

**PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN PEWARNA
DAN DURASI PERENDAMAN SPESIMEN
PADA PROSES *ANODIZING* ALUMINIUM 6061
TERHADAP PEMERATAAN WARNA
MENGUNAKAN PEWARNA ALAMI KUNYIT**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

Nama : Umar Faishol Al Ghifari

No. Mahasiswa : 20525099

NIRM : 2008220052

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN PEWARNA
DAN DURASI PERENDAMAN SPESIMEN
PADA PROSES *ANODIZING* ALUMINIUM 6061
TERHADAP PEMERATAAN WARNA
MENGUNAKAN PEWARNA ALAMI KUNYIT**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Umar Faishol Al Ghifari
No. Mahasiswa : 20525099
NIRM : 2008220052

Yogyakarta, 10 Juli 2025

Pembimbing,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN PEWARNA DAN DURASI PERENDAMAN SPESIMEN PADA PROSES *ANODIZING* ALUMINIUM 6061 TERHADAP PEMERATAAN WARNA MENGUNAKAN PEWARNA ALAMI KUNYIT

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Umar Faishol Al Ghifari

No. Mahasiswa : 20525099

NIRM : 2008220052

Tim Penguji

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

Ketua

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

Anggota I

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng

Anggota II

Tanggal : 30/7/2025

Tanggal : 30/7/2025

Tanggal : 30/7/2025

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Ir. Muhammad Khafid, S.T., MT., IPP.

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 29 Juli 2025



Umar Faishol Al Ghifari

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin, sujud serta syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada **Allah SWT** serta **Nabi Muhammad SAW** dan juga untuk diri saya sendiri yang telah berjuang dan berusaha selama ini. Terima kasih atas kerja kerasnya. Semoga dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Halaman persembahan ini juga sebagai ungkapan terima kasih kepada **Ayah, Ibu, Kakak, dan Keponakan** tercinta yang telah mendoakan dan juga memberikan dukungan penuh selama perjuangan menyelesaikan laporan tugas akhir serta dalam menempuh pendidikan. Serta teman-teman di Program Studi Teknik Mesin, **Ilham Sri Hendra Kusuma, Bayu Firmansyah, Renanda Bayu Herdianto**, dan seluruh teman-teman yang telah menemani serta memberikan dukungan selama perjuangan menyelesaikan laporan tugas akhir.

HALAMAN MOTTO

"Dan barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya." **(Q.S At Talaq: 4)**

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui." **(Q.S Al Baqarah 216)**

"Dialah yang menghidupkan dan mematikan, dan hanya kepada-Nya lah kamu akan dikembalikan." **(Q.S Yunus: 56)**

"Beberapa orang memimpikan kesuksesan, sementara yang lain bangun setiap pagi untuk mewujudkannya." **(Wayne Huizenga)**

"Pekerjaan-pekerjaan kecil yang telah selesai dilakukan lebih baik daripada rencana-rencana besar yang hanya didiskusikan." **(Peter Marshall)**

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN PEWARNA DAN DURASI PERENDAMAN SPESIMEN PADA PROSES ANODIZING ALUMINIUM 6061 TERHADAP PEMERATAAN WARNA MENGGUNAKAN PEWARNA ALAMI KUNYIT"**. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini, penulis tidak lepas dari bantuan berupa bimbingan dan fasilitas, sehingga penulis secara pribadi mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Ir. Faisal ArifNurgesang, S.T., M.Sc, IPP., selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, dan pemikirannya dalam membimbing penulis hingga tersusunnya laporan Tugas Akhir ini.
3. Ayah, Ibu, Kakak, Keponakan tercinta yang selalu memberikan dukungan, serta semangat dan doa, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan lancar.
4. Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., MT., IPP., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
5. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin UII yang telah menemani dan senantiasa memberikan dukungan serta doa.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dalam penyusunan laporan di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 10 Juli 2025

Penulis,

(Umar Faishol Al Ghifari)

ABSTRAK

Anodisasi merupakan serangkaian proses elektrokimia yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi serta kekuatan pada permukaan logam. Proses anodisasi biasa dilakukan pada aluminium. Proses ini menghasilkan lapisan oksida yang tebal dan keras pada permukaan logam dengan mereaksikan oksigen (O₂) dari larutan elektrolit. Penelitian ini menggunakan pewarna alami kunyit (Curcuma Longa). Kunyit mengandung pigmen yang memberikan warna kuning pada jaringan tumbuhan dari kunyit yaitu curcuminoid yang diperoleh dari rimpang kunyit yang telah diparut halus dan diperas untuk memisahkan sari dari kunyit. Pada penelitian ini, variasi suhu larutan pewarna yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C dengan waktu pencelupan yaitu 20, 30, dan 40 menit yang bertujuan untuk menentukan bagaimana variasi suhu larutan pewarna dan durasi perendaman spesimen pada proses anodisasi dapat mempengaruhi ketebalan lapisan oksida, ketahanan terhadap asam dan korosi dengan menggunakan aluminium 6061 sebagai spesimen. Dapat disimpulkan bahwa pada proses anodizing menggunakan pewarna alami kunyit mampu mendapatkan hasil distribusi warna yang merata pada proses anodizing selama 30 menit dan suhu larutan pewarna pada suhu 80°C karena pada suhu ini sudah cukup tinggi untuk membantu proses penyerapan warna ke dalam pori-pori.

Kata Kunci: *Anodisasi, Pewarna Alami, Variasi Suhu Larutan Pewarna, Durasi Perendaman Spesimen*

ABSTRACT

*Anodizing is a series of electrochemical processes used to enhance the corrosion resistance and strength of metal surfaces. Anodizing processes are commonly applied to aluminium. This process creates a thick and hard oxide layer on the metal surface by reacting oxygen (O_2) from the electrolyte solution. This research uses natural dye from turmeric (*Curcuma Longa*). The turmeric contains pigments that gives a distinctive yellow color to the plant's tissues known as curcuminoids, which are derived from finely grated and pressed turmeric rhizomes to separate the juice from turmeric. In this research, variations in dye solution temperature were 60°C, 80°C, and 100°C, with immersion times of 20, 30, and 40 minutes, it aims to determine how the variations in dye solution temperature and the duration of specimen immersion in the anodizing process could affect the oxide layer thickness, acid and corrosion resistance, using aluminium 6061 as the specimens. It can be concluded that the anodizing process using natural turmeric dye to achieve a uniform color distribution are an anodizing duration of 30 minutes and a dye solution temperature of 80°C, because at that temperature sufficiently high to facilitate the absorption of color into the pores.*

Kata Kunci: *Anodizing, Pigments, Natural Dye, Dye Solution Temperature Variations*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
Abstract.....	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar	xv
Daftar Notasi.....	xvii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Aluminium 6061	6
2.2.2 <i>Anodizing</i>	7
2.2.3 Elektroda.....	8
2.2.4 Elektrolisis	9
2.2.5 Lapisan Oksida	10
2.2.6 Kunyit (<i>Curcuma Longa</i>)	11
2.2.7 RGB	12
2.2.8 <i>Metalografi</i> Struktur Makro	13

2.2.9	Laju Korosi dan Pengujian Laju Korosi	13
2.2.10	Larutan Asam	15
Bab 3	Metode Penelitian	16
3.1	Alur Penelitian	16
3.2	Peralatan dan Bahan	17
3.3	Desain Eksperimen	19
3.4	Kriteria Penelitian	21
3.5	Persiapan Spesimen Uji	21
3.6	Proses Pembersihan/ <i>Cleaning</i>	22
3.7	Proses <i>Etching</i>	22
3.8	Proses Desmutting	23
3.9	Proses Anodisasi/ <i>Anodizing</i>	24
3.10	Proses <i>Dyeing</i> /Pewarnaan	25
3.11	Proses <i>Sealing</i>	26
3.12	Pengamatan Struktur Makro	27
3.13	Pengambilan Gambar	28
3.14	Pengukuran Intensitas Warna RGB	29
3.15	Pengujian Laju Korosi	30
3.16	Pengujian Ketahanan Asam	31
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	32
4.1	Pengaruh Durasi Perendaman Spesimen Pada Larutan Elektrolit Terhadap Hasil <i>Anodizing</i>	32
4.2	Hasil Pengujian Korosi Pada Spesimen Dengan Variasi Durasi <i>Anodizing</i>	34
4.3	Pengaruh Variasi Suhu Larutan Pewarna Terhadap Hasil <i>Anodizing</i> ..	37
4.4	Hasil Pengujian Asam Pada Spesimen Dengan Variasi Suhu Larutan Pewarna	38
4.5	Hasil Pengamatan Struktur Makro Aluminium 6061	39
4.5.1	Pengamatan Struktur Makro Sebelum Proses <i>Anodizing</i> dan Setelah Proses <i>Anodizing</i>	40
4.5.2	Pengamatan Struktur Makro Setelah Proses <i>Dyeing</i> /Pewarnaan .	40
4.5.3	Pengamatan Struktur Makro Sesudah Pengujian Korosi	41

4.5.4	Pengamatan Struktur Makro Sesudah Pengujian Asam	42
4.6	Analisis Kegagalan	43
Bab 5	Penutup.....	44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	44
Daftar Pustaka		45

DAFTAR TABEL

Tabel 2- 1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi	14
Tabel 3- 1 Alat.....	17
Tabel 3- 2 Bahan.....	18
Tabel 3- 3 Variasi Durasi Perendaman Spesimen	20
Tabel 3- 4 Variasi Suhu Larutan Pewarna.....	20
Tabel 4- 1 Massa Hari Ke- (Gram).....	34
Tabel 4- 2 Hasil Laju Korosi	35
Tabel 4- 3 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Aluminium 6061	6
Gambar 2- 2 Skema Proses <i>Anodizing</i>	7
Gambar 2- 3 Elektroda	8
Gambar 2- 4 Elektrolisis.....	9
Gambar 2- 5 Struktur Lapisan Oksida.....	10
Gambar 2- 6 Kunyit.....	11
Gambar 2- 7 RGB.....	12
Gambar 2- 8 Pantulan Sinar Pada Pengamatan <i>Metalografi</i>	13
Gambar 2- 9 Korosi	14
Gambar 2- 10 Larutan Asam	15
Gambar 3- 1 Diagram Alur Penelitian.....	16
Gambar 3- 2 Persiapan Spesimen.....	21
Gambar 3- 3 Proses <i>Cleaning</i>	22
Gambar 3- 4 Proses <i>Etching</i>	22
Gambar 3- 5 Proses <i>Desmutting</i>	23
Gambar 3- 6 Alur Proses <i>Anodizing</i>	24
Gambar 3- 7 Proses <i>Anodizing</i>	25
Gambar 3- 8 Proses <i>Dyeing</i>	25
Gambar 3- 9 Proses <i>Sealing</i>	26
Gambar 3- 10 Pengamatan Struktur Makro.....	27
Gambar 3- 11 Pengambilan Gambar	28
Gambar 3- 12 Pengukuran Intensitas Warna RGB.....	29
Gambar 3- 13 Pengujian Laju Korosi.....	30
Gambar 3- 14 Pengujian Asam.....	31
Gambar 4- 1 Hasil Anodisasi Dengan Parameter A) 20T10A100C; B) 30T10A100C ; C) 40T10A100C.....	33
Gambar 4- 2 Pengaruh Durasi Anodisasi Terhadap Intensitas Warna	33
Gambar 4- 3 Spesimen Sesudah Pengujian Korosi Pada Parameter A) 20T10A100C ; B) 30T10A100C ; C) 40T10A100C.....	36

Gambar 4- 4 Intensitas Warna Sebelum dan Sesudah Pengujian Korosi	36
Gambar 4- 5 Hasil Anodisasi Dengan Parameter A) 30T10A60C ; B) 30T10A80C ; C) 30T10A100C	37
Gambar 4- 6 Pengaruh Suhu Larutan Pewarna Terhadap Intensitas Warna	37
Gambar 4- 7 Spesimen Sesudah Pengujian Asam Pada Parameter A) 30T10A60C ; B) 30T10A80C ; C) 30T10A100C	38
Gambar 4- 8 Perbandingan Intensitas Warna Sebelum dan Sesudah Pengujian Asam Menggunakan Air Aki Zuur	39
Gambar 4- 9 Struktur Makro A) Sebelum <i>Anodize</i> ; B) Sesudah <i>Anodize</i>	40
Gambar 4- 10 Struktur Makro A) <i>Anodizing</i> Durasi 20 Menit ; B) <i>Anodizing</i> Durasi 30 Menit ; C) <i>Anodizing</i> Durasi 40 Menit	41
Gambar 4- 11 Struktur Makro Sesudah Pengujian Korosi Pada Parameter A) <i>Raw Material</i> ; B) 20T10A100C ; C) 30T10A100C ; D) 40T10A100C	42
Gambar 4- 12 Struktur Makro Sesudah Pengujian Asam Pada Parameter Konsentrasi 30% A) 30T10A60C ; B) 30T10A80C ; C) 30T10A100C	43
Gambar 4- 13 Kegagalan Proses <i>Anodizing</i>	43

