

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LISTRIK, LAMA WAKTU
ANODIZE, LAMA WAKTU PEWARNAAN, DAN PERBANDINGAN
LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP KUALITAS WARNA PADA
PROSES ANODIZING MENGGUNAKAN PEWARNA SINTETIS**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

Nama : ADE RICHARD ARRAHMAN
No. Mahasiswa : 20525135
NIRM : 2009060003

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LISTRIK, LAMA WAKTU
ANODIZE, LAMA WAKTU PEWARNAAN, DAN PERBANDINGAN
LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP KUALITAS WARNA PADA
PROSES ANODIZING MENGGUNAKAN PEWARNA SINTETIS**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

**Nama : Ade Richard Arrahman
No. Mahasiswa : 20525135
NIRM : 2009060003**

Yogyakarta, 14 Februari 2025

Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LISTRIK, LAMA WAKTU
ANODIZE, LAMA WAKTU PEWARNAAN, DAN PERBANDINGAN
LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP KUALITAS WARNA PADA
PROSES ANODIZING MENGGUNAKAN PEWARNA SINTETIS

TUGAS AKHIR

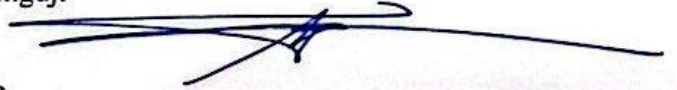
Disusun Oleh:

Nama : Ade Richard Arrahman

No. Mahasiswa : 20525135

NIRM : 2009060003

Tim Penguji



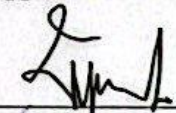
Ir. Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc. IPP

Ketua

Tanggal : 26/02/2025

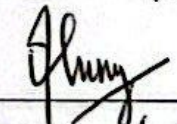
Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.

Anggota I


Tanggal : 25/2/25

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

Anggota II


Tanggal : 26/2/25

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

MAMA dan PAPA tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang tanpa henti. Terima kasih atas segala pengorbanan dan semangat yang telah kalian berikan, sehingga saya dapat mencapai titik ini.

KAKAK dan ADIK yang selalu memberikan dorongan dan motivasi
DOSEN PEMBIMBING yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih atas kesabaran dan ilmu yang telah diberikan, yang sangat berharga dalam perjalanan akademik saya.

TEMAN-TEMAN yang selalu memberikan dukungan moral, semangat, dan kebersamaan dalam setiap langkah perjalanan ini. Tanpa kalian, proses ini tentu tidak akan bermakna ini.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi bagian dari kontribusi positif bagi masyarakat dan dunia pendidikan.

HALAMAN MOTTO

“Maka Nikmat Tuhan Manakah Yang Engkau Dustakan?”

(Q.S Ar-Rahman: 13)

“Always Believe That Something Wonderful Is About To Happen”

“Don’t Ever Break Someone’s Trust. Once You Do, Then Nobody Wants To Do
Business With You”

(Robert Budi Hartono)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, dengan rasa syukur yang tak terhingga dan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik, Lama Waktu Anodize, Lama Waktu Pewarnaan, Dan Perbandingan Larutan Elektrolit Terhadap Kualitas Warna Pada Proses Anodizing Menggunakan Pewarna Sintetis” ini dapat selesai tepat dengan waktunya.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, Sang Maha Pengasih dan Penyayang. Engkaulah tempat aku memohon petunjuk-Mu.
2. Nabi Muhammad SAW, atas segala perjuangan dan amanahnya.
3. Bapak Ir. Faisal Arif Nurgasang, S.T., M.Sc. IPP, selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikirannya dalam membimbing penulis hingga tersusunnya laporan ini.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku ketua Program Studi Teknik Mesin.
5. Mama, Papa, Kakak, dan Adik yang selalu memberikan doa, dukungan moral dan material, serta dorongan semangat kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2020, yang telah memberikan kebersamaan yang penuh kenangan, dukungan semangat, dan kerja sama dalam menyelesaikan studi bersama-sama.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dan memberikan kontribusi dalam penyelesaian laporan ini.

8. Mahasiswa Baru Profesi Arsitektur 2025 Universitas Islam Indonesia spesial di nomor spesial ini yang telah memberikan segala macam *support* dari awal proses pengerjaan Tugas Akhir hingga selesai

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun.

Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan menjadi sumbangan yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

ABSTRAK

Anodizing saat ini menjadi pilihan untuk pewarnaan pada material logam. Terdapat dua jenis pewarna yang dapat digunakan yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. Keunggulan pewarna sintetis adalah memiliki variasi warna yang lebih banyak dibanding pewarna alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik, waktu proses *anodizing*, lama waktu pewarnaan, dan perbandingan elektrolit terhadap kualitas warna pada hasil aluminium *anodizing* menggunakan pewarna sintetis. Hasil proses *anodizing* pada setiap variasi diuji persebaran warnanya dengan menggunakan *software CorelDraw* pada material aluminium 6061. Parameter proses divariasikan pada kuat arus 2, 6, dan 10 Ampere. Lama waktu *anodizing* divariasikan pada 20, 30, dan 40 menit. Lama waktu pewarnaan divariasikan pada 10, 20, dan 30 menit. Perbandingan larutan elektrolit divariasikan pada 1:1, 1:2, dan 1:3. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data bahwa untuk mendapatkan hasil pewarnaan yang merata dan tahan terhadap zat asam dapat dibuat dengan parameter proses kuat arus 6 A, lama waktu *anodizing* 30 menit, lama waktu pewarnaan 20 menit, dan perbandingan larutan elektrolit 1:2.

