

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang sering dimanfaatkan dan dikembangkan. Dalam aplikasinya tidak hanya untuk peralatan rumah tangga saja tetapi juga dalam kedirgantaraan, komponen otomotif dan produk konstruksi. Material ini sering digunakan karena mempunyai sifat ringan, mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan tahan korosi. Ketahanan korosi ini disebabkan karena adanya lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium. Ketebalan lapisan oksida ini dapat ditingkatkan dengan proses *anodizing*. *Anodizing* merupakan proses pelapisan logam dengan cara membentuk lapisan oksida yang diambil dari larutan elektrolit asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Lapisan oksida yang terbentuk mempunyai ketahanan terhadap perubahan cuaca. Ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada proses *anodizing* dipengaruhi oleh temperatur, kuat arus listrik, voltase, konsentrasi larutan dan waktu pencelupan pada larutan elektrolit.

Proses *anodizing* pada aluminium menghasilkan lapisan oksida tipis yang berpori. Pori ini dapat dimanfaatkan untuk memberikan pewarnaan yang beragam bila diisi zat warna. Pewarnaan pada proses *anodizing* dapat dilakukan dengan pewarna kimia maupun pewarna alami. Larutan yang berasal dari bahan kimia, seperti *chrome* dan *electroplating*, menghasilkan limbah yang dapat membahayakan lingkungan. Karena itu perlu diupayakan dengan menggunakan larutan pewarna yang aman bagi lingkungan. Indonesia memiliki beragam tanaman yang berkhasiat sebagai pewarna alternatif. Tanaman yang sering digunakan untuk pewarna lain adalah daun suji, buah bit, bunga telang, bunga sepatu, rimpang kunyit dan masih banyak lagi. Pewarna yang banyak ditemukan, banyak digunakan sebagai bahan pewarna kain serta bahan pewarna makanan. Dengan bahan alami lain diharapkan diperoleh warna lain sehingga penggunaan bahan pewarna alami dapat ditingkatkan.

Dalam melakukan proses pewarnaan alami, Aminuddin, dkk (2006) melakukan pewarnaan pada aluminium dengan proses *anodizing* menggunakan bahan dari

daun teh sebagai pewarna. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi teh terhadap warna yang dihasilkan pada proses *anodizing*. Warna yang dihasilkan juga sangat tergantung dari kepekatan larutan teh yang digunakan. Teh yang yang digunakan adalah teh hitam dengan konsentasi 5 gram, 10 gram, 15 gram, dan 20 gram per liter. Teh hitam yang digunakan menghasilkan warna kuning keemasan hingga kuning kecoklatan. Semakin tinggi konsentrasi maka menghasilkan warna yang semakin gelap. Tetapi pada pencelupan dengan konsentrasi teh 20 gram/liter tidak terdapat perubahan warna yang mencolok.

Rudiyanto (2012) melakukan pewarnaan aluminium dengan proses *anodizing* menggunakan bahan pewarna dari daun pandan wangi. Warna yang dihasilkan dari daun pandan wangi adalah warna hijau. Hasil *anodizing* tergantung konsentrasi larutan daun pandan wangi yang digunakan. Hasil yang didapat adalah semakin tinggi larutan konsentrasi yang digunakan maka semakin terang warna yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena bahan pewarna dari daun pandan wangi yang mengendap pada pori-pori pada permukaan aluminium hasil proses *anodizing* merupakan proses pewarnaan yang bukan sebenarnya. Pada pencelupan aluminium dalam larutan dengan konsentrasi kepekatan larutan daun pandan wangi yang lebih tinggi (10 gram/liter dibandingkan dengan 5 gram/liter, 15 gram/liter dibandingkan dengan 10 gram/liter, dan 20 gram/liter dibandingkan dengan 15 gram/liter) menghasilkan degradasi warna hijau yang lebih terang dibandingkan dengan pada larutan dengan kadar daun pandan wangi yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh semakin pekat larutan daun pandan wangi yang digunakan menyebabkan bahan pewarna yang terserap lebih mudah dan cepat masuk ke dalam pori-pori pada permukaan logam aluminium. Bersamaan dengan hal itu, proses *dyeing* menghasilkan semakin banyak residu daun pandan wangi sebagai bahan yang tidak terserap. Hal tersebut disebabkan oleh adanya larutan yang berupa residu daun pandan wangi yang ikut menempel pada lapisan warna yang sebenarnya semakin banyak berkurang, sehingga warna lapisan yang dihasilkan merupakan warna lapisan yang sebenarnya.

Sedangkan Ngatin dan Mulyono (2013) menggunakan ekstraksi dari kulit manggis sebagai pewarna alami dalam proses *anodizing*. Warna yang dihasilkan

dari ekstraksi kulit manggis tersebut mulai dari warna kuning muda sampai kuning kecoklatan. Konsentrasi warna yang semakin tinggi menghasilkan warna yang semakin berwarna coklat. Hasilnya menunjukkan bahwa warna yang terbaik berada pada konsentrasi 5% yaitu berwarna kuning keemasan. Jika dibandingkan dengan konsentrasi 2,5% atau 7,5%, pada konsentrasi 5% diperoleh warna yang lebih menarik. Warna yang menarik artinya adalah warna yang merata, tebal dan terang. Warna pada konsentrasi 5% dan 2,5% sama yaitu kuning keemasan, tetapi pada konsentrasi 2,5% mempunyai warna yang kurang merata dan pada konsentrasi 7,5%, mempunyai warna permukaan logam aluminium berwarna coklat tua.

