

**PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK DAN KONSENTRASI  
ELEKTROLIT TERHADAP HASIL PEWARNAAN  
ANODIZING DENGAN PEWARNA ALAMI BUBUK KAYU  
SECANG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Bayu Firmansyah  
No. Mahasiswa : 20525134  
NIRM : 2008140627**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .**

**PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK DAN KONSENTRASI  
ELEKTROLIT TERHADAP HASIL PEWARNAAN  
ANODIZING DENGAN PEWARNA ALAMI BUBUK KAYU  
SECANG**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Bayu Firmansyah**

**No. Mahasiswa : 20525134**

**NIRM : 2008140627**

Yogyakarta, 12 Oktober 2024

Pembimbing,



Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK DAN KONSENTRASI  
ELEKTROLIT TERHADAP HASIL PEWARNAAN  
ANODIZING DENGAN PEWARNA ALAMI BUBUK KAYU  
SECANG**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Bayu Firmansyah**  
**No. Mahasiswa : 20525134**  
**NIRM : 2008140627**

**Tim Penguji**

Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP

Ketua

Tanggal : 1 Nov 2024

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

Anggota I

Tanggal : 5 Nov 2024

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Sc. IPP

Anggota II

Tanggal : 1 Nov 2024

**Mengetahui**

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama : Bayu Firmansyah

NIM : 20525134

Program Studi : S1, Teknik Mesin

Institusi : Universitas Islam Indonesia

Judul Laporan : PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK DAN KONSENTRASI  
ELEKTROLIT TERHADAP HASIL PEWARNAAN ANODIZING  
DENGAN PEWARNA ALAMI BUBUK KAYU SECANG

Dengan ini saya menyatakan, semua yang saya tulis pada Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan atau ringkasan yang saya ambil sebagai referensi dan telah saya cantumkan sumber-sumbernya. Apabila dikemudian hari pengakuan saya terbukti tidak benar, maka saya bersedia mengikuti hukuman atau sanksi yang diberikan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 6 November 2024



Bayu Firmansyah

20525134

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rezeki dan rahmat-Nya, serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan Islam dari masa jahiliah menuju era kemajuan seperti yang dirasakan saat ini. Penulis juga berterima kasih atas doa dan dukungan dari orang-orang tercinta yang memungkinkan terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan penuh syukur. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP sebagai dosen pembimbing, penguji, serta seluruh dosen dan staff program studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia, yang dengan tulus membimbing dan berbagi ilmu kepada penulis.

Rekan-rekan dari Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang terus mendukung dan membantu penulis.

Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang yang sesuai dengan topik penelitian penulis di masa depan.

## HALAMAN MOTTO

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menerima perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

“Katakanlah, “Wahai hamba-hambaku-Ku yang melampaui batas terhadap diri mereka sendiri! Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya Allah mengampuni dosa-dosa semuanya. Sungguh, Dialah Yang Maha Pengampun, Maha Penyayang.”

(Q.S. Az-Zumar: 53)

*“Urip Iku Urup”*

(Sunan Kalijaga)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

## KATA PENGANTAR

### بِسْمِ هَلَا الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillah rabbil 'alamin*, segala puja dan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Kuat Arus dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Hasil Pewarnaan *Anodizing* dengan Pewarna Alami Bubuk Kayu Secang” dengan lancar dan tepat waktu. Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman gelap gulita menjadi zaman terang benderang sehingga manusia dapat merdeka untuk berfikir, berekspresi, dan belajar.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentunya penulis banyak mendapatkan doa dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, adek tercinta dan seluruh sanak keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis, sehingga penulis dapat menjalankan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama pelaksanaan Tugas Akhir dan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staff program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Teman-teman mahasiswa seperjuangan Teknik Mesin UII.
6. Teman teman mahasiswa UII dari seluruh jurusan yang telah membantu dan mendoakan saya.

7. Semua teman teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Semoga semua pihak yang telah membantu penulis selama melaksanakan Tugas Akhir dan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini mendapatkan balasan yang jauh lebih besar dari Allah SWT dan selalu diberikan kesehatan, dan kemudahan dalam segala urusannya.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kesalahan sehingga jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk mencapai hasil yang lebih baik. Penulis juga berharap agar laporan ini dapat berguna bagi semua yang membacanya dan khususnya bagi penulis sendiri.

Yogyakarta, 14 Oktober 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bayu Firmansyah', with a stylized flourish at the end.

(Bayu Firmansyah)

## ABSTRAK

*Anodizing* merupakan pelapisan logam dengan cara mengoksidasi permukaan logam aluminium secara elektrolitik yang tujuannya menghasilkan lapisan oksida mencapai ketebalan tertentu dan karakteristik lainnya. Prinsip dasar *anodizing* melibatkan pembentukan lapisan oksida aluminium yang keras dan tahan lama melalui proses elektrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat arus dan konsentrasi larutan elektrolit pada hasil pewarnaan *anodizing* dan mengetahui apakah bubuk secang bisa menjadi alternatif pewarna *anodizing* yang ramah lingkungan. Alasan pemilihan secang sebagai pewarna *anodizing* pada penelitian ini dibanding pewarna lain diantaranya adalah memiliki kandungan pigmen yang kuat, mudah didapat dan harganya terjangkau. Variasi kuat arus yang digunakan pada penelitian ini diantaranya 1A, 3 A, dan 5 A, sedangkan variasi konsentrasi elektrolit yang digunakan diantaranya 1:2, 1:3, dan 1:4. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kuat arus dan konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan berpengaruh pada lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan aluminium, semakin tinggi arus yang dialirkan dan semakin besar volume asam sulfat sebagai elektrolit untuk *anodizing*, semakin tebal juga lapisan oksida yang terbentuk yang ditandai dengan warna yang dihasilkan lebih pekat karena lapisan oksida yang tebal menyerap warna lebih banyak juga. Ekstrak secang bisa menjadi alternatif pewarna *anodizing* yang terjangkau dan ramah lingkungan jika pengolahan produk dan limbahnya dilakukan dengan bijak. Kuat arus 6 A dan perbandingan konsentrasi elektrolit 1:2 menghasilkan warna dengan pemerataan yang paling baik.

Kata kunci : *Anodizing*, Secang, Kuat Arus, Pewarna Alami, larutan elektrolit

## **ABSTRACT**

*Anodizing is a metal coating process by oxidizing the surface of aluminum electrolytically, with the aim of producing an oxide layer of a certain thickness and other characteristics. The basic principle of anodizing involves the formation of a hard and durable aluminum oxide layer through electrolysis. This research aims to determine the effect of current strength and electrolyte solution concentration on the results of anodizing coloration, and to find out whether secang wood powder can be an alternative environmentally friendly anodizing dye. The reasons for choosing secang as an anodizing dye in this study, compared to other dyes, include its strong pigment content, easy availability, affordability, and antioxidant properties that can enhance the corrosion resistance of aluminum. The current strength variations used in this study are 1A, 3A, and 5A, while the electrolyte concentration variations used are 1:2, 1:3, and 1:4. It can be concluded from this study that the current strength and electrolyte solution concentration used affect the oxide layer formed on the surface of the aluminum. The higher the current applied and the larger the volume of sulfuric acid as the electrolyte for anodizing, the thicker the oxide layer formed, which is indicated by the darker color produced as the thick oxide layer absorbs more dye. Secang extract can be an affordable and environmentally friendly anodizing dye alternative if product and waste processing are done wisely. A current strength of 6A and an electrolyte concentration ratio of 1:2 produce the best color uniformity.*

**Keywords:** *Anodizing, Secang, Current Density, Natural Dye, Electrolyte Solution*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iii
Halaman Persembahan .....	iv
Halaman Motto .....	v
Kata Pengantar.....	vi
Abstrak .....	viii
<i>Abstract</i> .....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar .....	xiii
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Definisi <i>Anodizing</i> .....	6
2.2.2 Reaksi Kimia .....	7
2.2.3 Elektrolisis .....	7
2.2.4 Elektroda.....	8
Bab 3 Metode Penelitian.....	10
3.1 Alur Penelitian .....	10
3.2 Peralatan dan Bahan.....	11
3.3 Perancangan .....	12
3.4 Persiapan .....	13

1.	Pembersihan/ <i>Cleaning</i> Aluminium.....	13
2.	<i>Etching</i> .....	13
3.	<i>Desmutting</i> .....	13
4.	Proses <i>Anodizing</i> .....	14
5.	<i>Dyeng</i> / Pewarnaan.....	14
6.	<i>Sealing</i> .....	14
3.5	Kriteria Pemilihan Alat dan Bahan .....	14
3.6	Prosedur percobaan .....	19
3.6.1	Persiapan.....	19
3.6.2	<i>Cleaning</i> .....	20
3.6.3	<i>Etching</i> .....	20
3.6.4	<i>Desmutting</i> .....	21
3.6.5	Proses <i>Anodizing</i> .....	21
3.6.6	Proses <i>dying</i> /pewarnaan .....	22
3.6.7	Proses <i>sealing</i> .....	23
3.6.8	Uji Distribusi Warna.....	23
3.6.9	Pengamatan Mikroskopis .....	24
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	25
4.1	Hasil Pewarnaan Setelah <i>Anodizing</i> dengan Variasi Kuat Arus dan Konsentrasi Elektrolit .....	25
4.2	Hasil Penyebaran Warna.....	27
4.3	Hasil Pengamatan Mikroskopis Aluminium Sebelum Diwarnai .....	28
4.4	Hasil Pengamatan Mikroskopis Aluminium Setelah Diwarnai .....	29
4.5	Analisis Kegagalan .....	32
4.5.1	Permukaan aluminium yang kurang bersih .....	32
4.5.2	Pewarnaan.....	32
Bab 5	Penutup.....	34
5.1	Kesimpulan .....	34
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	34
	Daftar Pustaka .....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Peralatan .....	11
Tabel 3-2	Bahan .....	11
Tabel 3-3	Variasi Kuat Arus dan Konsentrasi Elektrolit .....	12

