

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Aluminium merupakan material logam yang sering digunakan serta dikembangkan pada berbagai macam aplikasi dalam bidang industri khususnya dalam bidang manufaktur. Untuk meningkatkan sifat dan kualitas aluminium, baik secara fisik maupun mekanisnya maka perlu dilakukan *treatment* khusus terhadap aluminium tersebut. Salah satu metode yang dilakukan adalah dengan proses *anodizing*. Proses *anodizing* merupakan suatu proses *surface treatment* dengan metode elektrokimia yang bertujuan untuk meningkatkan ketebalan lapisan protektif pada logam aluminium.

Proses *anodizing* secara luas digunakan untuk tujuan protektif perlindungan dan dekoratif permukaan aluminium, proses *anodizing* prinsipnya hampir sama dengan proses *elektroplating*, tetapi bedanya logam yang akan dilapisi dialiri arus positif (anoda) didalam larutan elektrolit. Perbedaan lain larutan elektrolit yang digunakan bersifat asam dan arus listrik menggunakan arus searah (DC) direct current. Santhiarsa (2010) Proses utama dalam proses *anodizing* aluminium memerlukan larutan asam sulfat dan asam kromat.

Dalam melakukan proses *anodizing*, Andriyanto dkk (2010) melakukan proses *anodizing* menggunakan pewarna merah (pewarna kimia) dengan variable arus : 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ampere dan waktu anodizing selama 10 menit menunjukkan warna pink muda rata pada arus 0,5 ampere, pink tua rata pada arus 1 ampere, merah maron rata pada arus 1,5 ampere, merah rata pada arus 2ampere, dan merah tua tidak rata pada arus 2,5 ampere. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar arus yang digunakan, maka warna yang dihasilkan juga semakin gelap (pekat). Akan tetapi penggunaan arus yang yang besar pada proses *anodizing* berdampak pada ketidakrataan hasil pewarnaan.

Hasil penelitian proses *anodizing* yang dilakukan oleh Hartanto (2016) tentang pengaruh kuat arus listrik dengan variasi arus 1 ampere, 2 ampere dan 3

ampere menyatakan, kecerahan warna (RGB) pada arus 1 ampere sebesar R 155.66%, G 20%, B 25%, untuk kuat arus 2 ampere sebesar R 162.3%, G 21.33%, B 28.66%, sedangkan untuk arus 3 ampere sebesar R 172%, G 25.33 %, B 30%. Untuk keceahan wana (RGB) tertinggi pada arus 3 ampere hal itu diduga disebabkan oleh pori-pori pada lapisan oksida lebih tebal dan besar, sehingga cairan pewarna yang masuk pada lapisan oksida lebih banyak dan lebih merata.

Proses *anodizing* dengan tujuan dekoratif umumnya menggunakan pewarna kimia, namun ada juga yang menggunakan pewarna alami. Penelitian Asep dalam Rudiyanto (2012) menggunakan pewarna alami berupa daun pandan wangi pada titanium dalam proses pencelupan. Warna yang dihasilkan tergantung dari kepekatan larutan dan lama pencelupan pada lautan pandan wangi. Sedangkan penelitian menggunakan pewarna alami yang dilakukan oleh Rudiyanto (2012) dengan variasi lama pencelupan 15, 20, 25 dan 30 menit pada larutan pandan wangi menunjukkan warna lapisan yang dihasilkan tergantung waktu pencelupan, semakin lama waktu pencelupan maka semakin terang warna yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena lapisan warna yang mengendap pada pori-pori permukaan aluminium hasil proses *anodizing* dipengaruhi oleh residu atau ampas dari daun pandan wangi, dengan kata lain, warna lapisan gelap atau tua menunjukkan banyaknya jumlah residu yang terdapat pada lapisan.

Kemudian penelitian *anodizing* dengan pewarna alami kunyit yang dilakukan Andhika, dkk (2010) menggunakan variasi konsentrasi larutan 5 gram, 10 gram, 15 gram dan 20 gram per liter pada proses *anodizing*. Tegangan listrik DC yang digunakan yaitu 12 V, dengan arus listrik sebesar 3,2 A, densitas arus yang dihasilkan 10-15 mA/cm². Sedangkan waktunya per pencelupan 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 diduga karena: (1) arus yang tidak stabil, (2) partikel pewarna yang tidak larut dalam proses *dyeing*, (3) lapisan oksida yang buram diakibatkan karena lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium tidak rata.

Berdasarkan tinjauan daftar pustaka diatas, penelitian pengaruh kuat arus listrik pada proses *anodizing* aluminium menggunakan pewarna kunyit belum banyak dilakukan, sehingga menjadi objek dari penelitian ini agar menjadi lebih bermanfaat dan sebagai bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Penelitian ini menggunakan pewarna alami berupa serbuk kunyit dengan variasi kuat arus listrik pada logam aluminium. Proses *anodizing* ini diharapkan lapisan oksida yang dihasilkan pada permukaan aluminium akan meningkat dan semakin tebal sehingga aluminium dapat menyerap pewarna dengan baik pada proses *dyeing*. Selain itu, pada proses *dyeing* dipanaskan sampai mendidih dan menggunakan airator, hal ini bertujuan agar pewarna alami berupa serbuk kunyit larut sempurna dalam *aquades*.