Kemudian Anggara, dkk (2010) menggunakan kunyit sebagai pewarna alami pada proses *anodizing* dengan konsentrasi larutan 5 gram, 10 gram, 15 gram dan 20 gram per liter. Tegangan listrik DC yang digunakan yaitu 12 V, dengan arus listrik sebesar 3,2 A, densitas arus yang dihasilkan 10-15 mA/cm<sup>2</sup>. Sedangkan waktunya perpendelupan 30 menit. Spesimen difoto sesuai dengan konsentrasi larutan kunyit, kemudian dimasukkan ke *Software Adobe Photoshop* untuk mengetahui jumlah resolusi warna yang dihasilkan. Untuk konsentrasi 5 gram/liter menghasilkan 1738114 resolusi warna, konsentrasi 10 gram/liter menghasilkan 1112384 resolusi warna, untuk konsentrasi larutan kunyit 15 gram/liter menghasilkan 1241194 resolusi warna dan 1021989 resolusi warna yang didapat dengan larutan kunyit 20gram/liter. Penelitian tersebut menghasilkan warna yang belum seragam dan berbeda-beda. Faktor yang menyebabkan hal tersebut meliputi (1) kuat arus listrik tidak stabil, (2) kurang bersihnya permukaan spesimen, (3) partikel pewarna tidak larut dalam proses *dyeing*, (4) minyak yang ikut larut pada proses pewarnaan, (5) campuran aluminium yang tidak murni. Jika faktor tersebut dapat diatasi dengan baik akan menghasilkan kualitas warna yang baik. Hal yang perlu ditingkatkan untuk penelitian selanjutnya adalah menjaga kuat arus listrik agar tetap stabil, pembersihan permukaan spesimen dengan cara dipoles, larutan pewarna yang digunakan dengan kondisi yang bersih dan dengan partikel yang halus agar larut dalam proses *dyeing* dan menggunakan aluminium murni seri 1xxx.

Dalam penelitian ini digunakan pewarna alami yang berasal dari kunyit karena dalam penelitian sebelumnya belum menghasilkan warna yang belum seragam dan

berbeda-beda. Pada penelitian ini pada proses *dyeing* menggunakan bubuk kunyit yang dididihkan dan diberi *air pump*, hal tersebut bertujuan agar larutan *dyeing* dapat terserap dengan baik pada permukaan aluminium. Penggunaan zat pewarna alami dari kunyit, merupakan alternatif yang dapat digunakan, karena selain harganya murah, mudah didapat, jumlahnya juga melimpah, dan aman bagi lingkungan. Kunyit menghasilkan limbah yang tidak berbahaya bagi lingkungan karena dapat langsung diuraikan oleh lingkungan, sebagaimana bahan dari pandan wangi yang digunakan pada logam aluminium dan penggunaan daun teh hitam serta ekstraksi kulit manggis pada logam aluminium pada proses *anodizing*.

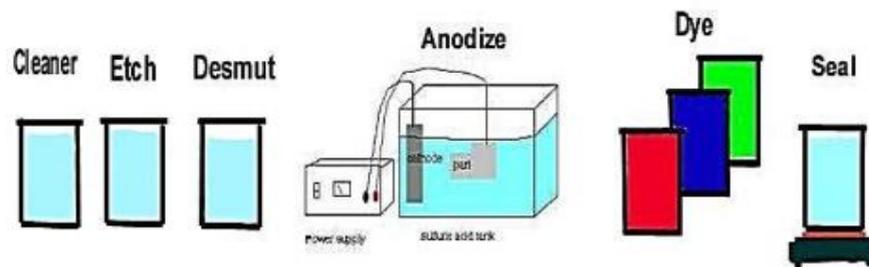
Dari beberapa hasil penelitian di atas menunjukkan konsentrasi larutan pewarna alami yang digunakan pada proses *dyeing* sangat mempengaruhi hasil dari kecerahan warna. Namun dari beberapa penelitian tersebut belum melakukan pengujian terhadap struktur makro, kekasaran permukaan, ketebalan lapisan oksida, dan keausan aluminium hasil *anodizing*. Karena dari *customer* tidak hanya mementingkan kualitas warnanya saja, tetapi juga kehalusan permukaannya, warnanya merata atau tidak dan ketahanan gesek pada permukaannya. Oleh sebab itu untuk mengetahuinya maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap *anodizing* aluminium menggunakan pewarna kunyit.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Pengertian *Anodizing***

*Anodizing* adalah suatu proses *surface treatment* untuk melapisi permukaan logam agar terlindung dari pengaruh subversif lingkungan yang dapat menyebabkan korosi, disamping itu metode *anodizing* juga menghasilkan tampilan logam yang lebih menarik, serta tahan terhadap gesekan permukaan. Dengan menggunakan proses elektrokimia ini akan terbentuk lapisan oksida berpori yang dapat dilakukan proses sekunder yaitu *dyeing*. Proses *anodizing* ini dapat meningkatkan keandalan dari permukaan logam dan dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Aluminium merupakan logam yang paling sering di *anodizing*. Selain aluminium, magnesium dan titanium juga dapat untuk bahan *anodizing*.

Penjelasan secara kimia, *anodizing* adalah proses elektrolisis menggunakan larutan elektrolit sebagai penghubung antara katoda dan anoda. Sebuah katoda dipasang pada tangki elektrolit dan logam yang akan dianodizing bertindak sebagai anodanya, sehingga ion oksigen dilepaskan dari larutan elektrolit untuk dikombinasikan dengan atom-atom pada permukaan logam yang di *anodizing*. Tujuan *anodizing* adalah menghasilkan lapisan oksida aluminium yang melindungi aluminium dari korosi dan memberikan permukaan inert yang mempertahankan tampilan awalnya selama bertahun-tahun.



**Gambar 2.1** Proses *Anodizing*  
Sumber : (Taufiq, 2011)

### 2.2.2 Jenis - jenis *Anodizing*

Terdapat tiga jenis *anodizing* yang sering dan umum digunakan serta memiliki tujuan masing-masing yaitu:

#### 1. *Chromic Acid Anodizing*

*Anodizing* jenis ini menggunakan elektrolit Asam Kromat, menghasilkan lapisan hanya sekitar 0,5 sampai 2,5 mikron. Pada saat proses berlangsung, 50% lapisan oksida melebur ke dalam substrat dan 50% pertumbuhan lapisan oksida keluar. Lapisan oksida yang dihasilkan cenderung lebih ulet dibanding jenis lain.

