yang sama. Masalah korosi biasanya yang kita tahu disebabkan oleh air namun terdapat pula faktor lain yaitu:

#### 1. Faktor gas terlarut

Korosi pada logam dapat disebabkan oksigen ( $O_2$ ) yang terlarut dan peningkatan oksigen menyebabkan laju korosi semakin meningkat. Umumnya sering terjadi pada besi yang diakibatkan oleh oksigen, reaksinya sebagai berikut.



Karbon dioksida ( $CO_2$ ), asam karbonat ( $H_2CO_3$ ) terbentuk pada karbon dioksida yang dilarutkan dalam air dan dapat mengakibatkan PH dari air tersebut menurun dan meningkatkan korosifitas, reaksinya sebagai berikut.



#### 2. Temperatur

Naiknya temperatur menambah laju korosi meskipun faktanya kelarutan oksigen berkurang pada saat temperatur bertambah. Logam pada temperatur yang berbeda menyebabkan korosi.

#### 3. Faktor PH

Ph yang nilainya kurang dari 7 bersifat asam dan korosif, sedangkan ph yang nilainya lebih dari 7 bersifat basa dan juga korosif.

### 2.8.5 Pencegahan Korosi

Untuk mengurangi banyaknya kerugian akibat korosi maka diperlukan cara pencegahan. Berikut metode yang umum digunakan untuk pencegahan korosi antara lain:

1. Pengecatan

Fungsi dari pengecatan adalah untuk melindungi besi atau material kontak dengan air dan udara. Kandungan cat berupa timbal dan seng akan lebih melindungi besi terhadap korosi. Pagar bangunan dan jembatan biasanya dilindungi dari korosi dengan pengecatan.

2. Pelumuran dengan oli atau gemuk

Fungsi pelumuran dengan oli atau gemuk juga untuk mencegah kontak dengan air ataupun udara. Hal ini sering dijumpai pada berbagai perkakas dan mesin.

3. Galvanisasi

Galvanisasi adalah metode pelapisan logam besi atau baja dengan logam lain yang lebih mudah teroksidasi. Hal ini terjadi karena suatu mekanisme yang disebut perlindungan katode. Logam yang biasa digunakan adalah seng atau zink. Oleh karena potensial reduksi besi lebih positif daripada zink, maka besi yang kontak dengan zink akan membentuk sel elektrokimia dengan besi sebagai katoda. Sehingga besi terlindungi dan zink yang mengalami oksidasi (berkarat).

4. Pengorbanan anoda

Prinsipnya yaitu dengan menggunakan magnesium dimana logam ini lebih aktif (lebih mudah berkarat) daripada besi. Jika logam magnesium dikontakkan dengan besi, maka magnesium yang akan berkarat sedangkan besi tidak. Cara ini biasanya digunakan untuk melindungi pipa baja yang ditanam dalam tanah atau badan kapal laut.

### 2.8.6 Metode Pengujian Korosi

Metode pengujian korosi yang sering dilakukan hingga saat ini hanya bisa mendekati keadaan yang sebenarnya, belum bisa memberikan prediksi yang tepat. Metode yang biasa digunakan yaitu:

1. *Weight loss*

Metode kehilangan berat (*weight loss*) adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu



penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Berikut rumus yang digunakan untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi:

$$CR \text{ (mpy)} = \frac{W \times K}{D A_s T} \quad (2-9)$$

Sumber: Roberge (2008)

Dimana:

CR = *Corrosion rate* (mpy)

W = *Weight loss* (gram)

K = konstanta factor

D = *Densitas spesimen* (g/cm<sup>3</sup>)

A<sub>s</sub> = *Surface Area* (cm<sup>2</sup>)

## 2. Metode elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi antara satu waktu dengan waktu lainnya berbeda). Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja, hingga secara umur pemakaian maupun kondisi untuk dapat ditreatmen tidak dapat diketahui. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

Metode elektrokimia ini menggunakan rumus yang didasari pada Hukum Faraday yaitu menggunakan rumus sebagai berikut.

$$CR = K \frac{a i}{n D} \quad (2-10)$$

Sumber: Roberge (2008)

Di mana:

CR = *Corrosion rate*

K = *Constant factor*, mpy = 0,129 ; μm/yr = 3,27 ; mm/yr = 0,00327

a = *atomic weight of metal*

I = *current density*

n = *number of electron lost*

D = *density* (g/cm<sup>3</sup>)

### 2.8.7 Uji Korosi

Laju korosi merupakan kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Satuan yang biasa digunakan dalam perhitungan laju korosi adalah mm/yr (standar internasional) atau mill/year (mpy, standar *british*). Tingkat suatu ketahanan material terhadap korosi umumnya memiliki nilai laju korosi yang berkisar antara 1-200 mpy. Penggolongan tingkat ketahanan material berdasarkan laju korosinya dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

