

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian dilakukan dengan bervariasi bahan alternatif pengkilat yang diuji cobakan pada logamlogam sampel adalah NaCl dan NH<sub>4</sub>Cl. Langkah percobaan meliputi variasi konsentrasi NaCl dan NH<sub>4</sub>Cl terhadap variasi waktu proses pelapisan. Sedangkan kondisi temperatur, pH dan rapat arus pada kedua bahan pengkilat diambil konstan dengan masing-masing 20°C – 30°C, 3 dan 3 A/dm<sup>2</sup>, dari hasil percobaan dan pengujian maka dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum proses pelapisan *nickel* dengan menggunakan campuran bahan pengkilat alternatif NaCl dan NH<sub>4</sub>Cl adalah masing-masing dengan konsentrasi 20 g/l, nikel sulfat NiSO<sub>4</sub> 120 g/l, dan asam boric H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 15 g/l pada waktu proses pelapisan 30 menit pada temperatur kamar, pH 3 dan rapat arus 3 A/dm<sup>2</sup>. Proses *electroplating* adalah proses yang bertujuan agar logam yang mengalami pelapisan memiliki peningkatan kualitas, baik dari meningkatnya ketahanan sebuah logam terhadap korosi maupun peningkatan nilai dekoratif dari logam tersebut, proses *electroplating* juga akan meningkatkan tingkat kekerasan dari permukaan logam sehingga logam tersebut mempunyai masa pemakaian yang lebih lama dibanding logam tanpa proses pelapisan (Sudigdo dkk, 2002)

Penelitian yang menggunakan tembaga sebanyak 15 buah untuk dilakukan proses pelapisan dengan panjang 60 mm lebar 14 mm. Dalam pelaksanaan pelapisan pertama menggunakan voltase 5 volt, temperatur 60°C dengan arus 50 A. Variasi dilakukan pada waktu pencelupan yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit dengan 3 kali pengulangan. Sedang pada variasi kedua menggunakan voltase 5 volt dengan temperatur 50°C dan arus 50 A dengan waktu 2 menit. Hasil penelitian ini adalah dengan variasi waktu pelapisan nikel pada tembaga yang dilakukan nilai iluminasi cahaya (kecerahan) dan ketebalan lapisan meningkat yaitu pada pelapisan nikel 5 menit 14,1 µm, hingga waktu pelapisan *nickel* 25 menit 55,77 µm. Suarsana, (2008) logam yang mengalami proses *electroplating* akan mengalami penambahan dimensi yang mana salah satu faktor

yang mempengaruhi adalah lama waktu pencelupan, semakin lama logam tersebut mengalami pencelupan pada larutan elektrolit maka hasil dari lapisan akan menjadi semakin tebal pula.

Pelapisan yang dilakukan pada spesimen baja ST 42 dengan *nickel* dan *chrome* dengan panjang 100 mm, lebar 20 mm dan tinggi 5 mm dengan kuat arus yang digunakan adalah 3, 4, dan 5 *ampere* dan waktu 20, 26 dan 34 menit dilakukan pengujian kepadatan dengan alat mikroskop elektron untuk memperoleh gambar struktur mikronya. Hasil pengukuran tingkat kepadatan dari penelitian ini yaitu, ada pengaruh arus dan waktu pencelupan, dengan nilai kepadatan terendah untuk pelapisan *nickel* adalah 0.895  $\mu\text{m}$  pada variasi 3 *ampere*. Proses perlakuan permukaan *electroplating* merupakan sebuah proses yang menggunakan arus listrik sebagai daya hantar, proses *electroplating* juga selain akan memberikan pengaruh pada permukaan dari suatu logam proses *electroplating* juga akan memberikan pengaruh pada kepadatan dari logam yang mengalami pelapisan, kepadatan dari logam yang mengalami pelapisan tergantung pada waktu dan arus saat proses pelapisan berlangsung ( Susanto dan Sakti, 2016 ).

