

**PENGARUH LAMA WAKTU PEWARNAAN TERHADAP
LAJU KOROSI DAN KETAHANAN ASAM PADA
ALUMINIUM 5052 MELALUI PROSES ANODIZING
MENGUNAKAN PEWARNA ALAMI TEMULAWAK**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Chikita Hariani Putri
No. Mahasiswa : 20525137
NIRM : 2009070064

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGARUH LAMA WAKTU PEWARNAAN TERHADAP
LAJU KOROSI DAN KETAHANAN ASAM PADA
ALUMINIUM 5052 MELALUI PROSES ANODIZING
MENGUNAKAN PEWARNA ALAMI TEMULAWAK**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Chikita Hariani Putri
No. Mahasiswa : 20525137
NIRM : 2009070064

Yogyakarta, 22 Agustus 2025

Pembimbing I,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGARUH LAMA WAKTU PEWARNAAN TERHADAP LAJU KOROSI DAN KETAHANAN ASAM PADA ALUMINIUM 5052 MELALUI PROSES ANODIZING MENGUNAKAN PEWARNA ALAMI TEMULAWAK

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Chikita Hariani Putri
No. Mahasiswa : 20525137
NIRM : 2009070064

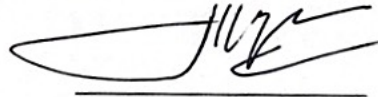
Tim Penguji

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



Tanggal : 05/09/2025

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng
Anggota I



Tanggal : 4 September 2025

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP
Anggota II



Tanggal : 2 September 2025

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tak lepas dari arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dan juga membantu. Pihak-pihak terkait diantaranya sebagai berikut:

1. Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP selaku dosen pembimbing dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
2. Kedua orangtua yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan.
3. Seluruh rekan dan juga dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk banyak orang.

HALAMAN MOTTO

“Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil, tapi berusahalah menjadi manusia yang berguna.”

(Albert Einstein)

“Kebanyakan orang merasa itu adalah jerih payah diri sendiri, tanpa campur tangan Tuhan. Mengingat Tuhan adalah sebagai ibadah vertikal dan menolong sesama sebagai ibadah horizontal.”

(Bob Sadino)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas rahmat dan karunia-Nya yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“PENGARUH LAMA WAKTU PEWARNAAN TERHADAP LAJU KOROSI DAN KETAHANAN ASAM PADA ALUMINIUM 5052 MELALUI PROSES ANODIZING MENGGUNAKAN PEWARNA ALAMI TEMULAWAK”** yang dibuat untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, tentu tak lepas dari pengarahan dan bimbingan berbagai pihak. Maka penulis mengucapkan rasa hormat dan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Bapak Ir. Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc. IPP selaku dosen pembimbing dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku ketua Program Studi Teknik Mesin.
3. Kedua orangtua yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan.
4. Seluruh rekan dan juga dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 20 Agustus 2025

Penulis,



Chikita Hariani Putri

ABSTRAK

Anodizing merupakan sebuah proses elektrokimia yang bertujuan untuk mempertebal lapisan oksida alami pada permukaan logam. Untuk menambah estetika, telah digunakan pewarna alami yang berasal dari tanaman temulawak. Pada penelitian ini, lama proses perendaman pewarnaan menggunakan pewarna alami temulawak divariasikan pada 10, 20, dan 30 menit dengan lama proses *anodizing* selama 30 menit pada arus 10A. Uji korosi pada spesimen dilakukan dengan merendam ke dalam air laut selama 28 hari dan uji ketahanan asam dilakukan dengan merendam ke dalam larutan asam sulfat konsentrasi 30% selama 10 menit. Hasilnya, spesimen dengan lama waktu perendaman pewarnaan 30 menit merupakan spesimen yang paling kuat terhadap asam dan korosi.

Katakunci: *Anodizing*, lama waktu pewarnaan, pewarna alami, temulawak, laju korosi, ketahanan asam

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar pengesahan dosen pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	2
Halaman Motto	3
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	4
Abstrak	5
Daftar Isi	6
Daftar Tabel	8
Daftar Gambar	9
Bab 1	10
1.1 Latar Belakang	10
1.2 Rumusan Masalah	11
1.3 Batasan Masalah	11
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	11
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	12
1.6 Sistematika Penulisan	12
Bab 2 Tinjauan Pustaka	13
2.1 Kajian Pustaka	13
2.2 Dasar Teori	14
2.2.1 Aluminium	14
2.2.2 Anoda dan Katoda	15
2.2.3 <i>Anodizing</i>	16
2.2.4 Deret Galvanis dan Deret Volta	17
2.2.5 Temulawak	18
2.2.6 Pengujian Korosi	19
2.2.7 Pengujian Asam	20
2.2.8 RGB	21
Bab 3 Metode Penelitian	22
3.1 Alur Penelitian	22

3.2	Peralatan dan Bahan.....	23
3.3	Desain Eksperimen	26
3.4	Persiapan.....	26
3.4.1	Proses <i>Cleaning</i>	26
3.4.2	Proses <i>Etching</i>	27
3.4.3	Proses <i>Anodizing</i>	28
3.4.4	Proses <i>Dyeing</i>	29
3.4.5	Proses <i>Sealing</i>	30
3.5	Pengambilan Gambar.....	31
3.6	Pengukuran Warna.....	32
3.7	Pengamatan Struktur Mikro.....	33
3.8	Pengujian Ketahanan Asam	33
3.9	Pengujian Laju Korosi	34
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	35
4.1	Pengaruh Lama Waktu Perendaman Warna terhadap Hasil <i>Anodizing</i> .35	
4.2	Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Warna Hasil <i>Anodizing</i>	37
4.3	Pengujian Ketahanan Asam	39
4.3.1	Pengaruh Variasi Lama Waktu Perendaman Warna terhadap Ketahanan Asam.....	39
4.4	Pengujian Korosi.....	41
4.5	Analisis Kegagalan	43
Bab 5	Penutup.....	44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	45
Daftar Pustaka		46

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Tingkat Ketahanan Korosi Berdasarkan Laju Korosi	19
Tabel 3-1 Alat dan bahan.....	23
Tabel 3- 2 Variasi Lama Waktu Perendaman Pewarnaan <i>Anodizing</i>	26
Tabel 4-1 Massa Hari ke-	41
Tabel 4-2 Hasil Laju Korosi	42
Tabel 4-3 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Aluminium 5052	15
Gambar 2-2 <i>Anodizing</i>	17
Gambar 2-3 Temulawak	18
Gambar 2-4 Larutan Asam	20
Gambar 2-5 RGB.....	21
Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian.....	22
Gambar 3-2 Proses <i>Cleaning</i>	27
Gambar 3-3 Proses <i>Etching</i>	27
Gambar 3-4 Proses <i>Anodizing</i>	28
Gambar 3-5 Proses <i>Dyeing</i>	29
Gambar 3-6 Proses <i>Sealing</i>	30
Gambar 3-7 Pengambilan Gambar	31
Gambar 3-8 Pengecekan Persebaran Warna.....	32

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pewarna sintetis telah banyak digunakan dalam berbagai industri. Industri tersebut antara lain tekstil, makanan, hingga kosmetik. Hal tersebut dikarenakan sifatnya yang stabil sehingga dapat menghasilkan warna yang cerah dan juga mudah diaplikasikan. Namun, penggunaan pewarna sintetis yang berlebihan dapat menimbulkan permasalahan dalam lingkungan yang serius. Limbah yang mengandung bahan pewarna sintetis seringkali dibuang langsung ke perairan tanpa melalui proses pengolahan yang memadai. Hal ini dapat mengakibatkan pencemaran air dan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem yang berdampak buruk terhadap kesehatan manusia (Pujilestari, 2015).