#### 2. *Sulfuric Acid Anodizing*

Jenis ini merupakan jenis yang umum dilakukan yaitu menggunakan Asam Sulfat sebagai elektrolitnya. Menghasilkan lapisan oksida sampai 25 mikron. 67% lapisan terintegrasi ke dalam sisanya keluar. Lapisan yang dihasilkan bersifat porous sehingga dapat dilakukan pewarnaan. Dapat diterapkan untuk otomotif, bagian pesawat terbang, maupun komputer.

#### 3. *Hard Anodizing*

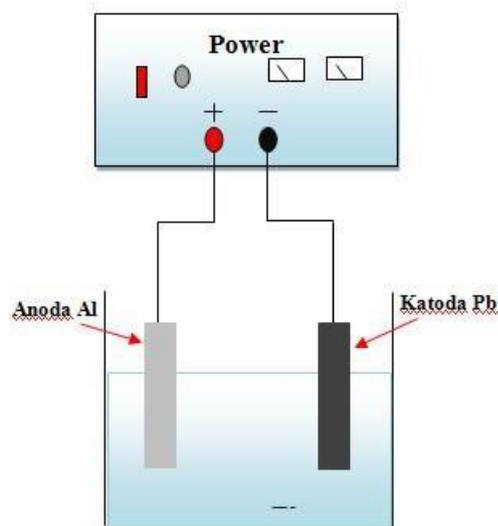
Elektrolit yang digunakan sama dengan jenis yang kedua tetapi menggunakan konsentrasi yang lebih pekat pada temperatur yang lebih rendah. Menghasilkan lapisan oksida sampai 75%. Menghasilkan lapisan dengan ketahanan korosi dan ketahanan abrasi yang sangat baik, anti luntur dan tahan terhadap temperatur tinggi. Diterapkan pada komponen yang membutuhkan ketahanan korosi yang tinggi seperti pada piston.

### 2.2.3 Komponen *Anodizing*

Terdapat tiga komponen penting yang digunakan pada proses *anodizing* antara lain:

#### 1. Elektroda

Elektroda merupakan sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan sebuah bagian non logam contohnya elektrolit, dalam sebuah rangkaian listrik. Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda dan elektroda tempat terjadinya reduksi disebut katoda. Pada proses *anodizing* aluminium menggunakan elektroda yang sama yaitu aluminium.



**Gambar 2.2** Skema Rangkaian Sel Anodisasi  
Sumber : (Sidharta, 2014)

#### 2. Elektrolit

Elektrolit adalah unsur dalam sel yang dapat menghantar listrik. Dalam elektrolit muatan listrik diantar oleh ion yang bergerak. Larutan elektrolit dapat

dibedakan menjadi dua yaitu elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Elektrolit kuat memiliki daya hantar yang relatif tinggi walaupun konsentrasinya relatif kecil. Contoh senyawa yang merupakan elektrolit kuat misalnya HCl, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HNO<sub>3</sub>. Sedangkan elektrolit lemah mempunyai daya hantar yang relatif rendah walaupun konsentrasinya relatif besar. Contoh elektrolit lemah yaitu CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>OH, Al(OH)<sub>3</sub>, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

### 3. Elektrolisis

Elektrolisis adalah suatu proses reaksi kimia yang terjadi pada elektroda yang tercelup dalam cairan elektrolit saat dialiri arus listrik dari sumber potensial luar. Komponen terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan elektrolit. Sedangkan sel elektrolisis adalah sebuah sel elektrokimia yang menggunakan sumber energi listrik dari luar untuk menjalankan suatu reaksi yang tidak otomatis. Energi listrik berfungsi sebagai pompa elektron yang menggerakkan elektron dari anoda ke katoda. Aluminium akan berubah menjadi ion aluminium yang larut ke dalam larutan asam sesuai dengan persamaan (2.1) berikut :



Massa zat tertentu yang dihasilkan pada suatu elektroda berbanding lurus dengan jumlah arus listrik yang melalui sel. Massa ekuivalen zat yang berbeda dihasilkan pada elektroda dengan melewati sejumlah tertentu arus listrik melalui sel. Hukum Faraday ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (2.2) berikut :

$$n = \frac{i \cdot t}{F \cdot z} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$n$  : jumlah zat (mol)

$i$  : arus listrik (ampere)

$F$ : tetapan Faraday (1 Faraday = 96485 coulomb/mol)

$z$  : jumlah elektron yang ditransfer per ion

Mengingat, massa zat adalah perkalian massa atom ( $AR$ ) dengan mol atom maka dari persamaan diatas dapat dimodifikasi menjadi :

$$n \cdot AR = \frac{i \cdot t}{F \cdot z} \cdot AR \dots\dots\dots (2.3)$$

$$m = \frac{i \cdot t \cdot AR}{F \cdot z} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot AR}{F \cdot z} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

$n$  : jumlah zat (mol)

$i$  : arus listrik (ampere)

$F$ : tetapan Faraday (1 Faraday = 96485 coulomb/mol)

$z$  : jumlah elektron yang ditransfer per ion

$AR$ : massa atom

Untuk aluminium, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.6) berikut :

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot 26,98}{96845 \cdot 3} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\frac{m}{t} = 9,32 \times 10^{-5} \cdot i \dots\dots\dots (2.7)$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui bahwa laju massa aluminium yang larut berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang digunakan.

#### 2.2.4 Aluminium

Aluminium memiliki berat jenis hanya 2,7 gram/cm<sup>3</sup>, kira-kira sepertiga baja (7,83 gram/cm<sup>3</sup>). Berat jenis yang ringan seperti itu, ditambah dengan kekuatan tinggi beberapa paduan aluminium (melebihi baja struktural), memungkinkan perancangan dan konstruksi struktur yang kuat dan ringan yang sangat menguntungkan untuk segala hal yang bergerak, baik itu kendaraan dan pesawat terbang serta semua jenis kendaraan darat dan air.

Kombinasi unik dari sifat yang disediakan oleh aluminium dan paduannya membuat aluminium menjadi bahan logam yang paling serbaguna, ekonomis, dan menarik untuk digunakan. Mulai dari pembungkus lembut dan sangat ulet hingga aplikasi teknik yang rumit. Aluminium adalah logam kedua yang sering digunakan setelah baja.

