

**PEWARNAAN PRODUK CNC TUTUP MASTER REM  
MOTOR MENGGUNAKAN PEWARNA ALAMI KULIT  
SECANG MENGGUNAKAN METODE *ANODIZING***

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Ghazy Mu'afa Al Fawwaz**

**No. Mahasiswa : 20525029**

**NIRM : 2002140011**

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

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PEWARNAAN PRODUK CNC TUTUP MASTER REM  
MOTOR MENGGUNAKAN PEWARNA ALAMI KULIT  
SECANG MENGGUNAKAN METODE *ANODIZING***

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Ghazy Mu'afa Al Fawwaz**  
**No. Mahasiswa : 20525029**  
**NIRM : 2002140011**

Yogyakarta, 6 Mei 2025

Pembimbing I,

A black ink signature consisting of several overlapping horizontal and diagonal strokes.

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

Pembimbing II,

A blue ink signature featuring a large, stylized oval loop followed by a few horizontal strokes.

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### PEWARNAAN PRODUK CNC TUTUP MASTER REM MOTOR MENGGUNAKAN PEWARNA ALAMI KULIT SECANG MENGGUNAKAN METODE *ANODIZING*

#### TUGAS AKHIR

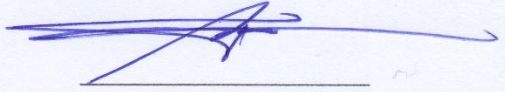
#### Disusun Oleh :

Nama : Ghazy Mu'afa Al Fawwaz  
No. Mahasiswa : 20525029  
NIRM : 2002140011

#### Tim Penguji

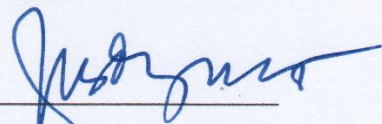
Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP

Ketua

  
Tanggal : 23 Juli 2025

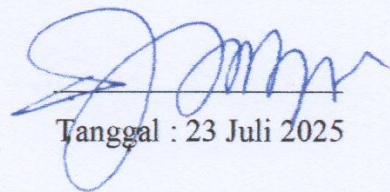
Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng., IPM

Anggota I

  
Tanggal : 23 Juli 2025

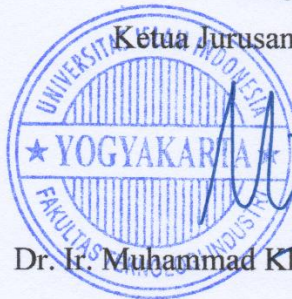
Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP

Anggota II

  
Tanggal : 23 Juli 2025

#### Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini penulis persembahkan dengan kerja keras kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan Islam dari masa kegelapan menuju era kemajuan seperti saat ini.

Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada orang tua yang selalu memberikan dukungan yang penuh dan doa yang tulus, rekan-rekan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi banyak pihak pada bidang ilmu pengetahuan. Terima kasih atas doa yang selalu dipanjatkan.

## **HALAMAN MOTTO**

“Penyakitmu adalah obatmu. Sakitmu adalah kesempatan untuk tumbuh”

**(Jalaluddin Rumi)**

“Percayalah pada potensi diri sendiri, jangan biarkan orang lain menentukan seberapa besar mimpimu”

**(Pidi Baiq)**

“Hendaknya perjuangan kita harus kita dasarkan pada kesucian. Kami percaya bahwa perjuangan yang suci itu senantiasa mendapat pertolongan dari Tuhan”

**(Jenderal Sudirman)**

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

*Alhamdulillah* rabbil ‘alamin, dengan rasa syukur tak terhingga dan atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, Tugas Akhir yang berjudul “Pewarnaan Produk CNC Tutup Master Rem Motor Menggunakan Pewarna Alami Kulit Secang Menggunakan Metode *Anodizing*” dapat selesai tepat waktu. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya dukungan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan berbagai aspek kepada penulis sehingga penulis dapat menjalankan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Faisal Arif Nargesang, S.T., M.Sc. IPP, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, tenaga, dan waktu dalam membimbing penulis selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng., IPP selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, tenaga, dan waktu dalam membimbing penulis selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku ketua Program Studi Teknik Mesin.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
6. Para saudara Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia angkatan 2020 yang telah mengajarkan arti kebersamaan dan kebahagiaan dalam menyelesaikan studi.

Penulis menyadari bahwasanya laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karenanya, penulis menerima kritik dan saran yang membangun untuk

mencapai hasil yang optimal. Penulis berharap agar laporan ini bermanfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, 6 Mei 2025

Penulis,

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'G' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Ghazy Mu'afa Al Fawwaz

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu *anodizing* dan waktu pewarnaan (*dyeing*) terhadap kualitas warna pada hasil aluminium *anodizing* menggunakan pewarna alami kulit secang yang menghasilkan pigmen berwarna merah. Setiap variasi hasil proses *anodizing* diuji persebaran warnanya kemudian pengujian ketebalan menggunakan uji makro. Proses *anodizing* dilakukan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan memperbaiki atau tampilan permukaan aluminium. Proses percobaan menggunakan variasi waktu dari *anodizing* dan pewarnaan dengan variasi waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Dari penelitian mengindikasikan bahwa waktu *anodizing* yang optimal ialah 20 menit, penyerapan dan distribusi warna yang dihasilkan sangat optimal. Selain itu, durasi pewarnaan yang optimal adalah 20 menit, yang menghasilkan kualitas sebaran warna yang lebih merata. Perbandingan larutan elektrolit yang optimal untuk proses *anodizing* adalah pada perbandingan elektrolit 1:2 dengan reaksi elektrolisis yang tidak terlalu merata pada permukaan aluminium. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah variasi waktu *anodizing* dan waktu pewarnaan berpengaruh pada hasil akhir, semakin lama waktu *anodizing* maka lapisan oksida semakin tebal dan semakin lama waktu pewarnaan maka intensitas warna yang dihasilkan semakin pekat.

Kata Kunci: *Anodizing*, Aluminium, Kulit Secang

## DAFTAR ISI

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| Halaman Judul .....                             | i    |
| Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....        | ii   |
| Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....           | iii  |
| Halaman Persembahan .....                       | iv   |
| Halaman Motto .....                             | v    |
| Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....   | vi   |
| Abstrak.....                                    | viii |
| Daftar Isi .....                                | ix   |
| Daftar Tabel.....                               | xi   |
| Daftar Gambar .....                             | xii  |
| Daftar Notasi.....                              | xiv  |
| Bab 1 Pendahuluan.....                          | 1    |
| 1.1    Latar Belakang.....                      | 1    |
| 1.2    Rumusan Masalah.....                     | 2    |
| 1.3    Batasan Masalah .....                    | 2    |
| 1.4    Tujuan Penelitian atau Perancangan.....  | 3    |
| 1.5    Manfaat Penelitian atau Perancangan..... | 3    |
| 1.6    Sistematika Penulisan .....              | 3    |
| Bab 2 Tinjauan Pustaka .....                    | 5    |
| 2.1    Kajian Pustaka .....                     | 5    |
| 2.2    Dasar Teori .....                        | 6    |
| 2.2.1    Secang.....                            | 6    |
| 2.2.2    Aluminium.....                         | 7    |
| 2.2.3 <i>Anodizing</i> .....                    | 7    |
| 2.3    Evaluasi .....                           | 10   |
| 2.3.1    Uji Penyebaran Warna.....              | 10   |
| 2.3.2    Struktur Makro .....                   | 11   |
| Bab 3 Metode Penelitian.....                    | 12   |
| 3.1    Alur Penelitian.....                     | 12   |
| 3.2    Peralatan dan Bahan .....                | 13   |

|        |                                                        |    |
|--------|--------------------------------------------------------|----|
| 3.3    | Perancangan.....                                       | 16 |
| 3.4    | Persiapan.....                                         | 18 |
| 3.5    | Percobaan.....                                         | 19 |
| 3.5.1  | Tahap Persiapan.....                                   | 19 |
| 3.5.2  | Tahap <i>Cleaning</i> .....                            | 20 |
| 3.5.3  | Tahap <i>Etching</i> .....                             | 20 |
| 3.5.4  | Tahap <i>Desmutting</i> .....                          | 21 |
| 3.5.5  | Tahap <i>Anodizing</i> .....                           | 21 |
| 3.5.6  | Tahap <i>Dyeing</i> .....                              | 22 |
| 3.5.7  | Tahap Sealing .....                                    | 22 |
| 3.5.8  | Pengambilan Gambar .....                               | 23 |
| 3.5.9  | Penyebaran atau Pengukuran Warna .....                 | 24 |
| 3.5.10 | Pengamatan Struktur Makro.....                         | 25 |
| Bab 4  | Hasil dan Pembahasan.....                              | 26 |
| 4.1    | Hasil <i>Anodizing</i> Spesimen .....                  | 26 |
| 4.2    | Hasil Pengujian Penyebaran Warna .....                 | 27 |
| 4.3    | Hasil Pengujian Ketebalan Permukaan.....               | 30 |
| 4.4    | Hasil Pengaplikasian Warna pada Tutup Master Rem ..... | 35 |
| 4.5    | Analisis Kegagalan.....                                | 38 |
| Bab 5  | Penutup.....                                           | 39 |
| 5.1    | Kesimpulan.....                                        | 39 |
| 5.2    | Saran atau Penelitian Selanjutnya.....                 | 39 |
|        | Daftar Pustaka.....                                    | 40 |

## DAFTAR TABEL

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| Tabel 3- 1 Alat Percobaan .....                 | 13 |
| Tabel 3- 2 Bahan Percobaan.....                 | 15 |
| Tabel 3- 3 Variasi Waktu <i>Anodizing</i> ..... | 16 |
| Tabel 3- 4 Variasi Waktu Pewarnaan.....         | 17 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2- 1 Pewarna Alami Bubuk Secang .....                                                                        | 6  |
| Gambar 2- 2 Aluminium.....                                                                                          | 7  |
| Gambar 2- 3 Proses <i>Anodizing</i> .....                                                                           | 8  |
| Gambar 2- 4 RGB.....                                                                                                | 10 |
| Gambar 2- 5 Pengujian Makro .....                                                                                   | 11 |
| Gambar 3- 1 Alur Penelitian.....                                                                                    | 12 |
| Gambar 3- 2 Pemotongan Aluminium.....                                                                               | 19 |
| Gambar 3- 3 Tahap <i>Cleaning</i> .....                                                                             | 20 |
| Gambar 3- 4 Tahap <i>Etching</i> .....                                                                              | 20 |
| Gambar 3- 5 Tahap <i>Desmutting</i> .....                                                                           | 21 |
| Gambar 3- 6 Tahap <i>Anodizing</i> .....                                                                            | 21 |
| Gambar 3- 7 Tahap <i>Dyeing</i> .....                                                                               | 22 |
| Gambar 3- 8 Tahap <i>Sealing</i> .....                                                                              | 22 |
| Gambar 3- 9 Proses Pengambilan Gambar.....                                                                          | 23 |
| Gambar 3- 10 Proses Pengukuran Warna.....                                                                           | 24 |
| Gambar 3- 11 Proses Pengamatan Struktur Makro .....                                                                 | 25 |
| Gambar 4- 1 Hasil <i>Anodizing</i> 10 Menit Dengan Variasi Waktu Pewarnaan A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit      | 26 |
| Gambar 4- 2 Hasil <i>Anodizing</i> 20 Menit Dengan Variasi Waktu Pewarnaan A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit..... | 26 |
| Gambar 4- 3 Hasil <i>Anodizing</i> 30 Menit Dengan Variasi Waktu Pewarnaan A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit..... | 27 |
| Gambar 4- 4 Grafik Hasil Pengujian Penyebaran Warna (RGB) Variasi Waktu <i>Anodize</i> .....                        | 27 |
| Gambar 4- 5 Grafik Hasil Pengujian Penyebaran Warna (RGB) Variasi Waktu Warna.....                                  | 29 |
| Gambar 4- 6 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 10 Menit <i>Anodize</i> 10 Menit Warna .....                   | 30 |
| Gambar 4- 7 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 10 Menit <i>Anodize</i> 20 Menit Warna .....                   | 31 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4- 8 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 10 Menit <i>Anodize</i>  | 30 |
| Menit Warna .....                                                             | 31 |
| Gambar 4- 9 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 20 Menit <i>Anodize</i>  | 10 |
| Menit Warna .....                                                             | 32 |
| Gambar 4- 10 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 20 Menit <i>Anodize</i> | 20 |
| Menit Warna .....                                                             | 32 |
| Gambar 4- 11 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 20 Menit <i>Anodize</i> | 30 |
| Menit Warna .....                                                             | 33 |
| Gambar 4- 12 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 30 Menit <i>Anodize</i> | 10 |
| Menit Warna .....                                                             | 33 |
| Gambar 4- 13 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 30 Menit <i>Anodize</i> | 20 |
| Menit Warna .....                                                             | 34 |
| Gambar 4- 14 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 30 Menit <i>Anodize</i> | 30 |
| Menit Warna .....                                                             | 34 |
| Gambar 4- 15 Grafik Pengujian Ketebalan Permukaan .....                       | 35 |
| Gambar 4- 16 Proses Pengaplikasian <i>Anodizing</i> Pada Produk .....         | 36 |
| Gambar 4- 17 Hasil Pengaplikasian Pada Produk 1 .....                         | 36 |
| Gambar 4- 18 Hasil Pengaplikasian Pada Produk 2 .....                         | 37 |
| Gambar 4- 19 Kegagalan Dalam Percobaan.....                                   | 38 |

## DAFTAR NOTASI

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri otomotif semakin berkembang seiring dengan kebutuhan manusia untuk melakukan perpindahan baik secara individu maupun berkelompok dari satu tempat ke tempat lain, perkembangan dalam industri otomotif tidak hanya pada segi performa yang digunakan akan tetapi dalam segi estetika juga mendapatkan perhatian dari produsen (Huda, 2024). Aluminium merupakan salah satu bahan yang dimanfaatkan oleh industri otomotif dalam proses produksi komponen otomotif. (Farid, 2024).