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Cara Kerja Elektrolisis .....	8
Gambar 2-2	Sel Elektrolisis .....	9
Gambar 3-1	Diagram Alir .....	10
Gambar 3-2	Aluminium 6061 .....	15
Gambar 3-3	<i>Power Supply</i> .....	15
Gambar 3-4	Air Aki Zuur .....	16
Gambar 3-5	Timbangan Digital .....	16
Gambar 3-6	Wadah Plastik .....	17
Gambar 3-7	Timbal .....	17
Gambar 3-8	Asam Nitrat .....	18
Gambar 3-9	Soda Api .....	18
Gambar 3-10	Bubuk Secang .....	19
Gambar 3-11	Potongan Aluminium .....	20
Gambar 3-12	Membilas Aluminium dengan Thinner .....	20
Gambar 3-13	Proses <i>Etching</i> .....	21
Gambar 3-14	Proses <i>Desmutting</i> .....	21
Gambar 3-15	Proses <i>Anodizing</i> .....	22
Gambar 3-16	Proses Pewarnaan .....	22
Gambar 3-17	Proses <i>Sealing</i> .....	23
Gambar 3-18	Proses Uji Distribusi Warna .....	24
Gambar 3-19	Proses Pengamatan Mikroskopis .....	24
Gambar 4-1	Grafik Penyebaran Warna Variasi Kuat Arus .....	25
Gambar 4-2	Grafik Penyebaran Warna Variasi Konsentrasi Elektrolit .....	26
Gambar 4-3	(a) Hasil Pengamatan Mikroskopis Aluminium Sebelum Dianodisasi (b) Hasil Pengamatan Mikroskopis Aluminium Setelah Dianodisasi .....	28
Gambar 4-4	(a) Hasil Pengamatan Mikroskopis <i>Anodizing</i> Kuat Arus 1A, (b) Hasil Pengamatan Mikroskopis <i>Anodizing</i> Kuat Arus 3A, dan (c) Hasil Pengamatan Mikroskopis <i>Anodizing</i> Kuat Arus 5A .....	30

Gambar 4-5	(a) Hasil Pengamatan Mikroskopis <i>Anodizing</i> Konsentrasi Elektrolit 1:3, (b) Hasil Pengamatan Mikroskopis <i>Anodizing</i> Konsentrasi Elektrolit 1:4.....	31
Gambar 4-6	Kegagalan <i>Anodizing</i> .....	32

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Aluminium merupakan elemen kimia dengan simbol Al dan nomor atom 13. Ini adalah logam yang paling melimpah di kerak bumi, dan juga merupakan logam yang sangat ringan dengan massa jenis sekitar sepertiga dari baja. Aluminium memiliki konduktivitas listrik dan termal yang tinggi, serta ketahanan korosi yang baik karena adanya lapisan oksida alami yang melindunginya. Aluminium adalah logam terpenting dari logam nonferrous, setiap tahunnya penggunaan aluminium sebagai logam adalah yang kedua setelah besi dan baja dari segi seringnya pemilihan logam (Surdia dalam Lasmana, Wahono, & Romlie 2017).

Aluminium memiliki beberapa keunggulan dari sifat fisis dibanding logam lainnya. Aluminium biasanya dipergunakan karena mempunyai beberapa sifat yang unggul dibanding logam lain seperti kuat, ringan, gampang ditempa, dan lain-lain (Istiyono dalam Lasmana, Wahono, & Romlie, 2017), tetapi untuk jaman sekarang kebutuhan terhadap logam aluminium tidak hanya sebatas pada keunggulan sifat fisis nya saja, namun kini juga melihat dari segi keindahan, karena itu menjadikan nilai tambah dari suatu produk.

Bentuk usaha untuk semakin meningkatkan kualitas sifat fisis sekaligus memberikan kesan estetika salah satunya dengan pelapisan secara anodic, atau yang populer dengan sebutan *anodizing*. *Anodizing* juga dikenal sebagai pelapisan logam atau perlakuan permukaan, adalah proses perlakuan permukaan yang bertujuan melindungi logam dari pengaruh lingkungan yang merusak dan menyebabkan korosi (Arifin, 2006). Segi estetika dalam proses *anodizing* adalah pada bagian pewarnaan. Pewarnaan dalam *anodizing* biasanya menggunakan pewarna sintesis yang dikhususkan untuk *anodizing*. Penggunaan pewarna sintesis ini jelas berpotensi buruk terhadap lingkungan jika limbah yang dihasilkan tidak diproses dan dikelola dengan baik. Karena alasan ini pewarna alami bisa menjadi sarana pilihan lain untuk digunakan karena lebih ramah lingkungan dan minim

risiko. Pewarna alami yang sering digunakan oleh masyarakat untuk kebutuhan pangan, sandang, dan lainnya diantaranya adalah daun pepaya, daun jati, daun tarum, dan secang.

Dalam penelitian kali ini pewarnaan aluminium menggunakan salah satu pewarna alami yaitu secang. Kayu secang (*Caesalpinia sappan, L.*) telah lama dimanfaatkan sebagai obat tradisional, pewarna kain, dan pewarna makanan. Kandungan utamanya adalah senyawa brazilin, yang merupakan komponen terbesar dan berperan penting dalam berbagai kegunaannya (Sulistiani, 2018). Secang juga mengandung berbagai komponen, termasuk flavonoid sebagai antioksidan untuk kesehatan tubuh (Sumardianto *et al.*, 2021). Senyawa brazilin yang terdapat pada kayu secang berbentuk kristal berwarna kuning-oranye. Ketika senyawa ini dilarutkan dalam pelarut seperti air, ia akan menghasilkan warna merah (Putri *et al.*, 2018).

Kayu secang memiliki kandungan yang bersifat antioksidan dan antimikroba, yang mampu melawan radikal bebas serta membantu mencegah pertumbuhan mikroorganisme berbahaya (Rina, 2017). Kayu secang memiliki berbagai aktivitas obat pada tubuh, termasuk kemampuan sebagai anti peradangan, mencegah penuaan kulit akibat paparan sinar matahari, serta sebagai anti-alergi (Olanwanit dan Rojanakorn, 2019). Dari beberapa kandungan dari kayu secang merepresentasikan bahwa secang tidak hanya aman sebagai pewarna alami namun juga memiliki khasiat untuk kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik secang sebagai pewarna alami dijadikan untuk pewarnaan *anodizing* ditinjau dari hasil yang didapatkan dan parameter parameter yang berlaku pada penelitian.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kuat arus listrik dan konsentrasi elektrolit mempengaruhi hasil pewarnaan *anodizing*?
2. Bagaimana hasil distribusi warna dari *anodizing* menggunakan pewarna alami ekstrak secang?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian atau perancangan ini terdapat batasan masalah pada pembahasan, agar dalam penelitian ini menjadi jelas dan tidak keluar dari pembahasan. Berikut merupakan batasan masalah dari penelitian ini:

1. Material logam yang dianodisasi adalah aluminium 6061.
2. Aluminium yang dilakukan *anodizing* berdimensi 40 x 30 mm dengan tebal 10 mm.
3. Spesimen aluminium yang diuji tidak diberlakukan pemerataan karakteristik permukaan.
4. Larutan elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam sulfat menggunakan air aki zuur merk Yuasa.
5. Pewarna alami yang digunakan dalam penelitian ini adalah bubuk secang.
6. Ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini hanya dengan air.
7. Parameter yang digunakan pada penelitian kali ini hanya kuat arus dan konsentrasi larutan elektrolit.

## 1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh kuat arus dan konsentrasi larutan elektrolit terhadap hasil pewarnaan *anodizing*.
2. Mengetahui apakah bubuk secang dapat digunakan sebagai alternatif pewarna *anodizing* yang menghasilkan distribusi warna yang merata

## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini bisa menjadi referensi penelitian selanjutnya bahwa pewarna alami khususnya secang bisa menjadi alternatif pewarna *anodizing* pada aluminium yang minim risiko terhadap lingkungan.
2. Penelitian ini dapat membuka peluang baru dalam industri *anodizing* dengan menghadirkan bahan pewarna alami yang lebih berkelanjutan dan mudah diakses.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Bagian ini berisi runtutan dan sistematika penulisan laporan tugas akhir yang dilengkapi dengan rincian isi dari masing masing bab diantaranya :

### **Bab I PENDAHULUAN**

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

### **Bab II TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

### **BAB V PENUTUP**

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Penulisan laporan tugas akhir ini mengutip dari beberapa kajian pustaka dari perancangan dan penelitian terdahulu, hal ini ditujukan sebagai acuan untuk perancangan yang dilakukan.