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya kelestarian lingkungan, berbagai upaya dilakukan untuk mencari alternatif pewarna yang lebih ramah lingkungan. Salah satu alternatif tersebut adalah dengan memanfaatkan pewarna alami yang berasal dari tumbuhan. Pewarna alami memiliki keunggulan yaitu mudah terurai di alam dan lebih aman bagi kesehatan. Salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai alternatif pewarna alami adalah temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza Roxb*). Temulawak memiliki kandungan senyawa kurkumin yang menghasilkan warna kuning alami (Cahyono, 2011).

Pewarna alami temulawak dapat digunakan sebagai pewarna pada proses *anodizing* untuk memberikan warna yang diinginkan pada permukaan aluminium. Namun, pengaruh lama waktu pewarnaan *anodizing* terhadap laju korosi dan ketahanan asam pada aluminium 5052 menggunakan pewarna alami temulawak belum banyak dipelajari. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama waktu pewarnaan *anodizing* terhadap laju korosi dan ketahanan asam pada aluminium 5052 menggunakan pewarna alami temulawak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka beberapa masalah dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh lama proses perendaman pewarnaan *anodizing* terhadap kualitas warna yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh lama waktu perendaman pewarna *anodizing* terhadap ketahanan korosi dan ketahanan asam?
3. Berapa lama waktu pewarnaan *anodizing* yang kuat terhadap ketahanan korosi dan ketahanan asam?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dihasilkan, maka diperoleh batasan masalah agar penelitian yang dilakukan tidak keluar dari lingkup pembahasan. Batasan masalah yang diperoleh sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah aluminium 5052.
2. Jenis larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah asam sulfat (H_2SO_4).
3. Pewarna alami yang digunakan adalah bubuk temulawak.
4. Tegangan yang digunakan *power supply* 12V dengan kuat arus 10A.
5. Uji korosi dilakukan menggunakan NaCl.
6. Uji ketahanan asam menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 30%.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh lama proses perendaman pewarnaan *anodizing* terhadap kualitas warna yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh lama proses perendaman pewarnaan *anodizing* terhadap ketahanan korosi dan ketahanan asam.
3. Mengetahui lama waktu perendaman pewarnaan *anodizing* yang kuat terhadap ketahanan uji korosi dan asam.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya khususnya pewarna alami temulawak yang dapat menjadi alternatif untuk pewarnaan *anodizing* pada aluminium untuk mengurangi penggunaan bahan kimia.
2. Penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi para pelaku industri untuk memanfaatkan bahan yang ramah lingkungan untuk pewarnaan pada material khususnya aluminium.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini berisikan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan. Berikut ringkasan mengenai isi masing-masing bab.

BAB 1: Pendahuluan

Bab ini membahas mengenai latar belakang, tujuan penelitian, batasan permasalahan yang dibahas, manfaat dari penulisan Tugas Akhir, serta sistematika dalam penulisan.

BAB 2: Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang dasar teori yang berkaitan dengan pengertian mengenai *anodizing*, proses dalam *anodizing*, penggunaan aluminium dalam kehidupan sehari-hari, dan penggunaan bahan yang ramah lingkungan yaitu pewarna alami temulawak.

BAB 3: Metode Penelitian

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Tujuan utama pada proses *anodizing* adalah untuk peningkatan kualitas aluminium terutama pada ketahanan terhadap korosi dan zat asam yang kerap menjadi faktor berpengaruh dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian mengenai *anodizing* telah banyak dilakukan, menurut Santhiarsa, (2010) meneliti tentang *anodizing* menggunakan elektrolit asam sulfat dengan komposisi 200 gr/liter dan menunjukkan hasil bahwa kecerahan semakin menurun dan ketebalan lapisan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan juga kuat arus. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Noerilman, (2012) meneliti mengenai pengaruh rapat arus dan waktu pewarnaan *anodizing* terhadap laju korosi aluminium menunjukkan bahwa rapat arus dan waktu perendaman warna *anodizing* yang optimal dapat mengendalikan laju korosi.

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo (2019) adalah melakukan *anodizing* terhadap *rear grip* dengan menggunakan pewarnaan daun hijau dengan variasi waktu pewarnaan yaitu 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Hasil yang didapat adalah struktur makro permukaan setelah pewarnaan dengan *anodizing* menunjukkan bahwa semakin lama proses pewarnaan akan semakin pekat dilihat dari hasil pewarnaan pada variasi di waktu 20 menit.

Beberapa penelitian terkait *anodizing* aluminium telah dilakukan, namun variasi terhadap lama waktu pewarnaan perendaman spesimen masih belum banyak diteliti lebih lanjut. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana pengaruh variasi lama waktu perendaman pewarnaan terhadap hasil akhir *anodizing*. Maka dari itu, penelitian ini akan dilakukan dengan variasi lama waktu perendaman pewarnaan yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan dengan warna keperakan, memiliki simbol kimia Al dan nomor atom 13 pada tabel periodik. Logam ini dikenal karena ketahanannya terhadap korosi, konduktivitas listrik yang tinggi, serta sejumlah sifat unggul lainnya. Kekuatan mekanis aluminium dapat ditingkatkan secara signifikan melalui penambahan unsur-unsur seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, dan In, baik secara tunggal maupun kombinasi. Penambahan unsur tersebut juga mampu memberikan keuntungan tambahan, seperti ketahanan korosi (Hendriarto, 2024).

Selain itu, aluminium memiliki kemampuan dibentuk menjadi berbagai produk melalui proses seperti pengecoran, penempaan, dan pencetakan. Karena sifatnya yang ringan dan serbaguna, aluminium banyak dimanfaatkan di berbagai sektor industri, antara lain transportasi (pesawat terbang, mobil, kapal), konstruksi (jendela, pintu), kemasan (kaleng, foil), serta bidang kelistrikan (kabel, komponen elektronik). Dalam industri otomotif dan penerbangan, bobotnya yang ringan membantu mengurangi massa total kendaraan atau pesawat, sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar. (Hendriarto, 2024).

Aluminium merupakan logam yang tidak mengandung besi (Fe) sebagai unsur utamanya sehingga memiliki sifat mekanis yang baik serta mudah dibentuk, sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri (Asri, 2024). Selain itu, aluminium dikenal sebagai logam ringan dengan ketahanan korosi yang tinggi, serta memiliki konduktivitas listrik dan termal yang baik, menjadikannya unggul untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan sekaligus efisiensi berat. Ketersediaannya yang mudah didapat juga membuat aluminium menjadi salah satu bahan baku yang populer dan ekonomis.

Salah satu paduan aluminium yang paling banyak digunakan dalam industri otomotif adalah Aluminium 5052. Paduan ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi, ketahanan yang sangat baik terhadap korosi, serta kemampuan bentuk (*formability*) yang baik, sehingga ideal untuk komponen yang

memerlukan keandalan tinggi dalam jangka panjang. Komposisi utamanya terdiri dari aluminium (Al) sebesar 97,5% dengan penambahan magnesium (Mg) sekitar 2,5%, yang berperan penting meningkatkan kekuatan sekaligus mempertahankan ketahanan korosinya (Ariyanto, 2024). Contoh aluminium 5052 dapat dilihat pada gambar2-1.



Gambar 2-1 Aluminium 5052

Sumber : <https://id.lksteelpipe.com/aluminium-alloy-5052>

2.2.2 Anoda dan Katoda

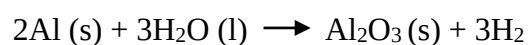
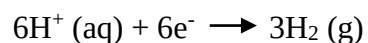
Anoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi, yaitu melepaskan elektron. Perannya bisa negatif pada baterai (sel galvanik) yang menghasilkan energi, dan positif pada sel elektrolisis yang menggunakan energi untuk reaksi. Elektron akan mengalir dari anoda melalui sirkuit eksternal untuk memberi energi pada perangkat. Anoda merupakan elektroda positif karena ia menerima anion (ion negatif) dari sumber listrik untuk bereaksi.