Pewarnaan komponen kendaraan seperti tutup master rem motor menjadi salah satu aspek dalam meningkatkan nilai estetika kendaraan. Metode pewarnaan dapat dilakukan melalui pengecatan dan melalui proses elektrolisis atau biasa disebut *anodizing*. Saat ini, industri otomotif banyak memanfaatkan metode *anodizing* dalam proses pewarnaan (Farid et al., 2024). Metode pewarnaan konvensional pada umumnya menggunakan pewarna sintetis yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena adanya kandungan bahan kimia.

Sebagai alternatif, dapat digunakan pewarna alami yang berasal dari tanaman. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami yaitu secang (*Caesalpinia Sappan*) yang memberikan warna merah yang ditimbulkan oleh zat warna brazilin (Widyasti et al., 2017) dan memiliki potensi untuk diaplikasikan melalui metode *anodizing*. *Anodizing* adalah proses elektrolisis terhadap logam untuk mempertebal lapisan oksida alami dari permukaan logam (Marcel, 2020).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yankson et al. (2018), variasi waktu *anodizing* dengan rentang 20 hingga 50 menit terhadap pewarnaan memberikan variasi warna pada aluminium. Selain itu, Rizkia et al. (2023) melakukan penelitian terkait pengaruh waktu *anodizing* terhadap pewarnaan dengan waktu *anodizing* 40 dan 60 menit. Didapatkan hasil bahwa tingkat kepekatan warna meningkat seiring dengan peningkatan waktu perendaman.

Penelitian ini berfokus pada penerapan pewarna alami kulit secang dalam pewarnaan produk tutup master rem motor melalui metode *anodizing*. Pendekatan ini tidak hanya mendukung estetika produk, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan teknologi ramah lingkungan dalam industri otomotif. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, metode *anodizing* dapat digunakan dalam proses pewarnaan aluminium. Namun, masih belum terdapat penelitian terkait pengaruh waktu *anodizing* dan waktu perendaman pada proses pewarnaan menggunakan pewarna alami kulit secang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka beberapa permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh waktu perendaman warna terhadap kualitas warna yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh waktu *anodizing* terhadap warna yang dihasilkan?
3. Berapa lama waktu perendaman dan waktu *anodizing* optimum pada pewarnaan produk CNC tutup master rem motor menggunakan pewarna alami kulit secang?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan maka disusunlah batasan masalah yang bertujuan untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar tidak muncul permasalahan yang diluar pembahasan. Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Material spesimen yang digunakan adalah aluminium 5052.
2. Jenis larutan elektrolit yang digunakan adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).
3. Pewarna alami yang digunakan adalah bubuk secang.
4. Air yang digunakan adalah akuades.

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh waktu perendaman warna terhadap kualitas warna yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh waktu *anodizing* terhadap warna yang dihasilkan.
3. Mengetahui waktu perendaman dan waktu *anodizing* optimum pada pewarnaan produk CNC tutup master rem motor menggunakan pewarna alami kulit secang.

## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Manfaat dari penelitian ini adalah penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya dan dapat dijadikan sebagai dasar pengembangan dalam industri otomotif terutama dalam pemanfaatan pewarnaan produk CNC menggunakan bahan alam.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **BAB 1: Pendahuluan**

Bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, batasan permasalahan yang dibahas, manfaat dari tugas akhir ini serta sistematika penulisan.

### **BAB 2: Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang dasar teori yang berkaitan dengan proses *anodizing* yaitu pengertian tentang *anodizing* dan penjelasan tentang aluminium.

### **BAB 3: Metode Penelitian**

Bab ini menerangkan tentang metode penelitian yang berisikan diagram alur penelitian, persiapan alat dan bahan, tahapan melakukan proses *anodizing*, pengukuran warna dan pengamatan struktur makro.

#### **BAB 4: Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisi hasil dari penelitian tentang bagaimana kualitas, penyebaran dan pemerataan dari warna hasil proses *anodizing* dan struktur makro permukaan aluminium.

#### **BAB 5: Penutup**

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil dari proses *anodizing*.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

*Anodizing* merupakan proses elektrokimia yang biasanya melibatkan logam (elektroda) dan larutan (elektrolit). Paduan logamnya berupa aluminium yang paling banyak digunakan di dunia industri. Logam aluminium tanpa perlindungan memiliki kekerasan, serta ketahanan korosi yang rendah. Oleh karena itu, aluminium memerlukan proses *anodizing* untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi untuk memberikan perlindungan. *Anodizing* aluminium adalah proses elektrokimia ramah lingkungan untuk memproduksi lapisan oksida pada permukaan aluminium sehingga menjadi lebih dekoratif, tahan lama, dan tahan korosi. (Rizkia, 2023).

Proses *anodizing* dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan, salah satunya ialah durasi *anodizing* dan durasi saat pewarnaan produk dengan tujuan menambah nilai estetika pada produk dan tetap mempertahankan nilai fungsional. Dengan tujuan *anodizing* yaitu untuk meningkatkan perlindungan pada aluminium dalam segi tahan korosi, lalu tahan terhadap perubahan cuaca dan pewarnaan untuk menjadi lebih menarik.

Dalam penelitian Prabowo (2016) yang meneliti tentang pengaruh variasi waktu *anodizing* terhadap struktur permukaan dan ketebalan lapisan oksida, *anodizing* dilakukan dengan variasi waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit dan didapatkan hasil bahwa semakin lama waktu proses *anodizing* dilakukan maka lapisan oksida yang terbentuk akan meningkat dan kekerasan pada aluminium mengalami peningkatan.

Berdasarkan penelitian tersebut, melakukan pengujian *anodizing* dengan variasi durasi waktu *anodizing* 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dikarenakan warna yang dihasilkan semakin lama waktu *anodizing*, intensitas warna yang dihasilkan menjadi semakin rendah atau lebih gelap dan juga dilakukan pada aluminium 5052 dikarenakan aluminium menjadi salah satu media yang tepat untuk dilakukan proses *anodizing*.

Penelitian tentang *anodizing* aluminium bertujuan untuk menambah ilmu dan mendalami pemahaman tentang proses *anodizing* itu sendiri. Dengan memahami tentang faktor yang mempengaruhi lapisan oksida, dan metode untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Laporan ini diharapkan dapat memberi kontribusi bagi penelitian dan pengembangan mengenai bidang *anodizing*.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Secang

Pewarna merupakan zat yang digunakan untuk memberikan atau mengubah warna pada suatu bahan, dengan tujuan untuk menambah nilai estetika produk pada proses aluminium *anodizing*. Pewarna dapat dikategorikan menjadi dua yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. Pewarna alami merupakan pewarna yang didapatkan dari sumber alam, seperti tumbuhan, hewan, dan sebagainya. Dengan keunggulan lebih ramah lingkungan dan minim memiliki efek samping pada tubuh, pewarna alami dapat dijadikan opsi untuk pewarnaan pada aluminium *anodizing*, salah satu pewarna alami ialah pewarna kayu secang.

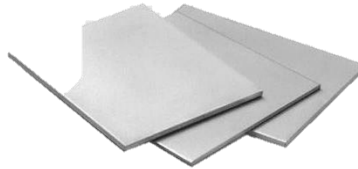
Tanaman secang merupakan salah satu tanaman yang digunakan sebagai pigmen alami, dengan bagian yang sering digunakan pada bagian kayu. Kayu secang menghasilkan pigmen berwarna merah dan mudah larut dalam air panas seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-1. Penelitian Wahyu (2020) menunjukkan bahwa pigmen alami kayu secang dapat dipengaruhi pH, pada kondisi asam pigmen berwarna kuning sampai jingga dan pada kondisi basa pigmen berwarna merah sampai merah keunguan.



Gambar 2- 1 Pewarna Alami Bubuk Secang

### 2.2.2 Aluminium

Aluminium merupakan material yang banyak ditemukan dan didapat seperti pada bidang otomotif, industri maupun kemasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-2. Aluminium dapat didaur ulang yang secara tidak langsung dapat berupaya untuk mengurangi limbah industri dan lebih ramah lingkungan.



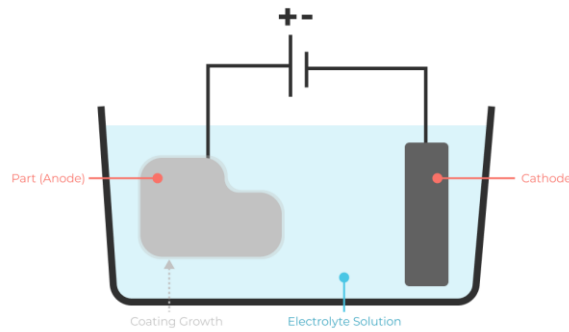
Gambar 2- 2 Aluminium

Aluminium memiliki sifat konduktor panas dan elektrik yang baik, dengan sifat tersebut bisa dijadikan salah satu opsi untuk pengaplikasian dalam berbagai bidang seperti bidang industri, otomotif, dan bidang lainnya, salah satunya ialah dalam pengaplikasian aluminium *anodizing*. Biasanya aluminium digunakan dalam bentuk lembaran, pelat, maupun tabung (Sinaga, 2016).

Aluminium seri 5052 merupakan jenis aluminium yang memiliki komposisi 97,25% aluminium, 2,5% magnesium, dan 0,25% kromium sebagai unsur paduan utama, angka kedua, ketiga, dan keempat menunjukkan unsur paduan lainnya yang ada dalam campuran tersebut dan paduan ini memiliki ketahanan korosi yang baik (Andika, 2024).

### 2.2.3 Anodizing

*Anodizing* adalah proses elektrokimia yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan lapisan aluminium oksida pada permukaan aluminium. Selama proses *anodizing*, elemen utama yang larut pada permukaan elektrokimia ini adalah logam dasar, dalam hal ini yaitu aluminium. Seperti pada gambar 2-3, proses *anodizing* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu cairan elektrolit yang digunakan dan suhu (Razzouk et al., 2024).