DAFTAR NOTASI

CR = Laju korosi (*mm/year*)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$)

W = Selisih massa spesimen ($W = W_0 - W_1$) (gr)

W_0 = Massa awal spesimen sebelum diuji (gr)

W_1 = Massa akhir spesimen setelah diuji (gr)

D = Massa jenis benda (g/cm^3)

A = Luas permukaan benda yang diuji (cm^2)

T = Waktu perendaman (Jam) (Menit)

A = Kuat arus listrik (Ampere)

X = Durasi anodisasi terbaik (Menit)

T = Durasi anodisasi (Menit)

C = Suhu larutan pewarna ($^{\circ}\text{C}$)

σ_R = Standar deviasi untuk komponen R

R_i = Nilai R di titik ke-i

$\bar{R}$ = Rata-rata dari semua nilai R

η = Jumlah titik pengecekan warna pada spesimien

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium 6061 merupakan paduan aluminium yang banyak digunakan dalam aplikasi material yang memerlukan kombinasi kekuatan, ringan, dan ketahanan korosi yang baik. Aluminium 6061 memiliki kekuatan yang baik untuk rasio beratnya, sehingga aluminium 6061 memiliki bobot yang ringan namun sangat kuat. Aluminium 6061 memiliki daktilitas yang baik, sehingga material dapat dibentuk dan dibengkokkan (deformasi) tanpa terjadi keretakan, sehingga aluminium 6061 dapat digunakan dalam kondisi beban dinamis yang sangat penting untuk aplikasi struktural di rangka pesawat terbang dan kendaraan. Menurut Aminy, permintaan paduan aluminium 6061 beberapa tahun terakhir meningkat untuk penggunaan pada ruang angkasa, pesawat terbang, dan mobil (Aminy *et al*, 2022). Salah satu cara untuk meningkatkan sifat fisik sekaligus memberikan kesan estetis adalah dengan menggunakan lapisan *anodic* yang biasa dikenal sebagai *anodizing*.

Anodizing merupakan proses elektrokimia yang bertujuan untuk mempertebal lapisan oksida alami pada permukaan logam dengan menggunakan arus listrik yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan korosi pada permukaan aluminium. Proses anodisasi juga dapat meningkatkan estetika yaitu dengan melakukan proses pewarnaan. Proses *anodizing* memiliki potensi besar dalam industri otomotif karena dapat meningkatkan ketahanan korosi dan keawetan komponen aluminium dan *anodizing* juga meningkatkan kekerasan permukaan, yang sangat penting untuk suku cadang mekanik dan komponen yang terpapar kondisi *extreme*. Parameter penting dalam proses *anodizing* yaitu konsentrasi larutan elektrolit, suhu larutan elektrolit, durasi *anodizing*, kuat arus dan tegangan, suhu larutan pewarna pada proses *dyeing*. Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh variasi suhu larutan pewarna dan durasi *anodizing* karena parameter tersebut dapat mempengaruhi kualitas serta distribusi warna yang dihasilkan, ketebalan lapisan oksida, kualitas permukaan aluminium.

Penggunaan pewarna sintetis dapat menimbulkan risiko yang sangat membahayakan bagi lingkungan sekitar. Menurut Yuliana, beberapa pewarna sintetis mengandung logam berat, seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr), dalam jumlah yang cukup tinggi. Paparan terhadap pewarna ini bisa terjadi melalui kontak langsung atau melalui pencemaran air di sekitar industri yang mengandung limbah. Timbal sangat berbahaya karena dapat terakumulasi dalam jaringan lunak, seperti hati, limpa, paru-paru yang masih memerlukan penelitian lebih lanjut (Yuliana, 2022). Pewarna alami yang dapat digunakan dalam proses *anodizing* yaitu kunyit. Pewarna alami ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga dapat memberikan variasi warna yang menarik pada komponen aluminium. Kunyit dapat digunakan sebagai pewarna alami, karena mengandung kurkumin. Kurkumin (*diferuloylmethane*) adalah senyawa aktif yang memberikan warna kuning yang khas dan ramah lingkungan. Penggunaan pewarna alami dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap kerusakan lingkungan. Dengan meningkatnya kesadaran akan dampak dari penggunaan pewarna sintetis, penggunaan pewarna alami dapat menjadi alternatif yang menarik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana variasi waktu perendaman spesimen pada larutan elektrolit yaitu 20, 30, dan 40 menit dapat mempengaruhi ketahanan permukaan aluminium 6061 terhadap korosi yang baik serta variasi suhu larutan pewarna yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C dapat mempengaruhi warna yang dihasilkan dari proses anodisasi dan diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknik *anodizing* yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana durasi perendaman spesimen pada larutan elektrolit dapat memengaruhi pemerataan warna?
2. Bagaimana variasi suhu larutan pewarna dapat memengaruhi pemerataan warna yang dihasilkan dari proses anodisasi menggunakan pewarna alami kunyit?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, dalam penelitian ini terdapat batasan masalah pada pembahasan untuk membatasi ruang lingkup penelitian, sehingga tidak keluar dari pembahasan. Berikut merupakan batasan masalah dari penelitian ini:

1. Anodisasi logam menggunakan material aluminium 6061.
2. Anodisasi aluminium dengan dimensi 40mm x 30mm x 10mm.
3. Larutan elektrolit yang digunakan adalah Asam Sulfat (H_2SO_4).
4. Pewarna alami yang digunakan yaitu bubuk kunyit.
5. Parameter yang digunakan adalah variasi suhu larutan pewarna yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C. Variasi durasi perendaman spesimen pada larutan elektrolit yaitu 20, 30, dan 40 menit dengan konsentrasi berat larutan elektrolit dengan air yaitu 1:2.
6. Untuk proses *dyeing* dilakukan selama 20 menit dan proses *sealing* selama 10 menit pada suhu 100° C.
7. Arus listrik yang digunakan selama proses anodisasi yaitu 10 Ampere.
8. *POWER SUPPLY MODEL* SN-110, *DC Output* 12V 10A 120W Max.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi durasi perendaman spesimen selama 20 menit, 30 menit, dan 40 menit pada larutan elektrolit terhadap ketahanan korosi.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu larutan pewarna yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C terhadap pemerataan warna yang dihasilkan dalam proses anodisasi.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat yang diperoleh dari tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi durasi perendaman spesimen pada larutan elektrolit terhadap ketahanan korosi serta pengaruh variasi suhu larutan pewarna terhadap warna yang dihasilkan dalam proses anodisasi.

2. Penelitian ini digunakan sebagai referensi yang dapat menjadikan peluang bagi para pelaku industri khususnya di bidang otomotif yang memproduksi aksesoris kendaraan bermotor, agar menjadikan pewarna alami kunyit sebagai alternatif pewarna *anodizing* yang mudah didapat dan ramah lingkungan.

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 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang kajian pustaka serta penjelasan tentang dasar teori yang berkaitan dengan proses *anodize* yang akan dilakukan.

BAB 3 Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang berisi diagram alir, persiapan alat dan bahan, langkah-langkah serta tahapan melakukan proses anodisasi, pengukuran warna dan pengamatan struktur makro, pengujian asam serta pengujian korosi.

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil dari penelitian tentang hasil distribusi dan pemerataan warna hasil proses anodisasi dan pengamatan struktur makro permukaan aluminium, hasil pengujian asam, dan hasil pengujian korosi.

BAB 5 Penutup

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil dari proses anodisasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh (Sampurna *et al.*, 2016) mengenai pengaruh variasi waktu pencelupan pada proses *anodizing* terhadap ketebalan lapisan oksida, kekerasan permukaan aluminium, dan struktur mikro pada Aluminium Seri 1XXX. Variasi waktu *anodizing* yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah 5, 10 dan 15 menit dengan menggunakan larutan asam sulfat sebagai elektrolit. Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh variasi waktu anodisasi memiliki peran yang penting dalam meningkatkan ketebalan lapisan oksida, kekerasan, dan struktur mikro pada aluminium yang telah dilakukan anodisasi (Sampurna *et al.*, 2016).

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh (Aditya *et al.*, 2017) mengenai pengaruh variasi *temperature*, jarak anoda dengan katoda, dan pewarnaan terhadap kekerasan permukaan pada proses anodisasi aluminium 1100. Variasi *temperature* dalam penelitian tersebut yang dimaksud adalah variasi *temperature* pada larutan elektrolit dengan variasi 10°C dan 20°C serta jarak anoda-katoda 1 cm, 2 cm, 3 cm. Hasilnya menunjukkan bahwa variasi *temperature* pada larutan elektrolit dan jarak anoda-katoda memiliki peran yang penting dalam meningkatkan kekerasan pada material aluminium yang telah dilakukan anodisasi (Aditya *et al.*, 2017). Beberapa penelitian terkait anodisasi aluminium telah dilakukan, namun interaksi antara variasi suhu larutan pewarna dan durasi perendaman spesimen pada larutan elektrolit, terutama dalam konteks penggunaan pewarna alami, masih belum banyak diteliti lebih lanjut. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan menganalisis bagaimana interaksi antara kedua variabel ini dapat mempengaruhi hasil akhir dari proses anodisasi. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan variasi durasi *anodizing* 20 menit, 30 menit, dan 40 menit dengan variasi suhu larutan pewarna yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman serta wawasan baru mengenai pengaruh suhu larutan pewarna dan durasi anodisasi terhadap warna yang dihasilkan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Aluminium 6061

Aluminium merupakan elemen logam yang sangat melimpah dan merupakan logam yang paling banyak digunakan (Davis, 2001). Menurut Surdia dalam (Aziz *et al.*, 2017), aluminium adalah unsur *nonferrous* yang termasuk jenis logam yang ringan, memiliki ketahanan korosi yang baik serta penghantar listrik dan panas yang baik (Aziz *et al.*, 2017). Aluminium memiliki banyak keunggulan yaitu mudah untuk dibentuk serta diproses (*machining*). Menurut Anton J. Hartono dalam (Aziz *et al.*, 2017), aluminium diambil dari bahasa latin yaitu *alumen*, *alum*. Sejak tahun 1965, penggunaan aluminium dalam pembuatan peralatan logam telah mengalahkan dominasi tembaga (Muzaki *et al.*, 2022). Aluminium seri 6061 pada digit pertama yaitu 6 merupakan seri aluminium dengan paduan Aluminium-Magnesium-Silikon. Seri 6061 ini memiliki kemampuan las dan kemudahan dalam proses pembentukan, menjadikan aluminium seri 6061 digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan otomotif. Aluminium seri ini merupakan aluminium yang terkuat di antara seri 6000 lainnya, dengan kandungan magnesium dan silikon yang berperan penting dalam memperkuat struktur pada aluminium seri ini. Aluminium 6061 dapat dilihat pada gambar 2-1.

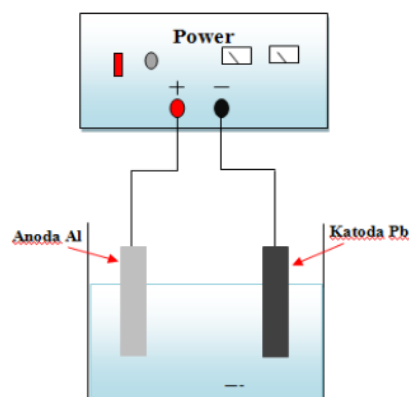


Gambar 2- 1 Aluminium 6061

Sumber: <https://id.aliexpress.com/item/1005003521454883.html>

2.2.2 Anodizing

Anodizing adalah proses elektrokimia yang relatif sederhana. *Anodizing* menghasilkan lapisan pelindung aluminium oksida pada permukaan aluminium (Muslim, 2018). Proses *anodizing* merupakan proses elektrokimia yang bertujuan untuk mempertebal lapisan oksida alami pada permukaan logam seperti aluminium dengan menggunakan arus listrik dan larutan elektrolit. *Anodizing* berfungsi untuk meningkatkan ketahanan korosi pada permukaan aluminium melalui proses oksidasi. Selama proses oksidasi, anoda permukaan aluminium diubah menjadi oksida aluminium, berikut reaksi kimia yang terjadi adalah $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{SO}_2$. Ketahanan terhadap korosi sangat dipengaruhi oleh proses penyelesaian akhir, terutama pada tahap penyegelan (*sealing*). Selain itu, proses pewarnaan juga dilakukan menggunakan zat pewarna organik atau anorganik. (Santhiarsa, 2010). Menurut (Yulizal, 2016), komponen paling penting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan elektrolit, karena katoda merupakan kutub negatif (-) dan anoda merupakan kutub positif (+). Semakin rendah suhu pada proses anodisasi akan meningkatkan nilai kekerasan pada lapisan yang sangat tinggi, tetapi daya serap terhadap larutan pewarna menjadi rendah. Pemberian warna hanya berpengaruh kecil pada peningkatan kekerasan permukaan hasil anodisasi, karena zat warna yang digunakan hanya sebatas untuk dekoratif (Aditya *et al.*, 2017). Skema proses *anodizing* dapat dilihat pada gambar 2-2.