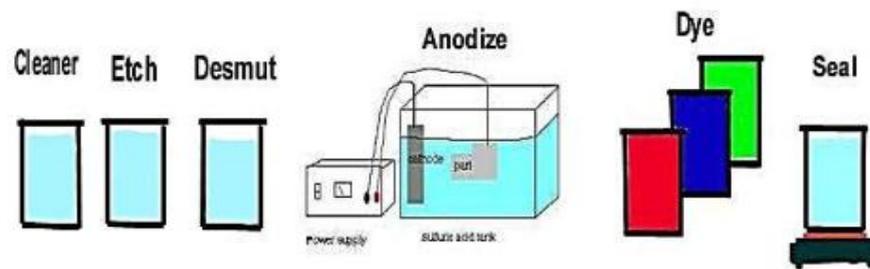
2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian *Anodizing*

Anodizing adalah suatu proses pelapisan secara elektrokimia yang bertujuan untuk pembentukan suatu lapisan oksida pada logam dengan cara mengkorosikan suatu logam dengan oksigen (O_2) yang diabil dari larutan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan sebagai media, sehingga membentuk lapisan oksida. Proses ini juga disebut sebagai *anodic oxidation* yang prinsipnya hampir sama dengan poses *elektroplating*, tetapi bedanya logam yang dioksidasi ditempatkan sebagai anoda dan diletakan daam arutan elektrolit. Perbedaan lain lautan elektrolit bersifat asam dengan arus yang digunakan arus searah (DC).

Pengertian lain dari proses *anodizing* adalah proses pelapisan aluminium menjadi aluminium oksida pada permukaan yang akan dilapisi secara elektrolis. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dari proses *anodizing* adalah elektolis. Proses elektrolis merupakan peristiwa berlangsungnya sebuah reaksi kimia oleh arus listrik. Komponen terpenting dari proses elektrolisis adalah

elektroda dan elektrolit. Pada proses *anodizing* anoda ditempatkan pada benda kerja sedangkan katoda ditempatkan pada penghantar benda kerja. Proses *anodizing* menghasilkan suatu karakter berupa lapisan yang trasparan dengan variasi beberapa warna. Selain itu lapisan *anodizing* menghasilkan suatu lapisan oksida tipis yang baik terhadap logam dasarnya dan tidak dapat terkelupas sehingga logam tersebut lebih tahan korosi dan mempunyai ketahanan aus yang tinggi. Skema dari proses *anodizing* ditunjukkan pada (Gambar 2.1)



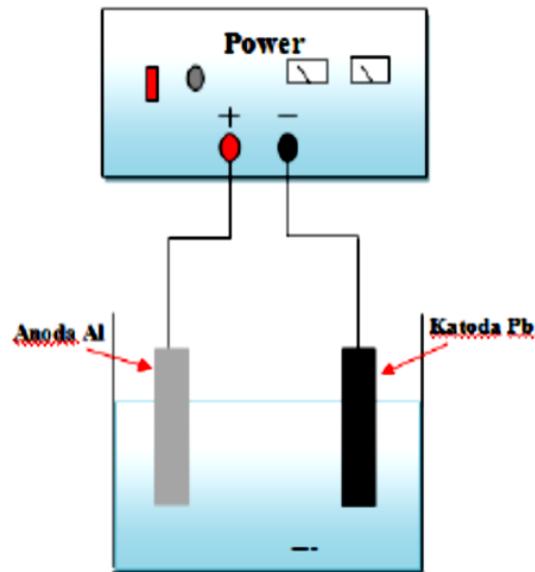
Gambar 2.1 Proses *Anodizing*

Sumber : (Taufiq, 2011)

2.2.2. Klasifikasi *Anodizing*

2.2.2.1. Elektroda

Elektroda merupakan sebuah konduktor dimana arus listrik memasuki atau meninggalkan larutan elektrolit atau media lainnya pada penghantar listrik. Pada kasus arus searah (DC), elektroda datang berpasangan dikenal sebagai katoda dan anoda. Katoda didefinisikan sebagai elektroda dari mana arus meninggalkan, dan anoda sebagai titik dimana elektroda itu kembali. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung tegangan yang diberikan ke sel elektrolit. Sebuah elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda bagi sel elektrokimia lainnya. Skema elektroda pada proses *anodizing*, dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2 Skema elektroda proses anodic oxidation
(Sidharta, 2014)

2.2.2.2. Elektrolit

Salah satu komponen yang tidak kalah penting dalam proses *anodizing* adalah larutan elektrolit. Elektrolit adalah suatu senyawa yang bila dilarutkan dalam pelarut air revers osmosis (RO) akan menghasilkan sebuah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Larutan elektrolit dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuan dalam menghantarkan arus listrik. Larutan elektrolit yang dapat menghantarkan daya hantar listrik yang relatif tinggi digolongkan kedalam larutan elektrolit kuat, sedangkan larutan elektrolit yang mempunyai daya hantar listrik yang relatif rendah digolongkan kedalam larutan elektrolit lemah. Contoh dari larutan elektrolit kuat adalah asam klorida (HCL), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam nitrat (HNO_3), sedangkan contoh dari larutan elektrolit lemah adalah asam cuka encer (CH_3CO_2H), aluminium hidroksida, kalium karbonat ($CaCO_3$).