Gambar 2- 3 Proses *Anodizing*

Tujuan dari proses *anodizing* yaitu untuk meningkatkan sifat estetis serta mekanis permukaan aluminium. Hasil dari *anodizing* yaitu lapisan tipis tahan korosi dan memiliki pori. Pori yang dihasilkan ini bisa dimanfaatkan untuk proses pewarnaan (Muslim dan Nugroho, 2018). Selain itu, *anodizing* juga berfungsi untuk melindungi permukaan logam dengan cara meningkatkan lapisan oksida pada permukaan. Namun, aluminium yang di *anodizing* cenderung lebih keras dan lebih tebal dibandingkan aluminium yang tidak di *anodizing* serta cenderung memiliki kemampuan yang rendah dalam ketahanan aus setelah beberapa waktu. Oleh karena itu, diperlukan sealing dan pewarnaan untuk meningkatkan ketebalan untuk meningkatkan ketebalan logam sehingga diharapkan dapat meningkatkan resistensi terhadap korosi. Pada umumnya, proses *anodizing* dilakukan menggunakan bak elektrolitik yang didalamnya terdapat elektrolit seperti asam sulfat dengan plat timbal hitam sebagai katoda dan aluminium yang akan di *anodizing* menempel pada anoda yang mana akan terbentuk lapisan aluminium oksida (Yankson et al., 2018).

Proses *anodizing* terdiri atas beberapa tahap, yaitu tahapan *pre treatment* yang terdiri dari proses *cleaning*; *etching*; dan *desmutting*, tahapan *anodizing*, tahapan *dyeing*, dan tahapan *sealing* (Muslim dan Nugroho, 2018). Pada tahap *cleaning*, dilakukan pembersihan kotoran yang terdapat pada permukaan plat yang dilakukan dengan cara perendaman spesimen menggunakan detergen murni dan Natrium karbonat ( $Na_2CO_3$ ) dalam kurun waktu lima menit kemudian dibilas dengan akuades. Proses *cleaning* menggunakan larutan kimia mampu memberikan hasil yang baik walaupun adanya variasi tingkat kekotoran aluminium (Yudianto

et al., 2020). Tahapan selanjutnya yaitu proses *etching* yang bertujuan untuk menghilangkan lapisan oksida pada permukaan spesimen yang tidak hilang pada proses *cleaning*. Pada proses ini, spesimen direndam menggunakan NaOH selama lima menit kemudian dilakukan pembilasan menggunakan akuades. Untuk menghilangkan lapisan hitam yang terbentuk, spesimen dicelupkan ke dalam larutan HNO<sub>3</sub> selama 5 menit pada suhu ruang (Kaseer et al., 2002). Langkah akhir dari proses *pre treatment* yaitu proses *desmutting* yang bertujuan untuk menghilangkan smut pada permukaan spesimen. Proses *desmutting* dilakukan dengan cara melakukan perendaman spesimen dalam larutan desmut yang terdiri dari 75% Asam fosfat, 15% asam sulfat, dan 10% asam asetat selama lima menit, kemudian dilakukan pembilasan menggunakan akuades (Muslim dan Nugroho, 2018).

Tahapan *anodizing* dimulai dengan mencelupkan spesimen ke dalam campuran asam sulfat dan akuades di dalam wadah dengan suhu 30-40° C. Proses ini dilakukan selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan kuat arus sebesar 10 A dan tegangan sebesar 12 V. Setelah proses *anodizing*, spesimen dibilas menggunakan akuades. Pada proses *anodizing*, terjadi pembentukan pori-pori yang diawali dengan terjadinya pelepasan elektron yang menghasilkan arus *anodizing* pada permukaan aluminium yang kemudian akan terjadi pembentukan lapisan oksida awal. Pada saat pembentukan lapisan ini, pembentukan lapisan oksida akan didominasi dengan pertumbuhan secara lateral sehingga permukaan aluminium akan tertutupi secara keseluruhan. Secara bersamaan, lapisan oksida akan terlarut sehingga terjadi pembentukan pori-pori yang diakibatkan adanya perbedaan kelarutan di lapisan oksida (Rizkia et al., 2023). Selanjutnya dilakukan proses *dyeing* atau pewarnaan dengan melakukan perendaman spesimen dalam larutan pewarna, dalam penelitian ini dilakukan menggunakan bubuk kulit secang sejumlah 15 gram per 210 mililiter akuades pada suhu 90-97° C. Proses perendaman dilakukan selama 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan x menit. Tahapan terakhir yaitu proses *sealing* yang bertujuan untuk menutup kembali pori-pori yang terbentuk akibat dari proses *oxidation* anoda agar warna yang telah terbentuk tidak keluar atau pudar. Tahap ini dilakukan dengan cara merendam spesimen ke dalam akuades dengan suhu 95° C selama 20 menit (Kaseer et al., 2002). Proses

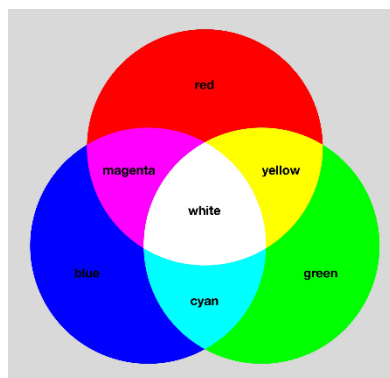
*sealing* diakhiri dengan pembilasan spesimen menggunakan akuades sebanyak dua kali yang bertujuan untuk menghilangkan residu yang mungkin tertinggal (Muslim dan Nugroho, 2018).

Permukaan aluminium *anodized* cenderung lebih keras dan lebih tebal dibandingkan dengan aluminium yang tidak *anodized*. Namun, cenderung memiliki kemampuan yang rendah dalam ketahanan keausan setelah waktu tertentu. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses *sealing* dan pewarnaan untuk meningkatkan ketebalan sehingga mampu meningkatkan resistensi terhadap korosi. Proses *sealing* bertujuan untuk menutup pori-pori permukaan.

## 2.3 Evaluasi

### 2.3.1 Uji Penyebaran Warna

RGB merupakan model warna yang terdiri dari merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) sebagai warna dasar yang akan menghasilkan warna lain dengan mengatur intensitas dari ketiga warna tersebut. Rentang warna RGB paling kecil ialah 0 sampai paling besar ialah 255, berdasarkan pada 8-bit bilangan biner pada setiap warna dasar sehingga satu piksel citra digital membutuhkan 24-bit. Seperti pada gambar 2-4, dengan intensitas maksimal ketiga warna RGB akan menghasilkan warna putih dan apabila mengkombinasikan kedua warna RGB akan menghasilkan warna lain (Prabowo dan Abdullah, 2018).

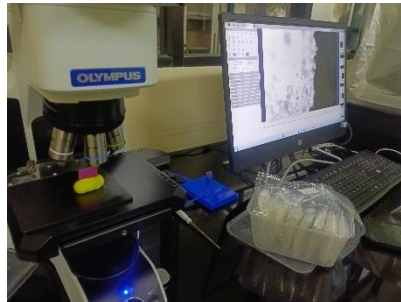


Gambar 2- 4 RGB

Pengujian visual warna melalui analisis gambar melibatkan banyak persepsi visual. Proses ini memiliki data masukan dan data keluaran berupa gambar. Gambar digital dapat diperoleh secara otomatis dari sistem pengambilan gambar digital yang melakukan penelusuran gambar dan membentuk sebuah matriks, dimana elemen-elemen matriks tersebut merepresentasikan nilai intensitas cahaya pada sekumpulan titik-titik gambar secara diskrit. Parameter indeks warna R, G, dan B diperoleh dari setiap piksel pada gambar menghasilkan karakteristik dari gambar juga dapat didasarkan pada nilai indeks warna RGB (*Red, Green, Blue*) dengan menggunakan *software* analisis warna (Setyawan et al., 2021)

### 2.3.2 Struktur Makro

Karakteristik material yang dapat dilihat secara visual maupun dengan alat bantu seperti mikroskop dan lensa tanpa perlu pengamatan yang detail merupakan struktur makro seperti pada gambar 2-5. Contoh pada aluminium mencakup bentuk, ukuran, ketebalan, kehalusan tekstur, kepadatan material, dan sebagainya.



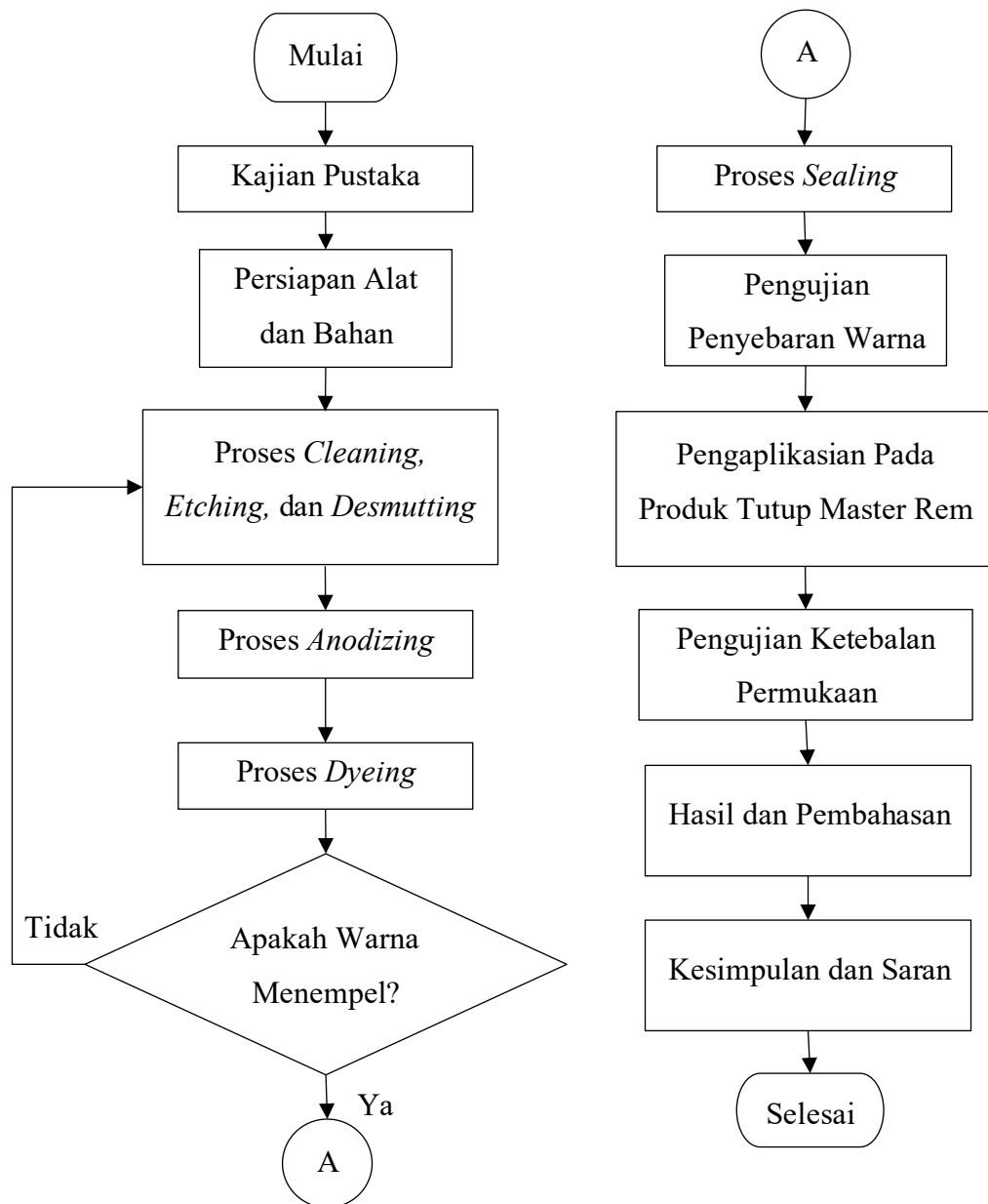
Gambar 2- 5 Pengujian Makro

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian yang ditunjukkan pada gambar 3-1.