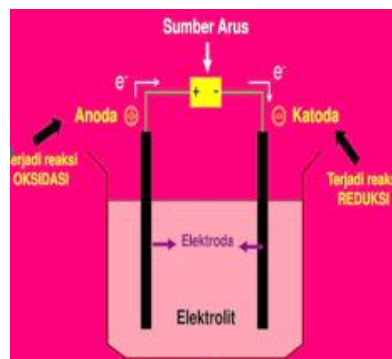


Gambar 2- 2 Skema Proses *Anodizing*

Sumber: (Sidharta, 2014)

2.2.3 Elektroda

Elektroda adalah sebuah konduktor yang bersentuhan dengan bagian nonlogam dari sebuah rangkaian arus (Pantryan, 2020). Anodisasi melibatkan aluminium sebagai benda kerja pada elektroda anoda (+) dan elektroda katoda (-). Katoda dapat terbuat dari aluminium atau timbal dengan luas permukaan yang lebih besar. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi yaitu suatu proses kimia yang di mana suatu zat kehilangan elektron yang disertai dengan peningkatan bilangan oksidasi. Sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi dalam larutan asam. Reaksi reduksi yaitu proses kimia yang di mana suatu zat menerima elektron yang mengakibatkan penurunan bilangan oksidasi dari zat tersebut, menggunakan larutan asam sulfat dengan konsentrasi 1:2. Larutan elektrolit ini mengandung ion hidrogen (H^+), ion sulfat (SO_4^{2-}) (Sihombing *et al.*, 2022). Elektroda dapat dilihat pada gambar 2-3.

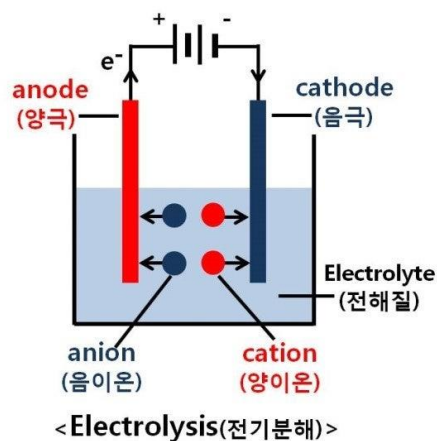


Gambar 2- 3 Elektroda

Sumber: <https://www.harapanrakyat.com/2022/07/contoh-sel-elektrolisis/>

2.2.4 Elektrolisis

Elektrolisis merupakan proses kimia yang menggunakan arus listrik untuk memisahkan suatu zat elektrolit. Elektrolit merupakan senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik karena terdapat ion yang bebas bergerak apabila dilarutkan ke dalam pelarut. Elektrolit terdapat 2 jenis yaitu elektrolit kuat dan lemah. Contoh larutan elektrolit kuat yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam nitrat (HNO_3). Dan untuk elektrolit lemah yaitu asam cuka encer (CH_3COOH), kalium karbonat (Pantryan, 2020). Skema elektrolisis dapat dilihat pada gambar 2-4.

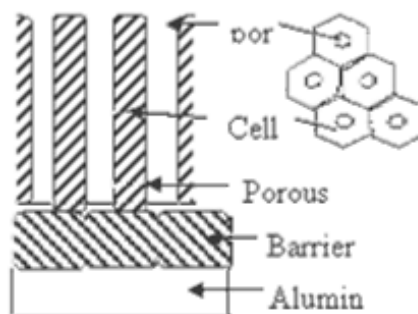


Gambar 2- 4 Elektrolisis

Sumber: <https://blog.naver.com/applepop/220858603104>

2.2.5 Lapisan Oksida

Lapisan oksida terbentuk dari proses anodisasi yang memiliki struktur berbeda dari lapisan oksida yang terbentuk secara alami. Lapisan ini memiliki struktur seperti pilar *hexagonal* berpori yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan *abrasive*, kemampuan insulator elektrik logam, serta kemampuan untuk menyerap zat pewarna untuk meningkatkan estetika pada permukaan aluminium. Lapisan oksida terdiri dari dua jenis yaitu *barrier* dan *porous*. Lapisan *barrier* terbentuk langsung pada permukaan logam dasar dan lebih tipis. Lapisan *porous* terbentuk dengan dinding sel yang membuat suatu kesatuan dalam bentuk persegi enam atau *hexagonal*. Dengan tingginya daya serap lapisan oksida akan mempermudah proses pewarnaan (Widyastuti, 2011). Ilustrasi struktur lapisan oksida dapat dilihat pada gambar 2-5.



Gambar 2- 5 Struktur Lapisan Oksida

Sumber: (A. Saleh, 1998)

2.2.6 Kunyit (*Curcuma Longa*)

Pewarna alami memiliki karakteristik warna alam yaitu lebih *natural* sejuk, unik dan indah. Pewarna alami yang terkenal dan bisa dimanfaatkan dalam bidang tekstil maupun industri adalah kunyit (*Curcuma Longa*) (Annafi *et al.*, 2023). Kunyit dikenal karena bagian bawah dari tanaman kunyit yang digunakan sebagai bahan baku berbagai aplikasi (rimpang) yang berwarna kuning cerah dan sering digunakan sebagai pewarna alami. Kunyit mengandung kurkumin yaitu senyawa aktif yang memberikan warna kuning pada kunyit. Kunyit dapat dilihat pada gambar 2-6.



Gambar 2- 6 Kunyit

Sumber: <https://www.alodokter.com/kebenaran-manfaat-kunyit-ditinjau-dari-segi-medis>

2.2.7 RGB

RGB merupakan suatu model warna yang terdiri dari warna inti yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*), yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam warna. RGB merupakan sistem pewarnaan untuk *digital appearance* dan banyak sekali digunakan untuk monitor komputer, video, layar ponsel, dll. Sistem warna RGB terdiri dari 100% *Red*, 100% *Green*, 100% *Blue* (Prabowo, 2018). Ilustrasi RGB dapat dilihat pada gambar 2-7.



Gambar 2- 7 RGB

Sumber: <https://www.howtogeek.com/730577/what-does-rgb-mean-and-why-is-it-all-over-tech/>

Untuk menghitung standar deviasi dari nilai RGB di setiap parameter dari proses anodisasi adalah sebagai berikut. Perhitungan untuk standar deviasi dari nilai *Red*:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$$

σ_R = Standar deviasi untuk komponen R

R_i = Nilai R di titik ke-i

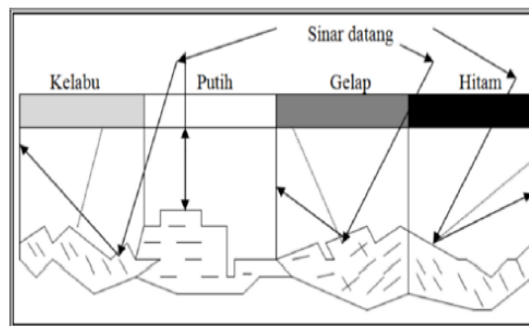
$\bar{R}$ = Rata-rata dari semua nilai R

n = Jumlah titik pengecekan warna pada spesimen

Begitupun dengan perhitungan standar deviasi untuk nilai *Green* dan *Blue*.

2.2.8 Metalografi Struktur Makro

Metalografi adalah disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikrostruktur suatu logam dan paduannya. Metalografi struktur makro (*macroscopic test*) merupakan proses pengujian bahan yang bertujuan agar dapat mengamati celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalidan pengujian ini berkisar antara 0,5 sampai 50 kali. Prinsip kerja mikroskop optik adalah sinar datang yang berasal dari sumber cahaya melewati lensa kondensor, lalu sinar datang menuju *glass plane* yang akan memantulkan sinar datang itu menuju spesimen (Rizki, 2018). Ilustrasi pantulan sinar pada pengamatan *metalografi* dapat dilihat pada gambar 2-8.



Gambar 2- 8 Pantulan Sinar Pada Pengamatan *Metalografi*

Sumber: (Widharto, 2007).

2.2.9 Laju Korosi dan Pengujian Laju Korosi

Menurut Trethewey dalam (Rizki, 2018), korosi adalah proses degradasi mutu suatu material, baik logam maupun nonlogam akibat pengaruh lingkungan sekitar. Laju korosi merupakan suatu parameter yang biasa digunakan pada pengujian korosi dikarenakan berpengaruh terhadap nilai ekonomis dan teknis material. Parameter ini menunjukkan tingkat penetrasi korosi yang terjadi pada suatu material (Rizki, 2018). Berikut merupakan perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan yaitu Standar Internasional (mm/th) atau Standar British (mill/year) (Afandi *et al.*, 2015). Tingkat ketahanan korosi berdasarkan laju korosi tertera pada tabel 2-1 dan contoh korosi dapat dilihat pada gambar 2-9.

Tabel 2- 1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	<i>Approximate Metric Equivalent</i>				
	<i>Mpy</i>	<i>mm/year</i>	<i>μm/year</i>	<i>nm/year</i>	<i>pm/sec</i>
<i>Outstanding</i>	< 1	< 0,02	< 25	< 25	< 2
<i>Excellent</i>	1 – 5	0,02 - 0,1	25 - 100	25 – 100	2 – 10
<i>Good</i>	5 - 20	0,1 - 0,5	100 - 500	100 - 500	10 - 50
<i>Fair</i>	20 - 50	0,5 - 1	500 - 1000	500 – 1000	50 - 100
<i>Poor</i>	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000	1000 – 5000	150 - 500
<i>Unacceptable</i>	200 +	5 +	5000 +	5000 +	500 +

Perhitungan Laju Korosi:

$$CR = \frac{K \times W}{D \times A \times T} \quad (2.1)$$

Keterangan:

CR = Laju korosi (*mm/year*)

T = Waktu perendaman (Jam)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$)

D = Massa jenis benda (g/cm^3)

W = Selisih massa spesimen ($W = W_0 - W_1$) (gr)

W_0 = Massa awal spesimen sebelum diuji (gr)

W_1 = Massa akhir spesimen setelah diuji (gr)

A = Luas permukaan benda yang diuji (cm^2)



Gambar 2- 9 Korosi

Sumber: https://educhannel.id/artikel/teknik-korosi/pengertian-korosi.html#google_vignette

2.2.10 Larutan Asam

Asam merupakan sebuah larutan korosif yang dapat menyebabkan terjadinya pengikisan pada permukaan logam maupun nonlogam. Larutan ini diukur menggunakan skala pH. Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan sifat asam. Semakin rendah nilai pH, maka semakin kuat sifat asamnya. Laju korosi aluminium dalam larutan asam, seperti asam nitrat atau asam sulfat bersifat korosif dikarenakan permukaan aluminium berinteraksi dengan ion Hidrogen (H^+) (Sitepu, 2021). Contoh larutan asam dapat dilihat pada gambar 2-10.



Gambar 2- 10 Larutan Asam

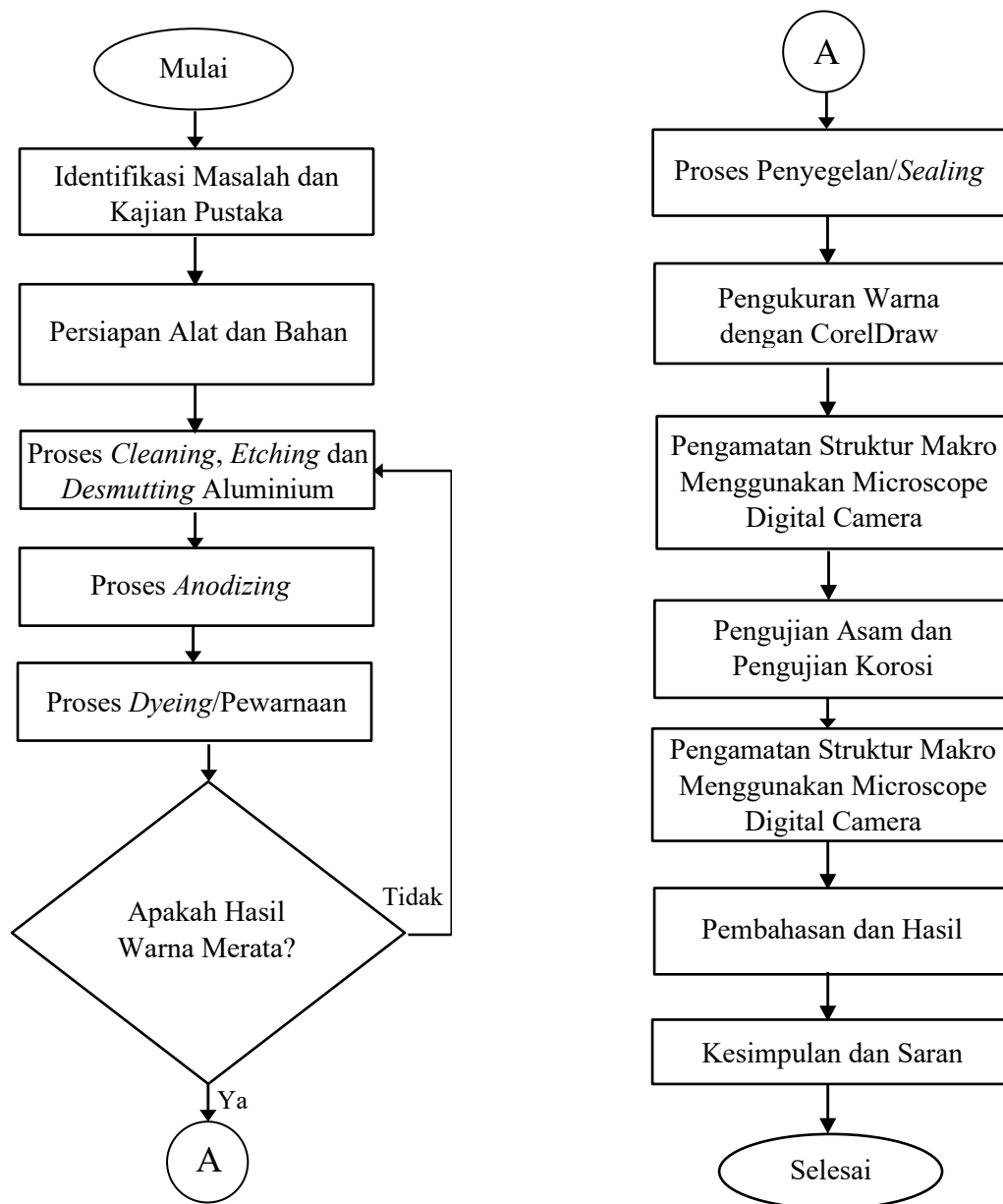
Sumber: <https://amaldoft.wordpress.com/2016/07/29/pengenalan-asam-basa-larutan-asam-basa/>