2.2.2.3. Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit dalam sel elektrolisis oleh arus listrik, sedangkan sel elektrolisis itu sendiri adalah merupakan sel kimia (elektrokimia) yang menggunakan energi listrik agar reaksi kimia dapat terjadi.

Pada proses *anodizing* elektrolisa benda kerja yang berupa aluminium digunakan sebagai anoda dengan dihubungkan pada kutub positif catu daya. Logam aluminium akan berubah menjadi ion aluminium yang larut dalam larutan asam sesuai dengan persamaan (2.1) berikut :



Jumlah zat yang bereaksi pada elektoda sel elektrolis berbanding lurus dengan jumlah arus yang melalui sel tersebut, jika sejumlah arus tertentu mengalir melalui beberapa elektrolisis maka akan dihasilkan jumlah ekivalensi masing-masing zat. Hukum Faraday proses ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (2.2) berikut:

$$n = \frac{i.t}{F.z} \dots\dots\dots 2.2$$

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 dari masa atom (AR) dengan mol atom maka dari persamaan diatas bila dimodifikasi menjadi:

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

$$m = \frac{i.t.AR}{F.z} \dots\dots\dots 2.4$$

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

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, ditunjukkan pada persamaan (2.6) berikut :

$$\frac{m}{t} = \frac{i \cdot 26,98}{96485.3} \dots\dots\dots 2.6$$

$$\frac{m}{t} = 9,32 \cdot 10^{-5} \cdot i \dots\dots\dots 2,7$$

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa laju massa aluminium yang larut berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang digunakan.

2.2.3. Aluminium

Aluminium adalah unsur *non ferrous* dan merupakan salah satu logam terbanyak ke 3 yang terdapat dibumi. Dalam tabel periodik lambang dari aluminium ialah *Al*, dan nomor atomnya 13. Dalam penggunaan logam dibidang industri, aluminium paling banyak digunakan setelah baja hal itu dikarenakan aluminium mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar panas yang baik, penghantar listrik yang baik, serta mudah dibentuk.. Aluminium murni (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 gram/cm³, dan memiliki densitas sebesar 2,685 kg/m³, serta memiliki titik lebur pada suhu 600° C. Aluminium memiliki ketahanan yang tinggi dari pada baja. Sifat ketahanan korosi pada aluminium

diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida pada permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil dan tidak bereaksi dengan lingkungan sekitar sehingga melindungi bagian dalam aluminium.

Berbagai sifat aluminium antara lain :

1. Mempunyai ketahanan yang baik terhadap larutan kimia, cuaca, dan berbagai gas sehingga membantu ketahanan terhadap korosi
2. Kekuatan mekanis dan fisiknya dapat ditambahkan dengan menambahkan unsur-unsur paduan
3. Merupakan logam yang memiliki sifat reflesifitas yang baik dalam bentuk aluminium foil dapat digunakan sebagai pembungkus makanan, obat, dan rokok.
4. Memiliki sifat elastisitas yang tinggi, sehingga material ini sering digunakan dalam aplikasi yang melibatkan kondisi pembebanan kejut.
5. konduktifitas panas yang tinggi, sehingga dapat digunakan pada mesin / alat pemindah panas
6. konduktifitas listrik yang baik karena setiap satu kilogram aluminium dapat menghantarkan arus listrik dua kali lebih besar jika dibanding dengan tembaga
7. 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

Karakteristik aluminium berdasarkan seri aluminium :

1. Aluminium seri 1XXX

Aluminium seri 1XXX merupakan aluminium murni dengan kandungan lebih dari 99,0%. Pada umumnya aluminium seri 1XXX dapat dipergunakan diudara dan tahan dalam waktu bertahun tahun. Contoh aplikasi dari aluminium seri 1XXX adalah sebagai reflektor, kondensor,

2. Aluminium seri 2XXX

Aluminium seri 2XXX merupakan aluminium paduan antara aluminium dengan tembaga (Cu) sebagai paduan utamanya. Aluminium jenis ini biasanya terkenal dengan sebutan duraluminium atau super duraluminium. Paduan yang memiliki Cu mempunyai ketahanan korosi yang jelek, jadi apabila ketahanan korosi diperlukan maka permukaannya akan dilapisi dengan aluminium murni atau paduan aluminium yang tahan korosi. Contoh aplikasi aluminium seri 2XXX adalah : piston dan silinder head motor

3. Aluminium seri 3XXX

Alumunium Seri 3XXX merupakan paduan dari aluminium dan mangan (Mn) sebagai paduan utamanya. Paduan Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Seri A3003 dengan 1,2% Mn dapat menjadikan aluminium meningkatkan kekuatannya 10% dari aluminium murni dengan sifat tahan korosi dan sifat mampu mesin yang sama dengan aluminium murni. Contoh aplikasi aluminium seri 3XXX biasanya digunakan untuk peralatan dapur,

4. Aluminium seri 4XXX

Alumunium Seri 4XXX merupakan paduan dari aluminium dan Silicon (Si) sebagai paduan utamanya. Paduan aluminium dengan silicon sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan yang sangat bagus, dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan paduan ini memiliki ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil, dan sebagai penghantar panas dan listrik yang baik. Salah satu aplikasi aluminium seri ini adalah aluminium paduan seri A4032 yang mengandung 12,5% si aluminium seri ini memiliki koefisien muai panas sangat rendah sehingga dapat digunakan untuk piston yang ditempa.