Gambar 3- 1 Alur Penelitian

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan untuk mendukung proses perancangan dapat ditunjukkan pada Tabel 3-1 dan Tabel 3-2

Tabel 3- 1 Alat Percobaan

| No | Nama Alat           | Fungsi                                      | Gambar                                                                               |
|----|---------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <i>Power Supply</i> | Menyediakan arus untuk proses elektrolisis  |    |
| 2. | Wadah Plastik       | Menempatkan larutan proses <i>anodizing</i> |  |
| 3. | Termometer Air      | Mengukur temperatur air                     |  |
| 4. | Timbangan Digital   | Mengukur massa bahan-bahan                  |  |

|    |            |                                         |                                                                                      |
|----|------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. | Kompor     | Memanaskan larutan pewarna              |    |
| 6. | Saringan   | Menyaring bubuk pewarna                 |    |
| 7. | Gunting    | Memotong bahan-bahan                    |   |
| 8. | Gelas Ukur | Mengukur takaran cairan yang diperlukan |  |
| 9. | Panci      | Tempat pewarnaan dilakukan              |  |

Tabel 3- 2 Bahan Percobaan

| No | Nama Bahan               | Fungsi                                   | Gambar                                                                               |
|----|--------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Aluminium 5052           | Sebagai bahan utama penelitian           |    |
| 2. | Akuades                  | Sebagai campuran larutan elektrolisis    |   |
| 3. | Natrium Karbonat         | Untuk membersihkan material              |  |
| 4. | Soda Api                 | Untuk melakukan proses <i>etching</i>    |  |
| 5. | Larutan HNO <sub>3</sub> | Digunakan untuk proses <i>desmutting</i> |  |

|    |                 |                                          |                                                                                     |
|----|-----------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. | Larutan Desmuth | Digunakan untuk proses <i>desmutting</i> |   |
| 7. | Aki Zuur        | Sebagai elektrolit                       |   |
| 8. | Secang Bubuk    | Sebagai pewarna alami                    |  |

### 3.3 Perancangan

Perancangan pada proses *anodizing* digunakan sebagai tolak ukur dalam penelitian ini. Dengan menggunakan pewarna alami bubuk kayu secang, rancangan ini dijadikan sebagai acuan untuk memastikan penelitian berjalan sesuai yang direncanakan seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 3- 3 Variasi Waktu *Anodizing*

| No | Kode Spesimen | Kuat Arus (Ampere) | Suhu Larutan Pewarna (°C) | Waktu Pewarnaan (Menit) | Konsentrasi Elektrolit | Massa Bubuk Secang (Gram) |
|----|---------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|----|---------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|

|    |           |    |    |    |       |    |
|----|-----------|----|----|----|-------|----|
| 1. | 10A10T90C | 10 | 90 | 10 | 1 : 2 | 15 |
| 2. | 10A20T90C | 10 |    | 20 | 1 : 2 | 15 |
| 3. | 10A30T90C | 10 |    | 30 | 1 : 2 | 15 |

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu *anodizing* yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui paduan waktu dalam *anodizing* untuk menghasilkan warna merata dengan pewarna bubuk kayu secang. Kode yang digunakan pada persiapan ini ialah 10A20T90C, 20T merupakan waktu *anodizing*, lalu 10A merupakan kuat arus yang digunakan yaitu 10 Ampere dan 90C merupakan suhu pada proses pewarnaan yaitu 90°C.

Tabel 3- 4 Variasi Waktu Pewarnaan

| No | Kode Spesimen | Kuat Arus (Ampere) | Waktu <i>Anodizing</i> (Menit) | Waktu Pewarnaan (Menit) | Konsentrasi Elektrolit | Massa Bubuk Secang (Gram) |
|----|---------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1. | XT10W90C      | 10                 | Terbaik                        | 10                      | 1 : 2                  | 15                        |
| 2. | XT20W90C      | 10                 |                                | 20                      | 1 : 2                  | 15                        |
| 3. | XT30W90C      | 10                 |                                | 30                      | 1 : 2                  | 15                        |

Variabel bebas yang digunakan merupakan lama waktu perendaman warna yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui paduan waktu dalam pewarnaan untuk menghasilkan warna merata dengan pewarna bubuk kayu secang

Keterangan :

X = Durasi *Anodizing* Terbaik (Menit)

A = Arus Listrik (Ampere)

T = Durasi *Anodizing* (Menit)

C = Suhu Larutan Pewarna (°C)

W = Durasi Perendaman Warna (Menit)

### 3.4 Persiapan

Eksperimen penelitian ini terdiri dari berbagai tahapan sistematis untuk mencapai hasil akhir dari proses *anodizing* ini. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

#### 1. Pembersihan/*Cleaning*

Proses ini diawali dengan membersihkan spesimen aluminium menggunakan Natrium Karbonat yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan aluminium yang bisa menyebabkan terhambatnya proses *anodizing*.

#### 2. *Etching*

Selanjutnya ialah proses *etching* dengan menggunakan soda api sebagai larutan dengan cara direndam selama 3-5 menit kemudian dilakukan proses *rinsing* menggunakan akuades.

#### 3. Proses *Desmutting*

Setelah proses *etching*, dilakukan proses *desmutting* untuk menghilangkan paduan logam berlebih dari permukaan aluminium setelah *etching*. Untuk melakukan proses *desmutting*, spesimen aluminium direndam dalam larutan desmut selama 4-5 menit.

#### 4. Proses *Anodizing*

*Anodizing* dilakukan untuk membentuk lapisan oksida pada permukaan aluminium dengan aluminium sebagai anoda dan katoda. Larutan yang digunakan ialah asam sulfat dan akuades dengan perbandingan 1:2, asam sulfat 150gr dan akuades 300gr dengan variasi percobaan selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit.

## 5. Pewarnaan/*Dyeing*

Pewarna yang berasal dari pewarna alami bubuk kayu secang dengan komposisi pewarna 15gr dan akuades 110gr yang kemudian dipanaskan 90° C selama 10 menit, 20 menit, 30 menit.

## 6. Penyegelan/*Sealing*

Untuk menutup pori-pori lapisan oksida aluminium yang terbentuk setelah proses *anodizing* dibutuhkan proses *sealing*. Dengan cara merendam spesimen aluminium kedalam air panas pada temperatur 80° C selama 20 menit.

## 3.5 Percobaan

### 3.5.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan untuk penelitian seperti pemotongan spesimen aluminium, adapun sebelum pembuatan spesimen yaitu menghitung volume pada produk tutup master rem dengan cara memasukkan produk ke dalam gelas ukur yang berisi air dan didapat hasil  $\pm 160$  ml lalu ukuran spesimen disesuaikan agar mendapatkan volume yang sama dengan volume produk. Kemudian menyiapkan komposisi larutan yang digunakan, mengukur massa larutan dengan timbangan digital, dan sebagainya.

1. Memotong spesimen aluminium dengan ukuran 40mm x 20,5mm dengan ketebalan 1,15mm.



Gambar 3- 2 Pemotongan Aluminium

Menyiapkan wadah plastik untuk larutan *cleaning*, *etching*, *desmutting*, *anodizing*, *dyeing*, dan *sealing*.

### 3.5.2 Tahap *Cleaning*

Pembersihan dilakukan dengan membersihkan spesimen aluminium menggunakan natrium karbonat selama 5 menit seperti pada gambar 3-3.



Gambar 3- 3 Tahap *Cleaning*

### 3.5.3 Tahap *Etching*

*Etching* dilakukan dengan merendamkan spesimen aluminium pada larutan soda api selama 5 menit seperti pada gambar 3-4.



Gambar 3- 4 Tahap *Etching*

### 3.5.4 Tahap *Desmutting*

*Desmutting* dilakukan setelah proses *etching* dengan cara merendamkan spesimen aluminium kedalam larutan desmut selama 5 menit seperti pada gambar 3-5.

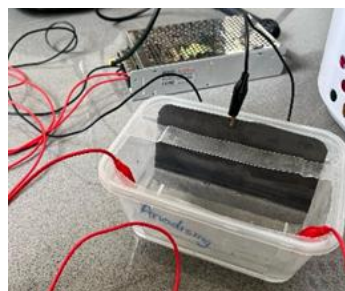


Gambar 3- 5 Tahap *Desmutting*

### 3.5.5 Tahap *Anodizing*

*Anodizing* dilakukan pada spesimen aluminium setelah melalui proses-proses sebelumnya dengan tahapan berikut :

1. Memasukkan asam sulfat sebanyak 150gr dan akuades sebanyak 300gr kedalam wadah plastik.
2. Menghubungkan spesimen aluminium pada anoda dan timbal hitam sebagai katoda ke dalam wadah plastik yang sudah diberi larutan elektrolit.
3. Menyalakan *power supply*, lalu memvariasikan waktu *anodizing* dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit.



Gambar 3- 6 Tahap *Anodizing*

### 3.5.6 Tahap *Dyeing*

Proses pewarnaan yang dilakukan setelah spesimen aluminium mengalami proses *anodizing* dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menyiapkan pewarna bubuk kayu secang sebanyak 15gr dan akuades 110gr yang sudah dipanaskan ke dalam wadah plastik.
2. Menyaring sisa bubuk dari kayu secang.
3. Memasukkan spesimen aluminium kedalam pewarna dengan variasi waktu 10 menit, 20 menit, 30 menit pada masing-masing spesimen.



Gambar 3- 7 Tahap *Dyeing*

### 3.5.7 Tahap *Sealing*

Proses tahapan yang bertujuan untuk mengunci warna pada spesimen aluminium menggunakan air panas dengan temperatur 90° C selama 20 menit.



Gambar 3- 8 Tahap *Sealing*

### 3.5.8 Pengambilan Gambar

Setelah proses *sealing*, aluminium yang warnanya secara visual dapat dibilang sudah merata dengan baik akan diambil gambar untuk dilihat lebih lanjut penyebaran warnanya. Adapun untuk tahap demi tahap dari pengambilan gambar harus diambil dari *angle* dan *spot* yang sama kemudian kamera yang sama agar kualitas gambar memiliki hasil yang akurat dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menyiapkan *mini studio photobox* dan *background* yang akan digunakan dan mengatur lampu LED sesuai dengan kebutuhan.
2. Meletakkan kamera dan mengunci fokus kamera pada spesimen yang telah diletakkan sebagai objek pengambilan gambar.
3. Mengambil gambar setiap spesimen dengan berbagai percobaan.

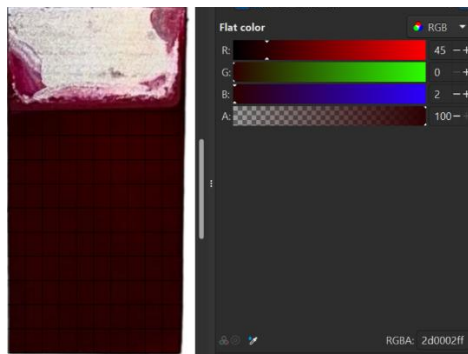


Gambar 3- 9 Proses Pengambilan Gambar

### 3.5.9 Penyebaran atau Pengukuran Warna

Penyebaran/pengukuran warna dilakukan setelah pengambilan gambar dengan menggunakan *software Inkscape*. Adapun untuk tahapan sebagai berikut:

1. Menyiapkan *software Inkscape* dan mengimpor gambar spesimen kedalam *Inkscape*.
2. Membuat grid 10x10 dan menyesuaikan grid pada gambar spesimen yang akan diukur.
3. Mencari nilai RGB pada setiap kotak grid menggunakan *dropper tool* pada setiap grid.
4. Mencatat nilai RGB pada setiap spesimen di *Microsoft Excel*.

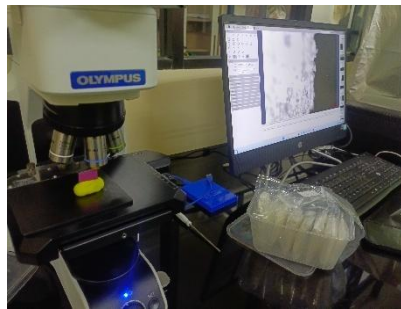


Gambar 3- 10 Proses Pengukuran Warna

### 3.5.10 Pengamatan Struktur Makro

Setelah menemukan waktu yang optimal untuk mengaplikasikan pada produk tutup master rem, ketebalan lapisan warna akan diukur oleh alat yaitu *microscope digital camera* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-11, adapun untuk tahapannya sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat *microscope digital camera*.
2. Meletakkan spesimen pada bawah lensa mikroskop.
3. Mengatur lensa ke perbesaran 50x dan mengatur fokus agar gambar spesimen terlihat dengan jelas.
4. Mengambil gambar permukaan spesimen yang telah didapat setelah mengatur fokus lensa.