Berkembangnya teknologi pada dunia manufaktur memicu banyak perkembangan terhadap pembuatan produk-produk guna memenuhi kebutuhan industri dalam oprasionalnya. Tentunya perkembangan teknologi tersebut tiada lain tiada bukan adalah untuk tujuan efisiensi waktu dan tenaga, serta keperluan tahan lama. Tidak terkecuali logam yang perlu awet dan tahan lama serta sifat fisis yang semakin baik. Seperti yang sudah tercantum pada latar belakang bahwa salah satu cara untuk meningkatkan kualitas logam adalah dilakukannya *anodizing*, selain untuk meningkatkan sifat fisis nya *anodizing* juga bisa memberikan kesan menarik pada estetika logam yaitu dengan pewarnaan.

Dalam anodisasi, logam yang sering digunakan sebagai objek atau spesimen adalah aluminium karena memiliki beberapa keunggulan sifat fisis seperti kuat, ringan, gampang ditempa, dan lain-lain (Istiyono dalam Lasmana, Wahono, & Romlie, 2017). Salah satu aluminium yang memiliki sifat yang cocok untuk anodisasi adalah aluminium tipe 6061. Sifat tahan korosi dan memiliki konduktivitas termal yang tinggi juga dimiliki oleh aluminium 6061 (Efrianto & Razali, 2024).

Pada proses anodisasi untuk menghasilkan reaksi kimia yang diinginkan bisa melewati proses elektrolisis, dimana pemilihan asam kuat yang tepat akan bisa menghasilkan lapisan oksida yang berkualitas. Salah satu pilihan asam kuat untuk anodisasi adalah asam sulfat. Telah dilakukan penelitian terkait variasi larutan elektrolit oleh Lasmana, Wahono, dan Romlie (2017) bahwa asam sulfat menghasilkan nilai kekerasan lapisan dan pewarnaan yang baik dibanding elektrolit lain seperti asam nitrat dan asam fosfat.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Arifin (2016) bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat pada larutan dalam proses anodisasi terhadap ketebalan lapisan oksida, struktur permukaan lapisan oksida, dan kekerasan pada permukaan aluminium 1XXX. Penelitian yang dilakukan yaitu terkait variasi konsentrasi larutan elektrolit telah dicoba 30%, 40%, dan 50% menghasilkan ketebalan lapisan oksida yang bervariasi.

Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini penulis memilih aluminium tipe 6061 sebagai spesimen uji karena memiliki beberapa keunggulan yang sudah disebutkan sebelumnya yang cocok untuk anodisasi. Asam kuat yang digunakan untuk anodisasi dalam penelitian ini adalah asam sulfat yang menghasilkan karakteristik lapisan oksida yang baik pada aluminium yang dianodisasi. Terkait variasi larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi perbandingan 1:2, 1:3, dan 1:4.

## **2.2 Dasar Teori**

Dalam *anodizing* aluminium membutuhkan beberapa teori untuk melandasi rangkaian proses yang dilakukan. Berikut ini beberapa teori yang melandasi *anodizing* aluminium.

### **2.2.1 Definisi Anodizing**

*Anodizing* merupakan salah satu bentuk upaya untuk meningkatkan ketahanan logam terhadap kondisi lingkungan, selain itu *anodizing* juga bisa menjadi cara untuk meningkatkan segi estetika dari logam itu sendiri yaitu dengan pewarnaan. *Anodizing* menurut Rajagopal (dalam Lasmana, Wahono, & Romlie, 2017) merupakan pelapisan logam dengan cara mengoksidasi permukaan logam aluminium secara elektrolitik yang tujuannya menghasilkan lapisan oksida mencapai ketebalan tertentu dan karakteristik lainnya. Prinsip dasar *anodizing* melibatkan pembentukan lapisan oksida aluminium yang keras dan tahan lama melalui proses elektrolisis. “Lapisan ini tidak hanya meningkatkan ketahanan korosi dan keausan, tetapi juga memberikan permukaan yang dapat menyerap pewarna dengan baik, memungkinkan pewarnaan dekoratif yang tahan lama. Proses *anodizing* dapat dikontrol dan dimodifikasi dengan mengatur kuat arus,

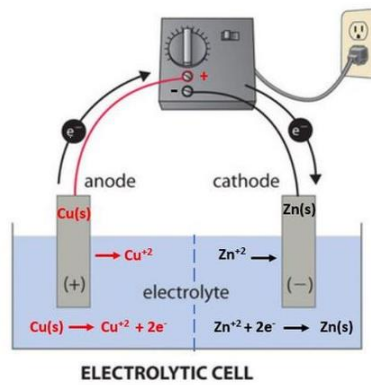
konsentrasi elektrolit, waktu *anodizing*, serta dengan menggunakan berbagai jenis elektrolit, untuk menghasilkan sifat lapisan yang diinginkan sesuai dengan aplikasi spesifik” (Lasmana, Wahono, & Romlie, 2017).

### **2.2.2 Reaksi Kimia**

Hasil dari proses anodisasi yaitu terbentuknya lapisan oksida tipis yang terintegrasi dengan baik terhadap logam dasarnya. Reaksi pembentukan lapisan oksida pada aluminium ditunjukkan pada persamaan  $2Al + 3 H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 6H^+ + 6e^-$ . Lapisan oksida yang terbentuk dapat menyerap zat pewarna untuk menghasilkan tampilan warna pada permukaan aluminium. Terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam bergantung pada jenis larutan elektrolit yang digunakan, lapisan dasar oksida dan lapisan pori oksida dapat terbentuk selama proses anodisasi. Lapisan oksida memiliki struktur yang berpori dengan bentuk hexagonal, dengan pori yang terdapat ditengahnya (Widyastuti dalam Ibrahim, Ramadhani, Alamsari, Khalisha, & Sihombing , 2023).

### **2.2.3 Elektrolisis**

Elektrolisis adalah proses penguraian larutan elektrolit melalui penerapan arus searah. Sel tempat terjadinya reaksi ini sekarang disebut sel elektrolitik. Sel elektrolitik terdiri dari larutan konduktif yang disebut elektrolit dan dua elektroda yang bertindak sebagai katoda. Pada gambar 2-1 terlihat reaksi elektrolisis bergantung pada potensial elektroda, konsentrasi dan potensial berlebih dalam sel elektrolitik. Dalam sel elektrolitik, katoda bermuatan negatif dan anoda bermuatan positif. Kation kemudian direduksi di katoda dan anion dioksidasi di anoda. Elektrolisis memiliki banyak penerapan, termasuk ekstraksi unsur logam, halogen, gas hidrogen, gas oksigen, perhitungan selanjutnya konsentrasi ion logam dalam larutan dan penggunaan dalam pemurnian logam dengan proses elektrolisis yang paling populer adalah salah satunya adalah pelapisan listrik.



Gambar 2-1 Cara Kerja Elektrolisis

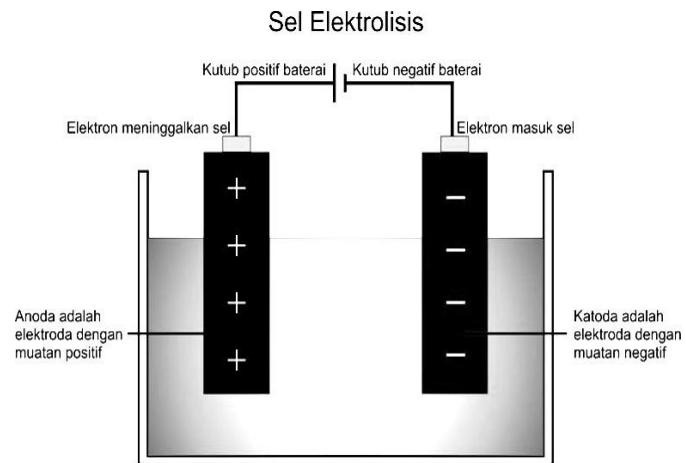
Sumber: (Utami, 2022)

Cara kerja sel elektrolisis adalah sebagai berikut:

1. Sumber arus listrik searah mengalirkan elektron dari anoda menuju katoda. Elektron ini kemudian diserap oleh kation (ion bermuatan positif) dalam larutan elektrolit, sehingga terjadi reaksi reduksi kation di permukaan katoda.
2. Pada saat yang sama, anion (ion bermuatan negatif) dalam larutan elektrolit melepaskan elektron, yang kemudian dikembalikan ke sumber arus melalui anoda. Hal ini menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi anion di permukaan anoda.

## 2.2.4 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang berfungsi untuk berinteraksi dengan komponen non-logam dalam sebuah sirkuit. Elektroda terdiri dari anoda dan katoda. Anoda adalah elektroda dengan kutub positif, di mana reaksi oksidasi terjadi, sedangkan katoda adalah elektroda kutub negatif tempat terjadinya reaksi reduksi berlangsung.