5. Aluminium seri 5XXX

Alumunium Seri 5XXX merupakan paduan dari aluminium dan Magnesium (Mg) sebagai paduan utamanya. Paduan aluminium dengan magnesium memiliki ketahanan korosi yang sangat baik disebut

hidrinalium. Paduan aluminium dengan paduan 2-3% magnesium dapat mudah ditempa, dirol dan diekstrusi. Contoh aplikasi dari aluminium ini adalah : seri A5052 dengan paduan 2,5Mg banyak digunakan sebagai campuran minyak dan bahan bakar pesawat terbang, seri A5083 dengan paduan antara 4,5 Mg yang kuat mudah dilas sehingga banyak digunakan untuk bahan tanki LNG, dan seri A5050 dengan paduan 1,2% Mg dipakai sebagai saluran minyak dan gas pada kendaraan.

6. Aluminium seri 6XXX

Alumunium Seri 6XXX merupakan aluminium paduan dari aluminium dan Magnesium (Mg) dan Silicon (Si), paduan dalam sistem ini memiliki kekuatan yang relatif lebih kecil dibanding dengan aluminium paduan lainnya, aluminium paduan ini digunakan sebagai bahan tempaan, tetapi sangat liat, sangat baik kemampuan bentuknya untuk penempaan, ekstrusi dan sebagai tambahan dapat diperkuat dengan proses perlakuan panas setelah pengerjaan. Contoh aplikasi dari alumunium seri ini adalah : bingkai cendela dan bahan arsitektur lainnya

7. Aluminium seri 7XXX

Alumunium Seri 7XXX merupakan paduan dari aluminium dengan Zeng (Zn) dan Mangan (Mg), contoh alumunium seri 7XXX adalah alumunium seri A7075 paduan ini terdiri dari Al 5,5%, Zn 2,5%, Mn 1,5%, Cu 0,3%, Cr 0,2%. Paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan paduan lainnya. Penggunaan paduan ini paling besar adalah untuk konstruksi pesawat udara dan sebagai bahan kontruksi

8. Aluminium seri 8XXX

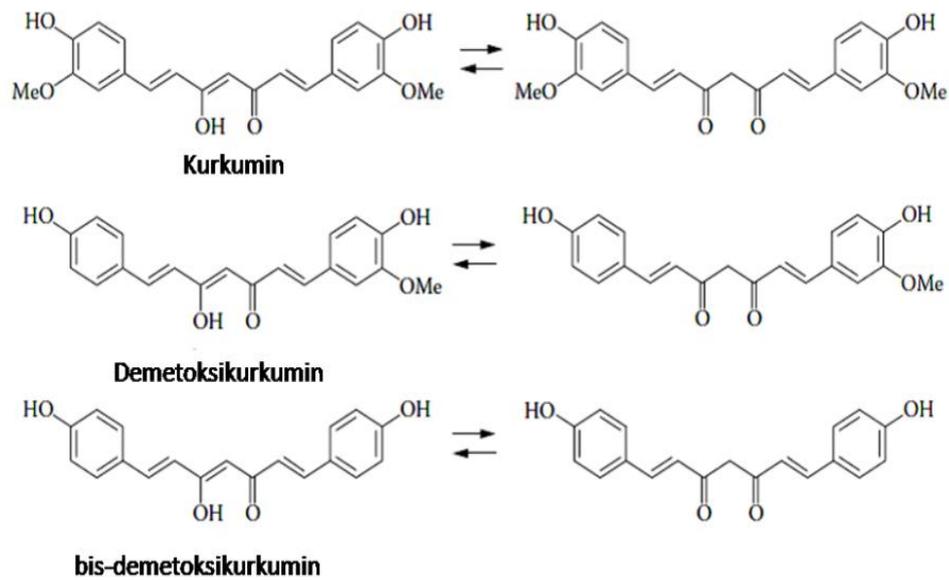
Alumunium Seri 8XXX merupakan paduan dari aluminium dengan lithium (Li). Paduan pada lithium menjadikan alumunium mengalami penurunan massa jenis dan meningkatkan modulus elastisitas. Setiap penambahan 1% lithium akan mengurangi massa jenis alumunium paduan sebanyak 3% dan meningkatkan modulus elastisitas paduan alumunium sebesar 5%. Namun, paduan alumunium dengan lithium tidak lagi

diproduksi akibat tingkat reaktivitas lithium yang tinggi sehingga dapat meningkatkan biaya keselamatan kerja