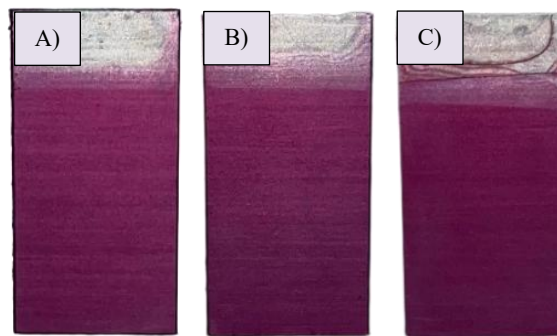
Gambar 3- 11 Proses Pengamatan Struktur Makro

## BAB 4

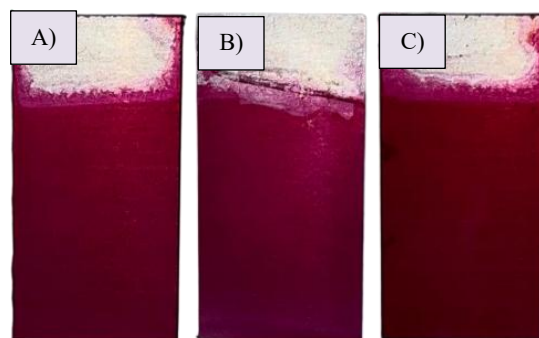
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil *Anodizing* Spesimen

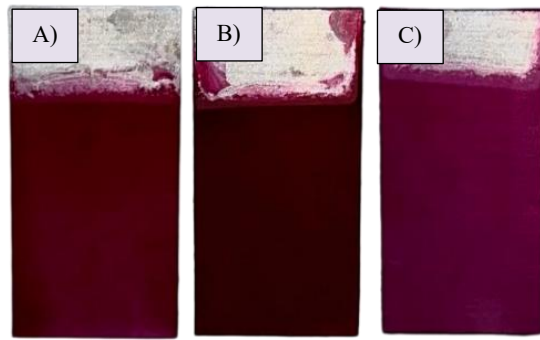
Proses *Anodizing* dilakukan 3 kali per parameter yang diuji hingga hasil yang didapatkan konsisten dan tidak menghasilkan warna yang berbeda jauh, sehingga bisa diambil satu sampel untuk mewakili variasi parameter masing-masing dengan waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit ditunjukkan pada gambar 4-1 sampai 4-3.



Gambar 4- 1 Hasil *Anodizing* 10 Menit Dengan Variasi Waktu Pewarnaan A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit



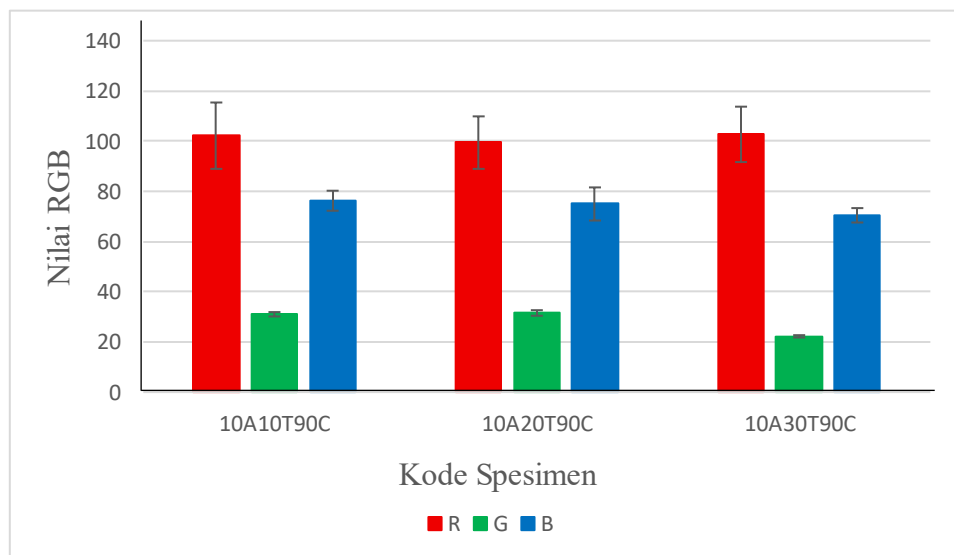
Gambar 4- 2 Hasil *Anodizing* 20 Menit Dengan Variasi Waktu Pewarnaan A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit



Gambar 4- 3 Hasil *Anodizing* 30 Menit Dengan Variasi Waktu Pewarnaan A) 10 Menit B) 20 Menit C) 30 Menit

## 4.2 Hasil Pengujian Penyebaran Warna

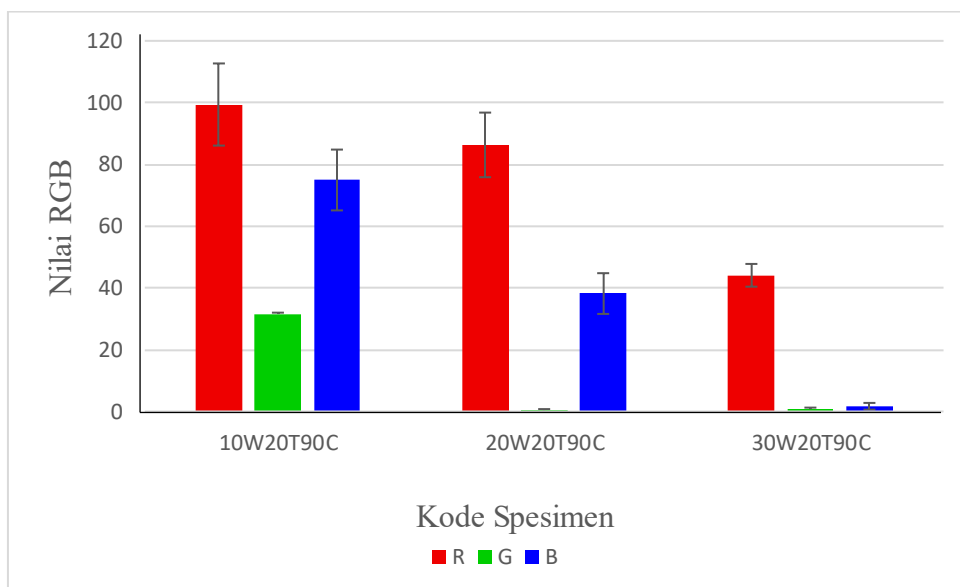
Untuk mengetahui kualitas distribusi warna setelah percobaan variasi kuat arus dan larutan elektrolit maka dilakukan pengujian dengan software *Inkscape* dengan metode seratus titik yang disebar lalu warna masing masing titik akan didapat.



Gambar 4- 4 Grafik Hasil Pengujian Penyebaran Warna (RGB) Variasi Waktu *Anodize*

Berdasarkan gambar 4-4 dapat dilihat pada 10A10T90C atau 10 menit *anodize*, 10 ampere dengan temperatur air 90°C hasil warna yang dimiliki ialah R 102,15, G 31,01, dan B 76,24. Untuk 10A20T90C atau 10 ampere 20 menit

pewarnaan dengan temperatur air 90°C memiliki hasil warna pada R 99,38, G 31,53, dan B 74,94. Untuk 10A30T90C atau 10 *ampere*, 30 menit pewarnaan dengan temperatur air 90°C dimiliki hasil warna pada R 102,68, G 22,21, dan B 70,43. Grafik diatas merepresentasikan bahwa semakin lama durasi waktu *anodize* yang digunakan maka semakin gelap warna yang dihasilkan, sehingga kode warna R semakin rendah. Peningkatan durasi waktu *anodize* yang digunakan untuk *anodizing* menyebabkan laju pembentukan lapisan oksida semakin tebal sehingga meningkatkan ketahanan akan korosi, oksida semakin tebal sehingga meningkatkan ketahanan akan korosi. Pada grafik tersebut menegaskan bahwa masing masing *error bar* memiliki nilai rendah, sehingga persebaran warna pada permukaan aluminium merata dengan baik. Sebaliknya jika *error bar* yang ditampilkan semakin panjang maka standar deviasi semakin besar sehingga pemerataan warna pada permukaan aluminium kurang baik Pada grafik tersebut menegaskan bahwa masing masing *error bar* pada kuat arus yang berbeda beda relatif pendek. Ini menunjukan bahwa standard deviasi dari warna 100 titik yang diuji memiliki nilai rendah, sehingga persebaran warna pada permukaan aluminium merata dengan baik. Sebaliknya jika *error bar* yang ditampilkan semakin panjang maka standar deviasi semakin besar, sehingga pemerataan warna pada permukaan aluminium kurang baik.



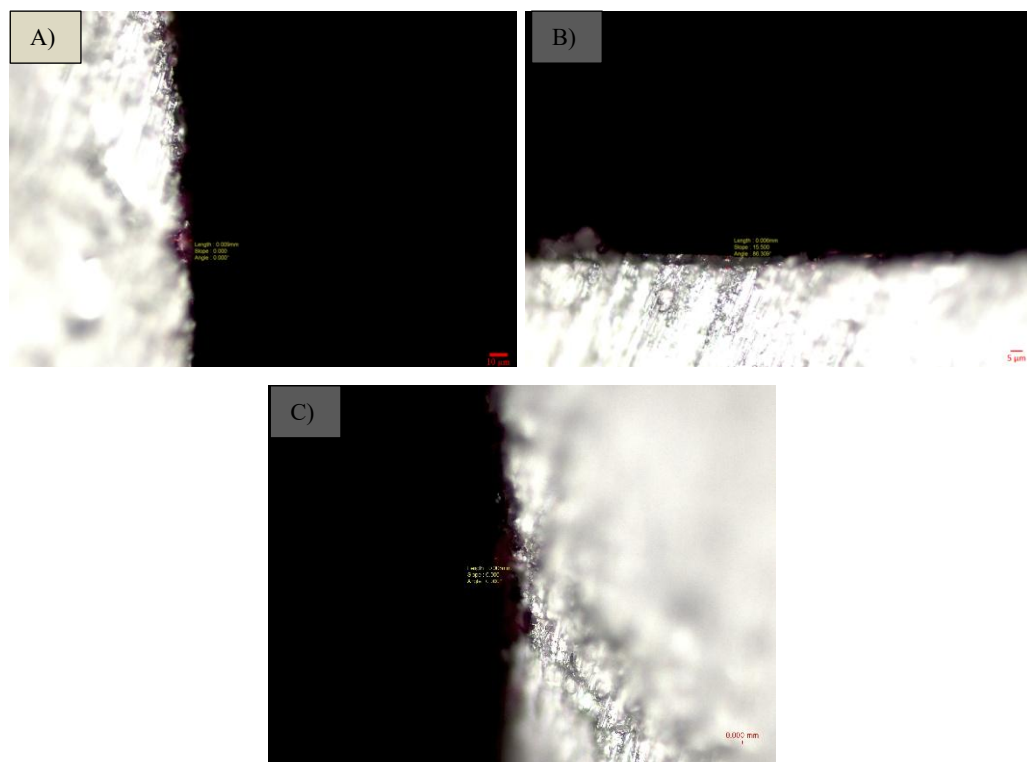
Gambar 4- 5 Grafik Hasil Pengujian Penyebaran Warna (RGB) Variasi Waktu Warna

Pada gambar grafik 4-5 dapat dilihat pada 10W20T90C atau 10 menit pewarnaan, 20 menit *anodizing* dengan temperatur air 90°C memiliki hasil warna sebesar 99,38 untuk kode R, 31,53 untuk kode G, dan 74,94 untuk kode B. Untuk 20W20T90C atau 20 menit pewarnaan, 20 menit *anodizing* dengan temperatur air 90°C sebesar 86,31 untuk kode R, 0,31 untuk kode G, 38,18 untuk kode B. Untuk 30W20T90C atau 30 menit pewarnaan, 20 menit *anodizing* dengan temperatur air 90°C sebesar 44,09 untuk kode R, 0,68 untuk kode G, 1,67 untuk kode B. Pada grafik tersebut menegaskan bahwa masing masing error bar memiliki nilai rendah, sehingga persebaran warna pada permukaan aluminium merata dengan baik. Sebaliknya jika error bar yang ditampilkan semakin panjang maka standar deviasi semakin besar sehingga pemerataan warna pada permukaan aluminium kurang baik. Pada grafik tersebut menegaskan bahwa masing masing *error bar* pada kuat arus yang berbeda beda relatif pendek. Ini menunjukkan bahwa standar deviasi dari warna 100 titik yang diuji memiliki nilai rendah, sehingga persebaran warna pada permukaan aluminium merata dengan baik. Sebaliknya jika *error bar* yang ditampilkan semakin panjang maka standar deviasi semakin besar, sehingga pemerataan warna pada permukaan aluminium kurang baik. Dikarenakan standar *error bar* dijadikan dasar untuk menentukan kombinasi waktu *anodizing* dan pewarnaan, maka waktu yang optimumnya ialah 20 menit *anodizing* dan 20 menit