Gambar 2-2 Sel Elektrolisis

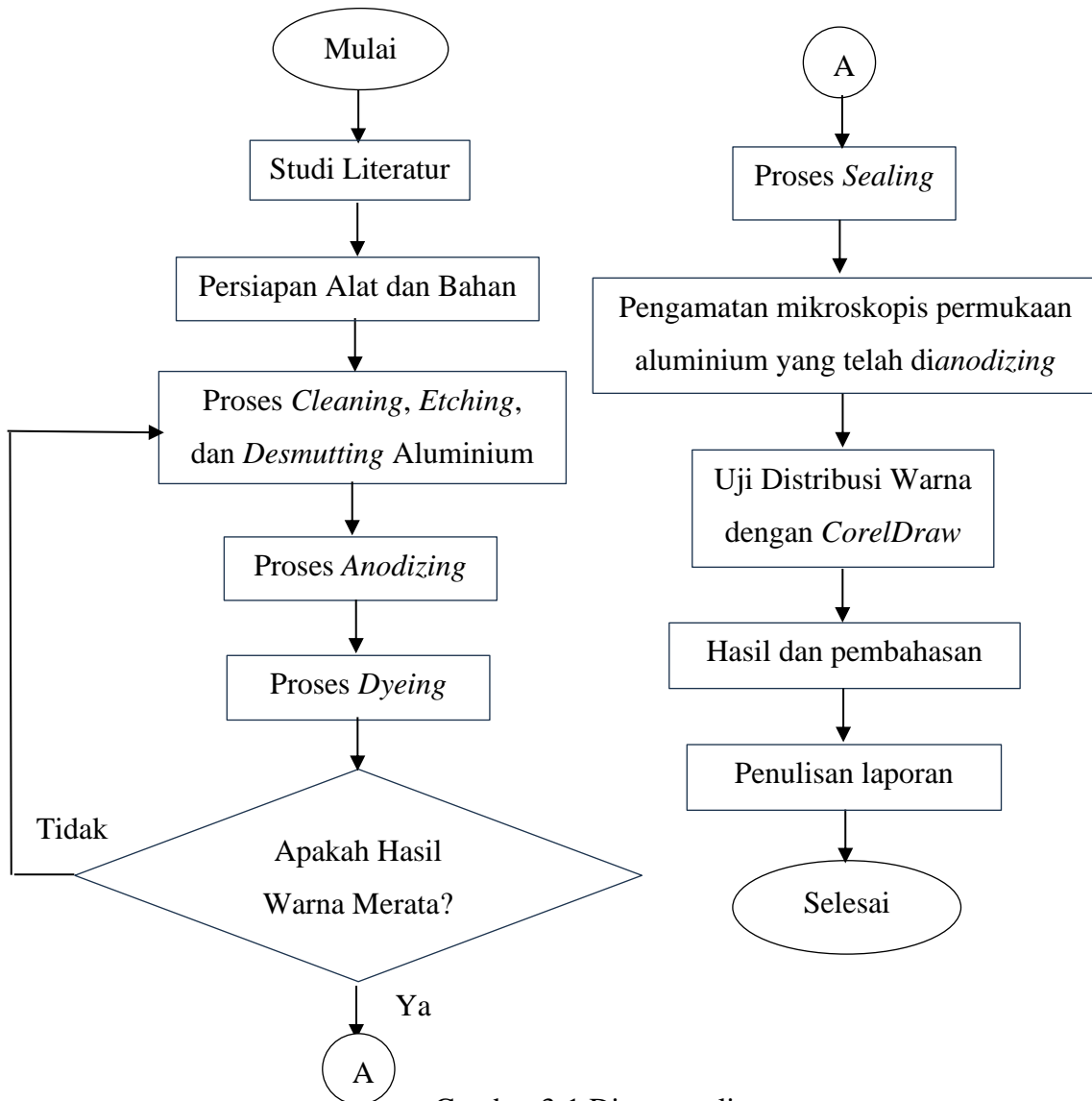
Sumber : (Trisnamiati, 2000)

# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian yang digunakan pada penelitian ini :



Gambar 3-1 Diagram alir

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang pengerjaan penelitian ini. Berikut merupakan tabel 3-1 dan tabel 3-2 yang berisikan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini :

Tabel 3-1 Peralatan

No.	Alat	Fungsi
1	<i>Power Supply</i>	Menyediakan arus listrik untuk reaksi elektrolisis
2	<i>Smartphone</i>	Memotret hasil <i>anodizing</i> dan sebagai <i>stopwatch</i>
3	Wadah Plastik	Tempat reaksi elektrolisis
4	Timbangan digital	Mengukur massa bahan bahan
5	Laptop	Menggunakan <i>software CorelDraw</i>
6	Panci dan Kompor	Membuat ekstrak secang
7	Gunting	Memotong bahan bahan
8	Mikroskop	Pengamatan struktur mikro

Tabel 3-2 Bahan

No.	Bahan	Fungsi
1	Aluminium 6061	Sebagai bahan utama dalam penelitian
2	Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sebagai Elektrolit
3	Soda api	Sebagai larutan <i>etching</i> permukaan aluminium
4	aquades	Memastikan kebersihan dan kemurnian dalam berbagai tahap proses <i>anodizing</i>
5	Larutan HNO <sub>3</sub>	Digunakan sebagai proses <i>desmuting</i>
6	Timbal (timah hitam)	Sebagai katoda dalam proses elektrolisis
7	Pewarna <i>anodizing</i>	Mewarnai aluminium

### 3.3 Perancangan

Perancangan penelitian untuk proses anodisasi ini berperan sebagai pedoman dalam pelaksanaan eksperimen anodisasi dengan pewarna alami yang berasal dari bubuk kayu secang. Desain tersebut digunakan sebagai acuan untuk memastikan penelitian berjalan sesuai metode yang telah direncanakan. Tabel 3-3 menampilkan variasi kuat arus listrik dan konsentrasi larutan yang digunakan.

Tabel 3-3 Variasi kuat arus dan konsentrasi elektrolit

No	Kode percobaan	Kuat Arus (Ampere)	Konsentrasi Elektrolit (asam sulfat:aquades)	Durasi (menit)	Massa bubuk secang (gram)	Volume air pelarut warna (ml)
1	1A.1	1	1:2	20	20	290
	1A.2	1	1:2	20	20	290
	1A.3	1	1:2	20	20	290
2	3A.1	3	1:2	20	20	290
	3A.2	3	1:2	20	20	290
	3A.3	3	1:2	20	20	290
3	5A.1	5	1:2	20	20	290
	5A.2	5	1:2	20	20	290
	5A.3	5	1:2	20	20	290
4	kons1:3.a	6	1:3	20	20	290
	kons1:3.b	6	1:3	20	20	290
	kons1:3.c	6	1:3	20	20	290
5	kons1:4.a	6	1:4	20	20	290
	kons1:4.b	6	1:4	20	20	290
	kons1:4.c	6	1:4	20	20	290

Dalam Tabel 3-2 menunjukkan bahwa kuat arus 1,3, dan 5 ampere serta konsentrasi elektrolit 1:2, 1:3, dan 1:4 merupakan parameter yang divariasikan

dalam penelitian ini. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh keduanya terhadap hasil pewarnaan *anodizing* menggunakan pewarna alami bubuk secang.

### **3.4 Persiapan**

Penelitian ini tentunya dilakukan eksperimen yang terdiri dari langkah-langkah terstruktur untuk mengidentifikasi dan mengukur berbagai parameter yang mempengaruhi hasil akhir. Eksperimen dilakukan dengan menggabungkan proses anodisasi dengan pewarna alami yang diperoleh dari ekstrak secang.

Berikut merupakan langkah langkah anodisasi dan pewarnaan menggunakan pewarna alami bubuk kayu secang :

#### **1. Pembersihan/*Cleaning* Aluminium**

*Cleaning*/pembersihan aluminium disini membersihkan seluruh permukaan aluminium dengan *thinner* yang bertujuan menghilangkan minyak dan kotoran yang menempel pada permukaan aluminium yang bisa mengganggu proses anodisasi.

#### **2. *Etching***

*Etching* merupakan tahapan anodisasi setelah *cleaning*, pada penelitian ini *etching* dilakukan dengan merendam aluminium yang telah dibersihkan ke dalam larutan soda api atau natrium hidroksida (NaOH) berkonsentrasi 10-15% selama satu menit, bertujuan untuk menghilangkan lapisan oksida alami dan menciptakan permukaan yang seragam dan bersih.

#### **3. *Desmutting***

*Desmutting* adalah tahap dalam proses *anodizing* yang bertujuan untuk menghilangkan residu atau sisa logam yang tertinggal di permukaan aluminium setelah proses *etching*. Untuk membersihkan residu tersebut, aluminium direndam dalam larutan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) berkonsentrasi 15-20% selama 1 menit.

#### **4. Proses Anodizing**

*Anodizing* adalah tahapan untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan aluminium. Disini aluminium sebagai anoda dan timbal sebagai katoda. Variasi parameter yang digunakan adalah kuat arus 1 A, 3 A, dan 5 A serta konsentrasi elektrolit 1:2, 1:3, dan 1:4 dalam waktu 20 menit.

#### **5. Dyieng / Pewarnaan**

Pewarnaan (*dyieng*) pada penelitian ini menggunakan pewarna alami bubuk kayu secang. Komposisi untuk membuat larutan pewarna adalah 20 gram untuk secang dan 290 ml untuk air, kemudian larutan pewarna dipanaskan hingga 65 °C. Aluminium kemudian direndam dalam larutan pewarna selama 5 menit.