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah diagram alur penelitian dari Proses Pewarnaan Aluminium 6061 dengan Metode *Anodizing* menggunakan Pewarna Alami Kunyit:



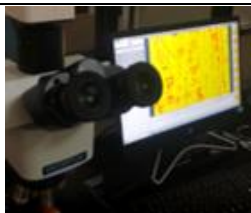
Gambar 3- 1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Alat yang diperlukan untuk mendukung jalannya proses perancangan tertera pada Tabel 3-1, dan untuk daftar bahan yang diperlukan tertera pada Tabel 3-2.

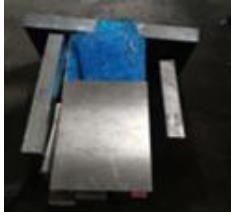
Tabel 3- 1 Alat

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1	Wadah/Bak Plastik	Menempatkan larutan elektrolit saat proses anodize	
2	<i>Power Supply</i>	Sebagai penyedia sumber listrik	
3	Gelas Ukur	Mengukur jumlah cairan yang digunakan	
4	Timbangan Digital	Menimbang massa bahan-bahan yang digunakan	
5	Kompur Listrik	Memanaskan pewarna (Kunyit)	

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
6	Panci	Sebagai tempat pewarnaan sembari dipanaskan	
7	Laptop	Mengoperasikan <i>CorelDRAW</i>	
8	<i>Microscope Digital Camera</i>	Uji struktur makro permukaan aluminium	

Tabel 3- 2 Bahan

No	Nama Bahan	Fungsi	Gambar
1	Thinner	Untuk membersihkan spesimen	
2	Soda Api (NaOH)	Untuk melakukan proses <i>Etching</i>	
3	Aki Zuur (H ₂ SO ₄)	Sebagai larutan elektrolit	

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
4	Air Mineral	Sebagai campuran larutan elektrolit	
5	Timbal (Timah Hitam)	Sebagai katoda dalam proses elektrolisis	
6	Aluminium 6061	Sebagai material utama	
7	Kunyit Bubuk	Sebagai pewarna alami	
8	Asam Nitrat (HNO ₃)	Untuk melakukan proses <i>desmutting</i>	

3.3 Desain Eksperimen

Perancangan penelitian untuk proses anodisasi menggunakan pewarna alami kunyit ini berperan sebagai pedoman dalam pelaksanaan eksperimen. Desain tersebut digunakan sebagai acuan untuk memastikan penelitian berjalan sesuai metode yang telah direncanakan. Tabel 3-3 dan Tabel 3-4 menampilkan kuat arus, konsentrasi larutan elektrolit, jumlah pewarna yang digunakan, durasi proses *dyeing*, serta variasi suhu larutan pewarna dan durasi perendaman spesimen ke dalam larutan elektrolit.

Tabel 3- 3 Variasi Durasi Perendaman Spesimen

NO	Kode Spesimen	Kuat Arus (Ampere)	Konsentrasi Larutan Elektrolit	Jumlah Pewarna (Gram)	Durasi Proses <i>Dyeing</i> (Menit)	Suhu Larutan Pewarna (°C)	Durasi <i>Anodizing</i> (Menit)
1	20T10A100C	10A	1:2	30	20	100	20
2	30T10A100C	10A	1:2	30	20	100	30
3	40T10A100C	10A	1:2	30	20	100	40

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah durasi perendaman spesimen pada larutan elektrolit yang diterapkan selama proses anodisasi. Dalam tabel, variasi durasi perendaman spesimen pada proses anodisasi adalah 20, 30, dan 40 menit. Percobaan untuk setiap parameter dilakukan sebanyak 4 percobaan. Salah satu kode spesimen yang digunakan yaitu 30T10A100C, untuk 30T merupakan durasi *anodizing* yaitu 30 Menit, 10A adalah kuat arus yang digunakan yaitu 10 Ampere, 100C adalah suhu larutan pewarna yaitu 100°C.

Tabel 3- 4 Variasi Suhu Larutan Pewarna

NO	Kode Spesimen	Kuat Arus (Ampere)	Konsentrasi Larutan Elektrolit	Jumlah Pewarna (Gram)	Durasi Proses <i>Dyeing</i> (Menit)	Durasi <i>Anodizing</i> (Menit)	Suhu Larutan Pewarna (°C)
1	XT10A60C	10A	1:2	30	20	Terbaik	60
2	XT10A80C	10A	1:2	30	20	Terbaik	80
3	XT10A100C	10A	1:2	30	20	Terbaik	100

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi suhu larutan pewarna yang diterapkan selama proses pewarnaan. Dalam tabel, variasi suhu larutan pewarna yang digunakan adalah 60°C, 80°C, 100°C. Percobaan untuk setiap parameter dilakukan sebanyak 4 percobaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi durasi *anodizing* dan pengaruh variasi suhu larutan pewarna terhadap warna yang dihasilkan dalam proses anodisasi. Arus listrik yang digunakan selama proses anodisasi adalah 10 Ampere. Keterangan:

X = Durasi *anodizing* terbaik (Menit)

T = Durasi *anodizing* (Menit)

A = Arus listrik (Ampere)

C = Suhu larutan pewarna (°C)

Pada penelitian ini, fenomena yang akan diamati yaitu bagaimana durasi anodisasi dan suhu larutan pewarna dapat berpengaruh terhadap pemerataan warna.

Spesimen yang dilakukan variasi pada durasi anodisasi, selanjutnya akan dilakukan pengujian korosi untuk diamati hasilnya. Lalu, spesimen yang dilakukan variasi pada suhu larutan pewarna pada proses *dyeing*, selanjutnya akan dilakukan pengujian asam untuk diamati hasilnya.

3.4 Kriteria Penelitian

Kriteria penelitian yang harus terpenuhi pada spesimen adalah:

1. Warna yang dihasilkan dari proses anodisasi menyerap dengan sempurna, yang dapat dibuktikan dengan mencelupkan spesimen ke dalam air lalu mengusap spesimen menggunakan kain dan tidak ada pewarna yang terlarut ke dalam air maupun menempel pada kain saat diusap.
2. Warna yang dihasilkan pada seluruh spesimen identik di setiap variasi percobaan dan menghasilkan warna yang merata pada setiap sisinya.

3.5 Persiapan Spesimen Uji

Penelitian ini merupakan eksperimen dengan menggunakan langkah-langkah terstruktur untuk mengidentifikasi parameter yang memengaruhi hasil akhir. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan pewarna alami yang diperoleh dari bubuk kunyit. Pada penelitian ini, material yang digunakan adalah Aluminium dengan seri 6061 yang dipotong dengan dimensi 4cm x 3cm x 1cm untuk dilakukan proses *anodizing*. Persiapan spesimen uji dapat dilihat pada gambar 3-2.



Gambar 3- 2 Persiapan Spesimen

3.6 Proses Pembersihan/*Cleaning*

Proses pembersihan/*cleaning* dilakukan pada spesimen dengan membersihkan seluruh permukaan aluminium dengan menggunakan *thinner*, yang bertujuan untuk menghilangkan minyak dan kotoran yang menempel pada permukaan aluminium agar menjaga hasil anodisasi tetap maksimal. Proses *cleaning* dapat dilihat pada gambar 3-3.



Gambar 3- 3 Proses *Cleaning*

3.7 Proses *Etching*

Etching merupakan tahapan anodisasi setelah proses *cleaning*, proses *etching* dilakukan pada spesimen dengan merendam aluminium yang telah dibersihkan ke dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) berkonsentrasi 10% selama 2 menit, yang bertujuan untuk membersihkan permukaan aluminium dari lapisan oksida dan kontaminan lainnya pada permukaan aluminium sebelum melakukan proses anodisasi. Proses *etching* dapat dilihat pada gambar 3-4.



Gambar 3- 4 Proses *Etching*

3.8 Proses Desmutting

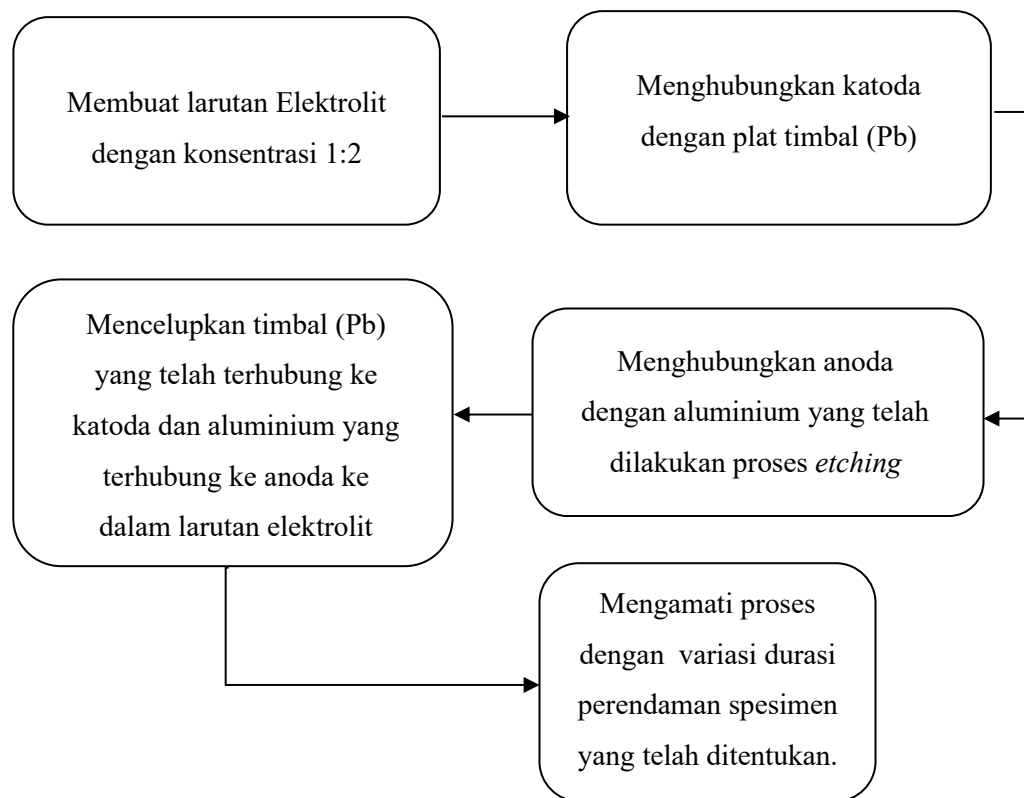
Desmutting adalah proses membersihkan permukaan aluminium, yang bertujuan untuk menghilangkan residu secara lembut setelah proses *etching* pada spesimen, dengan cara merendam aluminium ke dalam larutan asam nitrat (HNO_3) dengan konsentrasi 5% selama 1 menit. Proses *desmutting* dapat dilihat pada gambar 3-5.