Kata kunci: *Anodizing*, pewarna sintetis, aluminium 6061

ABSTRACT

Anodizing has become a popular choice for coloring metal materials. There are two types of dyes that can be used: natural dyes and synthetic dyes. The advantage of synthetic dyes is that they offer a wider variety of colors compared to natural dyes. This study aims to determine the effect of electric current strength, anodizing process time, dyeing duration, and electrolyte ratio on the color quality of aluminium anodizing using synthetic dyes. The anodizing process results of each variation were tested for color distribution using CorelDraw software on 6061 aluminium material. The process parameters varied with current strengths of 2, 6, and 10 Amperes. The anodizing time varied at 20, 30, and 40 minutes. The dyeing duration varied at 10, 20, and 30 minutes. The electrolyte solution ratio was varied at 1:1, 1:2, and 1:3. Based on the results of the study, data showed that to achieve uniform coloring and resistance to acidic substances, the process parameters should be set to a current strength of 6 A, anodizing time of 30 minutes, dyeing time of 20 minutes, and an electrolyte solution ratio of 1:2.

Keywords: Anodizing, synthetic dye, 6061 aluminium

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	viii
Abstract.....	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi.....	xviii
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.....	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 <i>Anodize</i>	6
2.2.2 Larutan Elektrolit.....	7
2.2.3 Kuat Arus Listrik.....	8
2.2.4 Aluminium.....	8
2.2.5 Bahan Pewarna	9
2.2.6 RGB.....	10
2.2.7 Lapisan Oksida	11
2.2.8 Proses Pembentukan Lapisan Oksida	12

2.2.9	Karakteristik dan Fungsi Lapisan Oksida.....	12
2.3	Struktur Makro	13
2.3.1	Karakteristik Struktur Makro	13
2.3.2	Metode Pengamatan Struktur Makro.....	14
2.4	Larutan Asam	14
Bab 3	Metode Penelitian.....	16
3.1	Alur Penelitian.....	16
3.2	Alat dan Bahan	17
3.3	Kriteria Produk	21
3.4	Persiapan dan Pembuatan Spesimen Uji	21
3.4.1	Pemotongan Aluminium.....	22
3.4.2	Perancangan Perangkat Keras	22
3.4.3	Proses <i>Cleaning</i>	23
3.4.4	Proses <i>Etching</i>	23
3.5	Proses <i>Anodizing</i>	24
3.6	Proses Pewarnaan	25
3.7	Proses Sealing.....	26
3.8	Pengambilan Gambar	27
3.9	Pengukuran Warna	28
3.10	Pengamatan Struktur Makro.....	28
3.11	Desain Eksperimen	29
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	31
4.1	Pengaruh Kuat Arus Terhadap Hasil <i>Anodize</i>	31
4.2	Pengaruh Lama Waktu <i>Anodize</i> Terhadap Hasil <i>Anodize</i>	32
4.3	Pengaruh Lama Waktu Pewarnaan Terhadap Hasil <i>Anodize</i>	34
4.4	Pengaruh Perbandingan Larutan Elektrolit Terhadap Hasil <i>Anodize</i> ...	35
4.5	Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Warna Hasil <i>Anodize</i>	37
4.6	Pengujian Ketahanan Asam.....	40
4.6.1	Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Ketahanan Asam	41
4.6.2	Pengaruh Variasi Lama Waktu <i>Anodize</i> Terhadap Ketahanan Asam	

4.6.3	Pengaruh Variasi Lama Waktu Pewarnaan Terhadap Ketahanan Asam	45
4.6.4	Pengaruh Variasi Lama Waktu Pewarnaan Terhadap Ketahanan Asam	47
4.7	Analisis Kegagalan	48
Bab 5	Penutup.....	50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	50
Daftar Pustaka		51
lampiran		53