Katoda adalah elektroda tempat elektron memasuki suatu perangkat listrik, atau tempat terjadinya reaksi reduksi (atom atau ion menerima elektron). Perannya bisa positif pada sel baterai yang menarik elektron sedangkan dalam jenis sel elektrolisis perannya negatif. Katoda merupakan lokasi dimana reaksi reduksi berlangsung, yaitu proses dimana suatu spesies kimia memperoleh elektron. Katoda bertindak sebagai penerima elektron dari sirkuit eksternal, sehingga potensial listriknya cenderung lebih negatif. Katoda adalah terminal negatif yang menarik ion-ion positif untuk direduksi, seperti diendapkannya logam pada benda yang ingin dilapisi.

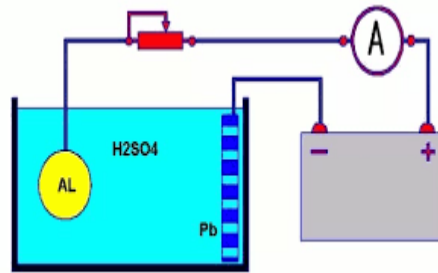
2.2.3 Anodizing

Anodizing adalah proses pembentukan lapisan oksida tipis pada permukaan aluminium melalui metode elektrolisis. Lapisan ini berfungsi melindungi aluminium dari percepatan korosi. Dalam proses ini, benda kerja berupa aluminium berperan sebagai anoda, sedangkan elektroda lainnya bertindak sebagai katoda (Mariam, 2020). Proses *anodizing* merupakan proses dimana pelarutan logam untuk menghasilkan lapisan oksida yang dilakukan dengan menggunakan berbagai cairan kimia dan larutan elektrolit. Berdasarkan hasil penelitian, warna dari proses *anodizing* memiliki ketahanan yang baik karena mampu meresap ke dalam pori-pori lapisan aluminium oksida. Selain itu, proses ini menunjukkan kemampuan pewarnaan yang setara pada permukaan aluminium oksida, baik pada kondisi permukaan baru maupun lama (Runge, 2014).

Anodizing merupakan proses yang dilakukan melalui metode elektrolisis. Dalam tahap ini, aluminium yang telah dipersiapkan dihubungkan ke kutub positif sumber daya listrik, sementara kutub negatifnya dihubungkan ke logam seperti timbal material sejenis. Kedua elektroda ini kemudian dicelupkan ke dalam larutan elektrolit. Proses *anodizing* bertujuan membentuk lapisan oksida pada permukaan logam, khususnya aluminium. Lapisan ini terbentuk melalui reaksi atau korosi terkontrol dengan memanfaatkan oksigen (O_2) dari larutan elektrolit yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4) sebagai media penghantar, sehingga menghasilkan terbentuknya lapisan oksida. Lapisan yang dihasilkan melalui proses *anodizing* membentuk oksida tipis yang mampu memberikan perlindungan optimal pada logam dasarnya. Berikut reaksi kimia pada proses *anodizing*.



Berikut adalah ilustrasi skema proses anodizing pada gambar 2-2.



Gambar 2-2 *Anodizing*

Sumber : <https://waykenrm.com/blogs/anodizing-aluminum/>

2.2.4 Deret Galvanis dan Deret Volta

Deret galvanis merupakan pengelompokan logam dan paduan berdasarkan aktivitas relatif dan perilaku korosinya dalam lingkungan tertentu. Logam yang lebih jauh didalam daftar akan lebih mudah terkorosi saat terhubung secara elektrik dengan logam lain dalam suatu elektrolit (seperti air laut). Deret ini berfungsi sebagai panduan untuk memprediksi korosi bimetalik atau korosi galvanik, yang terjadi ketika 2 logam berbeda bersentuhan dan mengalami reaksi elektrokimia, dimana logam yang kurang mulia (anoda) akan terkorosi sementara logam yang lebih mulia (katoda) dilindungi.

Deret volta adalah unsur-unsur logam berdasarkan kenaikan potensial elektroda standarnya. Dalam deret ini, logam-logam diurutkan dari yang paling reaktif (mudah teroksidasi dan bertindak sebagai reduktor kuat) disebelah kiri, ke yang kurang reaktif (mudah tereduksi dan bertindak sebagai oksidator kuat) disebelah kanan. Deret ini penting untuk memprediksi reaktivitas logam, kespontanan reaksi redoks, dan aplikasi seperti pencegahan korosi melalui perlindungan katodik. Urutan umum unsur dalam deret volta adalah Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Sn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

2.2.5 Temulawak

Temulawak (*Curcuma zanthorrhiza*) merupakan salah satu tanaman obat unggulan Indonesia yang telah banyak dimanfaatkan untuk kesehatan. Khasiat ini diperoleh dari kandungan senyawa zat kimia yang terdapat pada tumbuhan, terutama kurkuminoid, yang memiliki aktivitas antibakteri, antikanker, antitumor, dan antioksidan. Senyawa kurkuminoid yang memberikan warna kuning-oranye khas pada temulawak dan memiliki sifat kimia yang stabil pada kondisi tertentu.

Ekstrak temulawak telah terbukti efektif dalam menghambat korosi baja dalam lingkungan asam, seperti larutan HCl 1M. Selain itu, kurkumin juga efektif digunakan sebagai inhibitor korosi untuk peralatan memasak berbahan aluminium pada kondisi panas ($\sim 90^{\circ}\text{C}$), terbukti menurunkan laju pelarutan pada aluminium ke dalam makanan, sehingga dapat dianggap sebagai pigmen protektif sekaligus pewarna alami dalam konteks *anodizing* (Juhaiman, 2016). Tanaman temulawak dapat dilihat pada gambar 2-3.

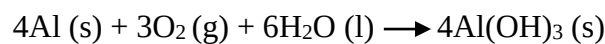
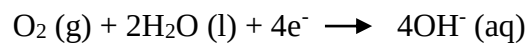


Gambar 2-3 Temulawak

Sumber : <https://www.rajekwesi.ac.id/2022/06/temulawak.html>

2.2.6 Pengujian Korosi

Korosi adalah proses kerusakan atau degradasi logam yang terjadi akibat pengaruh lingkungan sekitar, seperti udara, air, larutan asam, maupun garam. Proses ini umumnya disebabkan oleh reaksi antara logam dan oksigen dari udara pada temperatur tinggi. Besi atau baja, misalnya, akan mengalami karat ketika bersentuhan langsung dengan oksigen dan air. Laju korosi akan meningkat lebih cepat di dalam air, khususnya jika air tersebut memiliki tingkat keasaman tinggi, suhu yang meningkat, atau mengandung jenis bakteri tertentu. Terjadinya korosi akan disertai oleh reaksi oksidasi dan reaksi reduksi atau biasa disebut juga dengan reaksi redoks. Berikut merupakan reaksi kimia pada korosi.



Pada perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah Standar Internasional (mm/th) atau Standar British (mill/year) seperti dapat dilihat pada Tabel 2-1.

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/year</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 +	5000 +

Perhitungan Laju Korosi :

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

Keterangan :

CR : *Corrosion Rate* atau laju korosi (mm/year)

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

W : Berat logam yang hilang akibat terkikis korosi

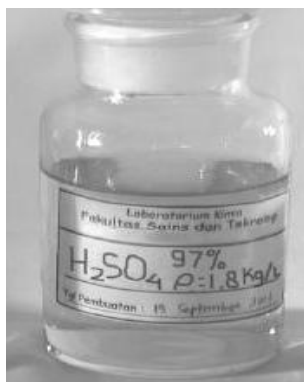
D : Massa jenis material (g/cm^3)

A : Luas permukaan yang terkorosi (cm^2)

T : Waktu perendaman/pengujian (jam)

2.2.7 Pengujian Asam

Asam merupakan sebuah larutan korosif yang dapat menyebabkan terjadinya pengikisan pada permukaan logam maupun non logam. Asam berperan signifikan dalam mempercepat proses korosi pada logam. Kondisi lingkungan yang bersifat asam memiliki pH rendah, sehingga mampu meningkatkan laju reaksi oksidasi pada permukaan logam. Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan sifat asam. Semakin rendah nilai pH, maka semakin kuat sifat asamnya. Larutan asam dapat dilihat pada gambar 2-4.