Aluminium memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Ringan: mempunyai berat sekitar sepertiga dari baja. Berat jenisnya hanya 2.7 gram/cm<sup>3</sup>, sedangkan baja  $\pm$  7,83 gram/cm<sup>3</sup>.
2. Kuat: terutama bila dipadukan dengan logam lain. Paduan Al dengan logam lainnya menghasilkan logam yang kuat.
3. Reflektif: dalam bentuk aluminium foil digunakan sebagai pembungkus makanan, obat dan rokok.
4. Konduktor panas: sangat baik untuk penggunaan pada mesin / alat pemindah panas sehingga dapat memberikan penghematan energi.
5. Konduktor listrik: setiap satu kilogram aluminium dapat menghantarkan arus listrik dua kali lebih besar jika dibanding dengan tembaga.
6. Tahan korosi: sifatnya yang *durable* sehingga baik dipakai untuk lingkungan yang dipengaruhi oleh unsur – unsur seperti air, udara, suhu, dan unsur – unsur kimia lainnya, baik diruang angkasa bahkan sampai ke dasar laut.
7. Tidak beracun: sangat baik untuk penggunaan pada industri makanan, minuman dan obat – obatan yaitu untuk peti kemas dan pembungkus.
8. Mudah difabrikasi: sifat lain yang menguntungkan dari aluminium adalah sangat mudah difabrikasi, dapat dicor dengan cara penuangan apapun. Dapat deforming dengan cara: *rolling*, *drawing*, *forging*, *extrusi* dll. Menjadi bentuk yang rumit sekalipun.

### 2.2.5 Klasifikasi Aluminium

Aluminium adalah logam paling melimpah di dunia dan elemen ketiga paling umum yang terdiri dari 8% dari kerak bumi. Fleksibilitas aluminium membuatnya menjadi logam yang paling banyak digunakan setelah baja. Aluminium murni lunak, ulet, tahan korosi dan memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Ini banyak

digunakan untuk kabel konduktor, tetapi paduan dengan lainnya elemen diperlukan untuk memberikan kekuatan yang lebih tinggi diperlukan untuk aplikasi lain.

Aluminium adalah salah satunya logam rekayasa ringan, memiliki kekuatan untuk rasio berat lebih unggul dari baja. Dengan memanfaatkan berbagai kombinasi yang menguntungkan sifat seperti kekuatan, ringan, korosi resistensi, daur ulang dan kemampuan bentuk, aluminium dipekerjakan dalam jumlah yang terus meningkat aplikasi. Rangkaian produk ini berkisar dari bahan struktural hingga kemasan tipis.

Aluminium paling sering dicampur dengan tembaga, seng, magnesium, silikon, mangan dan lithium. Kecil tambahan kromium, titanium, zirkonium, timbal, bismuth dan nikel juga dibuat serta besi selalu hadir dalam jumlah kecil. Ada lebih dari 300 paduan tempa dengan 50 kesamaan menggunakan. Mereka biasanya diidentifikasi oleh empat tokoh sistem yang berasal dari Amerika Serikat dan sekarang diterima secara universal. Tabel 2.1 menjelaskan sistem untuk paduan tempa. Paduan tempa memiliki sebutan yang sama dan menggunakan sistem lima digit.

**Tabel 2.1** Daftar seri paduan aluminium

Sumber : (AALCO,2017)

No Seri	Komposisi Paduan
1XXX	Paduan Elemen Tidak Ada (99% + Aluminium)
2XXX	Paduan Elemen Tembaga
3XXX	Paduan Elemen Mangan
4XXX	Paduan Elemen Silikon
5XXX	Paduan Elemen Magnesium
6XXX	Paduan Elemen Magnesium + Silicon
7XXX	Paduan Elemen Seng
8XXX	Paduan Elemen Lithium / Lainnya

Untuk paduan aluminium tempa *unalloyed* ditunjuk 1XXX, dua digit terakhir mewakili kemurnian logam. Mereka setara dengan dua digit terakhir setelah titik desimal ketika kemurnian aluminium dinyatakan hingga 0,01% terdekat. Kedua

digit menunjukkan modifikasi dalam batas pengotor. Jika itu digit kedua adalah nol, ini menunjukkan aluminium yang tidak beroda memiliki batas pengotor alami dan 1 hingga 9, menunjukkan kotoran individu atau elemen paduan. Untuk grup 2XXX hingga 8XXX, dua digit terakhir mengidentifikasi paduan aluminium yang berbeda dalam kelompok. Digit kedua menunjukkan modifikasi paduan.

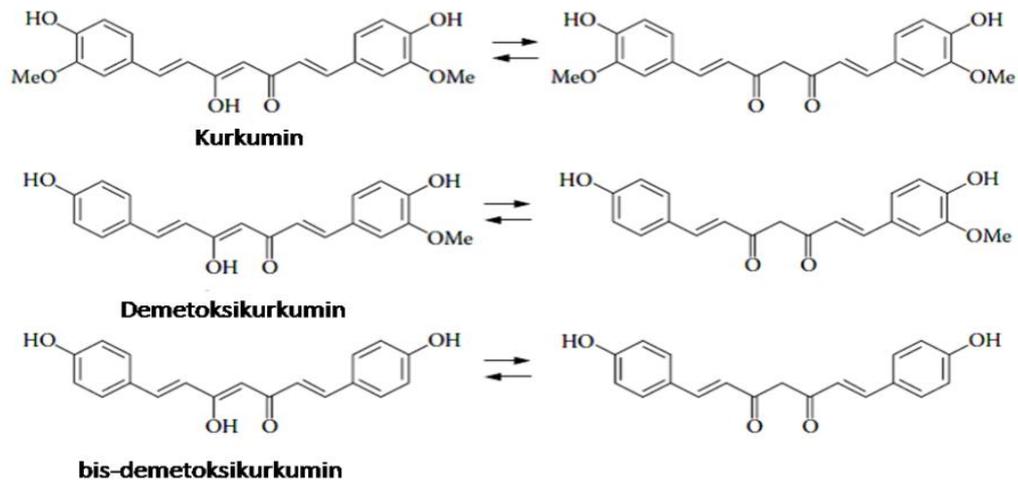
### **2.2.6 Kunyit (*Curcuma domestica* Val.)**

Kunyit atau kunir (*Curcuma domestica* Val.), adalah salah satu tanaman rempah dari wilayah Asia. Manfaat dari tanaman kunyit baik sebagai pelengkap bumbu masakan, jamu/obat-obatan atau untuk menjaga kesehatan dan kecantikan. Tetapi dapat juga dimanfaatkan sebagai zat pewarna, seperti zat pewarna dalam makanan maupun dalam pewarna kerajinan kain tenun.