#### **6. Sealing**

*Sealing* adalah tahap akhir dalam proses *anodizing* yang bertujuan untuk menutup pori-pori pada lapisan oksida aluminium yang terbentuk selama anodisasi. Proses *sealing* dilakukan dengan merendam aluminium dalam air panas (sekitar 80-90°C) dalam waktu 5 menit.

### **3.5 Kriteria Pemilihan Alat dan Bahan**

Pemilihan bahan dilakukan setelah tahap studi literatur, yang mencakup pencarian informasi terkait bahan yang akan digunakan dalam penelitian, lokasi pemasok, serta harga. Bahan-bahan yang dipilih meliputi aluminium, *power supply*, asam kuat sebagai larutan elektrolit, dan pewarna. Selama proses pemilihan bahan, ketersediaan dan harga menjadi faktor utama yang dipertimbangkan. Berikut ini adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

#### **1. Aluminium tipe 6061**

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah aluminium berjenis 6061. Aluminium yang memiliki tebal 10 mm nantinya akan dipotong potong dengan dimensi 40x30 mm. Pemilihan aluminium 6061 dikarenakan memiliki sifat konduktivitas termal dan listrik yang tinggi dengan masing masing nilai 167 W/m.K dan  $2,5 \times 10^7$  S/m.



Gambar 3-2 Aluminium 6061

## 2. *Power supply*

*Power supply* atau catu daya berfungsi untuk menyediakan arus listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan lapisan oksida pada permukaan aluminium. Dalam *anodizing*, *power supply* biasanya menghasilkan arus listrik searah (DC) yang mengalir dari anoda (aluminium) ke katoda (biasanya logam lain seperti timah atau platinum) melalui larutan elektrolit. Power supply yang digunakan adalah power supply yang bisa diatur besar kuat arus dan tegangan sehingga memudahkan dalam pengguna dan lebih efisien. Variasi arus yang digunakan adalah 1, 3, dan 5 ampere sedangkan tegangan yang diatur adalah 15 V.



Gambar 3-3 *Power Supply*

### 3. Asam sulfat ( $H_2SO_4$ )

Pada penelitian ini asam kuat yang digunakan untuk campuran larutan elektrolit adalah  $H_2SO_4$  atau asam sulfat. Asam sulfat yang digunakan adalah air aki zuur merk Yuasa.



Gambar 3-4 Air Aki Zuur

### 4. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi mengukur massa dari bahan-bahan penelitian yang ada. Pengukuran yang presisi sangat penting untuk membuat larutan pewarna dan larutan elektrolit dengan perbandingan yang sudah ditentukan.



Gambar 3-5 Timbangan Digital

#### 5. Wadah plastik

Wadah plastik disini berfungsi sebagai wadah larutan asam sulfat untuk proses *anodizing*. Wadah plastik yang digunakan berjenis *microwave oven safe* yang tahan panas dan korosi yang tentunya cocok untuk penelitian ini, selain itu wadah plastik yang digunakan terjangkau dan mudah didapat.



Gambar 3-6 Wadah Plastik

#### 6. Timah hitam atau timbal

Timbal atau timah hitam (Pb) dalam penelitian ini berfungsi sebagai katoda. Dalam elektrolisis, timbal berperan sebagai elektroda negatif (katoda) yang membantu menghantarkan arus listrik melalui larutan elektrolit. Timbal memiliki ketahanan korosi dari lingkungan elektrolit yang baik dan konduktivitas listrik yang memadai, sehingga efektif dalam menjaga stabilitas arus selama proses *anodizing*.



Gambar 3-7 Timbal

## 7. Asam nitrat

Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) sering digunakan sebagai bagian dari tahap pembersihan atau desmuting, yaitu proses penghilangan sisa-sisa logam lain (seperti tembaga atau silikon) yang mungkin terdapat pada permukaan aluminium setelah *etching*.



Gambar 3-8 Asam Nitrat

## 8. NaOH (soda api)

Soda api atau natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), adalah bahan kimia kuat yang sering digunakan dalam proses *etching*. *Etching* bertujuan untuk menghilangkan lapisan oksida alami dan kotoran dari permukaan aluminium, sehingga menciptakan permukaan yang bersih dan seragam sebelum anodisasi dimulai.



Gambar 3-9 Soda Api

## 9. Secang

Kayu secang (*Caesalpinia sappan*) pada penelitian ini digunakan sebagai pewarna alami. Keuntungan utama menggunakan secang adalah sifat alaminya yang lebih aman bagi lingkungan dibandingkan dengan pewarna sintetis. Selain itu, secang juga memiliki kandungan antioksidan yang berpotensi meningkatkan ketahanan lapisan anodized terhadap degradasi.



Gambar 3-10 Bubuk Secang

## 3.6 Prosedur percobaan

### 3.6.1 Persiapan

Pada tahap persiapan, semua alat dan bahan disiapkan diantaranya pemotongan spesimen, pembuatan larutan, dan lainnya. Berikut langkah-langkah dari persiapan :

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk percobaan.
2. Potong aluminium utuh menjadi kecil dengan dimensi 40 x 30 mm.
3. Siapkan wadah dan larutan diantaranya larutan elektrolisis, larutan NaOH, dan larutan *desmutting*.



Gambar 3-11 Potongan Aluminium

### 3.6.2 *Cleaning*

Pada tahap ini *cleaning* dilakukan dengan membilas aluminium yang sudah dipotong dengan thinner untuk menghilangkan residu minyak atau zat organik lain pada permukaan aluminium seperti pada gambar 3-11.



Gambar 3-12 Membilas Aluminium dengan Thinner

### 3.6.3 *Etching*

Pada tahap ini spesimen dilakukan *etching* dengan merendam aluminium yang sudah dibilas dengan thinner kedalam larutan NaOH berkonsentrasi 10-15% selama  $\pm 1$  menit seperti pada gambar 3-12



Gambar 3-13 Proses *Etching*

### 3.6.4 *Desmutting*

Selanjutnya adalah tahapan *desmutting* dengan menggunakan larutan asam nitrat berkonsentrasi 15-20% selama satu menit untuk membersihkan sisa-sisa proses *etching* seperti yang terlihat 3-13.



Gambar 3-14 Proses *Desmutting*

### 3.6.5 Proses *Anodizing*

Setelah proses *cleaning*, *etching*, dan *desmutting* pada aluminium telah dilakukan saatnya proses *anodizing* seperti terlihat pada gambar 3-14, berikut prosedurnya :

1. Siapkan larutan elektrolit yang akan digunakan untuk *anodizing* dengan perbandingan konsentrasi asam sulfat dan aquades adalah 1:2.
2. Hubungkan timbal sebagai katoda (elektroda negatif) yang sebagian terendam dalam larutan dengan kutub negatif.
3. Hubungkan aluminium sebagai anoda (elektroda positif) yang sebagian terendam dalam larutan dengan kutub positif.

4. Nyalakan *power supply*.
5. Perhatikan waktu *anodizing*.
6. Setelah selesai, matikan *power supply*.
7. Bilas aluminium dengan aquades.
8. Ulangi *anodizing* dengan parameter lainnya.



Gambar 3-15 Proses *anodizing*

### 3.6.6 Proses *dying*/pewarnaan

Setelah proses *anodizing*, aluminium akan memasuki proses pewarnaan dengan ekstrak secang yang terlihat pada gambar 3-15, berikut langkah-langkahnya :

1. Siapkan bubuk secang bermassa 20g dan larutkan dalam air panas bersuhu 60-70°C bervolume 290 ml.
2. Celupkan aluminium yang sudah dianodisasi ke dalam larutan ekstrak secang selama 5 menit.



Gambar 3-16 Proses pewarnaan

### 3.6.7 Proses *sealing*

Setelah proses *dyeing*, pada gambar 3-16 aluminium akan memasuki proses *sealing* yang berfungsi memastikan warna atau lapisan *anodizing* tetap tahan lama, berikut prosedurnya :

1. Setelah pewarnaan, selanjutnya aluminium di *sealing* dengan metode direndam di air bersuhu 80-90°C dengan waktu 5 menit.
2. Spesimen dibilas dengan air setelah proses *sealing*.



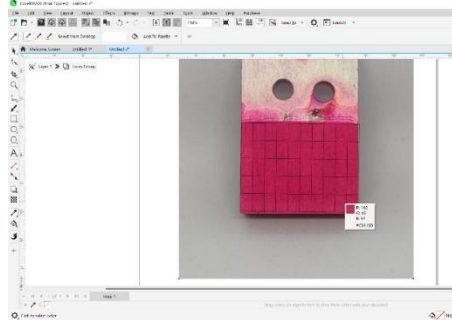
Gambar 3-17 Proses *sealing*

### 3.6.8 Uji Distribusi Warna

Setelah semua tahapan anodisasi selesai, maka dilakukan pengujian distribusi warna seperti pada gambar 3-17 berikut prosedurnya :

1. Setelah seluruh proses *anodizing* dan pewarnaan dilakukan, selanjutnya akan dilakukan pengujian distribusi warna menggunakan *photobox* dan aplikasi *CorelDraw 2024*.
2. Siapkan dan pasang *photobox* lalu tempatkan spesimen aluminium yang telah dianodisasi dan diwarnai di dalam *photobox* yang sudah disiapkan *backgroundnya*.
3. Pastikan *lighting photobox* berfungsi dengan baik sehingga pencahayaan yang dihasilkan akan merata.
4. Ambil gambar hanya menggunakan satu *device* yang sama dan pastikan pengambilan gambar memiliki sudut yang baik dan sama.