Gambar 3- 5 Proses *Desmutting*

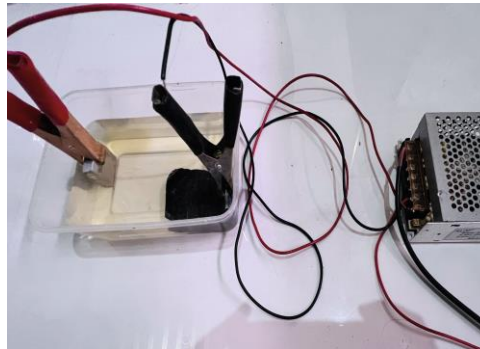
3.9 Proses Anodisasi/*Anodizing*

Anodizing adalah metode elektrokimia yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi pada permukaan logam khususnya Aluminium, dengan mempertebal lapisan oksida pada permukaan aluminium. Pada penelitian ini, aluminium sebagai anoda dan timbal sebagai katoda. Variasi parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu durasi perendaman spesimen pada larutan elektrolit dilakukan selama 20 menit, 30 menit, dan 40 menit. Berikut merupakan alur proses *anodizing*.



Gambar 3- 6 Alur Proses *Anodizing*

Berikut proses *anodizing* dapat dilihat pada gambar 3-7.



Gambar 3- 7 Proses *Anodizing*

3.10 Proses *Dyeing*/Pewarnaan

Dyeing adalah proses pewarnaan spesimen setelah proses anodisasi. Pada penelitian ini, proses *dyeing* menggunakan pewarna alami bubuk kunyit. Komposisi larutan pewarna yang digunakan adalah 30 gram untuk berat kunyit dan 300 gram untuk berat air. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan pewarna yang dipanaskan dengan variasi suhu 60°C, 80°C, dan 100°C selama 20 menit untuk setiap proses pewarnaan pada spesimen. Proses *dyeing* dapat dilihat pada gambar 3-8.



Gambar 3- 8 Proses *Dyeing*

3.11 Proses *Sealing*

Sealing merupakan tahapan akhir dalam proses anodisasi yang bertujuan untuk menutup pori-pori pada lapisan oksida aluminium yang terbentuk setelah dilakukan proses anodisasi, dengan cara merendam aluminium yang telah di anodisasi menggunakan air yang telah dipanaskan dengan suhu 100°C sehingga air bereaksi dengan aluminium oksida sehingga menghasilkan lapisan aluminium *hydroxide oxide*. Reaksi kimia yang terjadi yaitu $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AlO}(\text{OH})_3$. *Sealing* bertujuan untuk mengunci warna dan meningkatkan ketahanan lapisan oksida terhadap korosi serta keausan pada permukaan aluminium. Proses ini dilakukan selama 10 menit pada suhu 100°C. Proses *sealing* dapat dilihat pada gambar 3-9.

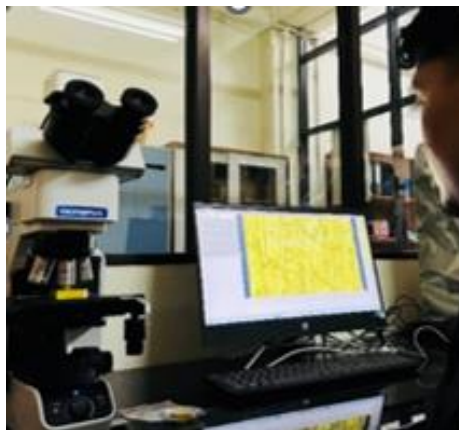


Gambar 3- 9 Proses *Sealing*

3.12 Pengamatan Struktur Makro

Pengamatan struktur makro pada permukaan aluminium yang telah dilakukan proses *anodizing* menggunakan *microscope digital camera*. Berikut langkah-langkah pengamatan struktur makro:

1. Menyalakan komputer dan mempersiapkan *microscope*.
2. Meletakkan spesimen yang telah dilakukan proses *anodizing* di bawah lensa *microscope*.
3. Menggunakan lensa objektif dengan perbesaran 50x.
4. Mengatur pencahayaan dan perbesaran warna.
5. Mengamati dari layar komputer yang terhubung dengan mikroskop.

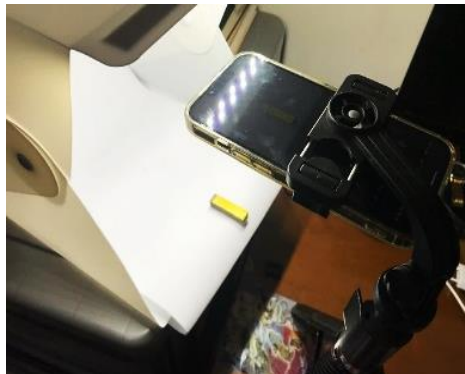


Gambar 3- 10 Pengamatan Struktur Makro

3.13 Pengambilan Gambar

Selanjutnya adalah pengambilan gambar pada spesimen aluminium yang telah dilakukan proses *anodizing* menggunakan *mini photobox portable*. Berikut langkah-langkah pengambilan gambar:

1. Menyiapkan *mini photobox portable* serta lapisan karet yang akan digunakan sebagai *background*.
2. Menyalakan lampu LED yang terintegrasi pada *mini photobox portable* dengan menggunakan kabel USB ke *port* lampu LED.
3. Meletakkan spesimen yang telah dilakukan proses *anodizing* pada *mini photobox*.
4. Memposisikan kamera *handphone* dan mengunci titik fokus pada bagian spesimen serta mengatur kamera pada *white balance* 6000, dan ISO 50.
5. Melakukan pengambilan gambar dari setiap spesimen dari seluruh variasi parameter yang telah ditentukan.

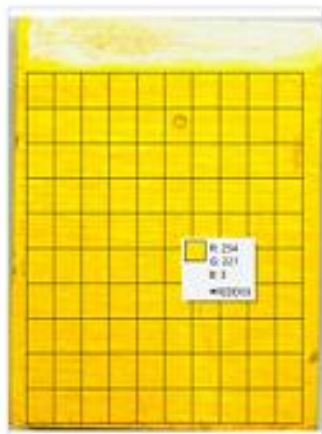


Gambar 3- 11 Pengambilan Gambar

3.14 Pengukuran Intensitas Warna RGB

Pengukuran intensitas warna dilakukan dengan menggunakan aplikasi CorelDraw pada laptop dari gambar spesimen yang telah diambil sebelumnya. Berikut merupakan tahapan pengukuran intensitas warna:

1. Membuka aplikasi CorelDraw.
2. Mengimport gambar spesimen ke dalam aplikasi CorelDraw.
3. Membuat tabel dengan ukuran 10 x 10 pada gambar spesimen yang telah dimasukan.
4. Mencari nilai RGB pada setiap titik dengan menggunakan *tools* pipet warna untuk setiap spesimen.
5. Mencatat nilai RGB pada setiap titik menggunakan aplikasi Microsoft Excel pada setiap spesimen.

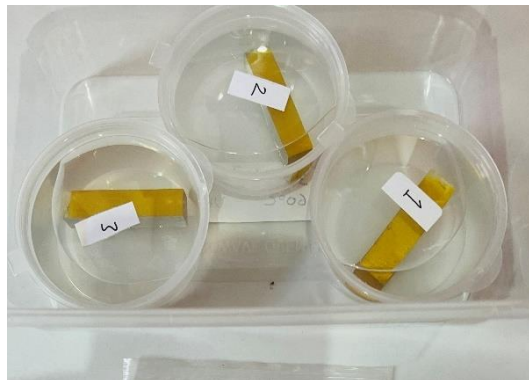


Gambar 3- 12 Pengukuran Intensitas Warna RGB

3.15 Pengujian Laju Korosi

Sebelum melakukan pengujian, dilakukan pemotongan kembali pada spesimen yang berukuran 4cm x 3cm x 1cm, sehingga dimensi spesimen menjadi 4cm 1cm x 1cm, untuk dilakukan pengujian asam dan korosi. Pengujian ketahanan korosi merupakan proses pengujian yang ditujukan untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu material yaitu aluminium dalam menahan kerusakan akibat korosi yang disebabkan oleh lingkungan yaitu air laut. Pengujian ini sangat penting untuk memastikan daya tahan produk aluminium dalam berbagai aplikasi industri. Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan spesimen yang telah dilakukan pewarnaan dengan variasi durasi *anodizing* 20, 30, dan 40 menit terhadap air laut. Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam spesimen ke dalam air laut dari teluk penyu selama 30 hari. Berikut langkah-langkah pengujian:

1. Mempersiapkan spesimen yang telah dilakukan pemotongan kembali.
2. Mengambil sampel air laut dari teluk penyu.
3. Merendam spesimen ke dalam wadah berisikan air laut selama 30 hari.
4. Mengukur perubahan massa yang terjadi dengan *interval* durasi yang telah ditentukan.
5. Analisis hasil pengujian.



Gambar 3- 13 Pengujian Laju Korosi

3.16 Pengujian Ketahanan Asam

Pengujian ketahanan asam merupakan proses pengujian yang ditujukan untuk mengevaluasi reaksi korosi dan sifat material dalam kondisi asam. Proses ini melibatkan reaksi antara aluminium dan asam sulfat yang dapat mempengaruhi perubahan intensitas warna pada spesimen. Pengujian ini dilakukan pada spesimen dengan variasi suhu larutan pewarna yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C untuk mengetahui pengaruh variasi suhu larutan pewarna terhadap asam. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian ketahanan asam:

1. Mempersiapkan spesimen yang akan dilakukan pengujian.
2. Larutan asam yang digunakan adalah air aki zuur dengan konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) untuk setiap 1 liter yaitu 30%.
3. Merendam 3 spesimen dengan variasi suhu larutan pewarna pada larutan asam selama 10 menit.
4. Mengamati reaksi yang terjadi pada spesimen.
5. Analisis hasil pengujian.



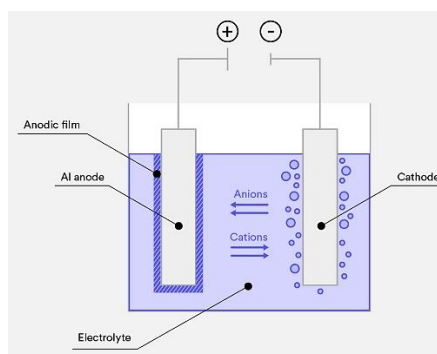
Gambar 3- 14 Pengujian Asam

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses *Anodizing*

Proses *anodizing* merupakan metode elektrokimia yang bertujuan untuk mempertebal lapisan oksida pada permukaan aluminium, yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan korosi pada logam. Aluminium dibersihkan dari kotoran yang menempel pada permukaan. Lalu, aluminium dihubungkan pada anoda dan timbal dihubungkan pada katoda. Selanjutnya, aluminium dan timbal dicelupkan ke dalam larutan elektrolit. Berikut merupakan gambar skema proses *anodizing*.



Gambar 4- 1 Proses *Anodizing*

Sumber: https://leadrp-net.translate.goog/blog/black-anodized-aluminum-basics-understanding-black-anodizing-process/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=imgs

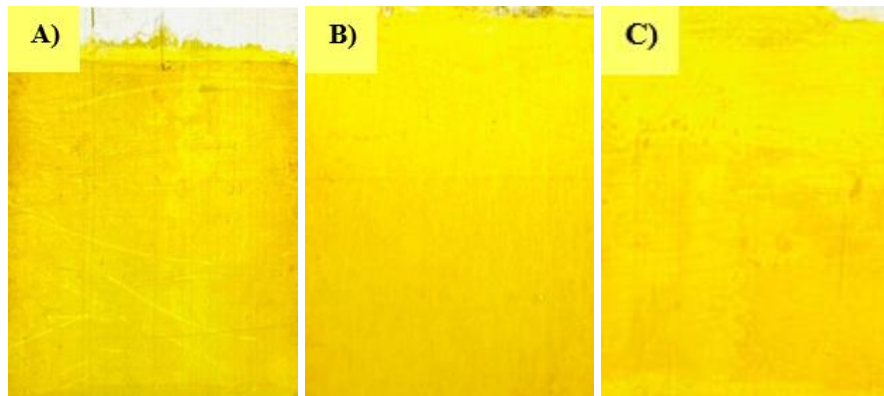
Secara sederhana, proses *anodizing* dimulai pada saat arus listrik diterapkan pada *powersupply*, aluminium yang terhubung pada anoda terjadi reaksi oksidasi (atom aluminium kehilangan elektron) sehingga membentuk lapisan aluminium oksida (Al_2O_3). Berikut merupakan reaksi kimia yang terjadi pada proses anodisasi.



Pada penelitian ini, fenomena yang akan diamati yaitu bagaimana durasi anodisasi dan suhu larutan pewarna dapat berpengaruh terhadap pemerataan warna. Spesimen yang dilakukan variasi pada durasi anodisasi, selanjutnya akan dilakukan pengujian korosi untuk diamati hasilnya. Lalu, spesimen yang dilakukan variasi pada suhu larutan pewarna pada proses *dyeing*, selanjutnya akan dilakukan pengujian asam untuk diamati hasilnya.