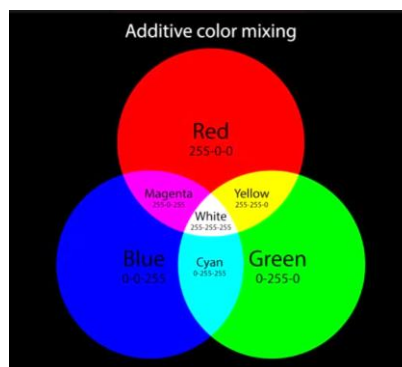


Gambar 2-4 Larutan Asam

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

2.2.8 RGB

RGB merupakan suatu model warna yang terdiri dari warna inti yaitu *Red* (merah), *Green* (hijau), dan *Blue* (biru). RGB banyak digunakan monitor komputer untuk sistem pewarnaan elektronik atau visual. Dalam penelitian, sistem RGB digunakan untuk menganalisis dan mengukur warna hasil pewarnaan *anodizing* secara kuantitatif. Setiap warna dalam sistem RGB direpresentasikan oleh kombinasi tiga warna yaitu merah, hijau, dan biru dengan skala 0 – 255. Hasil pengukuran tersebut, membantu mengevaluasi intensitas dan konsistensi warna pada permukaan produk setelah *anodizing*. Gambar 2-5 berikut merupakan model warna R (merah), G (hijau), B (biru).



Gambar 2-5 RGB

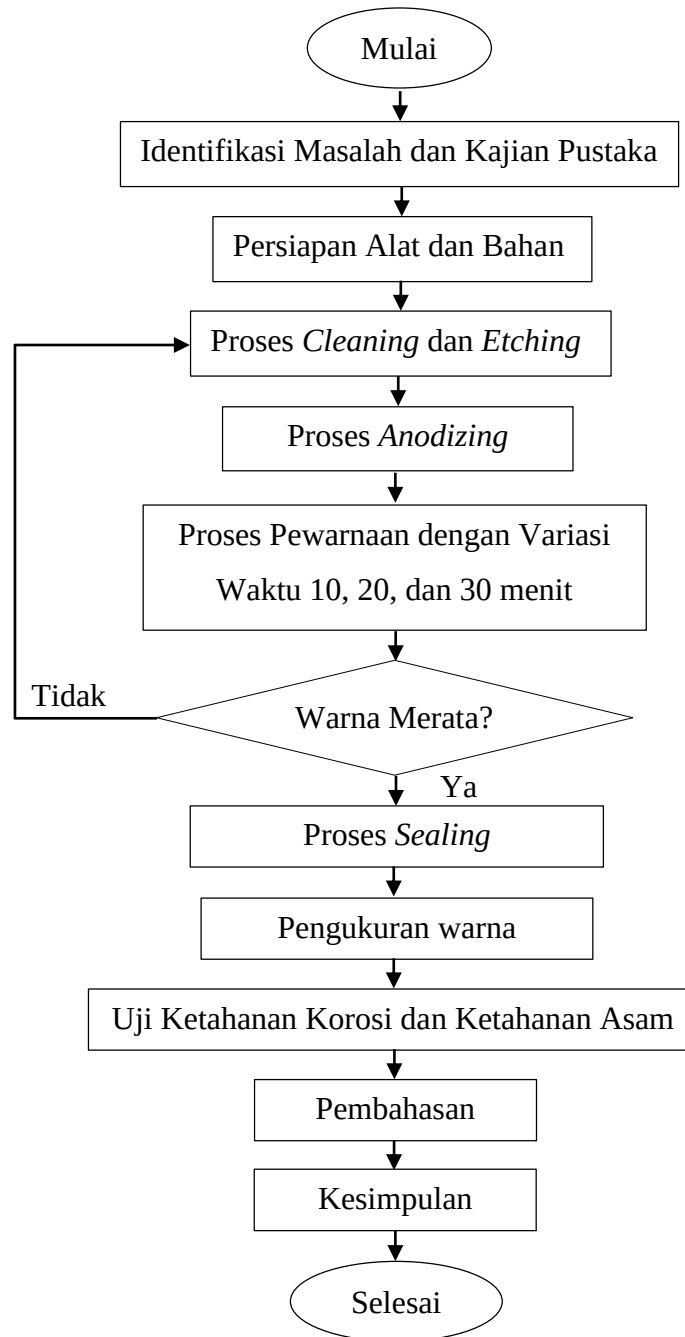
Sumber : <https://www-howtogeek-com.translate.goog/730577/what-does-rgb-mean-and-why-is-it-all-over-tech/? x tr sl=en& x tr tl=id& x tr hl=id& x tr pto=imgs>

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian pada gambar 3-1.

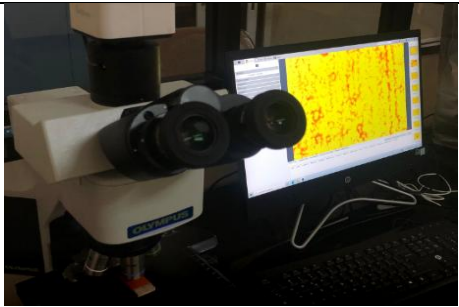


Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian

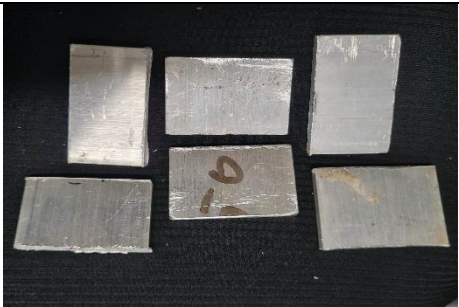
3.2 Peralatan dan Bahan

Terdapat alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses penelitian yang dilakukan. Berikut alat dan bahan yang terdapat pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Alat dan bahan

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1	Wadah	Wadah larutan proses <i>anodizing</i>	
	Timbangan Digital	Menimbang massa bahan yang dibutuhkan	
3	Kompor	Memanaskan air untuk larutan pewarna	
4	Mikroskop	Mengetahui struktur makro permukaan	

5	<i>Power Supply</i>	Sumber penyedia arus listrik	
6	Laptop	Mengoperasikan <i>CorelDraw</i>	
7	Panci	Sebagai tempat pewarnaan	
8	<i>Thinner</i>	Untuk membersihkan plat aluminium	
9	Soda Api (NaOH)	Untuk proses <i>etching</i>	

10	Aluminium 5052	Material yang digunakan	
11	Bubuk Temulawak	Sebagai bahan pewarna alami	
12	Air Aki Zuur (H_2SO_4)	Sebagai larutan elektrolit	

3.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3-2 berikut.

Tabel 3- 2 Variasi Lama Waktu Perendaman Pewarnaan *Anodizing*

No	Kode Spesimen	Waktu (Menit)	Kuat Arus (Ampere)	Larutan Elektrolit	Jumlah Pewarna (Gram)
1.	10M10A	10	10	3:1	30
2.	20M10A	20	10	3:1	30
3.	30A10A	30	10	3:1	30

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah lama waktu perendaman pada proses pewarnaan *anodizing*. Dalam tabel, variasi lama waktu perendaman pada proses pewarnaan *anodizing* adalah 10, 20, dan 30 menit. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama waktu perendaman pewarnaan *anodizing* terhadap laju korosi dan ketahanan asam.