DAFTAR TABEL

Tabel 3- 1 Alat Percobaan	17
Tabel 3- 2 Bahan Percobaan	19
Tabel 3- 3 Tabel Desain Ekperimen	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Proses <i>Aluminium Anodizing</i>	7
Gambar 2- 2 Larutan Elektrolit	8
Gambar 2- 3 Aluminium	9
Gambar 2- 4 Bahan Pewarna A) Alami dan B) Sintetis	10
Gambar 2- 5 Model Warna RGB.....	11
Gambar 2- 6 Lapisan Oksida Pada Aluminium.....	12
Gambar 2- 7 Struktur Makro Material.....	13
Gambar 3- 1 Alur Penelitian.....	16
Gambar 3- 2 Pemotongan Aluminium.....	22
Gambar 3- 3 Perakitan <i>Power Supply Switching</i>	22
Gambar 3- 4 Proses <i>Cleaning</i>	23
Gambar 3- 5 Proses <i>Etching</i>	24
Gambar 3- 6 Diagram Alur Proses <i>Anodizing</i>	24
Gambar 3- 7 Proses <i>Anodizing</i>	25
Gambar 3- 8 Proses Pewarnaan	26
Gambar 3- 9 Proses <i>Sealing</i>	26
Gambar 3- 10 Pengambilan Gambar Spesimen.....	27
Gambar 3- 11 Pengecekan Persebaran Warna.....	28
Gambar 3- 12 Pengamatan Struktur Makro.....	29
Gambar 4- 1 Hasil Percobaan Variasi Kuat Arus.....	31
Gambar 4- 2 Hasil Pengukuran Warna Variasi Kuat Arus.....	32
Gambar 4- 3 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Anodize	33
Gambar 4- 4 Hasil Pengukuran Warna Variasi Lama Waktu <i>Anodize</i>	33
Gambar 4- 5 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan	34
Gambar 4- 6 Hasil Pengukuran Warna Variasi Lama Waktu Pewarnaan	35
Gambar 4- 7 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit.....	36
Gambar 4- 8 Hasil Pengukuran Warna Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit	36
Gambar 4- 9 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Kuat Arus.....	37

Gambar 4- 10 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize Variasi Lama Waktu <i>Anodize</i>	38
Gambar 4- 11 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize Variasi Lama Waktu Pewarnaan.....	38
Gambar 4- 12 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1	38
Gambar 4- 13 Hasil Pengukuran Ketebalan Warna Pengamatan Struktur Makro.....	39
Gambar 4- 14 Pembelahan Spesimen.....	40
Gambar 4- 15 Pengujian Ketahanan Asam.....	41
Gambar 4- 16 Hasil Percobaan Variasi Kuat Arus Terhadap Ketahanan Asam ..	41
Gambar 4- 17 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Kuat Arus	42
Gambar 4- 18 Hasil Percobaan Waktu Anodize Terhadap Ketahanan Asam	43
Gambar 4- 19 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Lama Waktu <i>Anodize</i>	44
Gambar 4- 20 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan Terhadap Ketahanan Asam ..	45
Gambar 4- 21 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Lama Waktu Pewarnaan	46
Gambar 4- 22 Hasil Percobaan Perbandingan Larutan Elektrolit Terhadap Ketahanan Asam.....	47
Gambar 4- 23 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit	48
Gambar 4- 24 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:3.....	49
Gambar 4- 25 Hasil Percobaan Kuat Arus 2 Ampere	53
Gambar 4- 26 Hasil Percobaan Kuat Arus 6 Ampere	53
Gambar 4- 27 Hasil Percobaan Variasi Kuat Arus 10 Ampere.....	54
Gambar 4- 28 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Anodize 20 Menit	54
Gambar 4- 29 Hasil Percobaan Lama Waktu Anodize 30 Menit	54
Gambar 4- 30 Hasil Percobaan Lama Waktu Anodize 40 Menit	55
Gambar 4- 31 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan 10 Menit	55
Gambar 4- 32 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan 20 Menit	55
Gambar 4- 33 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan 30 Menit	56
Gambar 4- 34 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1.....	56

Gambar 4- 35 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:2.....	56
Gambar 4- 36 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Kuat Arus 2 Ampere.....	57
Gambar 4- 37 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Kuat Arus 6 Ampere.....	57
Gambar 4- 38 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Kuat Arus 10 Ampere.....	57
Gambar 4- 39 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Lama Waktu <i>Anodize</i> 30 Menit	57
Gambar 4- 40 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Lama Waktu <i>Anodize</i> 40 Menit	58
Gambar 4- 41 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Lama Waktu Pewarnaan 20 Menit	58
Gambar 4- 42 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Lama Waktu Pewarnaan 30 Menit	58
Gambar 4- 43 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil <i>Anodize</i> Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1	58
Gambar 4- 44 Hasil Percobaan Kuat Arus 2 Ampere Terhadap Ketahanan Asam	59
Gambar 4- 45 Hasil Percobaan Kuat Arus 6 Ampere Terhadap Ketahanan Asam	59
Gambar 4- 46 Hasil Percobaan Kuat Arus 10 Ampere Terhadap Ketahanan Asam	59
Gambar 4- 47 Hasil Percobaan Waktu <i>Anodize</i> 20 Menit Terhadap Ketahanan Asam.....	59
Gambar 4- 48 Hasil Percobaan Waktu <i>Anodize</i> 30 Menit Terhadap Ketahanan Asam.....	60
Gambar 4- 49 Hasil Percobaan Waktu <i>Anodize</i> 40 Menit Terhadap Ketahanan Asam.....	60
Gambar 4- 50 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan 10 Menit Terhadap Ketahanan Asam.....	60

Gambar 4- 51 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan 20 Menit Terhadap Ketahanan Asam.....	60
Gambar 4- 52 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan 30 Menit Terhadap Ketahanan Asam.....	61
Gambar 4- 53 Hasil Percobaan Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1 Terhadap Ketahanan Asam.....	61
Gambar 4- 54 Hasil Percobaan Perbandingan Larutan Elektrolit 1:2 Terhadap Ketahanan Asam.....	61

DAFTAR NOTASI

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produk-produk berbahan dasar aluminium kerap ditemui di kehidupan sehari-hari seperti sparepart motor, alat-alat memasak, *furniture*, dan masih banyak lagi. Material aluminium menjadi bahan utama dalam beberapa produk karena ringan, perawatannya yang mudah, dan ketahanan korosi yang baik. Aluminium juga mudah dibentuk dan diolah, memungkinkan produsen untuk menghasilkan bermacam produk dengan desain mudah hingga kompleks pada sektor industri manufaktur. Keunggulan ini menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi di berbagai sektor, termasuk otomotif dan penerbangan, di mana pengurangan berat dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan performa kendaraan (Budiyono & Widayat, 2013).

