

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak lepas dari penelitian-penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai bahan perbandingan. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak lepas dari penelitian yang berhubungan dengan *electroplating*. Adapun penelitian terdahulu antara lain.

Dominicus Angki Prabowo (2021) dalam skripsinya yang berjudul Pengaruh *Chrome Plating Temperature* Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Kekerasan Baja Karbon Rendah. Dimana hasil dapat disimpulkan bahwa, ketebalan lapisan khrom yang dihasilkan berbanding lurus dengan rapat arus dan temperatur larutan. Kekerasan lapisan juga akan meningkat seiring dengan ketebalan lapisan.

Dalam penelitian yang dibuat oleh Yogik Dwi Mustopo (2011) dengan judul skripsi Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses *Electroplating Khrom* Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar Dan Dengan Lapisan Dasar Tembaga Dan Tembaga-Nikel. Hasil dari penelitian nya adalah waktu berpengaruh pada peningkatan ketebalan lapisan dan pengujian adhesivitas menunjukkan bahwa nilai adhesivitas lapisan yang paling baik adalah pada spesimen *khrom* tanpa lapisan dasar.

Yoyok Wahyudi dan A'rasy Fahrudin (2016) dalam penelitian nya dengan judul Analisa Perbandingan Pelapisan *Galvanizing* Terhadap Ketahanan Korosi dan Kekerasan Pada Baja, menyimpulkan bahwa proses *hot dip galvanizing* menyebabkan peningkatan reaktifitas pada baja dan *zinc* yang mengakibatkan

lapisan pada spesimen tebal namun sangat rapuh sedangkan *galvanis* elektroplating dipengaruhi adanya adanya proses *chromating* yang membuat lapisan lebih tahan goresan dan lebih keras.

Dony Irawan (2011) dalam skripsinya yang berjudul Pengaruh Waktu Dan Tegangan Pelapisan Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Dengan Metode Elektroplating Tembaga mendapatkan hasil bahwa lama waktu dan besarnya tegangan berpengaruh pada peningkatan ketebalan lapisan. Semakin lama waktu dan semakin besar tegangan yang digunakan maka ketebalan lapisan akan semakin bertambah.

Penelitian yang dilakukan oleh I Made Sudana, Ida Ayu Anom Arsani, dan I.G.N Suta Waismana (2014) dalam artikel yang berjudul Alat Simulasi Pelapisan Logam Dengan Metode Elektroplating dapat disimpulkan bahwa di samping meningkatkan sifat fisik berupa kekerasan lapisan dan ketebalan lapisan juga memberikan nilai estetik pada benda uji. Dalam artikel ini juga, peneliti dapat referensi rancang bangun alat elektroplating sederhana.

## **2.2 Baja Karbon ST41**

ST41 adalah baja karbon rendah sebesar 0,08% - 0,20%, ST memiliki makna baja atau disebut dengan stell, sedangkan 41 memiliki makna kekuatan tarik (*tensile strength*) sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ST41 merupakan baja struktural dengan kekuatan tarik sebesar 40 kg/mm<sup>2</sup>. Baja ini mempunyai karakteristik dan peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, sifat keuletan yang tinggi, ketangguhan dan mudah dibentuk namun kekerasannya rendah (Setyawan dkk, 2018).

Baja ST41 juga memiliki kemampuan las yang sangat baik dan dapat menghasilkan bentuk yang seragam dan keras dan dianggap sebagai baja terbaik untuk bagian karburasi. Baja ringan atau rendah karbon ST41 menawarkan banyak keseimbangan yang baik antara kekerasan, kekuatan dan elastisitas. Dengan karakteristik mekanis yang lebih tinggi, gulungan panas baja ST41 juga memiliki karakteristik pemesinan dan kekerasan *brinell* yang telah ditingkatkan.

Berikut ini adalah tabel *mechanical properties* dan komposisi dari baja ST41.

Tabel 2.1 *Mechanical Properties* Baja ST41.