Sutomo dkk, (2010) semakin lama waktu dan semakin besar arus yang digunakan hal ini berbanding lurus dengan banyaknya logam *nickel* yang terlapis sehingga sebelum melakukan proses pelapisan logam *nickel* sebaiknya memperhitungkan kesesuaian waktu dan arus yang akan dipakai sehingga pelapisan logam mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan tanpa harus mengeluarkan biaya yang berlebih.

Pada penelitian ini digunakan pelat baja karbon rendah dengan ukuran 40 mm x 25 mm x 1 mm dengan jumlah 27 spesimen dilapisi menggunakan metode *electroplating* dengan variasi kekuatan arus listrik 0,5A, 1A, 1 , 5A dan waktu *electroplating* 10 menit, 15 menit, 20 menit. Pengujian selanjutnya adalah ketebalan layer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi dari proses *electroplating nickel-chrome* terjadi pada variasi dengan nilai ketebalan lapisan tertinggi dalam kekuatan arus 1,5 A dengan panjang pelapisan 20 menit 1,97  $\mu\text{m}$ . Ketebalan spesimen proses *electroplating* akan meningkat seiring dengan

meningkatnya waktu dan arus yang diberikan atau dapat dikatakan bahwa ketebalan spesimen berbanding lurus dengan arus dan waktu pelapisan (Sukarjo dan Pani, 2018).

Penelitian ini menggunakan spesimen berupa pelat baja karbon rendah ST37 dengan ukuran 50x20 mm dan 60x20 mm, serta pelapisan nikel. Proses pelapisan nikel logam dasar menggunakan variasi suhu 600°C, 700°C dan 800°C, waktu perendaman 20 menit, dan tegangan 5 V. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa suhu pelapisan memiliki efek pada ketebalan lapisan nikel dengan cara *electroplating*. Untuk benda berukuran 50x20 mm dengan suhu 600°C dan massa awal 20,24 gram diperoleh tebal dengan massa 0,02 gram dan memiliki massa akhir 20,26 gram. Demikian pula, benda berukuran 60x20 mm dengan suhu 700°C dan massa awal 24,06 gram memperoleh ketebalan dengan massa yang sama 0,02 gram dan memiliki massa akhir 24,08 gram. Sementara itu, ukuran objek 50x20 mm dengan suhu 800°C dan massa awal 21,37 gram diperoleh ketebalan 0,04 gram dan memiliki massa akhir 21,41 gram. Pamungkas dkk, (2018) suhu dari proses *electroplating* juga mempengaruhi ketebalan lapisan yang didapat, dimana semakin meningkat suhu saat proses *electroplating* berlangsung maka akan semakin tebal juga hasil lapisan yang didapat.

Proses pelapisan dioperasikan dengan variasi suhu 50 ° C, 55 ° C, 60 ° C; waktu pelapisan 5 menit, 10 menit, 15 menit; dan arus listrik 4 A, 5 A, 6 A. Uji tarik dan tekuk dilakukan menggunakan mesin uji serbaguna (Universal Testing Machine) dan uji kekerasan dengan metode Vickers. Hasil uji kekuatan tarik menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, waktu dan arus listrik selama proses pelapisan, memberikan nilai kekuatan tarik yang lebih besar (dari 307 N / m<sup>2</sup> hingga 376 N / m<sup>2</sup>), serta pengujian kuat tekuk. nilai kekuatan tekuk dari 11,5 kg / m<sup>2</sup> hingga 7,5 kg / mm<sup>2</sup>. Hasil uji kekerasan menunjukkan peningkatan signifikan dalam nilai kekerasan dalam variasi suhu, waktu, dan lapisan arus listrik, di mana nilai kekerasan adalah dari 89,3 HV ke 100 HV. Meningkatnya kuat arus dan waktu juga meningkatkan tingkat kekerasan pelapisan Ni-Cr yang diakibatkan oleh pengendapan ion-ion elektrolit yang lebih cepat sehingga lebih banyak atom

hidrogen yang masuk secara intersiti kedalam struktur endapan *nickel* dan kromium (Rasyad dan Arto, 2018).