Penggunaan aluminium yang cukup banyak memunculkan banyak modifikasi yang salah satunya adalah penambahan warna pada aluminium melalui proses *anodizing*. Metode pewarnaan *aluminium anodizing* merupakan proses untuk memberikan lapisan warna pada bahan logam aluminium dengan proses elektrolisis. Pada proses ini aluminium merupakan objek yang diberi perlakuan dan bahan pewarna sebagai pelengkap. *Aluminium anodizing* melibatkan perlakuan aluminium sebagai anoda dalam larutan elektrolit, yang menghasilkan pembentukan lapisan oksida pada permukaan logam. Lapisan oksida tersebut tidak hanya menawarkan perlindungan ekstra terhadap kerusakan mekanis dan kimia, tetapi juga dapat meningkatkan penampilan estetika serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem (Kaufman, 2000). Proses anodisasi telah menjadi praktik industri penting di berbagai sektor, seperti otomotif, dirgantara, dan peralatan rumah tangga.

Pewarna pada proses *aluminium anodize* dapat diperoleh dari bahan dasar alami dan sintetis. Pada industri manufaktur pewarna sintetis lebih kerap digunakan karena prosesnya yang lebih terkontrol dan dengan hasil yang lebih konsisten. Pewarna sintetis juga menawarkan variasi warna yang lebih banyak

sehingga hasil akhir lebih variatif dan menarik. Secara keseluruhan, anodizing aluminium memperbaiki karakteristik fungsional dan penampilan bahan tersebut, sehingga menjadikannya pilihan yang banyak diminati.

Dalam proses *aluminium anodize* terdapat beberapa variabel yang dapat mempengaruhi hasil akhir diantaranya adalah kuat arus, lama waktu *anodizing*, lama waktu pewarnaan, dan perbandingan larutan elektrolit. Keempat aspek tersebut merupakan faktor utama yang paling berpengaruh terhadap proses *aluminium anodizing*. Untuk mendapatkan hasil akhir yang terbaik, *aluminium anodizing* harus dilakukan dengan komposisi variabel utama yang tepat.

Hasil dari aluminium *anodizing* dengan parameter yang tepat tentunya meningkatkan kualitas dari material aluminium tersebut. Ketahanan korosi hingga ketahanan terhadap zat asam menjadi keunggulan dari produk aluminium *anodizing*. Lingkungan yang asam dan zat yang bersifat asam dengan jenis tertentu dapat menyebabkan kerusakan fisik hingga fungsional dari material aluminium (Masruri, 2019). Dengan memberikan lapisan pelindung pada permukaan aluminium yang terbentuk dari proses anodizing dengan parameter yang tepat, kualitas material aluminium akan terjaga bahkan meningkat. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk mengetahui komposisi kuat arus, lama waktu *anodizing*, lama waktu pewarnaan, dan larutan elektrolit yang tepat untuk mendapatkan hasil akhir dengan kualitas sebaran warna serta ketahanan terhadap zat asam terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana pengaruh kuat arus listrik, waktu proses anodizing, lama waktu pewarnaan, dan perbandingan elektrolit terhadap kualitas warna pada hasil aluminium anodizing menggunakan pewarna sintetis?
2. Bagaimana pengaruh zat asam terhadap hasil anodizing?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, disusun batasan masalah untuk membatasi ruang lingkup penelitian. Hal ini bertujuan agar tidak muncul permasalahan yang tidak relevan dengan fokus penelitian ini. Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Uji coba akan dilakukan dengan bahan sampel aluminium 6061 dengan dimensi 4x20x40 mm
2. Jenis larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini ialah campuran cairan asam sulfat (H_2SO_4) dari air accu zuur dengan air suling.
3. Hanya pewarna tekstil sintetis merek Wantex yang akan dieksplorasi dalam penelitian ini.
4. Parameter tetap pada penelitian ini adalah konsentrasi larutan etsa (1:10), lama waktu etching (5 Menit), konsentrasi pewarna tekstil sintetis (1:100), suhu pewarna (90 derajat celcius), dan lama waktu sealing (10 Menit).
5. Parameter yang akan dioptimalkan meliputi kuat arus, lama waktu anodizing, waktu pewarnaan, dan perbandingan larutan elektrolit.
6. Larutan asam yang digunakan pada pengujian ketahanan asam adalah H_2SO_4 98% sebanyak 100ml dengan waktu pencelupan 10 menit

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh kuat arus listrik, waktu proses anodizing, lama waktu pewarnaan, dan perbandingan elektrolit terhadap kualitas warna pada hasil aluminium anodizing menggunakan pewarna sintetis.
2. Mengetahui karakteristik ketahanan hasil anodizing terhadap zat asam

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan untuk referensi dalam proses anodizing menggunakan pewarna sintetis.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Laporan Kerja Praktik ini terdiri dari 5 bab yang rincian-rincian bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB 1: Pendahuluan

Bab ini berisikan bahasan mengenai latar belakang penelitian, maksud dan tujuan penelitian, batasan permasalahan pada penelitian, manfaat dari penelitian ini, serta sistematika penulisan.