5. Buka aplikasi CorelDraw dan unggah gambar.
6. Petakan 100 titik pada permukaan aluminium yang berwarna menggunakan tabel dan temukan kode RGB nya pada masing masing titik.

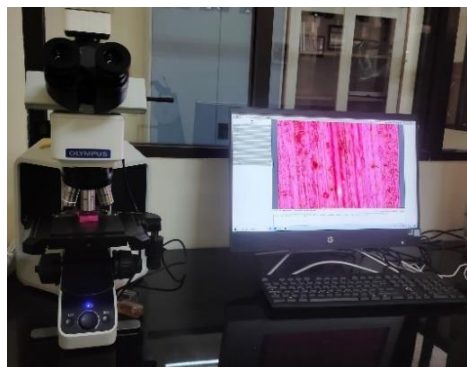


Gambar 3-18 Proses Uji Distribusi Warna

### 3.6.9 Pengamatan Mikroskopis

Setelah pengujian distribusi warna dilakukan, dilakukan pengamatan mikroskopis menggunakan mikroskop. Pengamatan mikroskopis dilakukan untuk mengetahui struktur lapisan oksida yang terbentuk yang terlihat pada gambar 3-18, berikut prosedurnya :

1. Spesimen disiapkan untuk diamati menggunakan mikroskop.
2. Spesimen diletakkan pada meja benda mikroskop.
3. Gunakan lensa objektif dengan perbesaran 50X.
4. Atur pencahayaan dan perbesaran lensa.
5. Amati dari layar komputer yang terhubung dengan mikroskop.



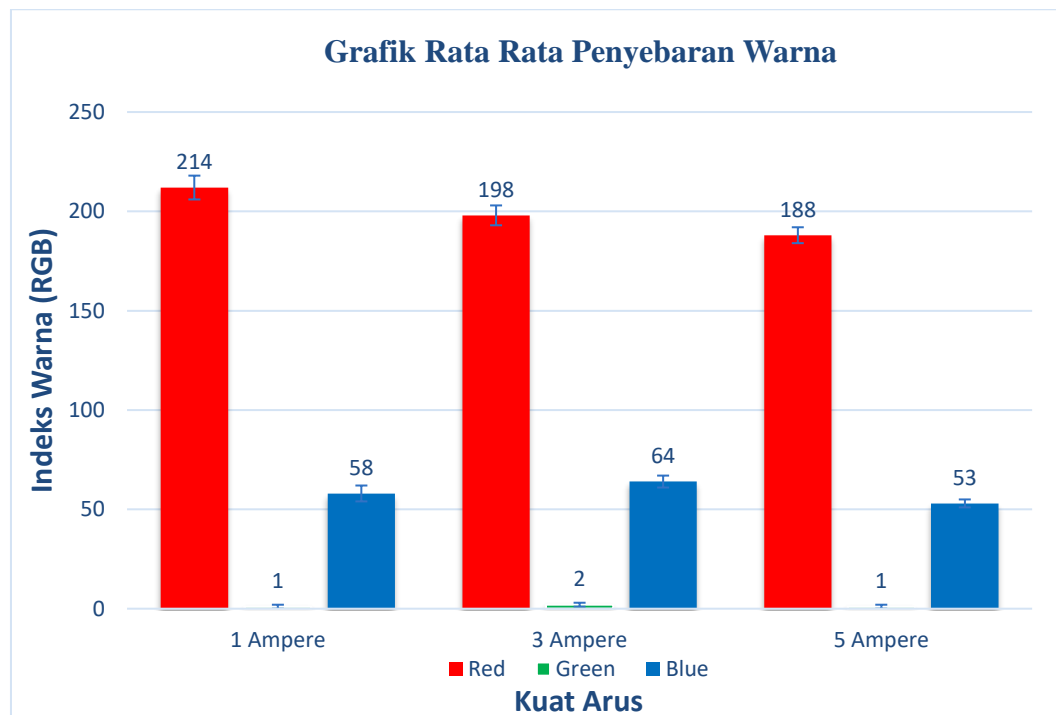
Gambar 3-19 Proses Pengamatan Mikroskopis

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pewarnaan Setelah *Anodizing* dengan Variasi Kuat Arus dan Konsentrasi Elektrolit

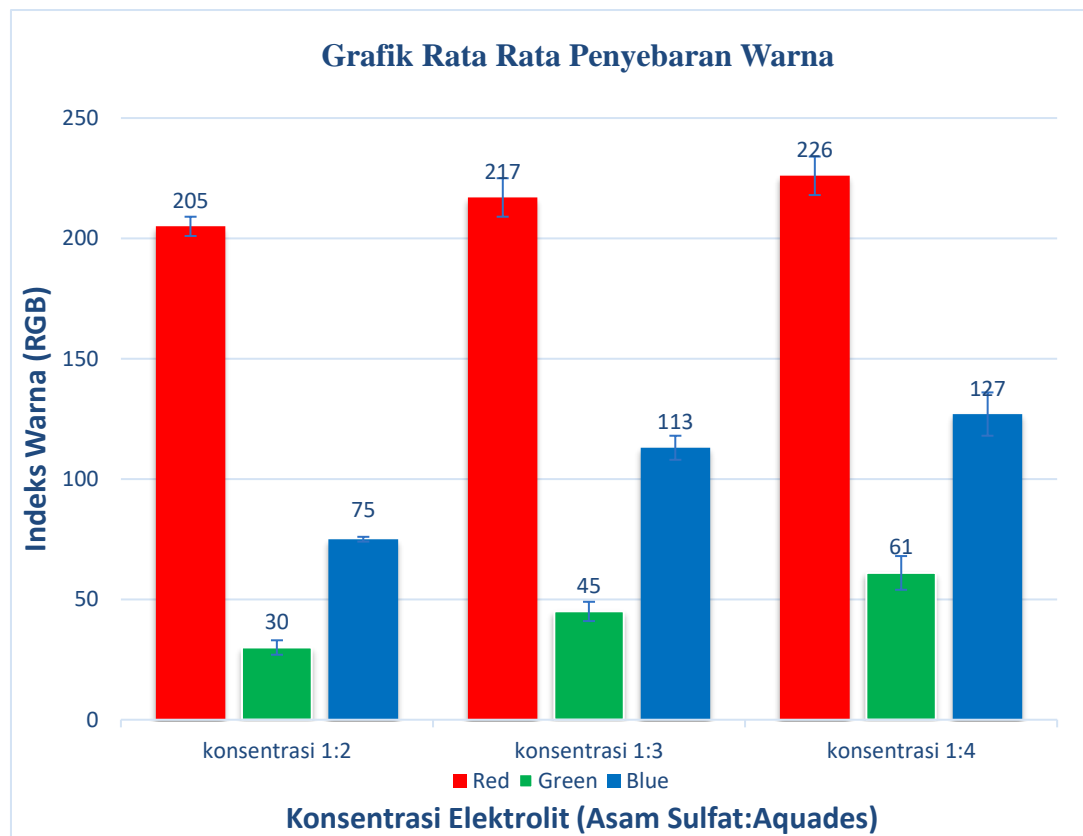
Setelah proses *anodizing* pada aluminium 6061, selanjutnya adalah uji hasil pemerataan warna (RGB) yang dilakukan dengan menggunakan software CorelDRAW di laptop atau komputer. Pengujian dilakukan dengan pemetaan 100 titik pada permukaan aluminium 6061 yang telah dianodisasi. Berikut hasil grafik dari pengujian pemerataan warna.



Gambar 4-1 Grafik Penyebaran Warna Variasi Kuat Arus

Berdasarkan grafik pada gambar 4.1 menampilkan rata rata RGB yang dihasilkan pada masing masing kuat arus yang berbeda, pada kuat arus 1 Ampere rata-rata intensitas warna yang dimiliki ialah R 214, G 1, dan B 58. Untuk kuat arus 3 Ampere R 198, G 2, B 64. Untuk kuat arus 5 Ampere R 188, G 1, B 53. Grafik diatas merepresentasikan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka semakin gelap warna yang dihasilkan, sehingga kode warna R semakin rendah.

Peningkatan arus listrik yang digunakan untuk *anodizing* menyebabkan laju pembentukan lapisan oksida semakin tebal.



Gambar 4-2 Grafik Penyebaran Warna Variasi Konsentrasi Elektrolit

Berdasarkan grafik pada gambar 4.2 menampilkan rata rata RGB yang dihasilkan pada masing masing konsentrasi larutan elektrolit yang berbeda. Pada perbandingan 1:2 menghasilkan warna merah dengan kode R 206, kode G 30, dan B 75. Pada perbandingan 1:3 menghasilkan warna merah dengan kode R 217, kode G 45, dan B 113. Pada perbandingan 1:4 menghasilkan warna merah dengan kode R 226, kode G 61, dan B 127. Grafik diatas merepresentasikan bahwa semakin banyak komposisi asam sulfat pada larutan elektrolit yang digunakan maka semakin gelap warna yang dihasilkan, sehingga kode warna R semakin rendah. Peningkatan konsentrasi asam sulfat pada larutan yang digunakan untuk *anodizing* menyebabkan laju pembentukan lapisan oksida semakin tebal.