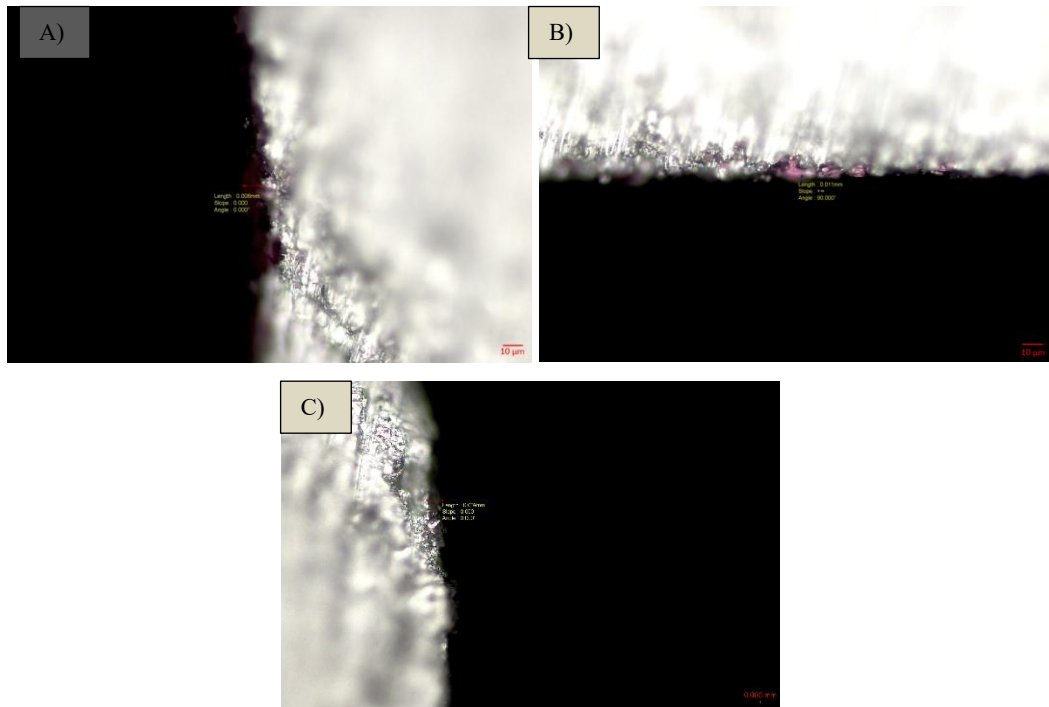
pewarnaan. Hal ini selaras dengan warna target yang ingin didapatkan yaitu merah cerah sehingga waktu perendaman yang dipilih yaitu 20 menit. Selain itu, setelah dilakukan percobaan dengan waktu diatas 20 menit menghasilkan warna merah yang cenderung lebih gelap dibandingkan dengan perendaman selama 20 menit. Adapun untuk tujuan penelitian yang dilakukan tidak untuk mengetahui warna merah optimum yang dapat dihasilkan dari pewarna alami kulit secang

### 4.3 Hasil Pengujian Ketebalan Permukaan

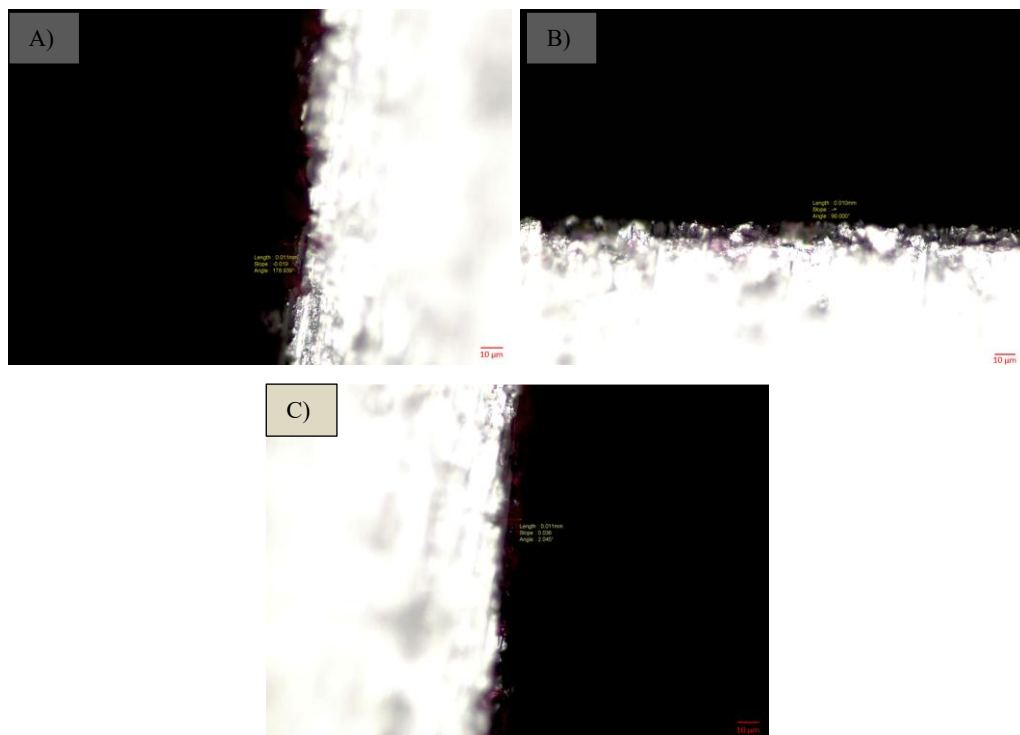
Setelah melalui proses *anodizing* dan pengujian penyebaran warna, dilanjut dengan proses pengujian ketebalan warna, pengamatan dilakukan dengan mikroskop untuk melihat ketebalan peresapan warna pada aluminium dengan cara memotong spesimen menjadi dua bagian, adapun untuk proses pengamatannya sebagai berikut.



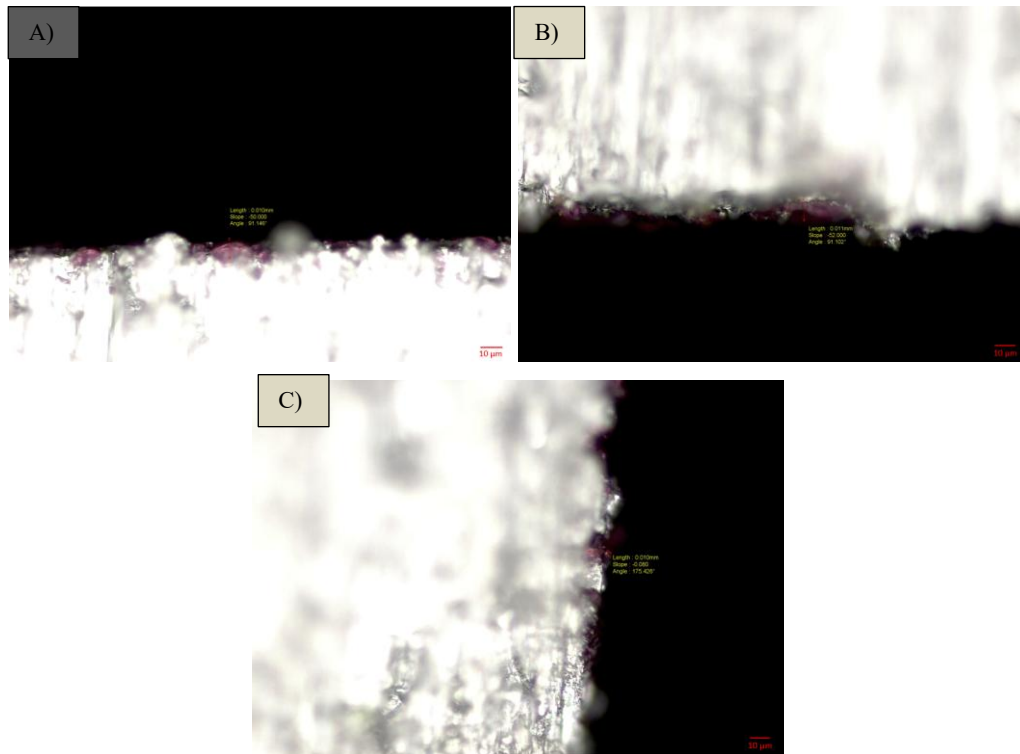
Gambar 4- 6 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 10 Menit *Anodize* 10 Menit Warna



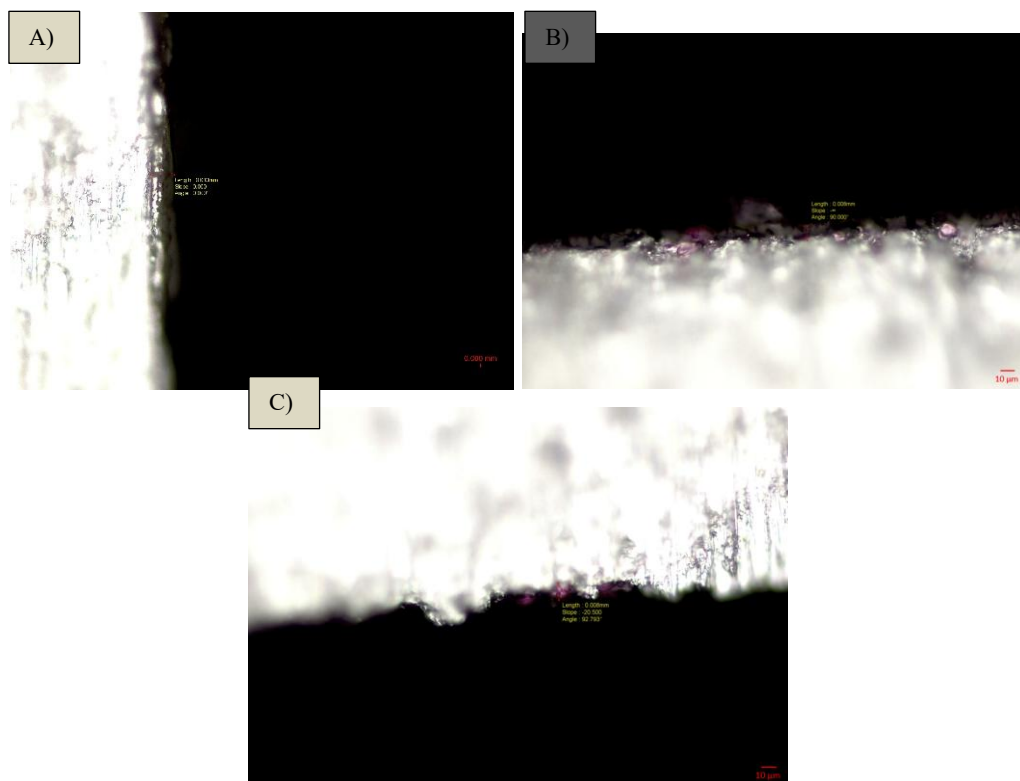
Gambar 4- 7 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 10 Menit *Anodize* 20 Menit Warna