Meter air yang dipakai sebagai sampel adalah meter air yang telah mencantumkan SNI 2547:2008 pada kemasan produknya, yang didapat di pasaran di daerah Bandung. Metode yang digunakan untuk pengujian ketahanan korosi adalah pengujian semprot kabut garam. Instrumen yang dipakai untuk pengujian ketahanan korosi adalah *Salt Spray Tester* merek JTM model JTM-1274A dengan kondisi selama pengujian adalah lama pemaparan 100 jam, suhu pengujian  $35 \pm 2$  °C, kelembaban  $98 \pm 2$  %-RH dan konsentrasi NaCl 5%. Adapun uji komposisi kimia untuk material meter air dan deposit pasca pengujian kabut garam dilakukan dengan metode *X-Ray Fluorescence*. Cahyadi dan Puspita, (2015) pada proses pengujian *salt spray test* dapat diketahui proses terjadinya korosi diawali dari bagian benda yang memiliki ketahanan korosi terendah atau adanya cacat pada permukaan sehingga korosi mudah terjadi dan kemudian akan merambat kebagian terdekat dari pusat korosi.

Pengujian ini menggunakan spesimen berupa plat SPCC yang berjumlah 3 buah. Dalam pelaksanaan pelapisan elektroplating menggunakan variasi perlakuan terhadap material, yaitu dengan *non heat treatment*, *heat treatment* dengan *quenching* air, dan *heat treatment* dengan *annealing* udara. *Heat treatment* ditujukan untuk memperoleh sifat-sifat yang sesuai dengan penggunaannya, khususnya untuk mendapatkan kekuatan, struktur mikro dan sifat liat yang diperlukan. Temperatur pemanasan yang diberikan adalah 800°C dengan waktu tahan selama 5 menit setiap sampel yang di berikan perlakuan panas kemudian di dinginkan dengan media pendingin air dan pendingin udara. Benda uji dilakukan pengujian komposisi kimia, ketahanan korosi, struktur mikro dan pengujian ketebalan lapisan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui ketahanan korosi baja karbon rendah, ketebalan lapisan lapisan *zinc plating*. Proses *electroplating* memberikan ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan benda yang tanpa mengalami proses *electroplating* dikarenakan adanya bahan pelapis yang dapat menahan korosi masuk kedalam benda (Sulaeman dan Kharakan, 2018).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium batangan yang di potong dengan ukuran 5cm x 3cm x 0,3cm. Penelitian ini memvariasikan lama waktu pencelupan 30, 45 dan 60 menit kedalam larutan elektrolit. Hasil dari penelitian ini semakin lama waktu pencelupan semakin meningkat nilai ketebalan lapisan, nilai kekerasan dan nilai kekasaran permukaan aluminiumnya. Nilai maksimum ketebalan lapisan krom 28,14  $\mu\text{m}$  , nilai maksimum kekerasan 176,2 VHN dan nilai maksimum kekasaran permukaan lapisan *chrome* adalah 0.25  $\mu\text{m}$  pada variasi waktu pencelupan 60 menit. Niam dkk, (2017) pengaruh waktu pada proses *electroplating* Ni-Cr memberikan peningkatan ketebalan, kekerasan dan kekasaran dari lapisan. Peningkatan ketebalan dan kekerasan lapisan ditambah nilai kekasaran permukaan yang kecil maka nilai dekoratif dari benda terlapis menjadi meningkat.

Dalam penelitian ini menggunakan variabel bebas dengan variasi tegangan pelapisan 2 volt, 3 volt, dan variasi kuat arus 3 ampere, 4 ampere, 5 ampere sedangkan variabel terikatnya adalah uji laju korosi dan ketebalan permukaan. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat ketahanan korosi pada knalpot sepeda motor setelah dilakukan proses pelapisan logam menggunakan nikel-krom dengan variasi tegangan dan kuat arus setelah itu dilakukan uji laju korosi dan ketebalan untuk mengetahui ketahanan material terhadap korosi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah data perhitungan laju korosi lapisan nikel-krom dengan variasi 2 volt, 3 volt, dan 3 ampere, 4 ampere, 5 ampere pada knalpot sepeda motor berbahan baja karbon AISI 1010 didapatkan hasil laju korosi paling lambat pada variasi tegangan 3 volt dengan kuat arus 5 ampere didapat hasil 118,904 mmpy pada media air hujan. Sedangkan laju korosi paling cepat terjadi pada variasi tegangan 2 volt dengan kuat arus 3 ampere didapat hasil 424,047 mmpy pada media air laut. Besarnya kuat arus saat proses *electroplating* mempengaruhi laju korosi sebuah benda, semakin tinggi arus yang diberikan ketahanan korosinya akan semakin kuat sebaliknya jika semakin rendah arus yang diberikan maka ketahanan korosinya juga akan menurun (Pratama dan Sakti, 2018).