3.4 Persiapan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dirancang untuk mengevaluasi efektivitas pewarna alami dalam proses anodisasi aluminium. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan proses *anodizing* aluminium 5052 dengan pewarna alami temulawak.

3.4.1 Proses *Cleaning*

Proses *cleaning* adalah proses membersihkan material dari kotoran dan minyak yang menempel pada permukaan aluminium. Tahapan proses *cleaning* adalah sebagai berikut:

1. Permukaan aluminium diusap menggunakan cairan *thinner* dengan kain.
2. Selanjutnya adalah benda/material dibilas untuk menghilangkan bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium dengan menggunakan air bersih atau aquades.

3. Setelah dibilas, maka aluminium dikeringkan dengan menggunakan kain bersih.

Proses *cleaning* dapat dilihat seperti gambar 3-2 berikut.



Gambar 3-2 Proses *Cleaning*

3.4.2 Proses *Etching*

Proses *etching* adalah proses mengikis permukaan aluminium menggunakan bahan kimia yang bertujuan untuk menghapus oksida, kotoran, dan kontaminan lain dari permukaan aluminium. Proses ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Larutan *etching* dicampurkan dengan soda api 20gr ke dalam wadah plastik dengan air aquades 200ml.
2. Spesimen aluminium direndam dalam larutan *etching* selama 2 menit.
3. Aluminium dibilas dengan air aquades.

Proses *etching* dapat dilihat seperti gambar 3-3 berikut.



Gambar 3-3 Proses *Etching*

3.4.3 Proses Anodizing

Proses *anodizing* adalah proses elektrokimia yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan asam dan korosi pada permukaan logam. Proses *anodizing* dilakukan dengan berbagai tahapan yang sistematis sebagai berikut:

1. Larutan asam sulfat 100gr dicampurkan dengan air 300gr kedalam wadah plastik.
2. *Power supply* dihubungkan ke stop kontak.
3. Spesimen yang akan di *anodizing* dicapit ke kutub positif pada *power supply* sebagai anoda, dan aluminium atau timbal dicapit ke kutub negatif sebagai katoda.
4. Spesimen dan aluminium dicelupkan ke larutan asam sulfat selama 30 menit.
5. Spesimen diangkat jika sudah 30 menit dan dibilas menggunakan air.
6. *Power supply* dimatikan.

Proses *anodizing* dapat dilihat seperti gambar 3-4 berikut.



Gambar 3-4 Proses *Anodizing*

3.4.4 Proses *Dyeing*

Proses *dyeing* merupakan proses pewarnaan spesimen setelah proses *anodizing*. Pada penelitian ini, pewarna yang digunakan adalah pewarna alami menggunakan bubuk temulawak. Berikut ini merupakan tahapan dalam proses *dyeing*:

1. Bubuk temulawak ditimbang sebanyak 30gr.
2. Air dimasukkan sebanyak 500ml.
3. Air dipanaskan dan diatur untuk berada pada suhu 90°C.
4. Bubuk temulawak diceplukan kedalam air yang telah dipanaskan.
5. Diaduk hingga merata.
6. Ketika suhu telah mencapai 90°C, spesimen dimasukkan dan diaduk selama 10, 20, dan 30 menit.

Proses *dyeing* dapat dilihat seperti gambar 3-5 berikut.



Gambar 3-5 Proses *Dyeing*

3.4.5 Proses *Sealing*

Proses *sealing* merupakan proses penyegelan. Proses ini bertujuan untuk menutup pori-pori pada lapisan oksida aluminium yang terbentuk setelah dilakukan proses *anodizing*. Adapun langkah-langkah proses *sealing* sebagai berikut:

1. Air disiapkan pada panci lalu dipanaskan sampai suhu 90°C.
2. Spesimen yang sudah selesai dilakukan proses pewarnaan dicelupkan kedalam air yang sudah dipanaskan selama 10 menit.
3. Jika sudah selesai, spesimen diangkat dan dikeringkan.

Proses *sealing* dapat dilihat seperti gambar 3-6 berikut.



Gambar 3-6 Proses *Sealing*

3.5 Pengambilan Gambar

Setelah melalui proses *sealing*, aluminium yang telah berhasil melewati proses pewarnaan diambil gambarnya untuk dilakukan analisis pada permukaannya. Tahapan pengambilan gambarnya adalah sebagai berikut:

1. *Mini photobox* dan *background* disiapkan untuk digunakan.
2. Lampu LED dihidupkan pada *mini photobox*.
3. Kamera diletakkan tegak lurus terhadap spesimen yang akan diambil gambarnya dengan jarak 10 cm dan mengunci titik fokus kamera.
4. Pengaturan pada kamera diatur pada ISO normal, *white balance* dinonaktifkan, otomatis kecerahan juga dinonaktifkan.
5. Spesimen diletakkan pada titik *background* yang telah ditentukan.
6. Gambar diambil dari setiap spesimen.

Proses pengambilan gambar dapat dilihat seperti gambar 3-7 berikut.

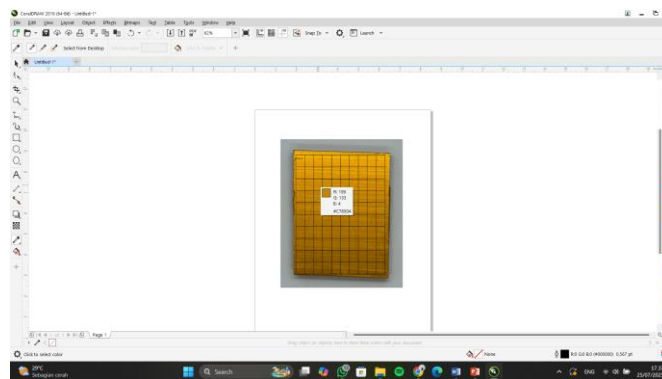


Gambar 3-7 Pengambilan Gambar

3.6 Pengukuran Warna

Pengukuran warna dilakukan dengan menggunakan aplikasi *CorelDraw* pada laptop dari gambar spesimen yang telah diambil sebelumnya. Adapun tahapan pengukuran warna adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi *CorelDraw* disiapkan.
2. Gambar spesimen dimasukkan kedalam *CorelDraw*.
3. Dibuat *grid* 10×10 pada gambar spesimen yang bewarna.
4. Nilai RGB dicari pada setiap kotak *grid* dengan menggunakan alat pipet warna pada setiap spesimen.
5. Hasil nilai RGB dicatat pada setiap kotak *grid* di aplikasi *Microsoft Excel* pada setiap spesimen.



Gambar 3-8 Pengecekan Persebaran Warna

3.7 Pengamatan Struktur Mikro

Proses selanjutnya adalah mengamati struktur mikro pada permukaan aluminium yang telah di *anodizing* menggunakan *Microscope Digital Camera*. Berikut merupakan tahapan dalam pengamatan struktur makro:

1. Spesimen yang akan diamati dibersihkan dan dibilas permukaan spesimen menggunakan air bersih.
2. Spesimen diletakkan dibawah lensa *microscope*.
3. Perbesaran lensa diatur ke perbesaran 50×.
4. Fokus pada lensa diatur untuk mendapatkan gambar struktur permukaan spesimen yang jelas dengan mengamati penampakannya pada monitor komputer yang terhubung dengan *microscope*.
5. Gambar struktur permukaan spesimen diambil setelah didapati gambar yang jelas pada monitor komputer.

3.8 Pengujian Ketahanan Asam

Pengujian ketahanan asam merupakan proses pengujian yang ditujukan untuk mengevaluasi reaksi sifat material. Proses ini melibatkan reaksi antara aluminium dan asam sulfat yang dapat mempengaruhi perubahan intensitas warna pada spesimen. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian asam:

1. Spesimen disiapkan untuk dilakukan pengujian.
2. Dibuat larutan asam menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi larutan 30%.
3. Setiap spesimen direndam pada larutan asam selama 10 menit.
4. Reaksi yang terjadi pada spesimen diamati.
5. Menganalisis hasil pengujian.