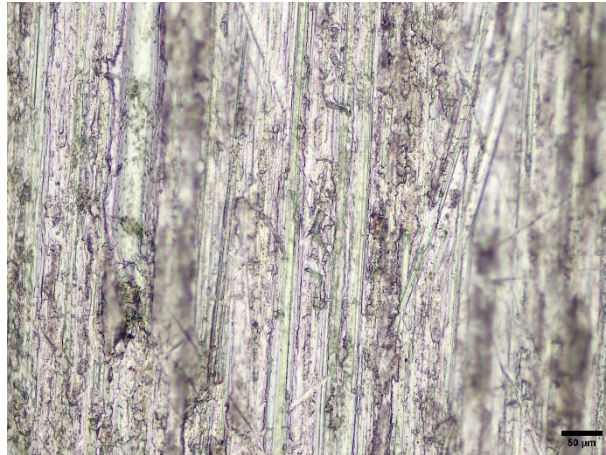
## 4.2 Hasil Penyebaran Warna

Pada gambar grafik 4-1 menunjukkan standard deviasi dari *anodizing* dengan kuat arus 1 A sebesar 6 untuk kode R, 1 untuk kode G, 4 untuk kode B. Sedangkan *anodizing* dengan kuat arus 3 A sebesar 5 untuk kode R, 1 untuk kode G, 3 untuk kode B. Untuk *anodizing* dengan kuat arus 5 A sebesar 4 untuk kode R, 1 untuk kode G, 2 untuk kode B. Pada grafik tersebut menegaskan bahwa masing masing eror bar pada kuat arus yang berbeda beda relatif pendek. Ini menunjukkan bahwa standard deviasi dari warna 100 titik yang diuji memiliki nilai rendah, sehingga persebaran warna pada permukaan aluminium merata dengan baik. Sebaliknya jika eror bar yang ditampilkan semakin panjang maka standard deviasi semakin besar, sehingga pemerataan warna pada permukaan aluminium kurang baik.

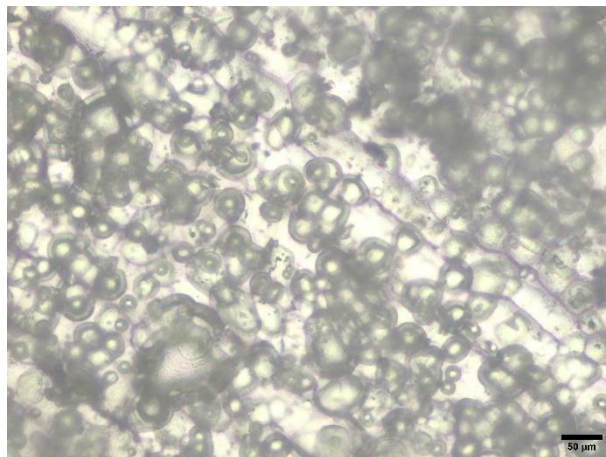
Pada gambar grafik 4-2 menunjukkan standard deviasi dari *anodizing* dengan konsentrasi elektrolit 1:2 sebesar 4 untuk kode R, 4 untuk kode G, 1 untuk kode B. Sedangkan *anodizing* dengan perbandingan elektrolit 1:3 sebesar 8 untuk kode R, 4 untuk kode G, 5 untuk kode B. Untuk *anodizing* dengan perbandingan elektrolit 1:4 sebesar 9 untuk kode R, 6 untuk kode G, 9 untuk kode B. Pada grafik tersebut menegaskan bahwa masing masing eror bar pada konsentrasi elektrolit yang berbeda beda relatif pendek. Ini menunjukkan bahwa standard deviasi dari warna 100 titik yang diuji memiliki nilai rendah, sehingga persebaran warna pada permukaan aluminium merata dengan baik. Sebaliknya jika eror bar yang ditampilkan semakin panjang maka standard deviasi semakin besar, sehingga pemerataan warna pada permukaan aluminium kurang baik.

### 4.3 Hasil Pengamatan Mikroskopis Aluminium Sebelum Diwarnai

Pengamatan secara mikroskopis pada aluminium yang telah melewati proses anodisasi namun tidak diberlakukan pewarnaan bertujuan untuk mengetahui lapisan oksida yang terbentuk ditampilkan pada gambar 4-3 (a) dan (b).



(a)



(b)

Gambar 4-3 (a) Hasil pengamatan mikroskopis aluminium sebelum dianodisasi

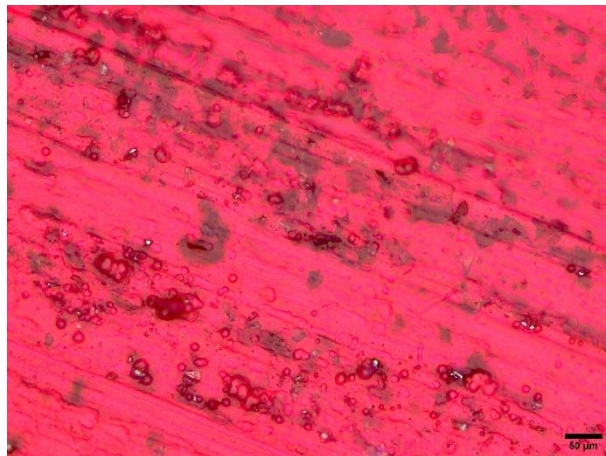
(b) Hasil pengamatan mikroskopis aluminium setelah dianodisasi

Pada gambar 4-3 (a) menunjukkan hasil uji mikroskopis aluminium yang belum dianodisasi, yang dimana gambar tersebut menampilkan bahwa permukaan aluminium yang belum dianodisasi akan terlihat lebih kasar dikarenakan hasil permesinan sebelumnya.

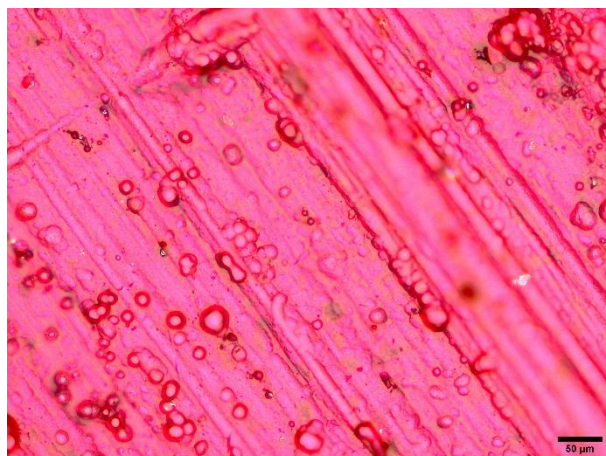
Pada gambar 4-3 (b) menunjukkan hasil uji mikroskopis aluminium yang telah diandisasi dengan kuat arus 6A dan konsentrasi elektrolit 1:2, yang dimana permukaan terdapat lapisan oksida dengan ditandai adanya pori pori sebagai tempat terserapnya warna.

#### **4.4 Hasil Pengamatan Mikroskopis Aluminium Setelah Diwarnai**

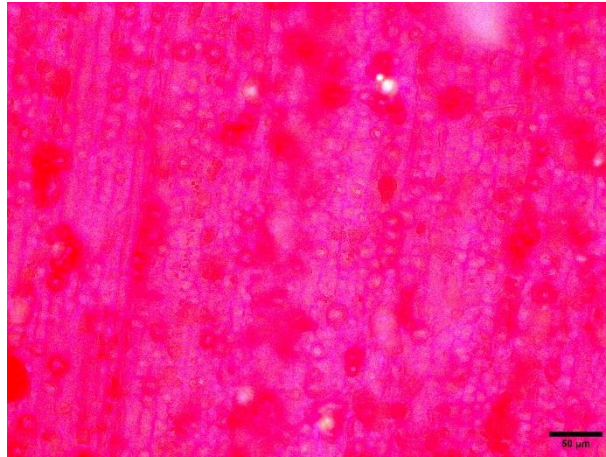
Pengamatan secara mikroskopis pada aluminium yang telah melewati proses anodisasi dan setelah diberlakukan pewarnaan ditampilkan pada gambar 4-4 (a), (b), dan (c).