2.2.4. Kunyit

Kunyit merupakan tanaman yang banyak ditanam di daerah Asia selatan, Filipina, Taiwan, dan Indonesia. Tanaman kunyit termasuk tanaman tahunan yang tumbuh merumpun dan dapat tumbuh baik di daerah tropis maupun daerah subtropis. Kunyit adalah tanaman rempah terkenal yang satu keluarga dengan jahe, dan juga telah banyak dikenal akan khasiat pengobatannya terhadap berbagai macam penyakit. Sebagai rempah, pada umumnya kunyit juga digunakan untuk keperluan kuliner, akan tetapi kunyit dapat juga dimanfaatkan sebagai zat pewarna. Pemanfaatan kunyit sebagai pewarna sudah sejak lama dilakukan masyarakat di negara-negara tropis. Pewarna dari kunyit telah dimanfaatkan sebagai zat pewarna, seperti zat pewarna dalam makanan maupun dalam pewarna kerajinan. Contoh pewarna kunyit pada makanan adalah untuk pewarnaan tahu dan mentega, sedangkan pewarnaan menggunakan pewarna kunyit untuk kerajinan adalah sebagai pewarna kain batik

Tiga senyawa utama yang bertanggung jawab atas warna kuning-oranye pada kunyit merupakan bagian dari kelompok kurkumoid, senyawa tersebut yaitu kurkumin, demetoksikurkumin, dan bis-demetoksikurkumin (Gambar 3). Senyawa tersebut juga dikenal sebagai kurkumin I, kurkumin II, dan kurkumin III. Menurut Evans (dalam Saidi, 2011), kurkumin merupakan senyawa pewarna yang terdapat pada kunyit. Prinsip pewarnaan aktif kurkumin masih kurang jelas karena evaluasi kromatografi kolom kurkumin menunjukkan adanya beberapa pecahan berwarna dan karakterisasi fraksi aktif tidak ditentukan. Pada kondisi asam, senyawa kurkumin menghasilkan warna kuning cerah, sebaliknya pada pH netral atau basa warna yang dihasilkan berubah menjadi kuning kecoklatan. Pigmen kurkumin relatif tahan terhadap paparan suhu panas. Warna kuning masih dapat bertahan setelah pemanasan pada suhu 140°C selama 15 menit



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	Total Warna (%)
Kurkumin (kurkumin I)	Kuning kemerahan	49,6
Demetoksikurkumin: p-hidroksi cinnamoil-feruloil metana (kurkumin II)	Kuning kemerahan	28,7
Bis-demetoksikurkumin: Bis-(p-hidroksi cinnamoil) metana (kurkumin II)	Kuning jingga	22,3

2.2.5. Proses *Anodizing*

Anodizing merupakan proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal dari pada lapisan oksida yang terbentuk secara alami. Adapun Langkah proses *anodizing* pada aluminium adalah sebagai berikut:

1. *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah proses pembersihan benda kerja (aluminium) dengan menggunakan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) atau biasa disebut deterjen murni dengan air (aquades). Perbandingan konsentrasi larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan air (aquades) adalah 5 gram/liter. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel karena bekas dari pengamplasan pada aluminium sebelum dilakukan proses *etching*.

2. *Etching*

Proses *etching* merupakan proses menghilangkan lapisan oksida pada permukaan benda kerja (aluminium) yang tidak dapat dihilangkan dari proses sebelumnya. Selain itu, proses ini bertujuan untuk memperoleh permukaan benda kerja (aluminium) lebih halus dan rata. Pada proses *etching* menggunakan bahan soda api (NaOH) yang dilarutkan pada air (aquades) dengan konsentrasi 100 gram/liter.

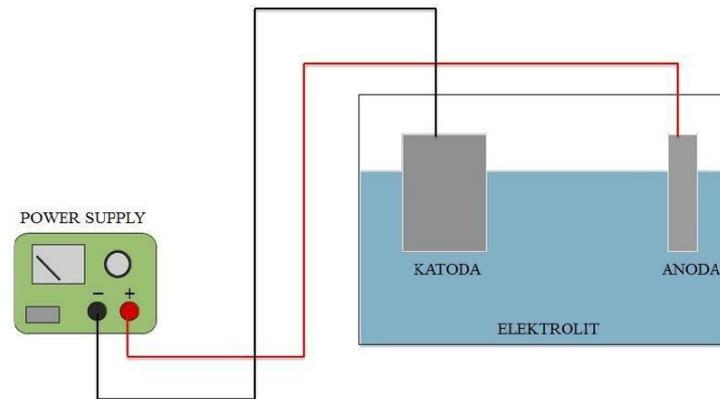
3. *Desmut*

Proses *desmut* merupakan proses pencelupan benda kerja (aluminium) pada campuran dari asam fosfat (H_3PO_4) 75% ditambah asam sulfat (H_2SO_4) 15% dan asam nitrat (HNO_3) 10%. Proses *desmut* bertujuan untuk menghilangkan bercak hitam yang diakibatkan oleh proses *etching*.