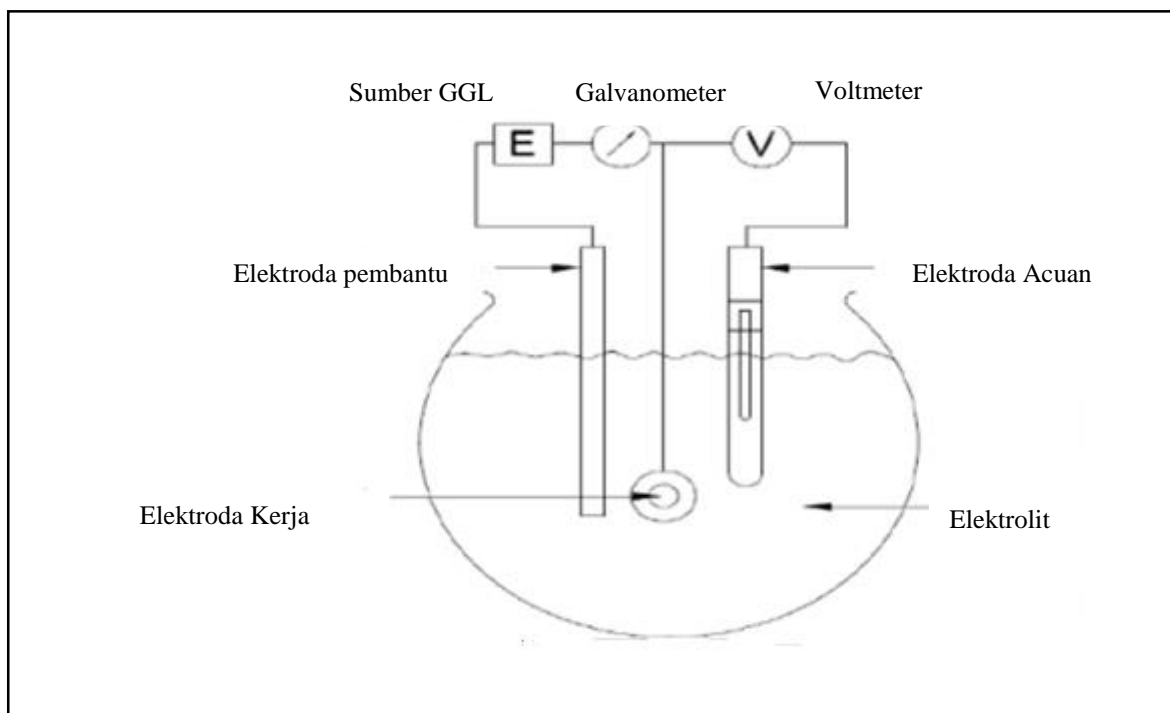
Tabel 2.3

Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi

| Ketahanan relatif korosi | mm/yr    | $\mu\text{m/yr}$ | Nm/h    |
|--------------------------|----------|------------------|---------|
| <i>Outstanding</i>       | <0,02    | <25              | <2      |
| <i>Excellent</i>         | 0,02-0,1 | 25-100           | 2-10    |
| <i>Good</i>              | 0,1-0,5  | 100-500          | 10-150  |
| <i>Fair</i>              | 0,5-1    | 500-1000         | 50-150  |
| <i>Poor</i>              | 1-5      | 1000-5000        | 150-500 |
| <i>Unexeptable</i>       | 5+       | 5000+            | 500+    |

Sumber: Vlack (1986:172)

Tes laboratorium merupakan pengujian korosi dengan cara membuat simulasi terhadap kondisi lingkungan penyebab korosi. Parameter-parameter yang dapat diukur diperoleh dari simulasi sehingga perilaku korosi yang diamati dapat diperkirakan. Alat yang digunakan adalah sel 3 elektroda yang terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 sel 3 elektroda

Sumber: Hidayat (2013)

Sel 3 elektroda adalah perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi bahan-bahan. Sel ini dapat digunakan dalam berbagai macam percobaan

korosi. Pada Gambar 2.5 komponen-komponen penting yang terdapat pada sel 3 elektroda yaitu:

1. Elektroda kerja (*working electrode*). Ini sebutan yang diberikan kepada elektroda yang diteliti.
2. Elektroda pembantu (*auxiliary electrode*). Sebutan ini diberikan kepada elektroda kedua yang dimaksudkan khusus untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian.
3. Elektroda acuan. Elektroda ini dimaksudkan sebagai titik dasar yang sangat mantap untuk mengacukan pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus sekecil-kecilnya sehingga dapat diabaikan.

## 2.9 Hipotesis

Berdasarkan dasar teori dan penelitian sebelumnya, maka dalam penelitian ini hipotesis yang dibuat adalah semakin besar nilai tegangan yang digunakan saat proses *elektroplating* maka nilai persentase berat deposit pada benda kerja semakin meningkat, sehingga laju korosinya akan menurun.