(a)



(b)



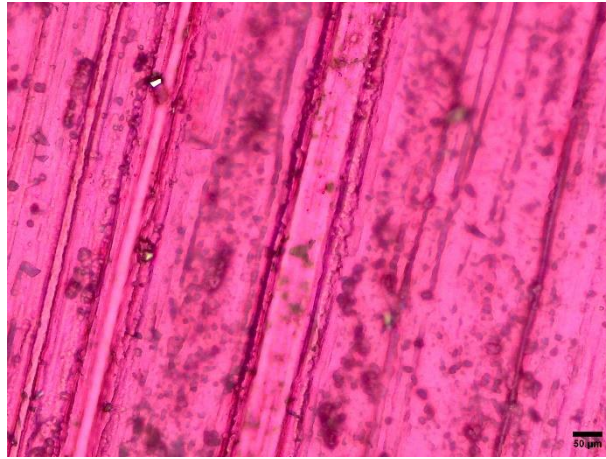
(c)

Gambar 4-4 (a) Hasil pengamatan mikroskopis *anodizing* kuat arus 1A, (b) Hasil pengamatan mikroskopis *anodizing* kuat arus 3A, dan (c) Hasil pengamatan mikroskopis *anodizing* kuat arus 5A

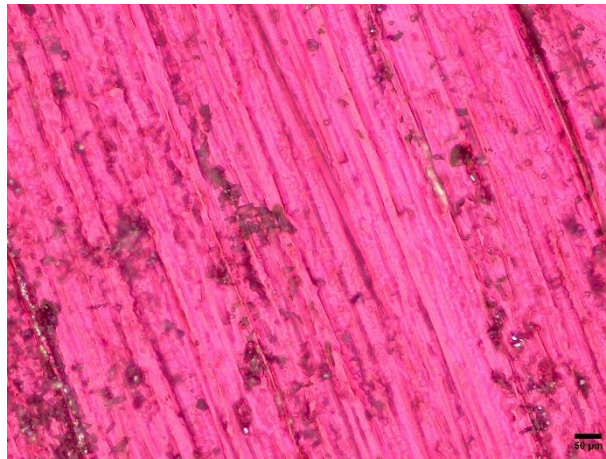
Pada gambar 4-4 (a) menunjukkan hasil uji mikroskopis *anodizing* dengan arus 1A, lapisan oksida yang terbentuk tampak lebih tipis dan seragam. Struktur permukaan menunjukkan pola yang halus dengan sedikit variasi tekstur. Tidak terlihat adanya retakan besar atau ketidakteraturan yang mencolok pada permukaan lapisan oksida ini.

Pada gambar 4-4 (b) pada arus 3A, terlihat bahwa lapisan oksida yang terbentuk mulai menunjukkan peningkatan dalam ketebalan dan kompleksitas struktur. Pola yang dihasilkan lebih kasar dibandingkan dengan 2A, dan ada indikasi bahwa terjadi penebalan lapisan oksida di beberapa area, yang mencerminkan peningkatan aktivitas elektrolisis.

Pada gambar 4-4 (c) pada arus 5A, lapisan oksida yang terbentuk tampak lebih tebal dengan pola permukaan yang lebih jelas dan kasar. Terlihat beberapa area dengan tekstur yang lebih besar, menunjukkan kemungkinan peningkatan laju pertumbuhan lapisan oksida.



(a)



(b)

Gambar 4-5 (a) Hasil pengamatan mikroskopis *anodizing* konsentrasi elektrolit 1:3, (b) Hasil pengamatan mikroskopis *anodizing* konsentrasi elektrolit 1:4

Pada gambar 4-5 (a) menunjukkan hasil uji mikroskopis anodizing dengan konsentrasi elektrolit 1:3. Pada konsentrasi ini pori pori yang terbentuk lebih kecil dan tersebar lebih merata dari yang dihasilkan anodizing menggunakan konsentrasi 1:2, begitupun lapisan oksida yang terbentuk juga lebih tipis dan seragam.

Gambar 4-5 (b) menunjukkan hasil uji mikroskopis anodizing dengan konsentrasi elektrolit 1:4. Pada konsentrasi ini terbentuk pori pori yang terkecil dan paling merata dibanding variasi konsentrasi elektrolit lainnya, begitupun lapisan oksida yang terbentuk juga paling tipis dan lebih seragam.

## 4.5 Analisis Kegagalan

Pada gambar 4-6 menunjukkan salah satu kegagalan dari pewarnaan anodisasi. Analisis kegagalan adalah proses untuk mengidentifikasi penyebab utama kegagalan suatu sistem atau komponen, guna mencegah terjadinya kegagalan serupa di masa depan.



Gambar 4-6 Kegagalan *anodizing*

### 4.5.1 Permukaan aluminium yang kurang bersih

Dalam proses *anodizing* salah satu langkah yang penting adalah *etching* dan *desmutting*, namun sering beberapa kali setelah *etching* dan *desmutting* terdapat sisa-sisa proses tersebut yang masih menempel pada permukaan aluminium sehingga membuat proses *anodizing* tidak berjalan dengan baik. Hal ini berdampak pada distribusi warna yang kurang merata seperti yang terlihat pada gambar 4-6. Selain itu konsentrasi larutan elektrolit juga harus diperhatikan. Perbandingan konsentrasi larutan yang ideal adalah 1:2 atau 1:3 untuk asam sulfat:aquades. Jika larutan asam memiliki konsentrasi yang kurang tepat dapat membuat proses *anodizing* tidak efektif atau sebaliknya yang dapat terlalu merusak permukaan aluminium yang sedang dianodisasi.

### 4.5.2 Pewarnaan

Pada percobaan *anodizing* ini menggunakan pewarna alami yaitu bubuk secang untuk menghasilkan warna merah. Supaya pewarnaan anodisasinya

berhasil, maka bubuk secang harus diekstrak dengan air panas diatas kompor menyala. Aluminium yang telah dianodisasi selanjutnya dimasukan dalam ekstrak secang yang telah disiapkan. Kendala yang sering terjadi adalah warna tidak bertahan lama karena menggunakan bahan alami dan tidak dikhususkan untuk *anodizing*, untuk solusinya adalah setelah pewarnaan dilakukan proses *sealing* pada aluminium yang sudah dilakukan proses pewarnaan.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Variasi konsentrasi larutan elektrolit dan kuat arus listrik mempengaruhi hasil pewarnaan *anodizing*, dimana peningkatan volume asam sulfat dan kuat arus menghasilkan intensitas warna yang lebih pekat.
2. bubuk secang dapat digunakan sebagai alternatif pewarna dalam proses *anodizing*. Bubuk secang tidak hanya memberikan hasil pewarnaan yang baik, tetapi juga berkontribusi pada upaya keberlanjutan dengan menggantikan pewarna sintesis yang limbahnya memiliki dampak lingkungan negatif jika tidak diolah dengan baik.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

1. Penelitian dapat diperluas dengan mengeksplorasi pewarna alami lain selain secang, seperti kunyit, indigo, atau bahan alami lain yang ramah lingkungan.
2. Melakukan uji ketahanan jangka panjang pada hasil anodizing dengan pewarna secang, terutama dalam kondisi lingkungan yang ekstrem seperti suhu tinggi dan kelembaban.
3. Penelitian tentang dampak lingkungan dari penggunaan pewarna alami dalam anodizing, termasuk bagaimana limbah dari proses ini diproses dan dikelola, dapat membantu meningkatkan aspek keberlanjutan dan memastikan keamanan proses dalam skala industri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, A. Z. (2016). Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Pada Proses Anodizing Dengan Bahan Alumunium Seri 1Xxx. *J. Mesin Sains Terap*, 6, 01-74.
- Efrianto & Rozali. 2008. *Analisis Sifat Mekanik Pengelasan Gesek (Friction Welding) Aluminium 6061 Dengan Variasi Kecepatan Putar Pada Mesin Bubut*. Jurnal Ilmu Teknik.
- Ibrahim, I. K., Ramadhani, I. A., Alamsari, J. P., Khalisha, K., & Sihombing, R. P. (2023, August). Karakterisasi Aluminium Pada Proses Hard Anodizing Dalam Variasi Asam Fosfat Dan Asam Sulfat 15%. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 14, No. 1, pp. 74-79).
- Irawan, E. W., Sipahelut, S. G., & Mailoa, M. (2022). Potensi Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.) Sebagai Pewarna Alami Dalam Pembuatan Selai Pala (*Myristica fragrans* H.). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 15(1), 74-82.
- Lasmana, A. I., Wahono, M. R., & Universias, J. T. M. F. T. (2017). Pengaruh variasi larutan elektrolit terhadap warna dan kekerasan lapisan hasil proses anodizing. *Jurnal Teknik Mesin*, 25(1), 24-31.
- Olanwanit, W., & Rojanakorn, T. (2019). Effect of hydrolysed collagen and Mansao powder mixture as a fat replacer on quality of Vienna sausages. *International Food Research Journal*, 26(5).
- Putri, U. S., Mukharomah, A. H., & Sulistyanyngtyas, A. R. (2018, November). Pengaruh konsentrasi pelarut etanol terhadap absorbansi brazilin pada simplisia kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.). In *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus* (Vol. 1).
- Rina, O. (2017, September). Eksplorasi Bahan Pewarna Alami sebagai Bahan Tambahan Pangan yang Aman dan Memiliki Bioaktivitas bagi Kesehatan. In *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*.
- Sulistiani, N. D., Anam, C., & Yudhistira, B. (2018). Karakteristik Tablet Effervescent Labu Siam (*Sechium edule* Sw.) dan Ekstrak Secang

(*Caesalpinia sappan* L.) dengan Filler Laktosa-Manitol. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 11(2), 99-109.

Sumardianto, R., PH, A., AD, R., & Rianingsih, L. (2021). Phenol content and antioxidant activity in seaweed fermented with lactic acid bacteria. *Food Res*, 5(3), 7-13.

Trisnamiati, Agusniar. 2000. “Kamus Kimia Bergambar“ , Jakarta, Erlangga.

Utami, S.N. (2022). Komponen Sel Elektrolisis dan Fungsinya. Kompas.com. <https://www.kompas.com/skola/read/2022/11/10/150000269/komponen-sel-elektrolisis-dan-fungsinya>

## LAMPIRAN