4. *Anodic oxidation*

Proses *anodic oxidation* merupakan proses inti dari proses *anodizing*. Proses *anodic oxidation* adalah proses pelapisan aluminium secara elektrokimia menjadi aluminium oksida dengan proses elektrolisis. Larutan yang digunakan pada proses *anodic oxidation* adalah asam sulfat (H_2SO_4) yang dilarutkan dalam air (aquades) dengan konsentrasi 400 ml/liter. Pada proses ini, benda kerja

dipasang pada anoda (+) dan sebagai katoda (-) dengan menggunakan lembaran aluminium yang lebih besar dari benda kerja. Rangkaian pada proses *anodic oxidation* dapat ditunjukkan pada (Gambar 2.5)



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

Pada proses *anodic oxidation* benda kerja (aluminium) digunakan sebagai anoda sehingga logam inilah yang akan teroksidasi. Reaksi yang terjadi pada anoda dapat dilihat pada persamaan (2.8) sebagai berikut:



Atom-atom yang terdapat pada benda kerja (aluminium) akan teroksidasi menjadi ion yang larut dalam larutan elektrolit. Hal tersebut mengakibatkan benda kerja (aluminium) menjadi berlubang dan membentuk pori-pori. Sedangkan reaksi yang terjadi pada katoda dapat ditunjukkan pada persamaan (2.9) sebagai berikut:



5. *Dyeing*

Proses *dyeing* atau biasa disebut proses pewarnaan berfungsi sebagai pemberian warna pada pori-pori lapisan oksida yang terbentuk akibat proses *anodic oxidation*. tujuan dari proses *dyeing* adalah menghasilkan warna yang menarik pada lapisan oksida aluminium. Pewarna yang digunakan pada proses

ini menggunakan larutan kunyit yang dilarutkan dengan air (aquades) dengan konsentrasi 20 gram/liter, Selain itu suhu pada proses *dyeing* dijaga agar tetap mendidih. Kemudian mencelupkan benda kerja (aluminium) ke dalam larutan kunyit tersebut, dengan waktu pencelupan 30 menit.

6. *Sealing*

Proses *sealing* adalah proses pencelupan benda kerja (aluminium) pada larutan asam asetat (CH_3COOH) dengan air (aquades), konsentrasi larutan yang digunakan pada proses *sealing* adalah 5 gram/liter. Tujuan dari proses ini berfungsi untuk menutup pori-pori lapisan oksida yang dihasilkan dari proses *anodic oxidation* yang masih terbuka dan untuk mencegah pewarna keluar dari pori-pori lapisan oksida sehingga warna yang dihasilkan tidak pudar.

7. *Rinsing*

Proses *rinsing* adalah proses pembilasan pada proses *anodizing*, proses ini dilakukan setiap pergantian proses pada *anodizing* sebelum masuk ke proses selanjutnya. Cairan yang digunakan pada proses *rinsing* menggunakan air (aquades).

2.2.6. Keuntungan *Anodizing*

Proses *anodizing* mempunyai beberapa keuntungan, antara lain :

1. Meningkatkan ketahanan korosi

Lapisan oksida yang terbentuk dari proses *anodizing* mengakibatkan permukaan logam tahan terhadap korosi dan mampu menahan serangan dari atmosfer serta air garam. Lapisan oksida melindungi logam utama dan bertindak sebagai penghalang (*barrier*) dari serangan lingkungan yang korosif

2. Meningkatkan sifat *adhesive*

Lapisan ini terbentuk dari hasil proses anodisasi yang menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), lapisan ini dapat meningkatkan ketangguhan dan biasanya digunakan pada industri pesawat terbang

3. Meningkatkan ketahanan aus

Pada proses *hard anodizing* menghasilkan lapisan oksida setebal 25-100 mikron. Lapisan oksida tersebut dapat digunakan untuk aplikasi dibawah kondisi ketahanan abrasi. Lapisan oksida (Al_2O_3) yang terbentuk memiliki nilai kekerasan yang cukup tinggi dan sebanding dengan kekerasan batu *sapphire* atau paling keras setelah intan.

4. Meningkatkan Isolator listrik.

Lapisan oksida memiliki resistivitas yang tinggi khususnya lapisan oksida yang pori-porinya tertutup.

5. Dapat menempel pada plating selanjutnya.

Pori-pori yang dihasilkan dari anodik oksida mendukung untuk proses elektroplating, biasanya asam yang digunakan apabila ingin dilanjutkan untuk proses plating menggunakan asam fosfor.