<i>Property</i>	<i>Value</i>
<i>Tensile Strength (MPa)</i>	400-510
<i>Yield Strength (MPa)</i>	205-245
<i>Elongation (%)</i>	27-30
<i>Young's Modulus (GPa)</i>	190-210
<i>Poisson's Ratio</i>	0,26
<i>Density (kg/m<sup>3</sup>)</i>	7860
<i>Hardness, Brinell (HBN)</i>	160

Tabel 2.2 Komposisi Baja Karbon Rendah ST41.

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
C	0.13-0.18	P/S	0.050°C Max
Si	0.15-0.35	Fe	98.91-99.26
Mn	0.5-0.7	Mo	-

Sumber : *SS400 Certificate Krakatau Posco No: 170517-FPQ8IN-0010A1-0001.*

### 2.3 Klasifikasi Baja

Baja karbon adalah baja yang hanya memiliki unsur besi (Fe) dan karbon (C). Namun terdapat juga unsur Mn, dan P, dimana kedua unsur tersebut memiliki persentasi yang sangat kecil sehingga disebut impurities. Dalam pencetakannya, baja dapat berbentuk plat, lembaran, batangan, pipa, dan lain sebagainya. Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan persentase kandungan karbonnya.

#### 1. Baja Karbon Rendah

Baja ini sering disebut dengan baja ringan, baja karbon rendah ini bukan baja yang bersifat keras karena kandungan karbon yang berada didalamnya kurang dari 0.3%. Baja karbon rendah mempunyai sifat mekanik tangguh dan liat selain itu baja karbon rendah juga mempunyai sifat mampu mesin dan mampu las yang baik. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, sekrup, peralatan senjata dan lain sebagainya.

#### 2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang memiliki kandungan karbon berkisar antara 0.4% hingga 0.6%. Dengan kandungan karbon sebanyak itu, sangat memungkinkan bajanya untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (heat treatment) yang sesuai.

#### 3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi ini mengandung setidaknya 0.6% hingga 1.5%, apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan baja ini sering digunakan sebagai alat-alat mesin berat.

Selain unsur karbon, baik secara sengaja atau tidak baja dapat mengandung unsur paduan yang lain. Baja yang mengandung unsur paduan lain tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

- a) Baja paduan rendah, jika unsur paduan khusus <8.0%
- b) Baja paduan tinggi, jika unsur paduan khusus >8.0%

#### **2.4 Chromium (Cr)**

*Chromium* atau Khromium (Cr) adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cr dengan nomor atom 24. Khromium merupakan logam yang tahan korosi karena dapat menghasilkan CrO yang bersifat nonpori sehingga mampu melindungi logam yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor, bangunan, perhiasan dan emas dan juga khromium dapat dipoles menjadi mengkilat (Ghrena, 2017). Khromium adalah 0,035% dari litosfer. Senyawa khromium digunakan dalam tiga aplikasi dalam industri metalurgi, refraktori dan kimia (Darmawi, 2018). Di dunia material, mengungkapkan bahwa dengan menambahkan logam khromium untuk membentuk baja tahan karat, baja dapat memiliki tingkat korosi dan ketahanan aus yang tinggi. Pelapisan khromium umumnya digunakan sebagai lapisan pelapisan kedua setelah proses pelapisan nikel karena proses pelapisan khrom digunakan untuk mempercantik tampilan logam yang sebelumnya berlapis nikel, hanya saja pada pelapisan *hard chrome* material menjadi memiliki kekerasan yang lebih kuat dibanding dengan pelapisan khrom biasa. (Iqbal Satria dkk, 2021)

#### **2.5 Proses Chrome Plating**

Adalah proses pelapisan khromium yang dilakukan dengan teknik elektroplating di dalam larutan elektrolit dan dialiri oleh tegangan arus listrik.

Proses *electroplating* dengan menggunakan *chromium* ini biasa disebut juga dengan *chrome plating*.

Secara manfaat, *chrome plating* ini memiliki 2 kegunaan yaitu *chrome plating* untuk penggunaan dekoratif dan *chrome plating* dengan tujuan penggunaan secara teknik. *Chrome plating* digunakan untuk memberikan tingkat kekerasan yang tinggi pada permukaan logam untuk meningkatkan ketahanan aus, mengurangi gesekan, meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Setidaknya ada dua jenis *chrome plating* berdasarkan fungsinya, diantaranya sebagai berikut.