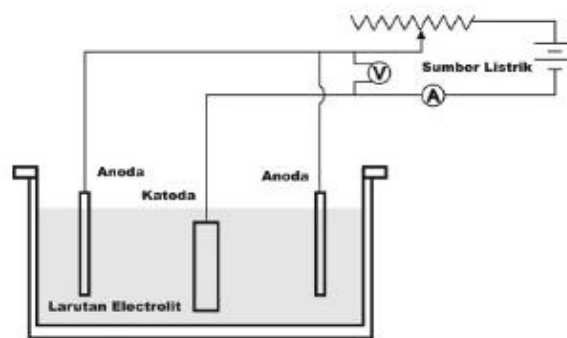
## 2.2 Deskripsi Teori

### 2.2.1 Pengertian dasar *electroplating*

Proses *electroplating* tergolong pekerjaan yang tidak terlalu rumit sehingga banyak wirausaha yang memanfaatkan proses ini menjadi sebuah bisnis yang cukup menjanjikan, karena dalam proses pelapisan *electroplating* tidak terlalu membutuhkan personil yang banyak. Pada dasarnya proses ini bertujuan untuk melindungi logam dari korosi namun sehubungan hasil dari proses pelapisan ini memberikan nilai dekoratif yang baik sehingga hal ini menjadi salah satu konsumsi pasar yang dibutuhkan dan dimanfaatkan (Sudigdo dkk, 2002).

*Electroplating* sendiri dibedakan menjadi dua jenis pelapisan *chrome* dekoratif dan *chrome* keras (*hard chrome*) dimana pada *chrome* dekoratif benda yang akan dilapisi terlebih dahulu dilapisi dengan tembaga dan *nickel* baru kemudian dilapisi kembali dengan lapisan *chrome* tipis dengan kisaran 0,25-0,5 mikron hasilnya akan mengkilat, biasa digunakan pada pelapisan perabotan rumah tangga, *spare part* motor, alat-alat medis dan lain-lain. Sedangkan pada *chrome* keras atau *hard chrome* dilakukan dengan tujuan mendapatkan benda dengan lapisan yang kuat tahan panas, tahan gores, dan tahan korosi yang lebih dibandingkan pelapisan dengan *chrome* dekoratif, pelapisan ini dilakukan dengan pelapisan *chrome* tanpa diawali dengan lapisan lain dan kisaran ketebalan lapisan adalah 0,1-0,3 mm (Setyahandana dan Christianto, 2017).

Gambar 2.1 menunjukkan skema proses *electroplating* dimana katoda (benda kerja) dikelilingi oleh anoda (bahan tambah), yang nantinya anoda akan terlarut pada cairan elektrolit dan menempel pada katoda (Rasyad dan Arto, 2018)



**Gambar 2.1** Skema Proses *Electroplating* (Rasyad dan Arto, 2018)

### 2.2.2 Bahan pelapis

*Nickel* adalah logam yang berwarna keabu-abuan dengan sel satuan kubus berpusat muka (*fcc*) yang masaa jenisnya 8,7 hampir sama dengan massa jenis dari Cu, setelah penganilan kekuatan tarik dari *nickel* 44-55 kgf/mm<sup>2</sup>, memiliki perpanjangan kisaran 40-50% dengan kekerasan 80-90 brinel. *Nickel* memiliki sifat tahan korosi dan tahan panas (Sukarjo dan Pani, 2018).