6. Sebagai aplikasi dekorasi

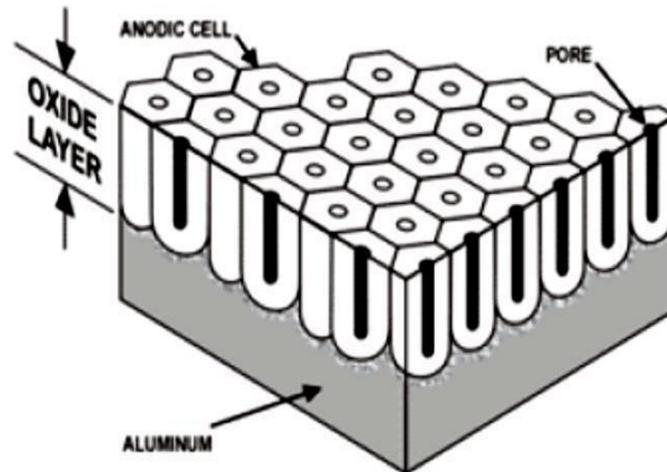
Permukaan logam setelah proses *anodizing* mempunyai tampilan lapisan oksida yang mengkilau, dimana pada alumunium tampilan oksida yang terbentuk sangat diinginkan. Selain itu, lapisan oksida yang terbentuk pada proses *anodic oxidation* dapat diberi warna pada proses *dyeing*. Pewarna akan diserap pada lapisan pori-pori sehingga dapat memberikan warna yang menarik pada permukaan alumunium.

2.2.7. Lapisan Oksida

Proses *anodizing* menghasilkan lapisan oksida yang memiliki struktur berbeda dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami, dimana lapisan memiliki pilar struktur *hexagonal* berpori. Lapisan oksida dari proses *anodizing* mempunyai karakter unik sehingga sifat mekanis meningkat, secara umum lapisan oksida tersebut memiliki karakteristik yang keras dan memiliki kekerasn setara batu *sapphire*, insulatif dan tahan terhadap bebab, trasparant, dan tidak ada serpihan

Lapisan oksida yang terbentuk dari proses *anodizing* akan meningkatkan kemampuan isulator elektrik logam, meningkatkan ketahanan *abrasive*, dan kemampuan menyerap zat warna untuk menghasilkan variasi tampilan warna pada permukaan hasil *anodizing*. Alumunium serta paduannya mempunyai sifat tahan

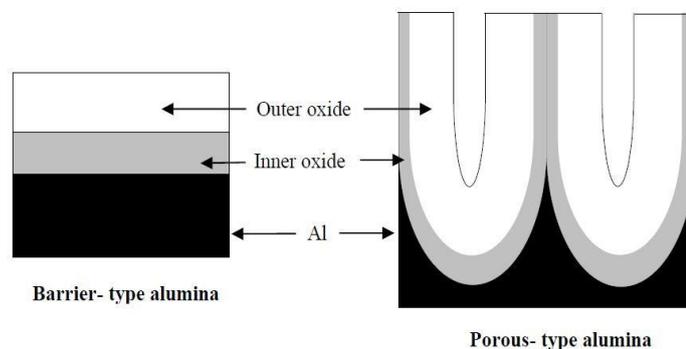
terhadap korosif karena adanya lapisan oksida protektif. Tebal dari lapisan oksida tersebut adalah sekitar $0,005-0,01\mu\text{m}$ atau $0,1-0,4\times 10^{-2}$ inch. Struktur lapisan oksida pada alumunium ditunjukkan pada **Gambar 2.5**



Gambar 2.5 struktur lapisan oksida pada alumunium

Sumber: (Hutasoit, 2008)

Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan alumunium selama proses anodisasi bergantung pada jenis elektrolit yang dipakai., lapisan dasar oksida (*barrier type oxide film*), dan lapisan pori-pori oksida (*porous oxide film*). Lapisan oksida yang dihasilkan berbentuk hexagonal dan mempunyai struktur *porous* atau berpori yang terdapat ditengah. Skema pori-pori lapisan oksida dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.

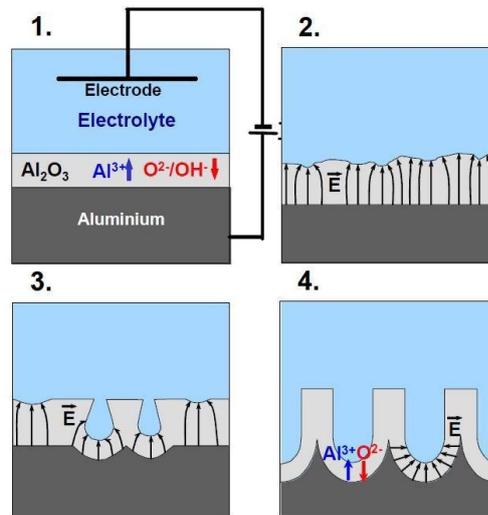


Gambar 2.6 Skema pori-pori lapisan oksida alumunium

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 pada proses *anodizing* dapat dipelajari dengan memperhatikan dan mengamati perubahan arus pada tegangan anodisasi yang tepat atau perubahan tegangan pada arus tetap. Proses pembentukan lapisan oksida dapat dibagi dalam 4 tahapan antara lain :

1. Penambahan barrier layer ditandai dengan penurunan arus yang mengalir. Barrier layer ini merupakan lapisan oksida aluminium yang menebal akibat dari adanya reaksi oksida pada permukaan aluminium. Penebalan tersebut mengakibatkan hambatan yang ditimbulkan menjadi lebih besar. Hal ini yang menimbulkan penurunan arus selama pembentukan barrier layer.
2. Setelah barrier layer menebal, benih-benih pori dekat batas antara oksida dan larutan mulai timbul. Pada tahap ini terjadi penurunan arus pada sistem dan akan mencapai titik minimum saat tahapan ini berhenti.
3. terbentuknya Inisiasi pori, pada tahap ini menjadi awal pembentukan struktur oksida berpori. Pori-pori yang terbentuk pada tahapan ini tidak sempurna sehingga 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)