#### 1. *Hard Chrome Plating*

Yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan. *Hard Chrome Plating* dapat menghasilkan angka ketebalan sebesar 0,020 mm hingga 0.127 mm pada permukaan logam yang dilapisi. *Hard chrome plating* digunakan dalam benda kerja di mana bagian yang akan digunakan dengan tingkat keausan yang sangat tinggi, dan membutuhkan lapisan khrom yang lebih tebal. ketebalan yang ditambahkan menyebabkan retakan dan porositas yang lebih besar pada permukaan khrom. Semakin tebal lapisan *chrome* semakin mudah retakan yang akan terjadi. Maka dari itu, setelah proses *hard chrome plating* dibutuhkan lah finishing lanjutan berupa *polishing*, *grinding*, dan *honing* untuk mendapatkan hasil yang sempurna.

#### 2. *Thin Dense Chrome Plating*

*Thin dense chrome plating* adalah proses yang menghasilkan peningkatan umur kelelahan, permukaan akhir yang lebih halus, dan ketahanan korosi yang lebih tinggi. Karena lapisannya sangat tipis, dari 0,0002 hingga 0,0006 inci (dari 0,005 hingga 0,015 mm), dan padat, lapisan ini tidak memiliki

porositas, celah besar, atau bukaan yang ditemukan pada pelapisan khrom keras konvensional; oleh karena itu, pelapisan khrom padat tipis memberikan ketahanan korosi yang lebih baik.

## 2.6 Prinsip Kerja Elektroplating

Elektroplating pada prinsipnya merupakan rangkaian arus, elektroda (anoda dan katoda), larutan elektrolit dan benda kerja yang ditempatkan sebagai katoda. Komponen seperti pemanas, *filter* dan *agitator* hanya merupakan komponen pendukung yang digunakan dalam beberapa proses elektroplating. Jika arus searah mengalir antara dua elektroda (anoda dan katoda) dalam larutan elektrolit, ion bermuatan positif akan tertarik ke katoda dan ion bermuatan negatif akan bergerak menuju anoda. Ion-ion dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit diendapkan pada katoda (benda kerja). Hasilnya adalah lapisan logam dan gas hidrogen. Evolusi hidrogen perlu dipertimbangkan karena dapat menyebabkan penggetasan hidrogen. Terdapat beberapa reaksi kimia yang terjadi pada proses *hard chrome plating*, diantaranya :

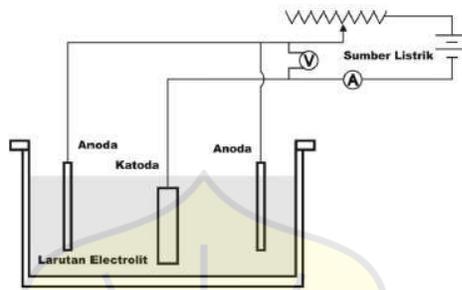
a) Pada katoda :

- Deposisi khromiun  $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-} + 14 \text{H}^+ + 12 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr} + 7 \text{H}_2\text{O}$
- Evolusi hidrogen  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- Pembentukan  $\text{Cr}_{(\text{III})}$   $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

b) Pada anoda :

- Evolusi hidrogen  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

- Oksidasi ion khrom  $2 \text{Cr}^{3+} + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CrO}_3 + 12 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$  (Meilinda Nurbasari, 2014)
- Produksi lead oxide pada anoda  $\text{Pb} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$



Gambar 2.1 Skema *Electroplating* (Budi Suhendro, 2011).

Keterangan :

1. Anoda (Elektron Positif)

Arus mengalir melalui elektrolit antara dua elektroda, dan anoda melepaskan ion logam dan oksigen, yang kemudian disimpan pada elektroda katoda. Peristiwa ini dikenal sebagai proses pelapisan yang melarutkan anoda (anoda larut). Tetapi jika anoda hanya digunakan sebagai penghantar arus (konduktor arus), anoda ini disebut anoda tidak larut (anoda tidak larut).