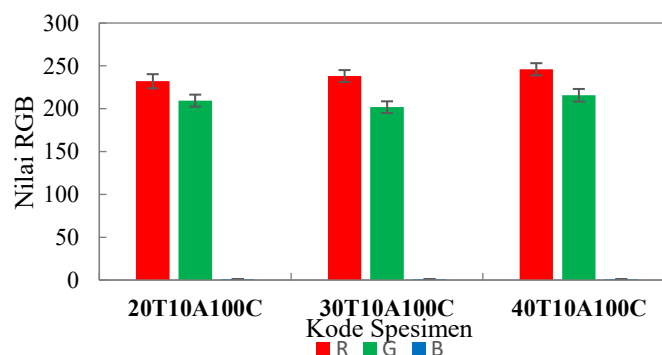
4.2 Pengaruh Durasi Perendaman Spesimen Pada Larutan Elektrolit Terhadap Hasil *Anodizing*

Parameter durasi perendaman spesimen pada proses *anodizing* yang telah ditetapkan adalah 20 menit, 30 menit, dan 40 menit. Hasil percobaan tersebut kemudian dilakukan pengambilan gambar yang ditunjukkan pada gambar 4-1.



Gambar 4- 2 Hasil Anodisasi Dengan Parameter A) 20T10A100C; B) 30T10A100C ; C) 40T10A100C

Berdasarkan gambar 4-2 variasi pada durasi anodisasi memengaruhi pemerataan warna yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan pengukuran warna pada spesimen yang telah memenuhi kriteria produk, menggunakan aplikasi *CorelDraw* sehingga didapatkan data yang kemudian diolah dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Diperoleh data hasil pengukuran intensitas warna pada 100 titik yang ditunjukkan pada gambar 4-3.



Gambar 4- 3 Pengaruh Durasi Anodisasi Terhadap Intensitas Warna

Variasi durasi perendaman spesimen pada proses anodisasi adalah 20, 30, dan 40 menit. Setelah melakukan eksperimen tersebut didapatkan grafik penyebaran warna RGB diatas, pada parameter durasi perendaman spesimen

selama 30 menit pada larutan elektrolit memiliki nilai *error bar* yang lebih rendah. Ini membuktikan bahwa pada parameter tersebut, menghasilkan warna pada spesimen yang lebih merata. Kunyit memiliki dominansi warna kuning atau sedikit warna *orange*. Nilai RGB yang dihasilkan dari *anodizing* menggunakan pewarna alami kunyit tidak mengandung unsur warna biru. Sehingga, nilai *Blue* yang didapatkan sangat kecil.

4.3 Hasil Pengujian Korosi Pada Spesimen Dengan Variasi Durasi *Anodizing*

Dalam industri, pewarnaan pada suhu tinggi digunakan untuk kecepatan produksi. Dengan dilakukan pengujian korosi pada spesimen dengan proses pewarnaan suhu tinggi yaitu 100°C, pengujian korosi ini dilakukan untuk mengetahui apakah spesimen dengan proses pewarnaan pada suhu tinggi memiliki ketahanan korosi yang baik. Sehingga, pengujian korosi ini dilakukan pada spesimen dengan kodefikasi 20T10A100C, 30T10A100C, dan 40T10A100C terhadap air laut. Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam spesimen ke dalam air laut dari teluk penyu selama 30 hari. Berikut merupakan data hasil pengujian korosi yang tertera pada tabel 4-1 hingga 4-3.

Tabel 4- 1 Massa Hari Ke- (Gram)

NO	Kode Spesimen	Rerata Massa Awal	Rata-Rata Selisih Massa Awal Dengan Massa Jam ke- (gram)					
			Rata-Rata 120 Jam	Rata-Rata 240 Jam	Rata-Rata 360 Jam	Rata-Rata 480 Jam	Rata-Rata 600 Jam	Rata-Rata 720 Jam
1	<i>Raw Material</i>	9,938	0,011	0,016	0,018	0,019	0,021	0,023
2	20T10A100C	10,549	0,003	0,005	0,009	0,012	0,015	0,017
3	30T10A100C	10,415	0,001	0,005	0,010	0,013	0,015	0,019
4	40T10A100C	9,977	0,002	0,006	0,009	0,012	0,014	0,015

Berdasarkan hasil penimbangan setiap 5 harinya pada Aluminium 6061 *raw material* dan dengan proses *anodizing* dengan dimensi 4cm x 1cm x 1cm, terjadi penurunan massa pada spesimen, maka dilakukan perhitungan laju korosi dengan menggunakan persamaan (2.1). Berikut contoh perhitungan laju korosi dengan kode spesimen 20T10A100C pada hari ke-5 seperti berikut.

Diketahui:

$$W = 0,003 \text{ gr}$$

$$K = 8,76 \times 10^4$$

$$T = 24 \times 5 = 120 \text{ jam}$$

$$D = 2,70 \text{ gr/cm}^3$$

$$A = 2 (4 \times 1 + 4 \times 1 + 1 \times 1) = 18 \text{ cm}^2$$

$$CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{2,70 \times 18 \times 120} = 0,045 \text{ mm/year}$$

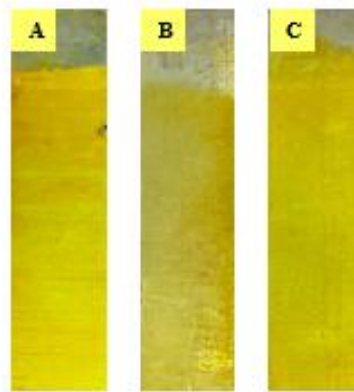
Tabel 4- 2 Hasil Laju Korosi

Kode Spesimen	Massa Hari ke- (mm/year)						Rata-Rata Laju Korosi
	Hari ke-5	Hari ke-10	Hari ke-15	Hari ke-20	Hari ke-25	Hari ke-30	
<i>Raw Material</i>	0,165	0,120	0,090	0,071	0,063	0,058	0,095
20T10A100C	0,045	0,038	0,045	0,045	0,045	0,043	0,043
30T10A100C	0,015	0,038	0,050	0,049	0,045	0,048	0,041
40T10A100C	0,030	0,045	0,045	0,045	0,042	0,038	0,041

Tabel 4- 3 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi

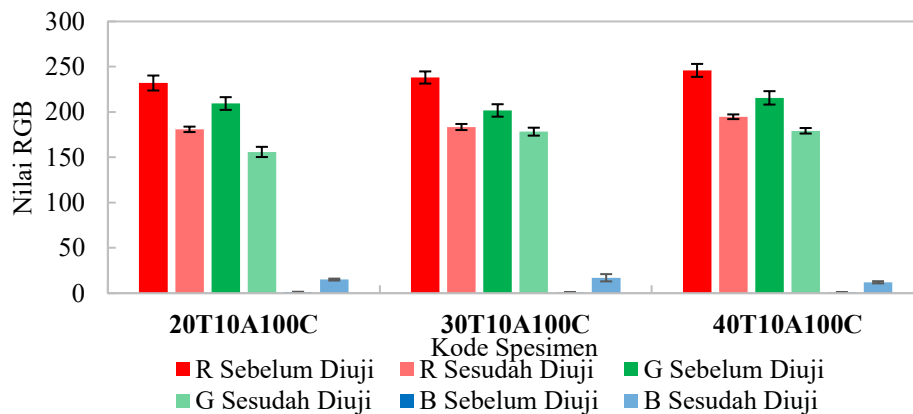
Kode Spesimen	Relative Corrosion Resistance (mm/year)					
	<i>Outstanding</i> < 0,02	<i>Excellent</i> 0,02-0,1	<i>Good</i> 0,1-0,5	<i>Fair</i> 0,5-1	<i>Poor</i> 1-5	<i>Unacceptable</i> 5+
<i>Raw Material</i>		0,095				
20T10A100C		0,043				
30T10A100C		0,041				
40T10A100C		0,041				

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin lama durasi *anodizing* yang digunakan maka akan semakin meningkat ketahanan spesimen terhadap korosi, sehingga semakin kecil penurunan massa yang terjadi akibat proses korosi. Proses korosi menyebabkan degradasi pada lapisan *anodize* serta lapisan pewarna yang menempel pada pori-pori aluminium, yang dapat dilihat pada gambar 4-4, kemudian dilakukan pengukuran warna dengan membuat tabel berukuran 10 x 3 pada gambar spesimen yang telah dimasukkan dalam aplikasi *CorelDraw*.



Gambar 4- 4 Spesimen Sesudah Pengujian Korosi Pada Parameter A)
20T10A100C ; B) 30T10A100C ; C) 40T10A100C

Berikut merupakan hasil pengukuran warna pada spesimen yang dilakukan pewarnaan dengan variasi durasi *anodizing* setelah pengujian korosi yang dapat dilihat pada gambar 4-5.

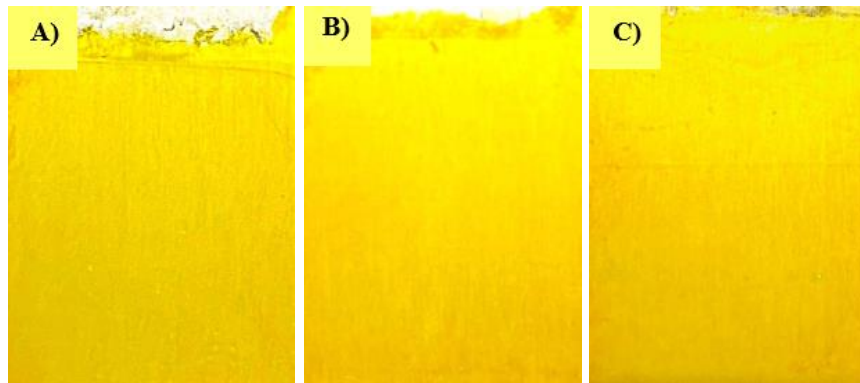


Gambar 4- 5 Intensitas Warna Sebelum dan Sesudah Pengujian Korosi

Terjadi penurunan pada nilai *Red* dan *Green* sesudah diuji korosi, yang disebabkan karena air laut merupakan larutan elektrolit yang mengandung ion Cl^- sehingga bersifat korosif terhadap material logam berjenis aluminium terutama pada parameter durasi anodisasi 20 menit, karena durasi anodisasi yang lebih singkat menyebabkan lapisan oksida yang lebih tipis sehingga ketahanan terhadap korosi lebih rendah dan pada parameter durasi anodisasi 20 menit terjadi penurunan intensitas warna yang cukup signifikan. Untuk percobaan selanjutnya, durasi *anodizing* yang ditetapkan adalah 30 menit.

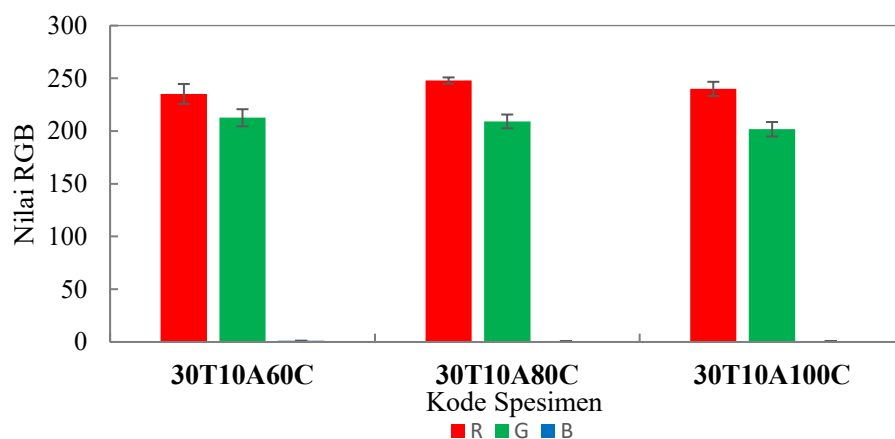
4.4 Pengaruh Variasi Suhu Larutan Pewarna Terhadap Hasil *Anodizing*

Parameter suhu larutan pewarna pada proses *anodizing* yang telah ditetapkan adalah 60°C, 80°C, dan 100°C. Hasil percobaan tersebut kemudian dilakukan pengambilan gambar yang ditunjukkan pada gambar 4-6.



Gambar 4- 6 Hasil Anodisasi Dengan Parameter A) 30T10A60C ; B) 30T10A80C ; C) 30T10A100C

Berdasarkan gambar 4-6 variasi pada suhu larutan pewarna memengaruhi pemerataan warna yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan pengukuran warna pada spesimen yang telah memenuhi kriteria produk, menggunakan aplikasi *CorelDraw* sehingga didapatkan data yang kemudian diolah dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Diperoleh data hasil pengukuran intensitas warna yang ditunjukkan pada gambar 4-7.



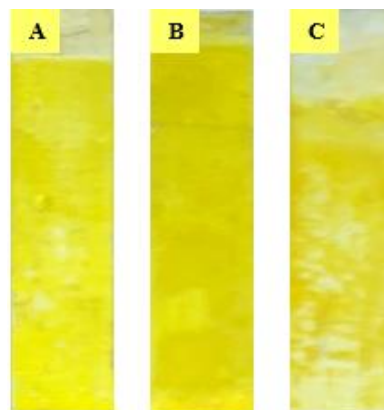
Gambar 4- 7 Pengaruh Suhu Larutan Pewarna Terhadap Intensitas Warna

Variasi suhu larutan pewarna yang digunakan adalah 60°C, 80°C, 100°C. Setelah melakukan eksperimen tersebut didapatkan grafik penyebaran warna RGB

diatas, pada parameter suhu larutan pewarna yakni 80°C memiliki nilai *error bar* yang lebih rendah. Ini membuktikan bahwa pada parameter tersebut, menghasilkan distribusi warna pada spesimen yang lebih merata. Kunyit memiliki dominansi warna kuning atau sedikit warna *orange*. Nilai RGB yang dihasilkan dari *anodizing* menggunakan pewarna alami kunyit tidak mengandung unsur warna biru. Sehingga, nilai *Blue* yang didapatkan sangat kecil.