2.2.8. Keausan

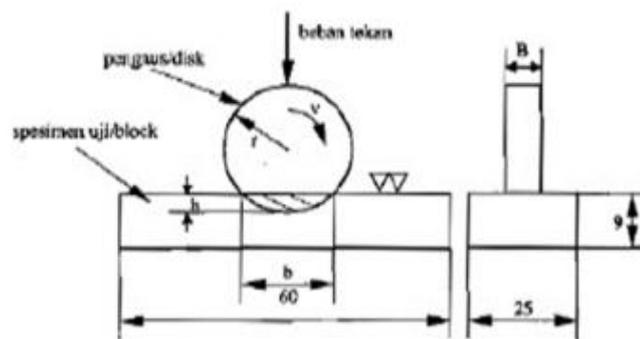
Keausan diartikan kehilangan sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan material dengan benda lain. Keausan pada suatu material terjadi karena disebabkan oleh adanya proses yang berbeda dan terbentuk oleh parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi,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

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

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan beberapa metode dan teknik. Salah satunya adalah metode Ogoshi, dimana spesiman memperoleh beban gesek dari disc yang berputar. Beban gesek ini menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang dan pada akhirnya akan mengambil sebagian dari material

tersebut. Besarnya jejak permukaan yang tergesek tersebut dijadikan dasar penentuan tingkat keausan.

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



Gambar 2.8 Prinsip Pengujian Keausan

Laju keausan dinyatakan dengan persamaan 2.10.

$$W = \frac{V_i - V_f}{t} = \frac{V}{t} \dots \dots \dots 2.10$$

Dimana:

- V_i : volume awal (mm^3)
- V_f : volume akhir (mm^3)
- t : waktu pengausan
- V : volume goresan yang hilang (mm^3)

Volume goresan yang hilang (V) pada spesimen ditentukan dengan persamaan 2.11.

$$V = B \left[r^2 \sin^{-1} \left(\frac{b}{2r} \right) - \frac{b}{2} \sqrt{r^2 - \frac{b^2}{4}} \right] \dots \dots \dots 2.11$$

Dimana:

- B : tebal *disc* (mm)
- r : radius *disc* (mm)
- b : lebar keausan yang didapat dari 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 mm^3/kg) dinyatakan dengan persamaan. 2.13.

$$W_s = \frac{B \cdot b^2}{8 \cdot r \cdot p_o \cdot l_o} \dots\dots\dots 2.12$$

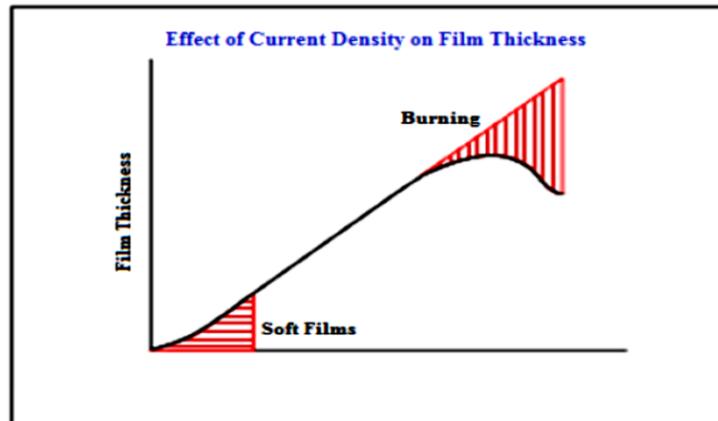
Dimana:

- B :tebal *disc* (mm)
- r :radius *disc* (mm)
- b :lebar keausan yang dilihat di mikroskop
- P_o :beban tekan (kg)
- l_o :jarak tempuh dari proses pengausan

2.2.9. Rapat Arus

Rapat arus (current density) merupakan suatu aliran muatan pada suatu luas penampang tertentu di suatu titik penghantar, rapat arus mempunyai satuan A/m^2 . Pada proses *anodizing* rapat arus dapat mempengaruhi hasil dari *anodizing*. Rapat arus memiliki pengaruh terhadap tampilan dari lapisan oksida yang dihasilkan pada proses *anodizing*. Rapat arus yang rendah akan menghasilkan lapisan oksida yang lebih terang dibandingkan dengan rapat arus yang lebih tinggi.

Adapun penggunaan rapat arus yang lebih tinggi dapat diaplikasikan untuk mengimbangi proses *anodizing* dengan menggunakan elektrolit pekat. Penggunaan rapat arus yang sangat tinggi, cenderung akan terjadi *burning* (gosong) pada lapisan oksida, hal ini merupakan pengembangan dari aliran rapat arus yang berlebihan pada area tertentu. Grafik rapat arus terhadap lapisan oksida dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.9 Grafik rapat arus terhadap lapisan oksida
Sumber: (Hutasoit, 2008)