*Chromium* adalah logam yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi *chrome* tergolong pada jenis logam nonferro dimana didalam tabel priodik masuk kegolongan VIb dan lambang kimianya Cr (Sukarjo dan Pani, 2018).

### 2.2.3 Pelapisan

#### a. Pelapisan logam

Pelapisan merupakan sebuah bidang yang amat luas dan mendalam sehingga menjadi salah satu penerapan elektrokimia, hal ini sangat erat kaitannya dengan perkembangan ilmu pengetahuan tentang bahan, kimia permukaan, kimia fisik hingga keteknikannya.berbagai macam jenis logam dapat dilakukan proses *plating* dan logam-logam tersebut dikelompokan menjadi beberapa golongan : *coating* tumbal, *coating* dekoratif-protektif, *coating* logam rekayasa, logam jarang dipergunakan serta beberapa jenis *alloy*. Dimana semua jenis logam memiliki ciri khas dan keunggulan masing-masing. Pelapis (*coating*) dimana logam dikorbakan untuk menjadi pelapis logam utama dimana prosesnya disebut pelapisan *anodic*. *Coating* dekoratif-protektif dimana pelapisan yang bertujuan memberikan penampilan yang lebih menarik (Sutomo dkk, 2010).

#### b. Pelapisan *chrome*

Dalam metode *electroplating*, *chrome* dapat digunakan sebagai bahan pelapis logam utama dimana *chrome* akan dilarutkan dalam cairan elektrolit yang nantinya dengan bantuan listrik arus searah (DC) sehingga *chrome* akan menempel dipermukaan logam yang akan dilapisi. Pelapisan dengan *chrome* menggunakan bahan dasar asam *chrome* ( $H_2CrO_4$ ) dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) agar arus dapat mengalir. Lapisan *chrome* akan menghasilkan sebuah lapisan tipis namun lapisan ini memiliki fungsi selain menahan permukaan logam dari korosi juga akan memberikan nilai dekoratif pada logam terlapis.

### 2.2.4 Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses *Electroplating*

#### a. Konsentrasi elektrolit

Konsentrasi elektrolit sangat erat hubungannya dengan arus yang dipakai, dengan menambahnya konsentrasi elektrolit yang dipakai maka akan menambah besar arus yang dipakai. Konsentrasi elektrolit yang meningkat akan mencegah kekosongan didekat logam utama (katoda) sehingga akan terbentuk lapisan yang lebih baik.

#### b. Temperatur

Temperatur harus sesuai dengan yang dibutuhkan, karena kenaikan temperatur akan meningkatkan laju korosi dan difusi ion ke logam terlapis.

#### c. Pengaruh logam dasar

Besar potensial elektroda logam menjadi salah satu faktor yang sangat mempengaruhi dalam pembentukan endapan *plating*.

#### d. Arus dan Tegangan

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam rangkaian tiap satuan waktu, arus listrik disimbolkan dengan huruf I dengan satuan *coulomb/second* atau *ampere* (A), sedangkan tegangan adalah beda potensial antara dua titik rangkaian yang memberi tekanan ke arus listrik yang mengalir, tegangan disimbolkan dengan V dengan satuan *volt*. Selain itu besarnya arus listrik sesuai dengan tegangan yang diberikan dan juga besarnya tahanan pada penghantar.

$$I = \frac{V}{R} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

I = Arus (A)

V = Voltase/Tegangan (V)

R = Hambatan ( $\Omega$ )

#### e. Waktu pencelupan

Waktu pencelupan akan mempengaruhi hasil pelapisan, hal ini disebabkan semakin lamanya waktu pelapisan maka elektron-elektron yang tereduksi dari anoda menuju katoda juga semakin banyak.



### 2.3 Elektrolisis

Elektrolisis adalah sebuah proses penguraian elektrolit dengan menggunakan tenaga listrik, dimana arus listrik dialirkan melalui cairan elektrolit dan akan menimbulkan reaksi kimia. Ciri-ciri Elektrolisis antara lain :

- a. Adanya ion bebas yang terkandung didalam cairan elektrolit, dimana ion tersebut dapat menerima atau memberikan elektron sehingga elektron dapat mengalir melalui larutan.
- b. Memanfaatkan arus DC yang bersumber dari luar seperti pada baterai.
- c. Memiliki 2 elektroda.