Penggunaan zat pewarna alami seperti kurkumin dari kunyit, merupakan alternatif yang dapat digunakan, karena selain harganya murah, jumlahnya juga melimpah, dan aman bagi lingkungan. Pemanfaatan zat pewarna alami dapat mengurangi resiko terhadap kerusakan lingkungan. Pewarna alami adalah pigmen yang terbentuk dari sel hidup atau sel mati yang berasal dari tumbuhan, hewan, fungi atau mikro organisme yang diisolasi dari sel dan susunannya dimodifikasi untuk mengubah stabilitas kelarutan dan intensitas warnanya (Budiyono dan Kaseno, 2004).

Menurut Evans (dalam Saidi, 2011), kurkumin merupakan senyawa pewarna yang terdapat pada kunyit. Prinsip pewarnaan aktif kurkumin masih belum jelas karena evaluasi kromatografi kolom kurkumin menunjukkan adanya beberapa pecahan berwarna dan karakterisasi fraksi aktif tidak ditentukan. Kemampuan suatu pewarna untuk membentuk struktur jaringan spesifik ditentukan oleh faktor-faktor tertentu, salah satunya adalah keasaman zat warna.

Zat warna kurkumin (diferuloylmethane) merupakan komponen aktif dari kunyit yang berperan untuk warna kuning, dan terdiri dari kurkumin I, kurkumin II (demetoksikurkumin) dan kurkumin III (bis-demetoksikurkumin) (Fitrikaniawati, 2012). Senyawa tersebut berada dalam bentuk kesetimbangan antara bentuk keto dan enol.



**Gambar 2.3** Rumus struktur kurkuminoid utama rimpang kunyit  
 Sumber : (SEAFAST Center, 2012)

**Tabel 2.2** Warna dan proporsi warna ketiga kurkuminoid rimpang kunyit  
 Sumber : (SEAFAST Center, 2012)

Nama Senyawa	Warna	Fraksi Warna (%)
Kurkumin	Kuning kemerahan	49,6
Demetoksikurkumin: p-hidroksi cinnamoil-feruloil metana	Kuning kemerahan	28,7
Bis-demetoksikurkumin: Bis-(p-hidroksi cinnamoil) metana	Kuning jingga	22,3

### 2.2.7 Proses Anodizing

Langkah proses *anodizing* pada aluminium adalah sebagai berikut:

#### 1. *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah membersihkan kotoran yang terdapat pada permukaan benda kerja yang diratakan atau dibersihkan dengan kertas amplas dengan menggunakan detergen murni. Detergen murni natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan konsentrasi larutan yang digunakan 50 gram/liter.

#### 2. *Rinsing cleaning*

Proses *rinsing cleaning* adalah proses membersihkan benda kerja aluminium setelah proses *cleaning* dengan menggunakan aquades dari bahan kimia yang menempel

pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses *etching*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

### 3. *Etching*

*Etching* adalah proses menghilangkan lapisan oksida pada permukaan aluminium yang tidak dapat dihilangkan dengan proses sebelumnya. Proses ini untuk memperoleh permukaan benda kerja yang lebih rata dan halus dengan menggunakan bahan soda api (NaOH) dengan konsentrasi 100 gram/liter.

### 4. *Rinsing Etching*

Proses *rinsing etching* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *etching* dengan menggunakan aquades dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses *desmut*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

### 5. *Desmut*

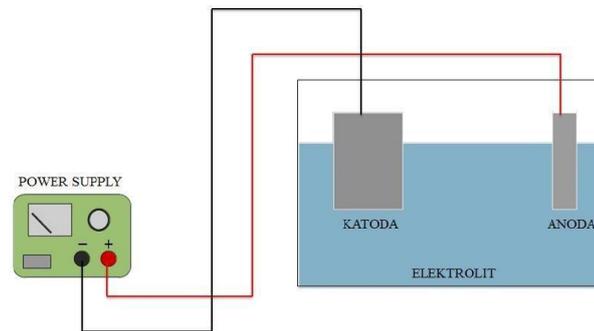
Proses *desmut* adalah suatu proses yang berfungsi sebagai pembersihan bercak - bercak hitam yang diakibatkan oleh proses *etching*. Larutan yang dipakai adalah campuran dari asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 75% ditambah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 15% dan asam nitrat ( $HNO_3$ ) 10%.

### 6. *Rinsing Desmut*

Proses *rinsing desmut* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *Desmut* dengan menggunakan aquades dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses *anodizing*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

### 7. *Anodizing*

Proses *anodic oxidation* adalah proses pelapisan secara elektrokimia yang merubah aluminium menjadi aluminium oksida dengan proses elektrolisis, larutan yang digunakan campuran asam sulfat dengan konsentrasi 40% ditambah aquades 60%. Benda kerja dipasang pada anoda (+) dan sebagai katoda (-) dengan menggunakan lembaran aluminium yang lebih besar dari benda kerja.



**Gambar 2.4** Rangkaian proses *anodic oxidation*  
Sumber : (Hermawan, 2017)

Logam aluminium atau spesimen pada proses *anodic oxidation* sebagai anoda sehingga logam inilah yang akan teroksidasi. Persamaan (2.8) reaksi yang terjadi pada anoda sebagai berikut :



Atom yang terdapat pada spesimen akan teroksidasi menjadi ion yang larut dalam larutan elektrolit. Hal tersebut membuat permukaan spesimen menjadi berlubang membentuk pori – pori. Sedangkan reaksi yang terjadi pada katoda seperti ditunjukkan pada persamaan (2.9) :



#### 8. *Rinsing anodizing*

Proses *rinsing anodizing* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *anodizing* dengan menggunakan aquades dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses *coloring*, sehingga tidak mengganggu proses berikutnya.