3.9 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi merupakan proses pengujian yang ditujukan untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu material aluminium dalam menahan kerusakan akibat korosi yang disebabkan oleh lingkungan yaitu air laut atau dalam proses elektrokimia. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pengujian korosi:

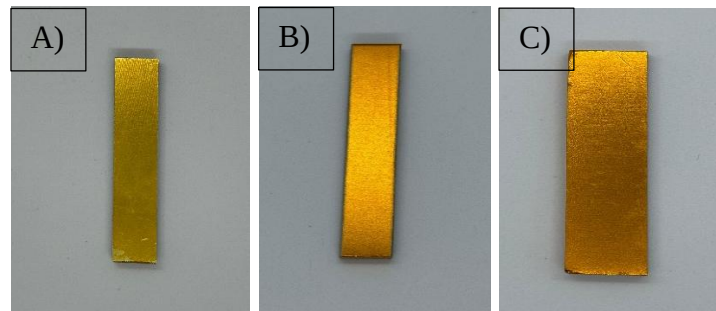
1. Spesimen disiapkan untuk dilakukan pengujian.
2. Spesimen direndam kedalam wadah berisikan air laut selama 28 hari.
3. Perubahan massa yang terjadi diukur dengan *interval* durasi yang telah ditentukan.
4. Menganalisis hasil pengujian.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Lama Waktu Perendaman Warna terhadap Hasil *Anodizing*

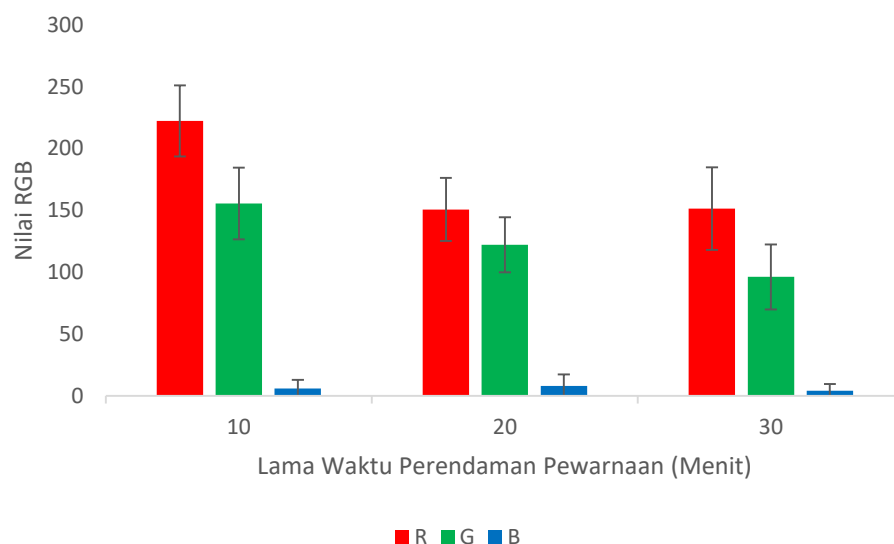
Hasil pewarnaan pada spesimen dengan variasi lama waktu perendaman pewarnaan 10,20, dan 30 menit dapat dilihat pada gambar 4-1 sebagai berikut:



Gambar 4-1 Hasil Variasi Waktu Perendaman

A) 10 Menit ; B) 20 Menit ; C) 30 Menit

Setelah melakukan proses *anodizing* hingga proses *sealing* dengan memvariasikan lama waktu *dyeing*, spesimen dilakukan pengujian intensitas atau kecerahan warna (RGB) menggunakan *software CorelDraw*, yang dimana akan didapatkan hasil dan intensitas atau kecerahan warna dari setiap variasi lama *anodizing* dan lama perendaman warna. Pengujian ini dilakukan pada 100 titik yang berbeda. Grafik penyebaran warna dengan variasi waktu perendaman dapat dilihat pada gambar 4-2 berikut.



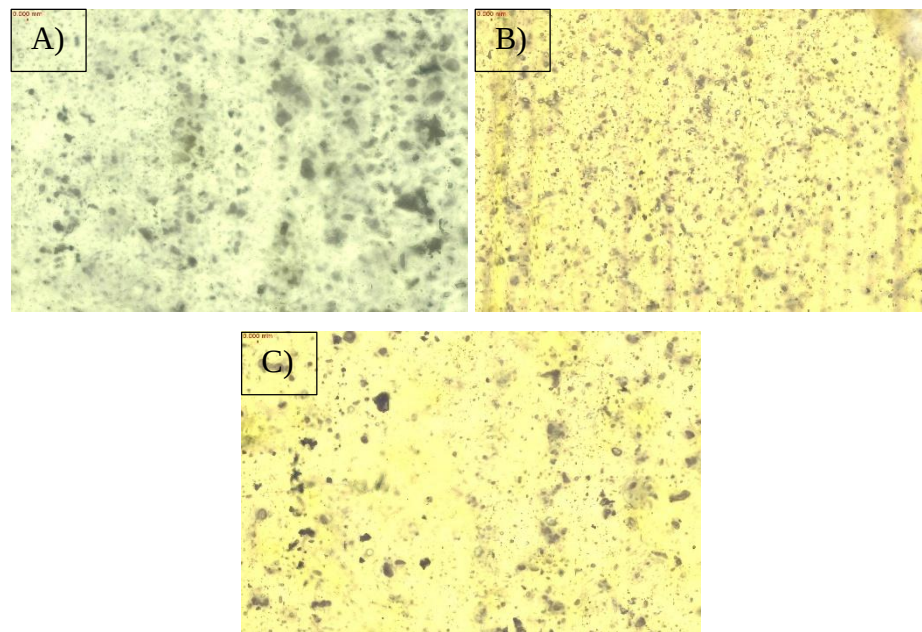
Gambar 4-2 Grafik Penyebaran Warna Variasi Waktu Perendaman

Hasil yang didapat dari pengecekan warna RGB menggunakan *software CorelDraw* pada waktu 10 menit adalah R 222,34, G 155,56, B 6,07. Pada waktu 20 menit adalah R 150,78, G 122,14, B 8,02. Pada waktu 30 menit adalah R 151,37, G 96,17, B 4,21. Berdasarkan grafik diatas, nilai grafik tersebut dapat menjadi acuan untuk menentukan lama variasi waktu perendaman dengan melihat nilai *error bar* yang paling pendek. Untuk menentukan nilai *error bar* perlu menghitung standar deviasi terlebih dahulu menggunakan *Microsoft excel*. Semakin kecil *error bar* nya, maka semakin baik penyebaran warnanya.

Dengan lama variasi waktu perendaman, dapat dilihat bahwa mempengaruhi kepekatan terhadap warna yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan ketebalan lapisan oksida yang terbentuk, sehingga semakin tebal lapisan oksidanya maka warna yang terserap ke dalamnya semakin banyak seperti pada gambar 4-2. Intensitas RGB dari aluminium dengan variasi lama waktu perendaman 30 menit lebih rendah dari 20 menit dan 10 menit.