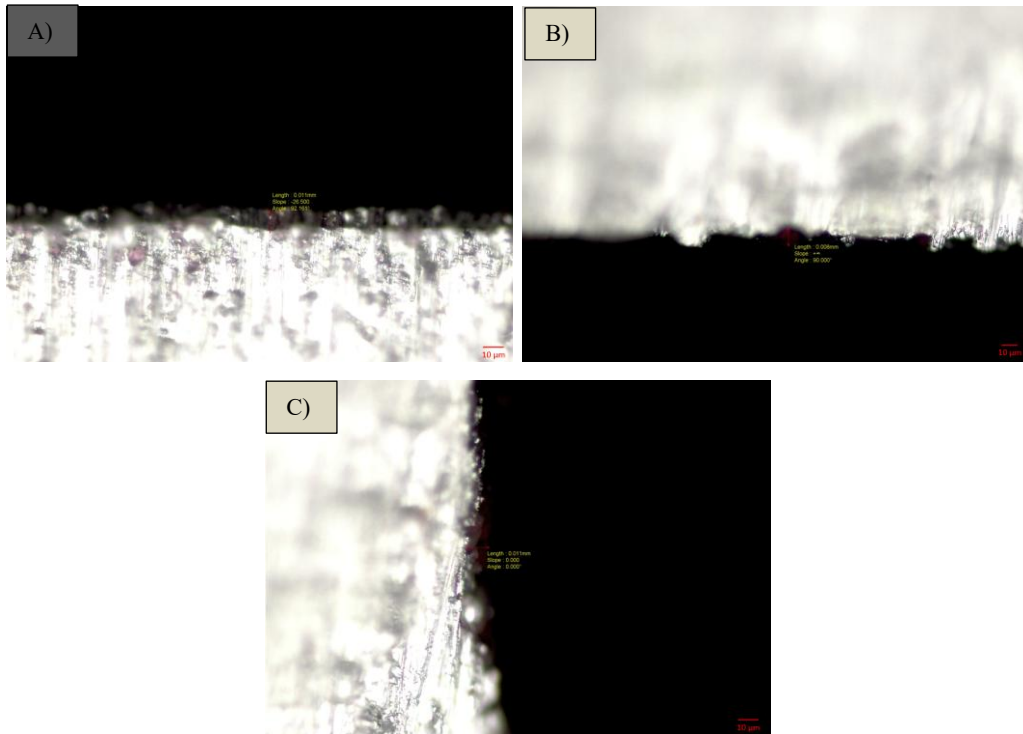
Gambar 4- 8 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 10 Menit *Anodize* 30 Menit Warna



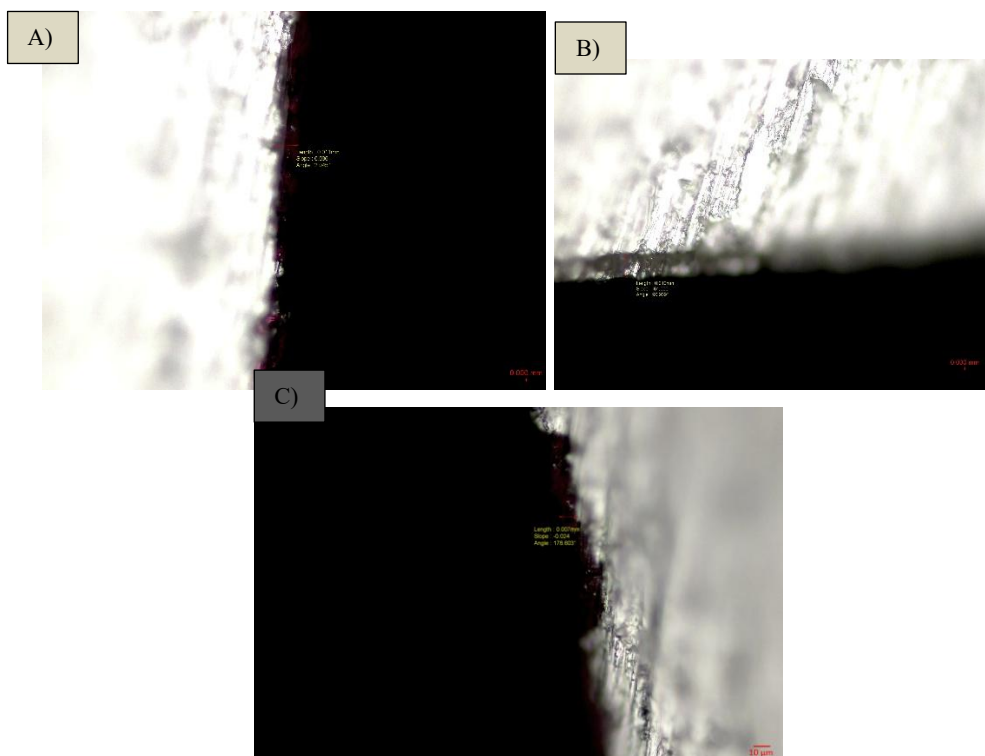
Gambar 4- 9 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 20 Menit *Anodize 10*  
Menit Warna



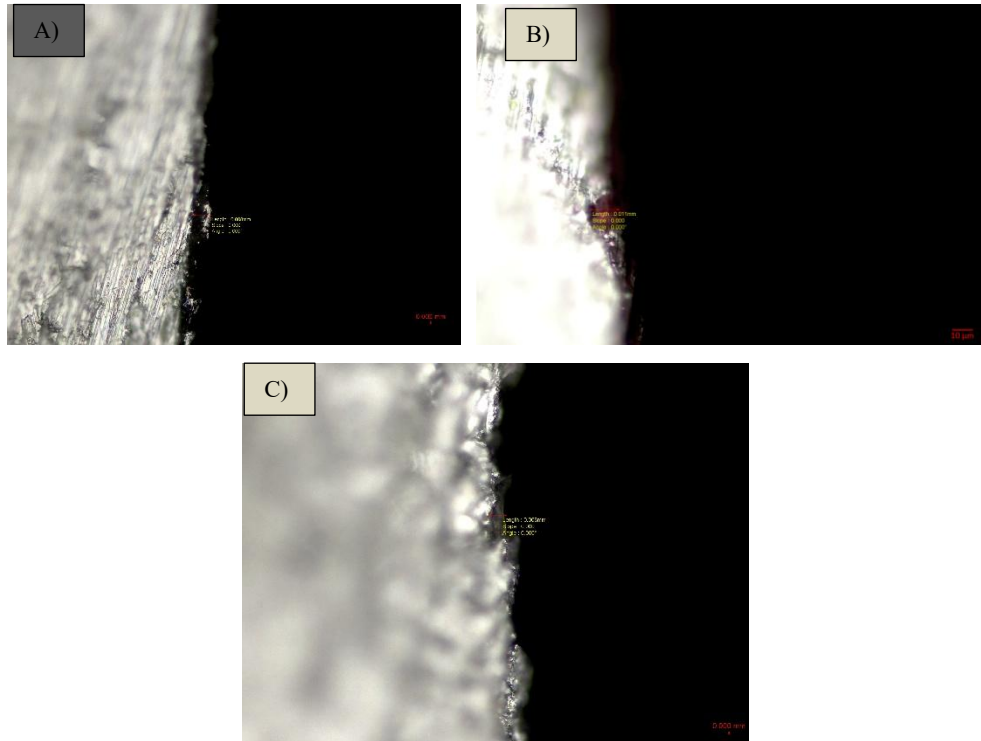
Gambar 4- 10 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 20 Menit *Anodize 20*  
Menit Warna



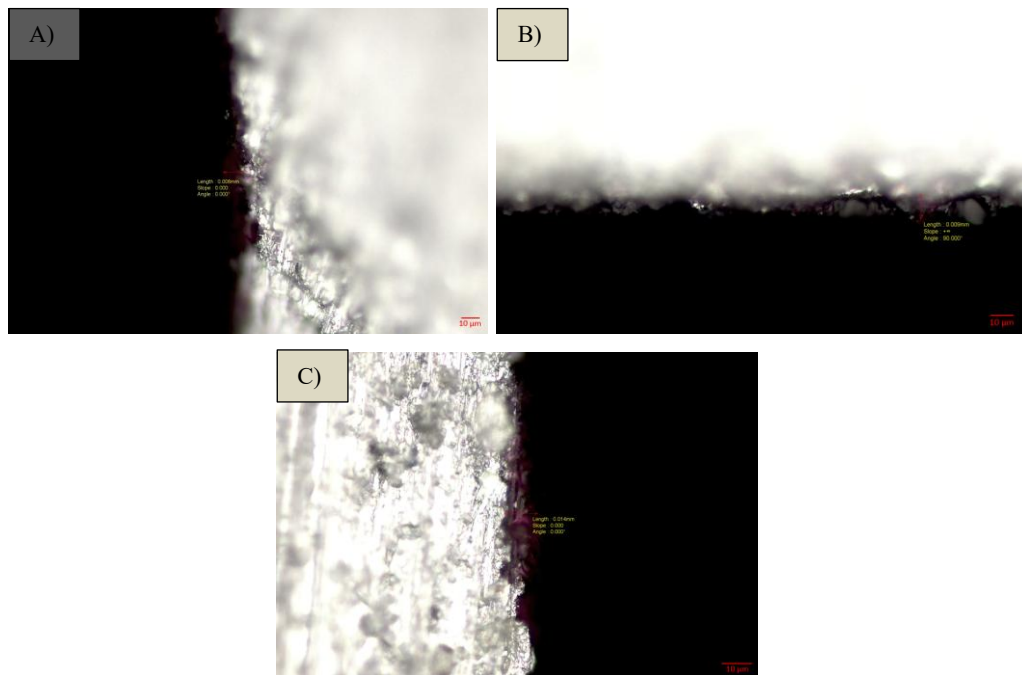
Gambar 4- 11 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 20 Menit *Anodize* 30 Menit Warna



Gambar 4- 12 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 30 Menit *Anodize* 10 Menit Warna



Gambar 4- 13 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 30 Menit *Anodize* 20 Menit Warna



Gambar 4- 14 Hasil Pengamatan Ketebalan Warna Variasi 30 Menit *Anodize* 30 Menit Warna

Adapun untuk ketebalan warna yang meresap pada aluminium terdapat pada tepi spesimen. Untuk nilai ketebalan warna dapat dilihat pada grafik gambar 4-14.



Gambar 4- 15 Grafik Pengujian Ketebalan Permukaan

Berdasarkan grafik gambar 4-15 ketebalan warna memiliki rentang 0,006 mm sampai 0,014 mm dan rerata dari ketiga spesimen pada setiap variasi memiliki rentang 0,009 mm sampai dengan 0,012 mm. Dengan rentang yang tidak terlalu signifikan ini dapat disimpulkan bahwa variasi memiliki hasil peresapan warna yang hampir serupa. Perbedaan ketebalan permukaan spesimen dapat terjadi akibat terkikisnya aluminium setelah proses *anodizing* dan juga terjadinya penempelan larutan pewarna yang menyebabkan plat aluminium lebih tebal (Muslim dan Nugroho, 2018).

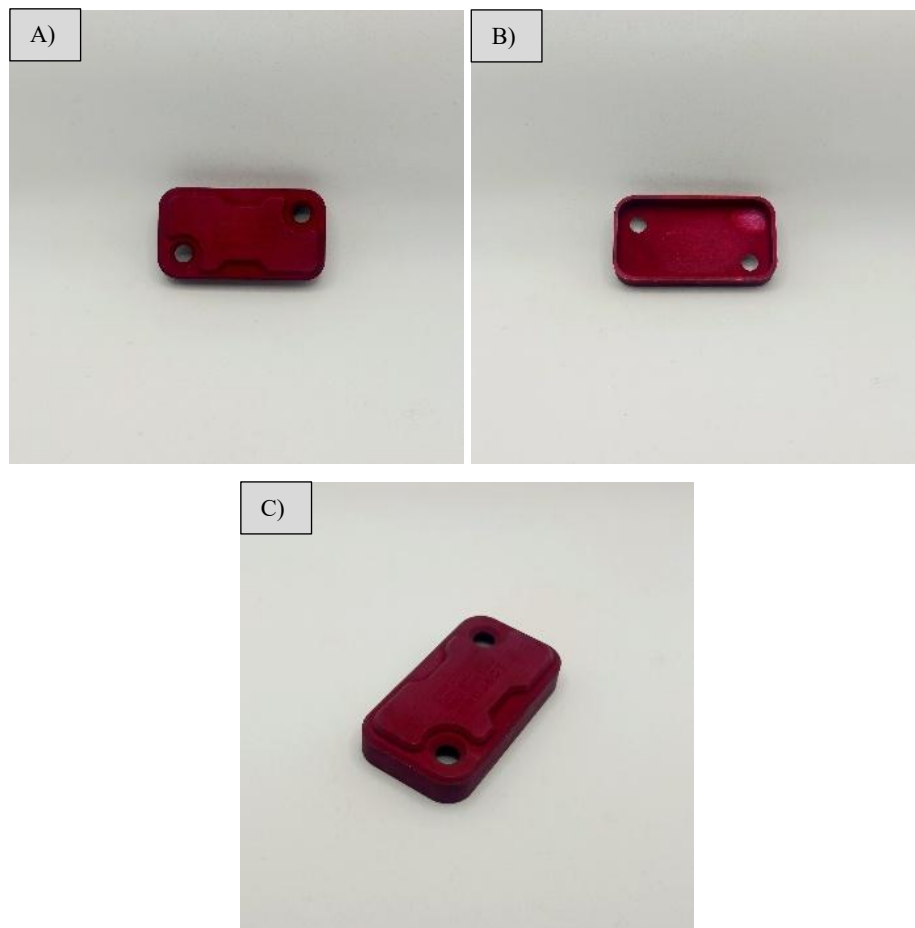
#### 4.4 Hasil Pengaplikasian Warna pada Tutup Master Rem