BAB 2: Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan dasar teori penelitian yang berkaitan dengan proses *aluminium anodize* meliputi pengertian dan penjelasan tentang aluminium dan *aluminium anodize*.

BAB 3: Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang metode pada penelitian ini yang berisikan diagram alur penelitian, alat dan bahan, tahapan-tahapan proses *anodizing*, dan pengukuran warna serta pengamatan struktur makro pada hasil akhir.

BAB 4: Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisikan hasil dari penelitian ini mengenai kualitas, penyebaran dan pemerataan warna dari hasil proses *aluminium anodizing*, serta struktur makro ketebalan pewarna pada hasil akhir perlakuan aluminium.

BAB 5: Penutup

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil proses *aluminium anodizing*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Proses anodisasi aluminium telah menjadi salah satu metode pengolahan permukaan yang penting dalam industri modern. Dengan meningkatnya permintaan akan material yang ringan namun kuat, aluminium kini menjadi pilihan utama di berbagai sektor, mulai dari otomotif hingga penerbangan. Namun, sifat alami aluminium yang mudah terkorosi dan tergores memerlukan perlindungan tambahan agar daya tahannya lebih baik. Anodisasi adalah solusi yang efektif untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi serta memberikan nilai estetika pada produk aluminium (Hutasoit, 2008).

Seiring berkembangnya teknologi dan material, proses anodisasi kini bisa disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari berbagai aplikasi. Dengan mengatur faktor-faktor seperti kekuatan arus, durasi anodisasi, dan jenis elektrolit, lapisan oksida yang terbentuk bisa dimodifikasi untuk mencapai ketebalan dan struktur yang diinginkan. Hal ini memungkinkan produsen untuk memperoleh sifat mekanik dan fisik yang optimal sesuai dengan kebutuhan aplikasi, seperti ketahanan terhadap cuaca, kekerasan permukaan, dan kemampuan pewarnaan. Penelitian menunjukkan bahwa anodizing tidak hanya meningkatkan kekerasan tetapi juga dapat memberikan variasi warna yang menarik pada produk akhir, menjadikannya lebih menarik secara visual dan fungsional (Hutasoit, 2008).

Tentunya tujuan utama pada proses *anodizing* adalah peningkatan kualitas aluminium terutama pada ketahanan terhadap korosi dan zat asam yang kerap menjadi faktor berpengaruh di kehidupan sehari-hari. Anodizing dapat meningkatkan ketahanan korosi aluminium, termasuk terhadap zat asam. Lapisan oksida yang terbentuk dari proses anodizing bersifat protektif di permukaan logam (Masruri, 2019). Zat asam dengan konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada aluminium. Selain menyebabkan korosi, zat asam dengan jenis tertentu juga menyebabkan penurunan konduktivitas dan kerusakan permukaan

pada aluminium. Menipisnya ketebalan aluminium hingga keretakan dapat terjadi oleh karena lingkungan yang asam.

Dalam hal ini, penelitian tentang anodisasi aluminium sangat penting untuk memperdalam pemahaman mengenai proses dan teknologi yang terlibat. Laporan tugas akhir ini bertujuan untuk mengkaji berbagai aspek dari proses anodisasi, termasuk prinsip dasar, faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas lapisan oksida, serta penerapannya untuk mendapatkan kualitas yang diinginkan. Diharapkan, laporan ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi anodisasi dan aplikasinya di masa depan.

2.2 Dasar Teori

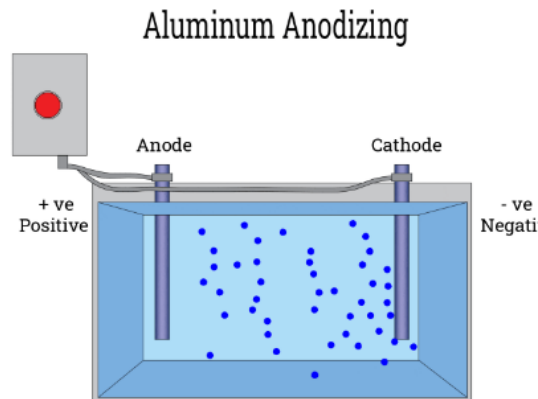
2.2.1 Aluminium Anodize

Aluminium Anodizing atau Anodisasi aluminium merupakan proses elektrokimia yang secara signifikan memperbaiki ketahanan korosi dan daya tahan permukaan aluminium. Proses ini melibatkan perlakuan aluminium sebagai anoda dalam larutan elektrolit, yang menghasilkan pembentukan lapisan oksida pada permukaan logam. Lapisan oksida tersebut tidak hanya menawarkan perlindungan ekstra terhadap kerusakan mekanis dan kimia, tetapi juga dapat meningkatkan penampilan estetika serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem (Kaufman, 2000). Proses anodisasi telah menjadi praktik industri penting di berbagai sektor, seperti otomotif, dirgantara, dan peralatan rumah tangga.