4.2 Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Warna Hasil *Anodizing*

Struktur makro yang diamati pada permukaan aluminium sebelum dilakukan pengujian dapat menunjukkan sejauh mana proses *anodizing* berhasil dalam membentuk lapisan oksida pelindung. Melalui pengamatan ini, pola pori-pori yang terbentuk pada lapisan oksida dapat diperiksa seperti pada gambar 4-3 berikut:



Gambar 4-3 Struktur Mikro Ketebalan Warna Sebelum Pengujian

A) 10 Menit ; B) 20 Menit ; C) 30 menit

Berdasarkan gambar 4-3 pola pori-pori yang terbentuk selama proses pewarnaan *anodizing* terlihat jelas pada pembesaran ini. Pori-pori tersebut dihasilkan dari lapisan oksida aluminium. Distribusi pewarna alami temulawak tampak merata kedalam pori-pori lapisan *anodize* yang ditunjukkan oleh warna kuning yang mendominasi pada gambar. Hal ini menjelaskan bahwa pewarna berhasil menyerap dengan baik kedalam struktur pori-pori aluminium, dan pada perbesaran ini intensitas serta variasi warna kuning terlihat dengan jelas, menunjukkan tingkat penyerapan pewarna yang cukup optimal.

Pada gambar 4-3 A) merupakan waktu pewarnaan 10 menit. Permukaan ini terlihat paling pucat dibandingkan dengan B) dan C). Partikel yang terdistribusi masih cukup menyebar dan ukuran pori-pori terlihat lebih besar dan

acak. Hal tersebut menandakan bahwa lapisan *anodizing* masih tipis dan penyerapan pewarna belum optimal. Struktur mikro tampak longgar dan beberapa bagian masih menunjukkan ketidakteraturan atau belum tertutup sempurna oleh lapisan oksida.

Pada gambar 4-3 B) warna latar sudah berubah menjadi kuning muda terang yang menandakan peningkatan intensitas warna karena penyerapan zat pewarna lebih banyak. Distribusi titik-titik gelap terlihat lebih rapat dan halus. Hal tersebut menunjukkan pori-pori yang mulai terisi pewarna secara lebih merata.

Pada gambar 4-3 C) warna dasar kuning yang lebih pekat dibandingkan A) dan B). Hal ini menunjukkan intensitas pewarnaan paling tinggi. Titik-titik gelap lebih banyak dan lebih terdistribusi secara merata. Struktur mikro terlihat lebih padat dan homogen, namun terdapat potensi pengendapan jika waktu yang terlalu lama.

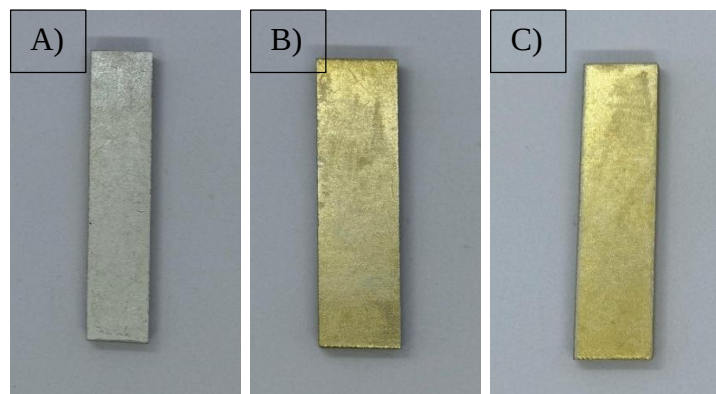
Berdasarkan ketiga gambar 4-3, semakin lama waktu pewarnaan struktur mikro terlihat semakin rapat dan berwarna pekat. Hal ini menunjukkan peningkatan penyerapan pewarna kedalam pori-pori aluminium. Struktur mikro menjadi lebih homogen dan padat sejalan dengan data RGB di grafik. Namun, semakin lama waktu dalam proses pewarnaan dapat mempengaruhi kekuatan mekanik akibat dari pengendapan pewarna.

4.3 Pengujian Ketahanan Asam

Pengujian ketahanan asam dilakukan untuk mengetahui intensitas warna hasil *anodizing* dengan variasi lama waktu perendaman pewarna. Parameter yang digunakan pada pengujian ini adalah konsentrasi 30%. Spesimen dicelupkan kedalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) selama 10 menit.

4.3.1 Pengaruh Variasi Lama Waktu Perendaman Warna terhadap Ketahanan Asam

Berikut merupakan gambar 4-4 hasil dari pengujian asam.

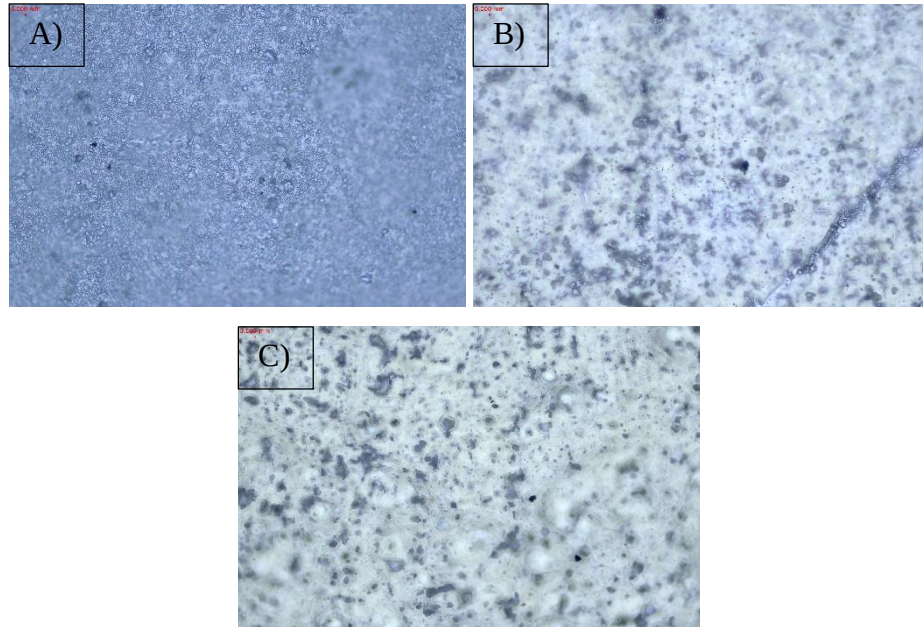


Gambar 4-4 Aluminium Hasil Pengujian Asam

A) 10 Menit ; B) 20 Menit ; C) 30 Menit

Berdasarkan gambar 4-4, terlihat bahwa semakin lama proses perendaman proses pewarnaan maka warna setelah pengujian asam lebih menempel walaupun hasilnya tetap memudar. Hal tersebut dikarenakan oleh temulawak sebagai bahan alami kurang stabil dalam larutan H_2SO_4 . Selain itu juga asam sulfat menyebabkan degradasi kimia zat warna dan pelarutan dari pori-pori *anodizing*, serta mengubah permukaan *anodizing* itu sendiri. Reaksi kimia antara zat pewarna dengan larutan asam menyebabkan zat warna terurai atau larut sehingga warna pada spesimen memudar.

Setelah dilakukan pengujian asam dan pengambilan gambar, dilakukan pengecekan struktur mikro setelah dilakukan pengujian asam. Berikut merupakan gambar 4-5 hasil struktur mikro sesudah dilakukan pengujian asam.



Gambar 4-5 Struktur Mikro Sesudah Pengujian Asam

A) 10 Menit ; B) 20 Menit ; C) 30 Menit

Lapisan *anodizing* berbasis aluminium rentan terhadap larutan asam kuat seperti HCl atau H₂SO₄. Setelah pengujian asam, terjadi pelarutan sebagian dari lapisan ini, terutama pada area pori-pori. Berdasarkan gambar 4-5, struktur mikro menjadi lebih berdekatan atau menyatu dibandingkan gambar 4-3. Hal ini disebabkan oleh material antar pori-pori larut yang menyisakan kerangka yang terlihat lebih padat. Larutan asam juga memicu *pitting corrosion* atau korosi lubang lokal dimana hasilnya adalah deformasi mikrostruktur dan penggabungan pori akibat lapisan pelindung tidak lagi seragam.