#### 9. *Dyeing*

Proses pewarnaan berfungsi sebagai pemberian warna pada pori-pori lapisan oksida yang terbentuk setelah *anodic oxidation*, sehingga dihasilkan tampilan warna yang menarik pada lapisan oksida aluminium. Dengan mencampurkan 1 liter aquades

dan larutan kunyit dengan takaran 10 gram/liter, 20 gram/liter, dan 30 gram/liter. Suhu pewarna yang sudah siap tersebut dijaga antara 90-97°C. Kemudian mencelupkan aluminium ke dalam larutan kunyit tersebut, dengan waktu pencelupan 30 menit.

#### 10. *Sealing*

Proses *sealing* berfungsi menutup pori-pori lapisan oksida yang dihasilkan dari proses *anodic oxidation* yang masih terbuka dan untuk mencegah pewarna keluar dari pori-pori lapisan oksida atau pudar, pada proses *sealing* larutan yang digunakan adalah asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dengan konsentrasi 5 gram/liter. Setelah dilakukan proses *sealing*, maka struktur permukaan lapisan akan menjadi lebih halus dan rata.

#### 11. *Rinsing sealing*

Proses *rinsing sealing* adalah proses pembersihan benda kerja aluminium setelah proses *sealing* dengan menggunakan aquades dari bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium, sehingga tidak ada sisa bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium.

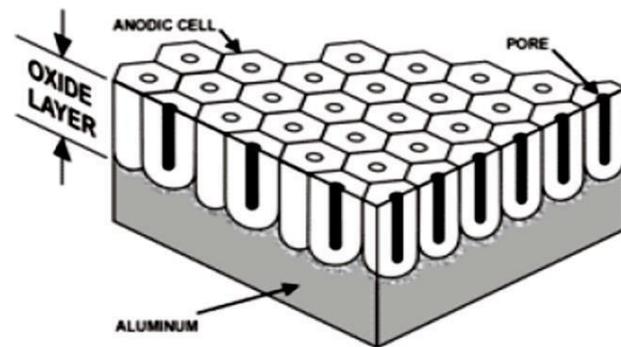
### 2.2.8 Lapisan Oksida

Lapisan yang dihasilkan dari proses *anodizing* mempunyai struktur yang berbeda dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami, lapisan yang mempunyai struktur pilar hexagonal berpori yang mempunyai karakter unik sehingga sifat mekanis meningkat. Secara umum lapisan oksida dari hasil proses *anodizing* mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Keras, alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) mempunyai nilai kekerasan sebanding dengan *sapphire*.
- Transparan, dengan beberapa variasi warna.
- Tidak dapat mengelupas dari logam induknya.

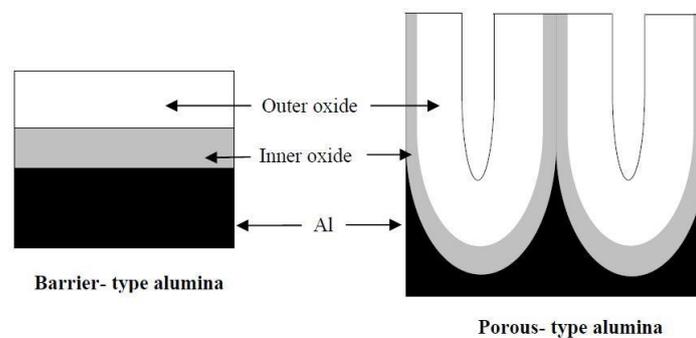
Lapisan oksida yang terbentuk dari proses *anodizing* akan meningkatkan ketahanan abrasif, kemampuan insulator elektrik, dan kemampuan menyerap zat pewarna (*dyestuff*) untuk menghasilkan tampilan dekoratif pada permukaan hasil *anodizing*. Aluminium dan paduannya mempunyai sifat tahan terhadap korosi atmosfer karena

adanya lapisan oksida yang mampu terbentuk secara sendirinya saat logam ini terpapar udara.



**Gambar 2.5** Struktur Lapisan Aluminium Oksida  
Sumber : (Hutasoit, 2008)

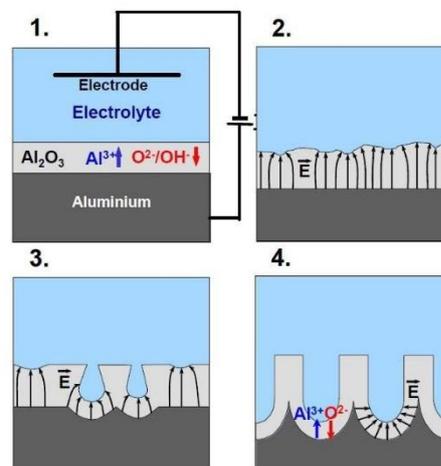
Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan aluminium yang *dianodizing* bergantung pada jenis larutan elektrolit yang digunakan, lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*) dan lapisan pori oksida (*porous oxide film*) dapat terbentuk selama proses *anodizing*. Lapisan oksida mempunyai struktur pilar hexagonal berpori, dapat ditunjukkan pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Skema lapisan pori hasil *anodizing*  
Sumber : (Sipayung, 2008)

Struktur berpori yang timbul pada lapisan oksida adalah hasil dari kesetimbangan reaksi pembentukan serta pelarutan oksida. Pada awalnya lapisan pori yang terbentuk berupa silinder memanjang namun karena bersinggungan dengan oksida lainnya yang ada disisi – sisinya, maka lapisan oksida tersebut bertransformasi menjadi bentuk pilar hexagonal berpori. Proses pembentukan lapisan oksida dapat dibagi dalam empat tahapan, yaitu:

1. Penambahan *barrier layer* yang ditandai dengan penurunan arus yang mengalir. *Barrier layer* ini merupakan lapisan oksida aluminium yang menebal akibat adanya reaksi oksida pada permukaan aluminium. Hal tersebut berakibat penebalan maka hambatan yang ditimbulkan menjadi lebih besar. Hal ini yang menyebabkan penurunan arus selama pembentukan *barrier layer*.
2. Setelah *barrier layer* menebal, mulai timbul benih – benih pori dekat batas antara oksida dan larutan. Pada tahap ini terjadi penurunan arus pada sistem dan akan mencapai titik minimum saat tahapan ini berhenti.
3. Inisiasi pori terbentuk menjadi awal pembentukan struktur oksida berpori. Pori yang terbentuk pada tahapan ini tidak sempurna dan terjadi peningkatan arus yang mengalir pada sistem.
4. Arus yang mengalir pada sistem akan meningkat seiring dengan sempurnanya struktur lapisan oksida. Peningkatan ini terjadi sampai suatu saat arus yang mengalir akan konstan saat struktur lapisan oksida telah terbentuk sempurna, dapat ditunjukkan pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Tahapan pembentukan lapisan oksida (1) Pembentukan *barrier layer* (2) Awal pembentukan pori – pori (3) Pori mulai terbentuk dan berkembang (4) Pori yang terbentuk semakin stabil.

Sumber : (Sipayung, 2008)

### 2.2.9 Pengukuran Ketebalan Plat

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Hermawan (2017) menyatakan bahwa aluminium yang dianodizing akan mengalami pengurangan ketebalan. Hal

ini terjadi karena adanya pengikisan ion-ion aluminium pada proses *anodic oxidation*.

Untuk mengetahui nilai ketebalan spesimen dapat dihitung menggunakan mikrometer sekrup. Mikrometer sekrup merupakan alat ukur yang berfungsi mengukur benda berukuran kecil dan tipis. Ketelitian dari mikrometer sekrup adalah 0,01 mm.

#### **2.2.10 Pengujian Kecerahan Warna**

Untuk mengetahui persentase komposisi warna yang dihasilkan dari proses *anodizing* tidak dapat diukur menggunakan mata telanjang. Pengujian kecerahan warna ini bertujuan untuk mengetahui kecerahan warna pada permukaan aluminium setelah diproses *anodizing* menggunakan variasi konsentrasi larutan pewarna kunyit. Aluminium difoto menggunakan kamera kemudian dimasukkan kedalam *software Adobe Photoshop Cs6*. Kombinasi warna yang dihasilkan adalah *red* (R), *green* (G), *blue* (B). Angka yang dihasilkan disebut *color values*.

#### **2.2.11 Pengujian Kekasaran Permukaan**

Struktur permukaan sebuah material dapat diukur dengan mengetahui nilai kekasarannya. Tingkat kekasaran tidak dapat diukur hanya menggunakan rabaan tangan, akan tetapi harus menggunakan suatu alat. Standar umum yang digunakan dalam pengukuran kekasaran permukaan adalah Ra, Rz atau Rmax. Ra adalah tinggi rata – rata, Rz adalah rata – rata dari tinggi maksimum dan Rmax adalah jarak lembah terendah dengan bukit tertinggi.

Besarnya nilai kekasaran dari suatu material bergantung pada besarnya nilai Ra. Menurut Ahqiyar (2011) Ra adalah nilai absolut kekasaran rata-rata aritmatika pada sebuah permukaan spesimen. Nilai Ra digunakan sebagai indikator besarnya kekasaran yang dinyatakan dengan  $\mu\text{m}$ . Menentukan nilai Ra dapat menggunakan rumus dengan persamaan 2.10.

$$Ra = \frac{a+b+c+\dots+n}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

Ra : kekasaran rata – rata ( $\mu\text{m}$ )

a : nilai hasil titik uji kekasaran 1 ( $\mu\text{m}$ )

b : nilai hasil titik uji kekasaran 2 ( $\mu\text{m}$ )

c : nilai hasil titik uji kekasaran 3 ( $\mu\text{m}$ )

n : jumlahnya banyak data

Mengukur kekasaran suatu permukaan dapat menggunakan metode kontak langsung dengan permukaan material. Metode tersebut menggunakan jarum yang berjalan sepanjang permukaan material. Jarum tersebut memiliki ukuran tersendiri. Selama pengujian, *stylus* bergerak maju mundur sesuai dengan bentuk permukaan material.

#### **2.2.12 Pengujian Struktur Makro**

Pengujian struktur makro adalah proses pengujian bahan yang tidak dapat menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Selain itu dilakukan untuk mengetahui besar, bentuk dan orientasi butiran material serta proporsi dimana material tersebut terdistribusi. Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 sampai 50 kali.

#### **2.2.13 Pengujian Ketebalan Lapisan Oksida**

Pengamatan ketebalan lapisan oksida bertujuan untuk mengetahui seberapa tebal lapisan oksida dengan identifikasi foto mikro. Pengamatan mikro dapat dilihat menggunakan mikroskop optik (dengan perbesaran 1000x) agar dapat dilihat ketebalan lapisan oksidanya.

Dalam proses pengamatan ketebalan lapisan diperlukan beberapa proses diantaranya pembuatan *holder*, pemotongan, pengamplasan, pemolesan dan pengetsaan. Proses pembuatan holder agar spesimen mudah dipegang ketika proses pengambilan foto mikro, *holder* dibuat dari resin yang dicampur katalis. Kemudian, material dipotong dengan ukuran yang disesuaikan. Setelah material dipotong dilakukan proses pengamplasan. Fungsi dari proses pengamplasan adalah

menghilangkan retak dan goresan pada permukaan yang akan diamati. Proses pengamplasan dilakukan beberapa tahap mulai dari amplas kasar hingga yang halus, hal ini bertujuan agar hasil yang didapatkan maksimal. Selanjutnya spesimen akan dipoles, ini bertujuan agar didapatkan spesimen yang mengkilat seperti kaca dan menghilangkan bekas goresan dari proses pengamplasan. Proses pengetsaan untuk aluminium yaitu dengan cairan *hydrofluoride acid* (HF) 10 ml, *nitrid acid* (HNO<sub>3</sub>) 1 ml, dan air 200 ml. Setelah proses etsa selesai maka spesimen siap untuk dilakukan pengujian ketebalan lapisan.