Proses *anodizing* memegang peranan penting dalam industri manufaktur, termasuk sektor mesin, perakitan kendaraan bermotor, industri penerbangan, serta barang-barang logam lainnya. *Anodizing* bertujuan untuk menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal dan seragam pada permukaan aluminium. Keunggulan utama dari *aluminium anodizing* terletak pada kemampuannya untuk memperbaiki sifat permukaan aluminium tanpa mengubah karakteristik dasar logam tersebut. Lapisan oksida yang terbentuk bersifat keras dan tahan lama, serta memiliki kemampuan adhesi yang tinggi terhadap cat dan bahan pelapis lainnya. Ini menjadikan anodisasi sangat ideal untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap aus dan korosi. Dengan kemajuan teknologi dan material, proses

anodisasi kini dapat disesuaikan untuk mengatur ketebalan dan struktur lapisan oksida sesuai dengan kebutuhan aplikasi spesifik (Andrianto, 2016).

Hal-hal yang dibutuhkan pada proses *anodizing* meliputi larutan elektrolit dan arus listrik. Kualitas dan pengaturan aspek tersebut sangat berpengaruh pada hasil akhir produk. Proses *anodizing* ditunjukkan pada gambar 2-1.



Gambar 2- 1 Proses *Aluminium Anodizing*

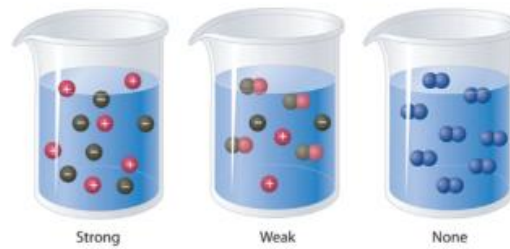
Sumber: <https://www.iqsdirectory.com/>

2.2.2 Larutan Elektrolit

Elektrolit merupakan larutan yang mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan listrik dan memiliki peranan penting dalam proses anodizing. Dalam anodizing aluminium, elektrolit umumnya berupa larutan asam, seperti asam sulfurik, yang berfungsi untuk memfasilitasi reaksi elektrokimia di permukaan aluminium. Saat arus listrik diterapkan, ion-ion dalam elektrolit bergerak menuju anoda (aluminium), sehingga membentuk lapisan oksida yang melindungi permukaan dari korosi dan meningkatkan ketahanan material (Sihombing dkk., 2022).

Pemilihan elektrolit yang sesuai dalam proses anodizing sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal. Larutan elektrolit mempengaruhi kecepatan pembentukan lapisan oksida, ketebalan lapisan yang dihasilkan, serta sifat fisik dan kimia dari lapisan tersebut. Sebagai contoh, penggunaan elektrolit yang terlalu pekat atau tidak sesuai dapat menyebabkan lapisan oksida yang tidak merata atau

bahkan merusak permukaan aluminium (Nugroho, 2014). Jenis-jenis larutan elektrolit ditunjukkan pada gambar 2-2.



Gambar 2- 2 Larutan Elektrolit

Sumber: <https://www.kompas.com/>

2.2.3 Kuat Arus Listrik

Aluminium anodizing melibatkan penerapan arus listrik untuk mengoksidasi permukaan aluminium, sehingga menghasilkan lapisan pelindung yang lebih tebal dan kuat dibandingkan dengan lapisan oksida alami yang terbentuk secara otomatis. Kuat arus listrik dalam proses anodizing mengacu pada aliran muatan listrik yang mengalir melalui larutan elektrolit selama tahap pengoksidasiannya. Nilai kuat arus ini sangat krusial karena berpengaruh pada kecepatan pembentukan lapisan oksida di permukaan aluminium. Nilai kuat arus yang tepat sangat penting untuk mencapai kualitas anodizing yang optimal, di mana arus yang terlalu rendah dapat menghasilkan lapisan yang tidak memadai, sementara arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan oksida yang terbentuk (Nugroho, 2014).

2.2.4 Aluminium

Aluminium adalah logam ringan yang termasuk dalam kelompok logam transisi dan dikenal karena berbagai sifat uniknya, seperti kekuatan, ketahanan terhadap korosi, serta kemampuan untuk dibentuk dalam berbagai bentuk. Aluminium ditemukan di alam dalam bentuk senyawa, terutama bauksit, yang merupakan sumber utama dari logam ini.

Sifat fisik dan kimia aluminium yang ringan dibandingkan logam lainnya, ketahanan korosinya yang tinggi, serta konduktivitas listrik dan termalnya yang baik menjadikannya pilihan ideal dan fleksibel untuk berbagai aplikasi industri. Aluminium banyak digunakan dalam produk sehari-hari, termasuk di sektor otomotif, bahan konstruksi, dan kemasan.