2. Katoda (Elektron Negatif)

Sebaliknya dengan anoda, katoda merupakan benda kerja yang akan dilapisi. Katoda adalah elektroda yang bermuatan negatif yang berfungsi menarik kation atau muatan positif. Katoda tersebut nantinya akan menjadi sumber dari pendonor elektron, sebab katoda merupakan elektroda yang mampu untuk menghasilkan elektron dan menghasilkan arus yang mampu mengalir dari arah katoda ke anoda.

3. Larutan elektrolit

Merupakan media untuk anoda dan katoda sebagai perpindahan ion-ion. Larutan elektrolit menyesuaikan dengan logam pelapis. Untuk komposisi larutan elektrolit yaitu :

- $\text{CrO}_3$             250 gr
- $\text{H}_2\text{SO}_4$             2,5 ml

Dengan cara pembuatan :

- Mentakar bahan-bahan sesuai dengan komposisi
- Sediakan air bersih sebanyak 25 liter di dalam wadah
- Memasukkan bahan-bahan yang telah tersedia sesuai dengan komposisi, secara berurutan :
  - a) Memasukkan asam khromat dan aduk hingga larut
  - b) Lalu, masukkan asam sulfat secara perlahan sambil mengaduk hingga larut
  - c) Saring larutan, dan larutan bisa digunakan.

#### 4. Sumber Arus Listrik (*Direct current*)

Dalam proses elektroplating, sumber arus listrik merupakan hal terpenting karena mengakibatkan pergerakan dan pembebasan ion-ion. Rentang tegangan arus sebesar 6-12 V. Jika sumber arus berupa bolak-balik (*alternating current* atau AC) maka dibutuhkan lah *rectifier* atau *power supply* guna mengubahnya menjadi arus searah (*direct current*).

#### 5. Air

Dalam industri elektroplating, air merupakan salah satu elemen dasar yang harus ada. Penggunaan air dalam proses elektroplating terbagi menjadi empat jenis:

- a. Untuk pembuatan larutan elektrolit,

- b. Untuk menambah larutan elektrolit yang menguap,
- c. Untuk pembilasan, serta
- d. Untuk proses pendinginan.

Arus listrik yang mengalir ke dalam larutan elektrolit mengakibatkan pergerakan dan pembebasan ion-ion. Hubungan antara jumlah arus listrik yang mengalir dengan jumlah zat yang dibebaskan di dalam larutan tersebut dinyatakan dalam Hukum *Faraday*, yaitu.

- Jumlah zat-zat yang terbentuk pada elektroda pada suatu sel sebanding dengan jumlah arus yang mengalir.
- Jumlah zat-zat yang dihasilkan oleh arus yang sama dalam sel yang berbeda adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat itu.

Pernyataan *faraday* dapat ditulis dengan rumus berikut.

$$B = \frac{I \cdot t \cdot e}{F} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

$B$  = berat zat yang terbentuk (gram)

$i$  = Jumlah arus yang mengalir (ampere)

$t$  = Waktu (detik)

$e$  = Berat ekivalen zat yang dibebaskan

$F$  = Jumlah arus yang diperlukan untuk membebaskan sejumlah garam ekivalen suatu zat

Hukum 1 membuktikan adanya hubungan antara reaksi kimia dan jumlah arus listrik yang mengalir. Menurut *Faraday*, arus 1 ampere mengalir selama 96.496 detik (26,8 jam) membebaskan 1,008 gram hidrogen (H) dan 35,437 gram khlor (Cl) dari larutan asam khlorida. Hasil yang ditunjukkan bahwa 96.496 *coulomb* arus

listrik membebaskan satu satuan berat ekivalen ion positif dan negatif (1 *faraday* = 96.50°C0 *coulomb*). Untuk menentukan logam yang terdeposisi dengan arus dan waktu dapat ditentukan seperti persamaan.(Rozak, 2017)

$$G = \frac{I \cdot t}{96500} \times \frac{Ar/Mr}{valensi} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

G = berat logam yang terdeposisi (gram)

I = rapat arus yang mengalir (ampere)

t = waktu pelapisan (detik)