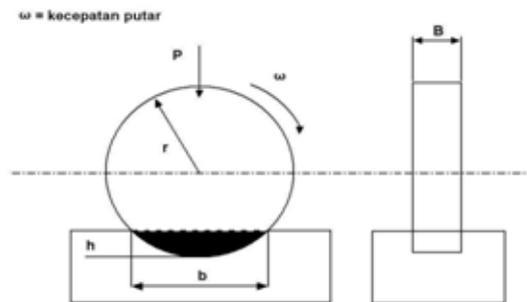
#### **2.2.14 Pengujian Keausan**

Keausan diartikan kehilangan sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan material dengan benda lain. Keausan pada suatu material terjadi karena disebabkan adanya proses yang berbeda dan terbentuk oleh parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi dan kondisi permukaan material yang terjadi keausan.

Proses keausan dikelompokkan menjadi dua, yaitu keausan yang disebabkan oleh sifat mekanis dari material dan keausan yang disebabkan oleh sifat kimia dari material. Keausan yang disebabkan perilaku mekanis terbagi menjadi *abrasive*, *adhesive*, *flow* dan *fatigue wear*. Sedangkan keausan yang disebabkan oleh sifat kimia dari material terbagi menjadi *oxidative wear* dan *corrosive wear*.

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai teknik dan metode. Salah satunya adalah metode *Ogoshi*, dimana spesimen memperoleh beban gesek dari *disc* yang berputar. Beban gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang – ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material tersebut. Besarnya jejak permukaan yang tergesek tersebut dijadikan dasar penentuan tingkat keausan.

Laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan material tiap satuan panjang lurus spesimen dengan satuan waktu. Prinsip keausan spesimen dengan *disc on block* dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini:



**Gambar 2.8** Prinsip pengujian keausan  
Sumber : (faraland.files.wordpress.com)

Laju keausan dinyatakan dengan persamaan 2.11:

$$W = \frac{V_i - V_f}{t} = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

W: Laju keausan (mm<sup>3</sup>/menit)

V<sub>i</sub>: Volume awal (mm<sup>3</sup>)

V<sub>f</sub>: Volume akhir (mm<sup>3</sup>)

t: Waktu pengausan (menit)

V: volume goresan yang hilang (mm<sup>3</sup>)

Volume goresan yang hilang (V) pada spesimen ditentukan dengan persamaan 2.12:

$$V = B \left[ r^2 \sin^{-1} \left( \frac{b}{2r} \right) - \frac{b}{2} \sqrt{r^2 - \frac{b^2}{4}} \right] \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

V: volume goresan yang hilang (mm<sup>3</sup>)

B: tebal *disc* (mm)

r: radius *disc* (mm)

b: rata – rata lebar keausan yang didapat dari hasil pengamatan mikroskop

Keausan juga dapat dinyatakan dalam keausan spesifik. Keausan spesifik dihitung berdasarkan lebar keausan benda uji yang tergores oleh *disc* yang berputar. Keausan spesifik ( $W_s$  dalam  $\text{mm}^2/\text{kg}$ ) dinyatakan dengan persamaan 2.13:

$$W_s = \frac{B \cdot b_o^3}{8 \cdot r \cdot P_o \cdot l_o} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

$W_s$ : Keausan Spesifik ( $\text{mm}^2/\text{kg}$ )

$B$ : tebal *disc* (mm)

$r$ : radius *disc* (mm)

$b_o$ : rata – rata lebar keausan yang didapat dari hasil pengamatan mikroskop (mm)

$P_o$  : beban tekan (kg)

$l_o$ : jarak tempuh dari proses pengausan (mm)

### 2.2.15 Keuntungan *Anodizing*

Banyak logam secara struktural dilemahkan oleh proses oksidasi termasuk korosi, tapi tidak untuk aluminium. Aluminium dapat dibuat lebih awet melalui proses *anodizing*. Aluminium yang teroksidasi membentuk lapisan oksida baru karena menggantikan lapisan oksida yang asli di permukaannya. Hasilnya adalah zat yang sangat keras dan tahan aus di permukaan aluminium. Lapisan oksida yang dihasilkan proses *anodizing* pada aluminium dapat dibuat hampir sekeras berlian. Dengan kelebihan itulah, banyak bangunan modern menggunakan aluminium anodized ditempat dimana kerangka logam terkena unsur-unsurnya.

Proses *anodizing* memberikan pelindung secara alami. Karena daya tahannya, aluminium anodized tidak hanya digunakan pada aplikasi arsitektural, namun juga disejumlah aplikasi lainnya seperti, industri otomotif mengandalkan aluminium anodized untuk trim, tutup hub, roof bars dan rumah pelindung untuk bagian yang terbuka. Perancang sering menggunakan aluminium anodized sebagai rangka untuk potongan outdoor maupun logam dasar untuk lampu dan barang dekoratif lainnya. Peralatan rumah tangga modern dan komputer sistem dapat memanfaatkan

aluminium anodized sebagai rumah pelindung. Meskipun film anodik tembus cahaya, ia memang memantulkan cahaya dari permukaan luarnya. Itu refleksi ganda dari permukaan logam dan permukaan film memberi bahan aluminium. Aluminium anodized mungkin tidak sesuai untuk semua aplikasi karena sifatnya yang nonkonduktif.

#### **2.2.16 Dampak Lingkungan**

Menurut ESTAL, (2015) *anodizing* adalah salah satu proses pelapisan logam yang lebih ramah lingkungan. Secara umum, produk sampingan hanya mengandung sejumlah kecil logam berat. *Anodizing* menghasilkan limbah paling umum adalah efluen, aluminium hidroksida dan aluminium sulfat. Senyawa tersebut dapat didaur ulang atau digunakan oleh industri sistem pengolahan air limbah.