Elektroda yang ada pada elektrolisis adalah katoda dan anoda, katoda adalah elektroda yang menerima arus listrik dari luar sedangkan anoda adalah elektroda yang mengalirkan kembali elektron kesumber arus listrik.

Elektrolisis terbagi menjadi beberapa macam antara lain :

- a. Elektrolisis leburan

Adalah reaksi lelehan garam NaCl yang menghasilkan endapan natrium dikatoda dan gelembung  $\text{Cl}_2$  dianoda.

- b. Elektrolisis larutan

Dimana pada reaksi ini larutan NaCl telah menghasilkan gelembung gas  $\text{H}_2$  dan ion OH (basa) di katoda serta gelembung gas  $\text{Cl}_2$  dianoda.

Ada beberapa komponen yang ada pada proses elektrolisis yaitu katoda, anoda, larutan elektrolit dan sumber daya.

- a. Katoda yaitu elektroda negatif yang mengalami reaksi reduksi, dimana pada katoda akan terjadi penempelan ion yang tereduksi dari anoda.
- b. Anoda yaitu elektroda positif yang mengalami reaksi oksidasi, dimana elektroda ini mempunyai fungsi sebaliknya dibanding katoda, anoda berfungsi sebagai penghantar listrik.
- c. Larutan elektrolit adalah larutan kimia yang didalamnya mengandung unsur logam pelapis, larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Didalam larutan elektrolit molekul-molekulnya terurai (terdisosiasi) menjadi partikel bermuatan positif dan negatif yang disebut

dengan ion. Ion positif disebut dengan kation dan ion negatif disebut dengan anion. Larutan elektrolit sendiri terbagi menjadi 3 macam antara lain :

- Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang semua molekulnya terurai menjadi ion, oleh karena itu banyaknya ion penghantar listrik yang terbentuk daya hantarnya juga kuat, pada umumnya larutan elektrolit kuat adalah larutan garam.

Ciri-ciri larutan elektrolit kuat adalah memiliki daya hantar listrik yang kuat, terionisasi dengan sempurna contohnya : larutan garam (NaCl, KCl, CuSO<sub>4</sub> dan KNO<sub>3</sub>), asam kuat (HCl, HI, HBr, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HNO<sub>3</sub>) dan basa kuat (NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub> dan KOH).

- Larutan elektrolit lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang tidak semua molekulnya terionisasi sempurna, sehingga tidak semua ionnya dapat menghantarkan listrik.

Ciri-ciri larutan elektrolit lemah adalah menghantarkan listrik dengan kurang baik, terionisasi sebagian contohnya : asam lemah (HCN, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH dan C<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), basa lemah (NH<sub>4</sub>OH, Al(OH)<sub>3</sub>) dan Fe(OH)<sub>3</sub>.

- Larutan non elektrolit

Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik, larutan non elektrolit terdiri dari zat-zat yang terlarut oleh air namun tidak terurai menjadi ion.

Ciri-ciri larutan non elektrolit adalah tidak dapat terionisasi, tidak menghantarkan listrik atau isolator contohnya : Urea, glukosa, sukrosa dan etanol.

- d. Sumber daya adalah sumber arus listrik DC yang dibutuhkan selama proses elektrolisis berlangsung dimana arus listrik ini nanti akan mengalir melalui larutan elektrolit.

## 2.4 Teori Dasar pH

Derajat keasaman (pH) adalah skala yang menunjukkan kadar hidrogen dalam suatu larutan, nilai pH yang paling rendah adalah pH=0 (atau kata lain larutan sangat asam) dan nilai paling tinggi adalah pH=14 (atau dalam kata lain larutan sangat alkali). Nilai pH H<sub>2</sub>O yang murni sama dengan 7 dan larutan lain yang bernilai pH  $\pm 7$  disebut larutan netral. Hal ini sangat penting diperhatikan dalam proses *electroplating* sebab tingkat pH sangat berpengaruh pada sifat daya hantar listrik dari cairan elektrolit.