Keunggulan aluminium terletak pada kemampuannya untuk didaur ulang tanpa kehilangan kualitas aslinya. Aluminium dapat didaur ulang dengan efisien, hanya membutuhkan sekitar 5% energi yang diperlukan untuk memproduksi aluminium baru dari bijih bauksit. Proses daur ulang ini berkontribusi dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan limbah industri, sehingga menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan (Habibi&Susiana, 2021). Dengan meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan, daur ulang aluminium memiliki potensi besar di sektor industri. Untuk memenuhi berbagai kebutuhan aluminium dibentuk dengan bermacam variasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-3.



Gambar 2- 3 Aluminium

Sumber: <https://juraganaluminium.com/>

2.2.5 Bahan Pewarna

Pewarna merupakan substansi yang digunakan untuk menambah warna pada suatu material. Dalam proses *aluminium anodizing*, pewarna memiliki peran untuk meningkatkan aspek estetika produk dan dapat berasal dari sumber alami maupun sintetis. Pemilihan jenis pewarna sangat krusial, karena dapat

memengaruhi kualitas akhir, ketahanan, dan daya tahan korosi dari lapisan *anodize*.

Pewarna alami adalah bahan pewarna yang diperoleh dari sumber-sumber alami, seperti tanaman, hewan, atau mineral. Contoh pewarna alami yang umum digunakan adalah yang berasal dari tumbuhan seperti ekstrak kulit pohon, bungam, dan buah. Keunggulan pewarna alami meliputi tingkat keamanan yang lebih tinggi serta sifat yang lebih ramah lingkungan. Namun, pewarna alami cenderung memiliki kestabilan warna yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pewarna sintetis dengan ketahanan yang kurang baik juga.

Pewarna sintetis adalah bahan pewarna yang diproduksi melalui proses kimia di laboratorium. Pewarna ini memiliki keunggulan dalam hal stabilitas warna dan konsistensi hasil. Pewarna sintetis banyak digunakan pada industri yang memerlukan daya tarik variasi warna yang banyak seperti industri otomotif dan tekstil. Pewarna ini tidak mudah luntur dan memiliki ketahanan yang baik terhadap paparan sinar UV serta kondisi lingkungan lainnya, sehingga warna tetap terjaga untuk waktu yang lama (Pujilestari, 2015). Visualisasi bahan pewarna alami dan sintetis ditunjukkan pada gambar 2-4.



Gambar 2- 4 Bahan Pewarna A) Alami dan B) Sintetis

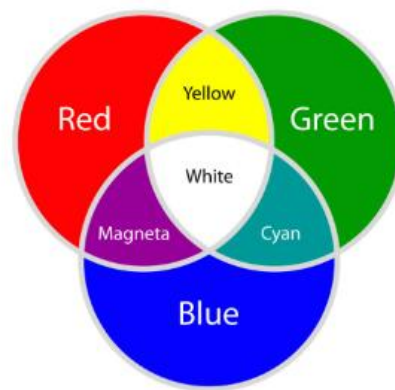
Sumber: <https://fahum.umsu.ac.id/> dan <https://wellenproject.com/>

2.2.6 RGB

RGB adalah singkatan dari *Red*, *Green*, dan *Blue* yang merupakan tiga warna dasar yang digunakan dalam model warna aditif. Model ini digunakan untuk menciptakan berbagai warna lain dengan mencampurkan ketiga warna dasar tersebut dalam berbagai intensitas. Dalam model RGB, setiap warna dapat dihasilkan dengan mengombinasikan ketiga warna dasar tersebut dalam proporsi

tertentu. Pada kondisi kombinasi maksimum ketiga warna dasar tersebut akan menghasilkan warna putih, sementara pada kondisi kombinasi minimum (tidak ada warna) akan menghasilkan warna hitam.

Setiap *pixel* dalam gambar RGB terbentuk dari tiga komponen warna yakni merah (R), hijau (G), dan biru (B). Setiap komponen memiliki nilai intensitas yang berada dalam rentang 0 hingga 255. Oleh karena itu, satu piksel pada citra RGB membutuhkan 24 bit data (8 bit untuk setiap warna), yang memungkinkan lebih dari 16 juta variasi warna yang berbeda (Prabowo & Abdullah, 2018). Macam warna turunan dari pencampuran komponen RGB ditunjukkan pada gambar 2-5.

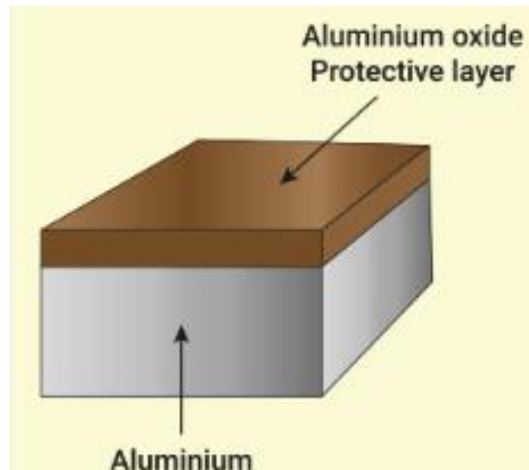


Gambar 2- 5 Model Warna RGB

Sumber: <https://refinepackaging.com/>

2.2.7 Lapisan Oksida

Lapisan oksida merupakan lapisan tipis yang muncul di permukaan logam akibat reaksi oksidasi dengan oksigen di sekitarnya. Proses ini umumnya terjadi secara alami ketika logam bersentuhan dengan udara atau kelembapan. Lapisan oksida ini juga dapat terbentuk dari reaksi aluminium dengan zat asam dengan jenis dan konsentrasi tertentu. Lapisan oksida bersifat protektif sehingga berfungsi untuk melindungi logam dari korosi dan kerusakan lebih lanjut, namun karakteristik dan ketebalannya dapat bervariasi tergantung pada jenis logam dan kondisi lingkungan yang ada. Lapisan oksida pada aluminium ditunjukkan pada gambar 2-6.