Setelah pengujian asam, struktur mikro tampak lebih berdekatan karena lapisan oksida *anodizing* mengalami pelarutan selektif, penipisan, dan deformasi mikrostruktur. Hal ini menyebabkan pori-pori membesar, menyatu, dan batas butir menjadi kabur.

4.4 Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui ketahanan spesimen yang telah dilakukan proses *anodizing* dengan variasi waktu perendaman pewarnaan terhadap air laut. Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam spesimen ke dalam air laut selama 28 hari. Berikut merupakan data hasil dari pengujian korosi.

Tabel 4-1 Massa Hari ke-

No	Kode Spesimen	Massa Awal (gram)	Massa Setelah 7 Hari (gram)	Massa Setelah 14 Hari (gram)	Massa Setelah 21 Hari (gram)	Massa Setelah 28 Hari (gram)
1.	10M10A	8,048	8,045	8,038	8,036	8,033
2.	20M10A	6,508	6,505	6,503	6,500	6,497
3.	30M10A	8,021	8,119	8,117	8,113	8,111

Berdasarkan hasil penimbangan setiap 7 hari pada aluminium 5052 yang telah dilakukan proses *anodizing* dengan dimensi 5 cm x 1 cm x 1 cm, maka dilakukan perhitungan laju korosi dengan menggunakan persamaan 4.1

$$CR = \frac{K \times W}{D \times A \times T} \quad (4.1)$$

CR menunjukkan *corrosion rate* atau laju korosi, K menunjukkan konstanta, W menunjukkan berat logam yang hilang akibat terkikis korosi, D menunjukkan massa jenis material, A menunjukkan luas permukaan yang terkorosi, dan T menunjukkan waktu perendaman/pengujian.

Berikut contoh perhitungan laju korosi dengan sampel spesimen aluminium 5052 dengan kode spesimen 20M10A pada hari ke-7.

Diketahui:

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

$$W = 6,503 - 6,500 = 0,003 \text{ gr}$$

$$D = 2,7 \text{ g/cm}^3$$

$$A = 2((p \times l) + (p \times t) + (l \times t)) = 2((5 \times 1) + (5 \times 1) + (1 \times 1)) = 22 \text{ cm}^2$$

$$T = 24 \text{ jam} \times 7 \text{ hari} = 168 \text{ jam}$$

$$CR = \frac{(8,76 \times 10^4) \times 0,003}{2,7 \times 22 \times 168} \approx 0,026 \text{ mm/tahun}$$

Tabel 4-2 Hasil Laju Korosi

Kode Spesimen	Massa Hari ke-7 (mm/tahun)	Massa Hari ke-14 (mm/tahun)	Massa Hari Ke-21 (mm/tahun)	Massa Hari Ke-28 (mm/tahun)	Rata-Rata Laju Korosi
10M10A	0,026	0,061	0,017	0,026	0,032
20M10A	0,026	0,017	0,026	0,026	0,095
30M10A	0,017	0,017	0,035	0,017	0,021

Tabel 4-3 Hasil Tingkat Ketahanan Korosi

Kode Spesimen	<i>Relative Corrosion Rate</i>					
	<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+
10M10A		0,032				
20M10A		0,095				
30M10A		0,021				

Berdasarkan tabel 4-2 terjadi penurunan massa pada spesimen yang disebabkan oleh air laut yang mengandung ion Cl^- sehingga bersifat korosif atau abrasif terhadap material logam berjenis aluminium.

4.5 Analisis Kegagalan

Pada gambar 4-6 menunjukkan beberapa kegagalan dalam melakukan proses *anodizing*. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal. Spesimen yang kurang bersih pada saat proses *cleaning* ataupun *etching* dapat menghambat proses *anodizing* sehingga hasil akhir pewarnaan tidak dapat maksimal. Selain itu pada proses *anodizing*, perlu diperhatikan pada peletakan spesimen di anoda dan plat aluminium di katoda. Apabila terbalik, maka pewarna tidak dapat menempel di spesimen aluminium. Seringkali juga kuat arus yang keluar dari *power supply* tidak sesuai dengan *volt* atau *ampere* yang seharusnya.



Gambar 4-6 Kegagalan Proses *Anodizing*

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan hasil pengamatan visual dan analisis struktur mikro, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu perendaman pewarnaan maka warna yang dihasilkan semakin pekat. Hal ini ditandai dengan nilai RGB yang menunjukkan warna kuning semakin pekat dan struktur mikro yang lebih homogen dan rapat akibat dari pori-pori lapisan *anodizing* yang lebih banyak terisi pewarna.
2. Variasi waktu perendaman pewarnaan 10, 20, dan 30 menit memberikan perbedaan yang signifikan terhadap kualitas material. Sampel yang direndam selama 10 menit menunjukkan ketahanan paling rendah terhadap larutan H_2SO_4 yang ditandai dengan pemudaran warna yang lebih jelas serta nilai laju korosi yang lebih tinggi. Hal ini menandakan bahwa lapisan *anodizing* yang terbentuk belum sepenuhnya optimal dalam melindungi permukaan logam.
3. Semakin lama waktu pewarnaan, semakin baik lapisan *anodizing* dalam mengisi pori-pori permukaan dan membentuk lapisan pelindung yang efektif, baik secara visual maupun secara kimia. Oleh karena itu semakin lama proses perendaman pewarnaan dapat meningkatkan ketahanan material aluminium terhadap lingkungan asam dan memperlambat laju korosi. Dalam penelitian ini pewarnaan yang paling optimal adalah 30 menit.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, beberapa saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pelajari lebih dalam mengenai kegagalan apa saja yang sering terjadi pada saat proses *anodizing* agar tidak banyak menghambat waktu pada saat proses penelitian.
2. Cek secara berkala penggunaan *power supply* agar kuat arus yang keluar sesuai dengan arus yang diharapkan.
3. Pada tahap *cleaning* sebaiknya tetap menggunakan sarung tangan untuk mengantisipasi lemak tubuh yang menempel pada spesimen aluminium 5052.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto. (2024). Analisa Pengaruh Arus Listrik Pengelasan GMAW Aluminium 5052. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 3(1), 38–43.
- Cahyono, B. (2011). Pengaruh Proses Pengeringan Rimpang Temulawak terhadap Kandungan dan Komposisi Kurkuminoid. 13(3), 165–171.
- Dilomo Asri. (2024). Analisis Pengaruh Variasi Heat Treatment Material Aluminium Alloy 6063 terhadap Laju Korosi. 4, 8–19.
- Hendriarto. (2024). Pengaruh Kuat Arus Listrik terhadap Kualitas Warna pada Proses Anodizing Menggunakan Pewarna Alami Temulawak pada Aluminium 6061. *Doctoral Dissertation, Universitas Islam Indonesia*.
- Juhaiman. (2016). Curcumin Extract as a Green Inhibitor of Leaching from Aluminum Cookware at Quasi-cooking Conditions. *Green and Sustainable Chemistry*, 6(2), 57–70.
- Mariam. (2020). Pengaruh Variasi Rapat Arus Hard Anodizing terhadap Laju Korosi pada Aluminium 6061. *J. Mesin Sains Terap*, 4(2), 99. <https://doi.org/10.30811/jmst.v4i2>
- Mochammad Noerilman. (2012). Pengaruh Rapat Arus dan Waktu Anodizing terhadap Laju Korosi pada Aluminium Paduan 2024-T3 di Lingkungan Air Laut. *Jurnal Foundry*, 2(2).
- Prasetyo Franky. (2019). Pengaruh Variasi Waktu Pewarnaan Pandan Hijau Terhadap Struktur Makro Anodizing Rear Grip. *Jurnal Mer-C*, 2(1).
- Pujilestari, T. (2015). Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri.

Runge. (2014). Anodizing for Design and Function. *Journal of Materials Science & Nanotechnology*.

Santhiarsa, N. (2010). Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif pada Aluminium terhadap Kecerahan dan Ketebalan Lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 4(1), 75–82.