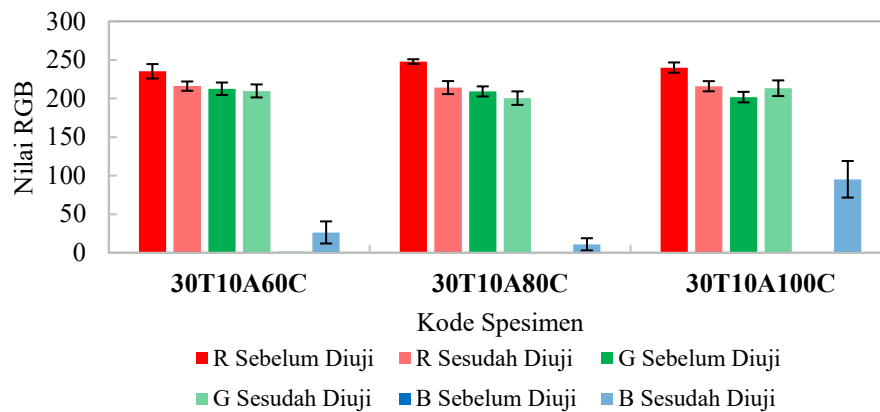
4.5 Hasil Pengujian Asam Pada Spesimen Dengan Variasi Suhu Larutan Pewarna

Pengujian asam ini dilakukan untuk mengetahui apakah variasi suhu larutan pewarna pada proses *dyeing* memengaruhi ketahanan spesimen terhadap asam. Untuk durasi anodisasi yang akan digunakan dalam pengujian ini yaitu 30 menit, karena durasi tersebut merupakan durasi anodisasi terbaik pada eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya. Pengujian asam ini dilakukan pada spesimen dengan kodefikasi 30T10A60C, 30T10A80C, dan 30T10A100C. Larutan asam yang digunakan adalah air aki zuur dengan konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) untuk setiap 1 liter yaitu 30% pada 3 spesimen di setiap variasi suhu larutan pewarna. Spesimen dicelupkan ke dalam air aki zuur selama 10 menit. Berikut merupakan gambar spesimen hasil pengujian ketahanan asam yang dapat dilihat pada gambar 4-8, dan berikut hasil pengukuran intensitas warna sesudah pengujian ketahanan asam dapat dilihat pada gambar 4-9.



Gambar 4- 8 Spesimen Sesudah Pengujian Asam Pada Parameter A)
30T10A60C ; B) 30T10A80C ; C) 30T10A100C

Berikut merupakan hasil pengukuran warna pada spesimen yang dilakukan pewarnaan dengan variasi suhu larutan pewarna setelah pengujian asam.



Gambar 4- 9 Perbandingan Intensitas Warna Sebelum dan Sesudah Pengujian Asam Menggunakan Air Aki Zuur

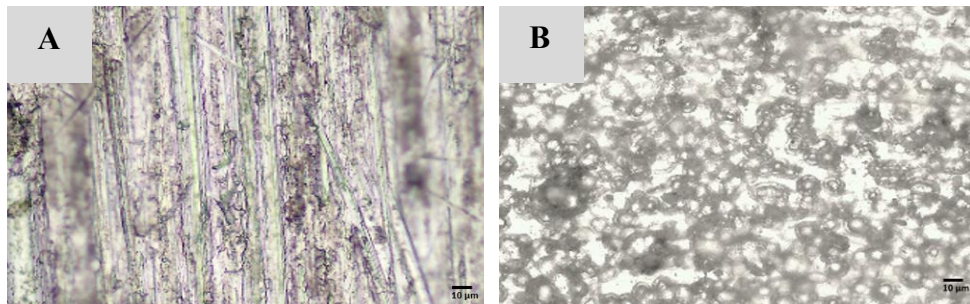
Berdasarkan data pada tabel diatas didapatkan hasil pengukuran intensitas warna RGB sesudah pengujian asam pada spesimen menggunakan air aki zuur. Terjadi penurunan intensitas warna RGB di setiap variasi parameter *anodizing* yang digunakan terutama pada nilai *Red* dan *Green* serta terjadi peningkatan pada nilai *Blue* yang disebabkan oleh larutan asam yang bersifat korosif, sehingga menyebabkan degradasi pada warna yang terdapat pada pori-pori lapisan oksida. Nilai *Blue* meningkat secara signifikan pada spesimen dengan parameter 30T10A60C dan 30T10A100C yang disebabkan karena pada suhu larutan yang lebih rendah yaitu 60°C menyebabkan penyerapan warna yang kurang optimal. Pada suhu larutan yang terlalu tinggi yaitu 100°C menyebabkan terjadinya degradasi pada senyawa yang terkandung dalam kunyit sehingga terjadi pudar.

4.6 Hasil Pengamatan Struktur Makro Aluminium 6061

Pengamatan struktur makro menggunakan mikroskop metalurgi OLYMPUS model BX53M dengan lensa pembesaran 50x pada permukaan aluminium sebelum dilakukan proses anodisasi ditunjukkan pada Gambar 4-10 (A), dan pengamatan struktur makro pada aluminium yang telah dilakukan proses anodisasi namun tidak diberlakukan pewarnaan ditunjukkan pada Gambar 4-10 (B). Pengamatan struktur makro pada aluminium yang telah melewati proses anodisasi dan proses pewarnaan ditunjukkan pada Gambar 4-11 (A), (B), dan (C),

pengamatan struktur makro pada aluminium yang telah dilakukan pengujian korosi ditunjukkan pada Gambar 4-12 (A), (B), (C) dan (D), dan pengamatan struktur makro pada aluminium yang telah dilakukan pengujian asam ditunjukkan pada Gambar 4-13 (A), (B), dan (C).

4.6.1 Pengamatan Struktur Makro Sebelum Proses *Anodizing* dan Setelah Proses *Anodizing*



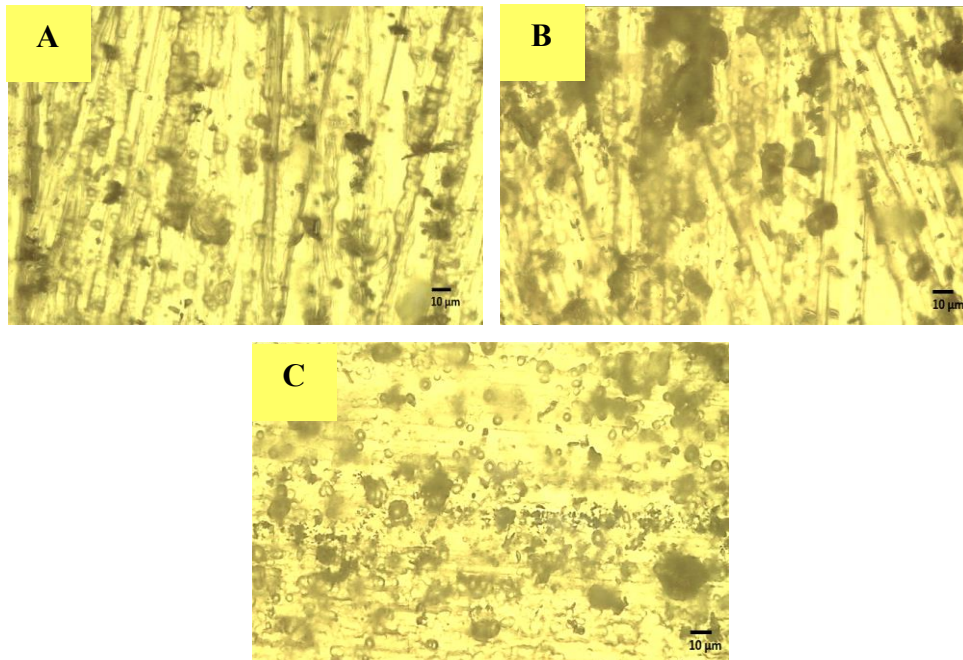
Gambar 4- 10 Struktur Makro A) Sebelum *Anodize* ; B) Sesudah *Anodize*

Pada gambar 4-10 A) merupakan hasil uji mikroskopis aluminium 6061 sebelum proses anodisasi, yang menunjukkan bahwa permukaan aluminium sebelum proses anodisasi terlihat kasar dikarenakan hasil permesinan.

Pada gambar 4-10 B) merupakan hasil uji mikroskopis aluminium 6061 setelah proses anodisasi terdapat struktur pori-pori yang disebabkan oleh terbentuknya lapisan oksida pada permukaan aluminium sebagai tempat terserapnya warna. Sehingga perbedaan antara sebelum dan sesudah anodisasi adalah struktur permukaan yang telah di anodisasi menghasilkan permukaan yang lebih halus dan terlindungi oleh lapisan oksida yang meningkatkan ketahanan serta estetika pada permukaan aluminium.

4.6.2 Pengamatan Struktur Makro Setelah Proses *Dyeing*/Pewarnaan

Pengamatan struktur makro setelah proses pewarnaan dilakukan untuk mengamati distribusi warna hasil *anodizing* menggunakan pewarna alami kunyit tersebar secara merata ke seluruh pori-pori lapisan oksida yang ditunjukkan pada gambar 4-11.

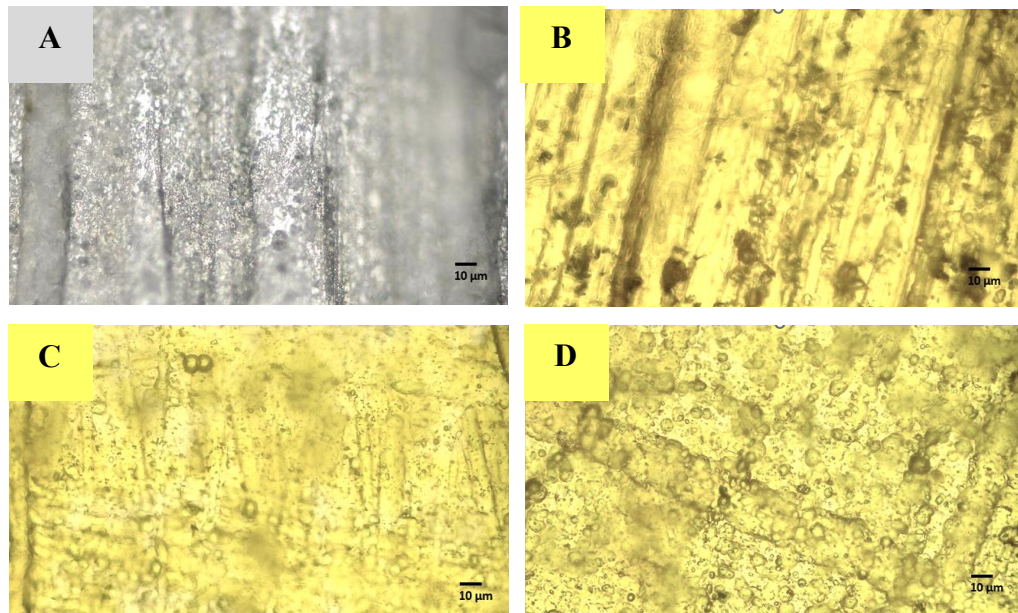


Gambar 4- 11 Struktur Makro A) *Anodizing* Durasi 20 Menit ; B) *Anodizing* Durasi 30 Menit ; C) *Anodizing* Durasi 40 Menit

Berdasarkan gambar 4-11 A), B), dan C) terlihat jelas pola pori-pori yang terbentuk selama proses *anodizing* dipengaruhi oleh durasi *anodizing* yang digunakan. Semakin lama durasi proses *anodizing* yang digunakan, menghasilkan pori-pori yang lebih terbuka. Distribusi warna yang dihasilkan pada *anodizing* menggunakan pewarna alami kunyit tampak merata ke dalam pori-pori. Intensitas warna kuning terlihat dengan jelas, sehingga menunjukkan tingkat penyerapan warna yang optimal. Suhu larutan pewarna juga berpengaruh pada tingkat penyerapan warna, yang memengaruhi saturasi warna yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu larutan pewarna yang digunakan, maka semakin pekat warna yang dihasilkan.

4.6.3 Pengamatan Struktur Makro Sesudah Pengujian Korosi

Seluruh spesimen yang telah diuji korosi, selanjutnya akan dilakukan pengamatan struktur makro yang bertujuan untuk melihat hasil distribusi warna sesudah pengujian korosi yang ditunjukkan pada gambar 4-12.