Ar/MR = massa atom/molekul relatif

## 2.7 Uji Kekerasan

Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan dan deformasi plastis. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi. (Fransisca, 2020)

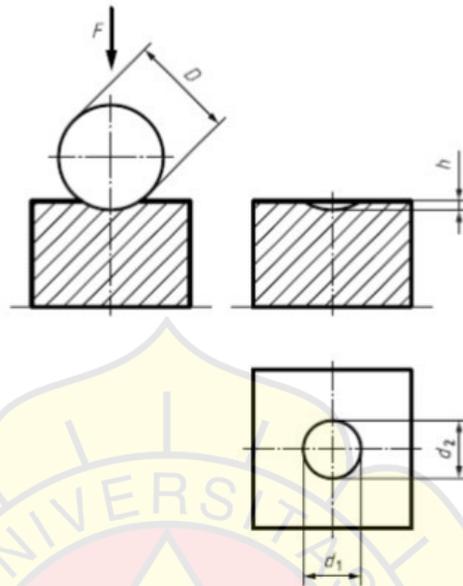
Adapun beberapa metode uji kekerasan yang biasa digunakan :

1. Uji Kekerasan *Brinell*
2. Uji Kekerasan *Rockwell*
3. Uji Kekerasan *Vickers*
4. *Micro Hardness*

### 2.7.1 Uji Kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan *brinell* bertujuan untuk menentukan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (*indenter*) yang ditekan pada permukaan spesimen tersebut. Idealnya, pengujian *brinell* diperuntukkan bagi

material yang memiliki kekerasan *brinell* hingga 400 HBN, jika lebih dari nilai tersebut maka disarankan menggunakan metode *rockwell* ataupun *vickers*.



Gambar 2.2 Metode Uji Kekerasan *Brinell*.

Dalam praktek, pengujian *brinell* biasa dinyatakan dalam (contoh) : HBN 5 / 750 / 15 hal ini berarti bahwa kekerasan *brinell* hasil pengujian dengan bola baja berukuran diameter 5 mm, dengan beban uji sebesar 750 N per 0.102, dan lama pengujian sekitar 15 detik. Mengenai durasi pengujian tergantung dengan material yang akan diuji. Untuk material jenis baja lama pengujiannya adalah 15 detik, sementara untuk material yang bukan baja lama pengujiannya adalah 30 detik.

Dalam melakukan pengujian, ketebalan dari spesimen juga harus diperhatikan, serta jangan sampai menekan bagian pinggir dari sampel uji. Angka kekerasan *brinell* adalah fungsi beban dan diameter lubang hasil, yang dinyatakan dalam persamaan.(Dieter, 1987)

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan :

- P = beban *indentor* (kg)  
D = diameter *indentor* (mm)  
d = diameter lubang (mm)

### 2.7.2 Uji Kekerasan *Rockwell*

Metode *Rockwell* merupakan metode pengukuran kekerasan suatu bahan yang paling banyak dilakukan. Hal ini dikarenakan metode pengujiannya sederhana dan tidak memerlukan keahlian khusus dalam mengoperasikannya. Beberapa skala berbeda dapat dihasilkan dari penggunaan variabel *indentor* dengan tingkat pembebanan yang berbeda. Ada dua jenis *indentor* yang biasa digunakan dalam pengujian ini yaitu kerucut berbahan intan dan bola baja yang dikeraskan dengan ukuran 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 inci (1.588; 3.175; 6.350:12.70 mm). Selain itu, sebuah *indentor* berlian digunakan untuk material yang lebih keras. (Nasmi, 2018). Media pengujian *rockwell* dapat dilihat pada gambar

Skala umum yang dipakai dalam pengujian *rockwell* adalah.

1. HRa (Untuk material yang sangat keras)
2. HRb (Untuk material yang lunak).

*Indentor* berupa bola baja dengan diameter 1/6 inchi dan beban uji 100 kgf.