## 2.5 Viskositas

Viskositas adalah kekentalan suatu fluida yang dapat menghitung besar kecilnya gesekan internal fluida, viskositas fluida berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida saat lapisan yang satu melewati lapisan yang lain. Pada zat cair viskositas terjadi kerana gaya kohesi antar molekul, sedang pada gas muncul karena tumbukan antar molekul. Setiap fluida memiliki nilai viskositas yang berbeda.

Gejala viskositas dapat diamati dengan menjatuhkan sebuah benda padat kedalam secangkir minyak goreng maka benda tersebut akan mengalami perlambatan yang diakibatkan adanya gesekan terhadap permukaan benda dengan fluida (minyak goreng).

## 2.6 Penentuan Area Low Current dan High Current

Pada proses *electroplating* sendiri memiliki kekurangan dimana tidak semua bagian dari sebuah sepsimen dapat dilakukan pelapisan atau lebih tepatnya ada bagian dari spesimen yang memiliki kesulitan dalam pelapisan sehingga lapisan yang didapat nilainya lebih kecil dari pada bagian yang lain, hal ini disebut dengan istilah *low current* (area yang sulit dijangkau larutan) dan *High current* (area yang mudah dijangkau larutan). Untuk menentukan dimana letak *high current* dan *low current* dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = C \cdot I \cdot t \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan :

V = Volume massa yang diperlukan (cm<sup>3</sup>)

$C$  = Konstanta *plating*, yang tergantung pada *chemical equivalen* dan kerapatan ( $\text{cm}^3/\text{A-s}$ )

$I$  = Kuat Arus Listrik (A)

$t$  = Waktu yang digunakan (s)

Umumnya pada proses *electroplating*, tidak semua energi listrik digunakan untuk proses pelapisan substrat, tetapi sebagian energi tersebut digunakan untuk membebaskan hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dari substrat (katoda). Jumlah massa aktual yang menempel pada katoda dibagi dengan jumlah massa teoritis yang terlepas dari anoda disebut efisiensi katoda (*cathode efficiency*). Dengan memperhitungkan efisiensi ini maka persamaan (2.1) berubah menjadi :

$$V = E \cdot C \cdot I \cdot t \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan :

$E$  = Efisiensi katoda, harga efisiensi  $E$  dan konstanta *plating*  $C$  untuk berbagai bahan ditunjukkan pada tabel 2.1

**Tabel 2.1** Efisiensi Katoda ( $E$ ) dan konstanta *plating* ( $C$ ) untuk berbagai bahan

Bahan pelapis (+)	Larutan elektrolit	Efisiensi katoda E (%)	Konstanta C ( $\text{in}^2/\text{A-min}$ )	Konstanta C ( $\text{cm}^3/\text{A-s}$ )
Cadmium (2)	Cyanide	90	$2,47 \times 10^{-4}$	$6,73 \times 10^{-5}$
Chromium (3)	Chromium-acid sulfate	15	$0,92 \times 10^{-4}$	$2,50 \times 10^{-5}$
Copper (1)	Cyanide	98	$2,69 \times 10^{-4}$	$7,35 \times 10^{-5}$
Gold (1)	Cyanide	80	$3,87 \times 10^{-4}$	$10,6 \times 10^{-5}$
Nickel (2)	Acid sulfate	95	$1,25 \times 10^{-4}$	$3,42 \times 10^{-5}$
Silver (1)	Cyanide	100	$3,90 \times 10^{-4}$	$10,7 \times 10^{-5}$
Tin (4)	Acid sulfate	90	$1,54 \times 10^{-4}$	$4,21 \times 10^{-5}$
Zinc (2)	Chloride	95	$1,74 \times 10^{-4}$	$4,75 \times 10^{-5}$

Ketebalan lapisan pada katoda dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$d = \frac{V}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan :

$d$  = Tebal lapisan (cm)

$V$  = Volume lapisan yang menempel pada katoda ( $\text{cm}^3$ )

$A$  = Luas permukaan yang dilapisi ( $\text{cm}^2$ )