Setelah melakukan pengujian penyebaran warna, dapat ditemukan nilai *error bar* paling pendek yang berarti standar deviasi yang rendah memiliki tingkat persebaran warna pada aluminium merata dengan baik, adapun nilai optimal dari pengujian menunjukkan waktu 20 menit *anodizing* dan 20 menit pewarnaan memiliki *error bar* yang pendek. Akan tetapi pada pengaplikasiannya langsung

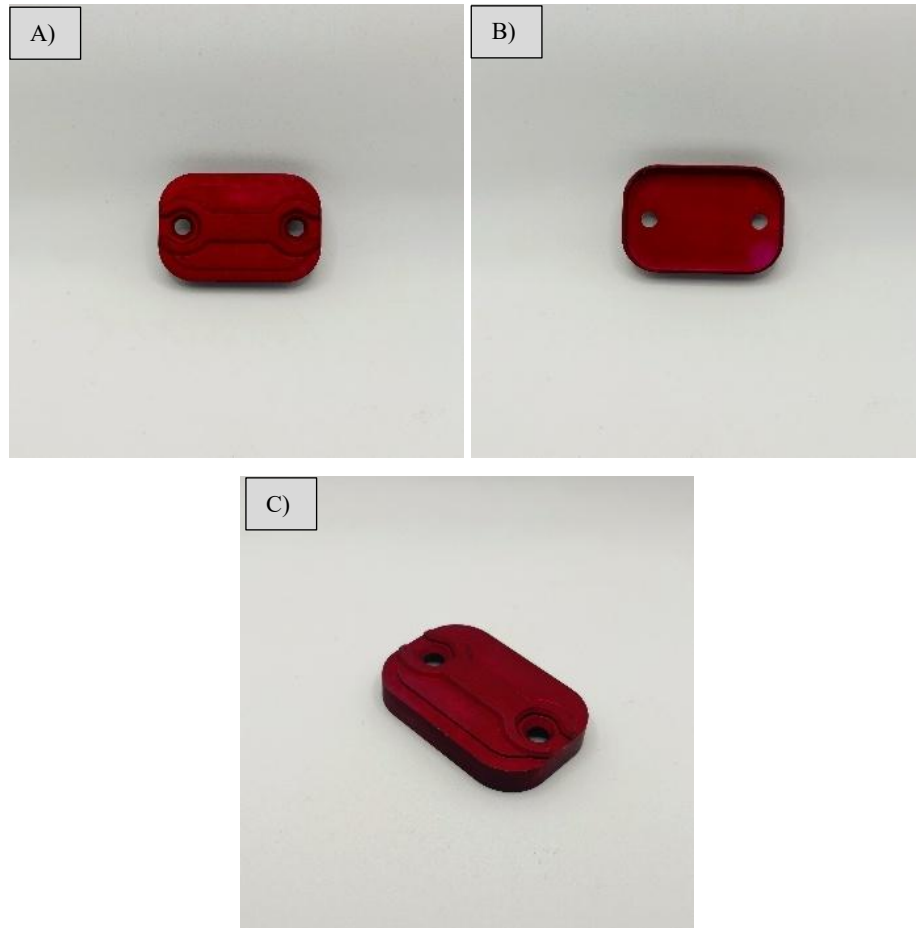
masih ada ketidakrataan warna yang disebabkan pada saat proses *anodizing* terdapat korosi pada bagian capit buaya sehingga kurang optimal dalam penghantaran listrik dan untuk proses *anodizing* kedua produk dibutuhkan plat aluminium yang dibentuk sedemikian rupa untuk menghubungkan produk dan capit buaya sehingga menghasilkan pengaplikasian kepada kedua produk tutup master rem seperti pada gambar 4-16.



Gambar 4- 16 Proses Pengaplikasian *Anodizing* Pada Produk



Gambar 4- 17 Hasil Pengaplikasian Pada Produk 1



Gambar 4- 18 Hasil Pengaplikasian Pada Produk 2

## 4.5 Analisis Kegagalan

Salah satu hasil pewarnaan *anodizing* terdapat kegagalan karena secara kasat mata distribusi warna tidak merata seperti yang terdapat pada gambar 4-19.



Gambar 4- 19 Kegagalan Dalam Percobaan

Kemungkinan penyebab utamanya adalah masih terdapat sisa sisa proses *etching* dan *desmutting* yang menempel pada permukaan aluminium, sehingga seluruh permukaan aluminium yang dianodize, terbentuk lapisan oksida yang tidak merata dan sempurna sehingga warna yang dihasilkan juga tidak merata.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Variasi waktu *anodizing* dan pewarnaan berpengaruh pada hasil pewarnaan setelah *anodizing* dilakukan.
2. Semakin lama waktu *anodizing* dan pewarnaan maka akan menghasilkan intensitas warna yang lebih rendah atau pekat.
3. Waktu 20 menit *anodizing* dan 20 menit pewarnaan merupakan waktu yang optimal dikarenakan memiliki *error bar* yang relatif pendek.

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

Dari percobaan dan pengujian yang telah dilakukan, untuk saran atau penelitian berikutnya ialah sebagai berikut:

1. Membilas spesimen dengan lebih teliti pada saat tahap *pre treatment* agar hasil pada saat *anodize* lebih maksimal.
2. Melakukan pengukuran uji ketebalan warna pada beberapa titik, tidak hanya pada titik cekungan.
3. Melakukan pengujian stabilitas dan tahan luntur setelah pengaplikasian pewarna alami dikarenakan pewarna alami seringkali kurang stabil dan mudah luntur.
4. Melakukan pengujian analisis kestabilan warna setelah periode waktu tertentu untuk mengetahui laju pudar warna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andika, I. C. (2024). *ANALISA PEMOTONGAN LOGAM ALUMINIUM 5052 MENGGUNAKAN MESIN PLASMA CUTTING MANUAL* (Doctoral dissertation, Politeknik Harapan Bersama).
- Farid, A., Wibowo, H., dan MK, Imron. (2024). Analysis of Thickness and Brightness of Aluminium Layers in The Anodizing Process With Various Types of Coloring and Process Times. *Maestro Jurnal Ilmiah*, ISSN 2657-1072.
- Huda Sulistiawan, M. M. (2024). *Perancangan Produk Side Skirt Mobil Jenis MPV (Multi Purpose Vehicle)* (Doctoral dissertation, ISI Yogyakarta).
- Kaseer, N.W., Hussin, A., dan Naieff, T.M. Anodizing of Aluminium-Magnesium Alloy 5052. *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 3, 35-44.
- Marcel, B. (2020). *A Review Of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> Additive Concentration And Anodizing Time Effect For Improved Corrosion Resistance And Microhardness Of Zinc Alloy* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Muslim, A dan Nugroho, A.W. (2018). Karakterisasi Permukaan pada Aluminium Anodized-Dyed dengan Pewarna Alami Kunyit. *JPMP: Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 2 (1), 17-26.
- Prabowo, S. C. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Anodizing terhadap Struktur Permukaan, Ketebalan Lapisan Oksida dan Kekerasan Alumunium 1XXX. *Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhhamadiyah, Yogyakarta*.
- Prabowo, D. A., & Abdullah, D. (2018). Deteksi dan perhitungan objek berdasarkan warna menggunakan Color Object Tracking. *Pseudocode*, 5(2), 85-91.

- Razzouk, Emel., Koncz-Horvath, D., and Torok, T.I. (2024). Critical Challenges in The Anodizing Process of Aluminium-Silicon Cast Alloys. *Crystals Review*, 14 (617).
- Rizkia, V., Chandra, D.A., Susanto, I., Gunadi, G.G.R., dan Heryana, G. (2023). Pembentukan Lapisan Anodik Aluminium Oksida melalui Metode Anodisasi untuk Proses Pewarnaan Dyeing pada Aluminium. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12 (2), 545-552.
- Setyawan, P.E., Sonalitha, E., Asmono, D.A & Refitra, R.A. (2021). Investigation of the Effect of Anodizing Dyes Using Purple Cabbage and Dragon Fruit Peel on Aluminum 6061 Alloy. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (ijasre)*, 7 (2), 15-27.
- Sinaga, N., & Nugraha, R. (2016). Pemanfaatan Limbah Aluminium Sebagai Bahan Baku Aksesoris. *eProceedings of Art & Design*, 3(2).
- Wahyu, S. (2020). *EFEKTIFITAS PEMBERIAN EKSTRAK KAYU SECANG (Caesalpinia sappan L) TERHADAP EKSPRESI GEN mRNA, HIGH MOTILITY GROUP BOX 1 (HMGB1), INTERLEUKIN-6 DAN INTERLEUKIN-10 PADA MENCIT Balb/c DENGAN CANDIDIASIS VULVOVAGINALIS* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Widyasti, A. R., Lestari, A., Amri, K., Naufal, F., & Budiasih, K. S. (2017). Pengembangan standarisasi pewarna alami batik dari kulit kayu secang (Caesalpinia sappan L.) dengan teknik Spektroskopi. *Jurnal Penelitian Saintek*, 22(1), 49-58.
- Yankson, A.A., Domenya, M.Y., Ilenikhena, P.A., Kakane V.C. (2018). Colourization of Anodized Aluminium at Different Anodization Times for Improved Thermal Emittance. *Science and Development*, 2 (2), 64-75.
- Yudianto, E., Rizza, M.A., Sarjiyana., dan Buwono, H.P. (2020). Pengaruh Rapat Arus Pada Anodize Coloring Aluminium dengan Pewarna Tinta Printer. *Jurnal Teknik: Ilmu dan Aplikasi*, 9 (2), 22-25.

## LEMBAR PENGAMATAN

Tabel 1 Data Percobaan Variasi Waktu *Anodizing*

| No | Kode Spesimen | Nilai Rata-Rata |       |       | Standar Deviasi |       |       |
|----|---------------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
|    |               | R               | G     | B     | R               | G     | B     |
| 1  | 10A10T90C     | 102,16          | 31,02 | 76,25 | 12,68           | 12,30 | 12,48 |
| 2  | 10A20T90C     | 99,39           | 31,53 | 74,95 | 13,3            | 8,65  | 9,85  |
| 3  | 10A30T90C     | 102,69          | 22,22 | 70,44 | 10,54           | 5,72  | 6,65  |

Tabel 2 Data Percobaan Variasi Waktu Pewarnaan

| No | Kode Spesimen | Nilai Rata-Rata |       |       | Standar Deviasi |      |      |
|----|---------------|-----------------|-------|-------|-----------------|------|------|
|    |               | R               | G     | B     | R               | G    | B    |
| 1  | 10W20T90C     | 99,39           | 31,53 | 74,95 | 13,3            | 8,65 | 9,85 |
| 2  | 20W20T90C     | 86,32           | 0,32  | 38,18 | 10,46           | 1,11 | 6,60 |
| 3  | 30W20T90C     | 44,09           | 0,69  | 1,68  | 3,68            | 0,56 | 1,09 |

Tabel 3 Data Ketebalan Permukaan

| No | Kode Spesimen | Rata-Rata Ketebalan (mm) | Standar Deviasi |
|----|---------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | 10T10W90C     | 0,009                    | 0,003           |
| 2  | 10T20W90C     | 0,010                    | 0,001           |
| 3  | 10T30W90C     | 0,011                    | 0,001           |
| 4  | 20T10W90C     | 0,010                    | 0,001           |
| 5  | 20T20W90C     | 0,010                    | 0,003           |
| 6  | 20T30W90C     | 0,010                    | 0,002           |
| 7  | 30T10W90C     | 0,010                    | 0,003           |
| 8  | 30T20W90C     | 0,012                    | 0,002           |
| 9  | 30T30W90C     | 0,010                    | 0,003           |