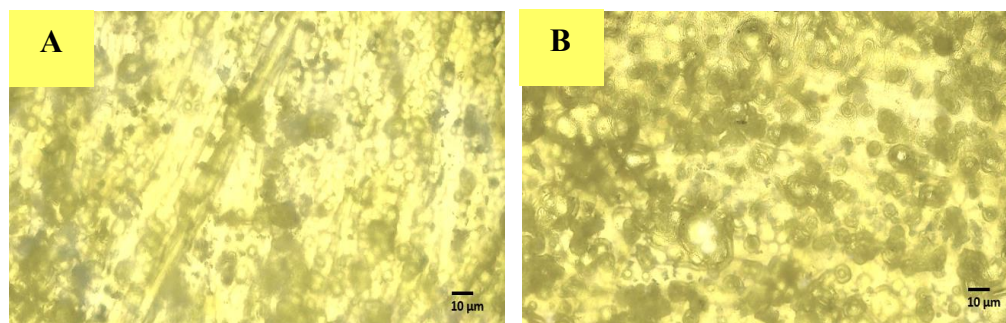


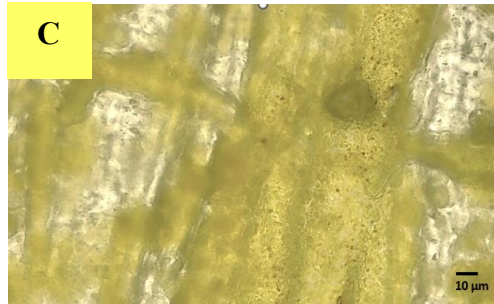
Gambar 4- 12 Struktur Makro Sesudah Pengujian Korosi Pada Parameter A) *Raw Material* ; B) 20T10A100C ; C) 30T10A100C ; D) 40T10A100C

Dapat dilihat pada gambar 4-12 A) yaitu *Raw Material* terdapat sedikit bercak karat yang disebabkan oleh reaksi kimia antara air laut dengan aluminium. Namun, pada gambar 4-12 B), C), D) terlihat tidak ada karat dikarenakan spesimen telah melalui proses *anodizing*.

4.6.4 Pengamatan Struktur Makro Sesudah Pengujian Asam

Pengamatan struktur makro sesudah pengujian asam dilakukan untuk mengamati distribusi warna hasil *anodizing* menggunakan pewarna alami kunyit yang telah dicelupkan ke dalam larutan asam seperti yang ditunjukkan pada gambar 4-13.

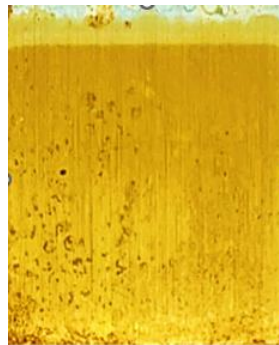




Gambar 4- 13 Struktur Makro Sesudah Pengujian Asam Pada Parameter Konsentrasi 30% A) 30T10A60C ; B) 30T10A80C ; C) 30T10A100C

Terjadi penurunan intensitas warna RGB di setiap variasi parameter *anodizing* yang digunakan terutama pada nilai Red dan Green. Namun, untuk nilai Blue pada setiap spesimen meningkat seiring dengan konsentrasi larutan asam yang digunakan lebih besar. Hal ini disebabkan oleh adanya reaksi kimia antara zat warna dengan larutan asam. Reaksi ini menyebabkan zat warna terurai atau larut sehingga warna pada spesimen menjadi pudar.

4.7 Analisis Kegagalan



Gambar 4- 14 Kegagalan Proses *Anodizing*

Pada gambar 4-14 menunjukkan perbedaan warna yang cukup signifikan di beberapa area spesimen yang disebabkan oleh penggunaan kunyit sebagai pewarna alami yang diolah menjadi bubuk sehingga masih terdapat residu atau ampas sisa-sisa dari kunyit yang tidak larut, ini menyebabkan warna pada permukaan tidak merata dan semakin lama larutan pewarna tersebut digunakan, warna kunyit akan berubah menjadi sangat pekat. Pada penelitian ini, durasi *dyeing* dilakukan selama 20 menit dan hanya sekali dalam penggunaan larutan pewarna, sehingga larutan pewarna diganti secara berkala pada setiap proses *dyeing* yang dilakukan untuk setiap spesimen agar mendapatkan hasil pewarnaan yang maksimal.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan serta pengujian dan pembahasan terkait variasi parameter yang digunakan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses *anodizing* aluminium menggunakan pewarna alami kunyit (*kurkumin*) mampu memberikan warna pada permukaan logam melalui mekanisme penyerapan warna ke dalam pori-pori lapisan oksida yang terbentuk pada saat proses *anodizing*. Suhu larutan pewarna memengaruhi daya serap warna dari lapisan oksida, suhu larutan pewarna yang lebih rendah yaitu 60°C menyebabkan warna kurang menyerap secara optimal, sedangkan suhu yang lebih tinggi yaitu 100°C dapat menyebabkan degradasi kurkumin. Dan durasi *anodizing* berperan terhadap ketebalan oksida. Durasi *anodizing* yang lebih lama dapat menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal, lapisan oksida dan meningkatkan ketahanan korosi.
2. Proses *anodizing* menggunakan pewarna alami kunyit pada durasi *anodizing* selama 30 menit mampu menghasilkan warna yang merata. Dan suhu larutan pewarna pada suhu 80°C mampu menghasilkan warna yang merata karena pada suhu ini sudah cukup tinggi untuk membantu dalam proses penyerapan warna ke dalam pori-pori namun masih aman dalam menjaga stabilitas senyawa aktif dalam kunyit.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, saran atau penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan *colorimeter* untuk mengukur intensitas warna.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan pengujian korosi lebih lanjut pada spesimen dengan variasi parameter suhu larutan pewarna.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya *et al.*, 2017. Pengaruh Variasi Temperatur, Jarak Anoda Dengan Katoda dan Pewarnaan Terhadap Kekerasan Permukaan pada Proses Anodisasi Al 1100. Jurnal Mesin Sains Terapan.
- Afandi *et al.*, 2015. Analisa Laju Korosi Pada Plat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating. Jurnal ITS Vol 4, No. 1.
- Arifin, 2016. Tugas Akhir Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) Pada Proses Anodizing Dengan Bahan Aluminium Seri 1XXX. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Aminy *et al.*, 2022. Optimasi Kualitas Pembubutan Aluminium 6061 Akibat Perubahan Sudut Potong Pahat HSS. Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE).
- Annafi *et al.*, 2023. Pemanfaatan Ekstrak Kunyit (*Curcuma Domestica* Val.) Sebagai Zat Pewarna Alami Ramah Lingkungan Pada Kulit Jagung.
- Aziz *et al.*, 2017. Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk, Komposisi dan Cacat Pengecoran Paduan Aluminium Flat Bar dan Limbah Kampas Rem dengan Menggunakan Cetakan Pasir dan Cetakan Hidrolik sebagai Bahan Komponen Jendela Kapal. Universitas Diponegoro.
- Davis, 2001. *Aluminium and Aluminium Alloys*. Alloying: Understanding the Basics. ASM International.
- Muslim, 2018. Karakterisasi Permukaan Pada Aluminium Anodized-Dyed dengan Pewarna Alami Kunyit. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Muzaki *et al.*, 2022. Analisis Pengaruh Variasi Beda Potensial dan Waktu Proses Anodizing terhadap Karakteristik Lapisan Oksida Aluminium 6061. Jurnal Rekayasa Mesin. Politeknik Negeri Malang.
- Pantryan, 2020. Pengaruh Waktu Holding Anodisasi Terhadap Diameter Pori Dan Tebal Lapisan Aluminium Oksida Anodik Dengan Menggunakan Metode *Two Step Anodization*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Prabowo, 2018. Deteksi dan Perhitungan Objek Berdasarkan Warna Menggunakan *Color Object Tracking*.

- Rizki, 2018. Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Pada Pengelasan Aluminium 5083 dengan 6061 Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro, dan Prediksi Korosi. Institut Teknologi Surabaya.
- Raharjo, 2021. Studi Pengaruh Variasi Waktu Pada Proses Anodizing Terhadap Kekerasan, Kekasaran Dan Struktur Mikro Pada Aluminium Seri 1000.
- Sampurna *et al.*, 2016. Pengaruh Variasi Lama Waktu Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Dalam Proses Anodizing Aluminium.
- Santhiarsa, 2010. Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif Pada Aluminium Terhadap Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan. Universitas Udayana.
- Sihombing *et al.*, 2022. Pengaruh Jenis Elektrolit Proses Anodisasi Aluminium Terhadap Efisiensi Proses Dan Sifat Mekanik (Kekerasan) Permukaan Dan Ketebalan Lapisan Oksida. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*.
- Sitepu, 2021. Analisis Kesulitan dan Miskonsepsi Kimia Umum Pada Mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas HKBP Nommensen. *Jurnal Suluh Pendidikan*.
- Tensiska *et al.*, 2012. Kestabilan Warna Kurkumin Terenkapsulasi Dari Kunyit Dalam Minuman Ringan dan Jelly Pada Berbagai Kondisi Penyimpanan. Universitas Padjadjaran.
- Widyastuti, 2011. Pertumbuhan Lapisan Oksida Terhadap Hasil Anodizing. Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.
- Yuliana, 2022. Risiko Penggunaan Pewarna Sintetis Pada Pewarnaan Batik Untuk Kesehatan Pengrajin. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Yulizal, 2016. Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Anodizing Terhadap Kekerasan Permukaan Logam Aluminium Seri 2XXX. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

LAMPIRAN

Tabel 1 Data Percobaan *Anodizing* Variasi Durasi *Anodizing*

NO	Kode Spesimen	Kuat Arus (Ampere)	Konsentrasi Larutan Elektrolit	Jumlah Pewarna (Gram)	Durasi <i>Anodizing</i> (Menit)	Suhu Larutan Pewarna (°C)	Rata-Rata RGB (100 Titik)		
1	20T10A100C1	10A	1:2	30	20	100	218,4	202,3	1,9
	20T10A100C2	10A	1:2	30	20	100	240,2	202,6	1,1
	20T10A100C3	10A	1:2	30	20	100	236,7	217,9	0,7
	20T10A100C4	10A	1:2	30	20	100	232,8	214,8	0,6
Rata-Rata 20 Menit							232,0	209,4	1,0
Standar Deviasi							±8,3	±7,0	±0,5
2	30T10A100C1	10A	1:2	30	30	100	237,6	210,3	0,7
	30T10A100C2	10A	1:2	30	30	100	242,5	206,1	1,1
	30T10A100C3	10A	1:2	30	30	100	244,6	197,8	0,4
	30T10A100C4	10A	1:2	30	30	100	227,2	192,7	1,0
Rata-Rata 30 Menit							240,0	201,7	0,8
Standar Deviasi							±6,7	±6,9	±0,3
3	40T10A100C1	10A	1:2	30	40	100	247,2	222,0	1,2
	40T10A100C2	10A	1:2	30	40	100	249,5	220,8	0,6
	40T10A100C3	10A	1:2	30	40	100	241,2	204,1	0,4
	40T10A100C4	10A	1:2	30	40	100	231,0	210,6	1,2
Rata-Rata 40 Menit							246,0	215,6	0,7
Standar Deviasi							±7,2	±7,4	±0,4

Tabel 2 Data Percobaan *Anodizing* Variasi Suhu Larutan Pewarna

NO	Kode Spesimen	Kuat Arus (Ampere)	Konsentrasi Larutan Elektrolit	Jumlah Pewarna (Gram)	Durasi <i>Anodizing</i> (Menit)	Suhu Larutan Pewarna (°C)	Rata-Rata RGB (100 Titik)		
							R	G	B
1	30T10A60C1	10A	1:2	30	30	60	240,4	211,6	0,5
	30T10A60C2	10A	1:2	30	30	60	231,0	217,9	1,5
	30T10A60C3	10A	1:2	30	30	60	247,2	220,9	0,8
	30T10A60C4	10A	1:2	30	30	60	222,4	199,8	1,5
Rata-Rata 60 C							235,2	212,6	1,1
Standar Deviasi							±9,4	±8,1	±0,4
2	30T10A80C1	10A	1:2	30	30	80	243,4	205,8	0,5
	30T10A80C2	10A	1:2	30	30	80	247,3	202,0	0,4
	30T10A80C3	10A	1:2	30	30	80	251,2	219,5	0,5
	30T10A80C4	10A	1:2	30	30	80	249,6	209,3	1,4
Rata-Rata 80 C							247,9	209,1	0,7
Standar Deviasi							±3,0	±6,5	±0,4
3	30T10A100C1	10A	1:2	30	30	100	237,6	210,3	0,7
	30T10A100C2	10A	1:2	30	30	100	242,5	206,1	1,1
	30T10A100C3	10A	1:2	30	30	100	244,6	197,8	0,4
	30T10A100C4	10A	1:2	30	30	100	227,2	192,7	1,0
Rata-Rata 100 C							240,0	201,7	0,8
Standar Deviasi							±6,7	±6,9	±0,3