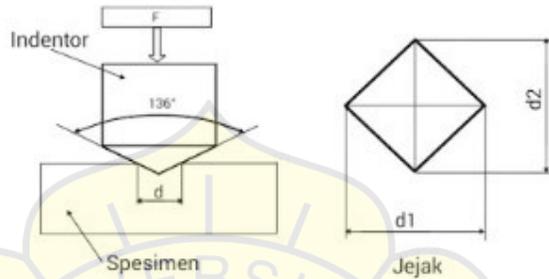
3. HRc (Untuk material dengan kekerasan sedang)

*Indentor* berupa kerucut intan dengan sudut puncak 120 derajat dan beban uji sebesar 150°C kgf.

### 2.7.3 Uji Kekerasan *Vickers*

Dalam metode pengujian ini, *indentor* berupa piramida intan dengan besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat. Beban yang dikenakan pada spesimen lebih kecil dari sebelum-sebelumnya yaitu di

rentang angka 1-1000 gram saja. Hasil dari pengujian kemudian diamati dibawah mikroskop dan dikonversikan menjadi skala kekerasan. Perbedaan antara metode *vickers* dengan metode yang lainnya adalah, spesimen terlebih dahulu harus dihaluskan dan dipoles untuk mendapatkan akurasi yang baik. Metode pengujian dapat dilihat melalui gambar berikut.



Gambar 2.3 Metode Uji Kekerasan *Vickers*.

Hasil pengujian *vickers*, dapat dikalkulasikan dengan rumus :

$$VHN = \frac{1,854.P}{d^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

P = beban (kg/mm<sup>2</sup>)

d = panjang diagonal jejak tekanan (mm)

### 2.8 Pengujian Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan waktu penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah *mm/th* (standar internasional) atau *mill/year* (*mpy*, standar *british*). Tingkat ketahan suatu material terhadap korosi umumnya memiliki nilai laju korosi 1-200 *mpy*. Untuk perhitungan laju korosi, ditulis dengan rumus sebagai berikut.(Yoyok & A'rasy, 2016)

$$CR(mm/y) = \frac{W.K}{D.As.T} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

CR = *corrosion rate* (mm/y)

W = berat yang hilang (gram)

K = konstanta

As = luas permukaan (cm<sup>2</sup>)

T = waktu (jam)

Tabel berikut adalah penggolongan tingkat ketahanan material berdasarkan laju korosinya.

Tabel 2.3 Konstanta Perhitungan Laju Korosi Berdasarkan Satuan.

<i>Corrosion Rate Unit Desired</i>	<i>Constant (K) in Corrosion Rate Equation</i>
<i>Mils per year (mpy)</i>	$3,45 \times 10^6$
<i>Inches per year (ipy)</i>	$3,45 \times 10^3$
<i>Inches per month (ipm)</i>	$2,87 \times 10^2$
<i>Milimetres per year (mm/y)</i>	$8,76 \times 10^4$
<i>Micrometres per year (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	$8,76 \times 10^7$
<i>Picometres per second (pm/s)</i>	$2,78 \times 10^6$
<i>Grams per square meter per hour (g/m<sup>2</sup>.h)</i>	$1.00 \times 10^6 \times D$
<i>Milligrams per square decimeter per day (mdd)</i>	$2.40 \times 10^6 \times D$
<i>Micrograms per square meter per second (<math>\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}</math>)</i>	$2.78 \times 10^6 \times D$

Sumber : *ASTM G1 – Standart Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimen.*

Tabel berikut adalah penggolongan tingkat ketahanan material berdasarkan laju korosinya.

Tabel 2.4 Penggolongan Tingkat Ketahanan Korosi.

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	<i>Approximate Metric Equivalent</i>				
	<i>mpy</i>	<i>mm/year</i>	<i>μm/year</i>	<i>nm/year</i>	<i>pm/sec</i>
<i>Oustanding</i>	<1	<0.02	<25	<2	<1
<i>Excellent</i>	1-5	0.02-0.1	25-100	2-10	1-5
<i>Good</i>	5-20	0.1-0.5	100-50	10-50	5-20
<i>Fair</i>	20-50	0.5-1	500- 1000	50-100	20-50
<i>Poor</i>	50-200	42125	1000- 5000	150-100	50-200
<i>Unacceptable</i>	200+	5+	5000+	500+	200+

Sumber : *Corrosion Engineering, 1986.*