Gambar 2- 6 Lapisan Oksida Pada Aluminium

Sumber: <https://www.istockphoto.com/>

2.2.8 Proses Pembentukan Lapisan Oksida

Lapisan oksida dapat terbentuk melalui proses alamiah, yakni ketika logam terpapar udara dan kelembapan, reaksi kimia dengan oksigen akan menghasilkan lapisan oksida secara alami. Contoh umumnya adalah oksidasi aluminium pada panci aluminium yang pasca produksinya mengalami kontak dengan oksigen di udara dan menghasilkan lapisan aluminium oksida.

Selain melalui proses alamiah, lapisan oksida dapat terbentuk melalui proses *anodizing* yang merupakan teknik elektrokimia yang diterapkan untuk mempercepat pembentukan lapisan oksida pada aluminium. Ketebalan lapisan oksida dapat bervariasi tergantung pada kondisi proses seperti rapat arus dan lama waktu anodizing (Nugroho, 2014).

2.2.9 Karakteristik dan Fungsi Lapisan Oksida

Dengan memahami karakteristik dan proses pembentukan lapisan oksida, industri dapat memanfaatkan sifat-sifat ini untuk meningkatkan daya tahan dan estetika produk logam. Karakteristik dan fungsi dari lapisan oksida adalah:

1. Perlindungan material

Banyak industri menggunakan lapisan oksida untuk melindungi komponen logam dari kerusakan akibat korosi, terutama pada industri otomotif dan dirgantara.

2. Estetika

Lapisan oksida juga digunakan untuk meningkatkan penampilan visual dari produk logam. Lapisan oksida dari proses *anodizing* diwarnai untuk memberikan efek estetika yang menarik.

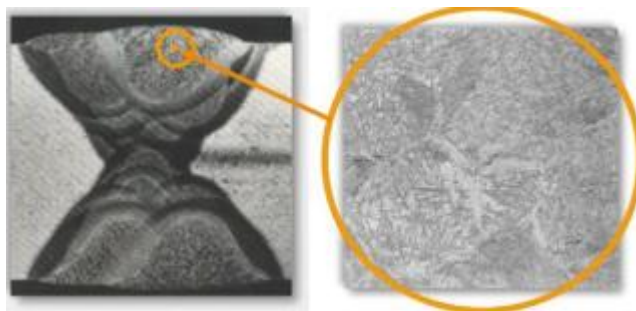
3. Elektronikal

Lapisan oksida juga kerap diaplikasikan pada komponen elektronik sebagai isolator dan untuk meningkatkan daya tahan produk.

2.3 Struktur Makro

Struktur makro adalah aspek penting dalam karakterisasi material yang memengaruhi sifat dan kinerja dalam aplikasi praktis. Dengan memahami struktur makro pengembangan material akan menjadi lebih baik dalam peningkatan proses produksi. Dalam konteks penelitian, struktur makro sering kali digunakan untuk menganalisis sifat mekanik dan fisik material serta bagaimana pengaruh proses pembuatan terhadap karakteristik tersebut (Asmeati dkk, 2016).

Struktur makro dapat diamati tanpa menggunakan alat mikroskopis mencakup ukuran, bentuk, distribusi, dan susunan elemen yang lebih besar dari skala mikroskopis. Dalam konteks material, struktur makro memberikan informasi penting mengenai sifat dan perilaku material dalam berbagai pengaplikasiannya. Pengamatan struktur makro ditunjukkan pada gambar 2-7.



Gambar 2- 7 Struktur Makro Material

Sumber: <https://www.detech.co.id/uji-metalografi/>

2.3.1 Karakteristik Struktur Makro

Karakteristik dari struktur makro meliputi:

1. Ukuran dan bentuk

Struktur makro mencakup dimensi fisik dari material, seperti ketebalan, panjang, dan lebar. Misalnya, dalam pengamatan lapisan aluminium oksida, ukuran lapisan dan ketebalan dapat mempengaruhi ketahanan korosi dan sifat mekanik.

2. Distribusi/Persebaran

Berkaitan dengan bagaimana komponen dalam material tersebar. Dalam hasil proses *anodize* distribusi lapisan oksida pada permukaan aluminium dapat mempengaruhi sifat mekanik dan perilaku material saat digunakan.

3. Susunan

Susunan atau orientasi partikel dalam material dapat mempengaruhi kekuatan, fleksibilitas, dan sifat lainnya

2.3.2 Metode Pengamatan Struktur Makro

Pengamatan struktur makro dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti berikut.

1. Mikroskopi optik

Mikroskopi optik dapat memberikan pandangan awal mengenai struktur makro.

2. Pencitraan digital

Teknik pencitraan seperti foto dan video dapat digunakan untuk menangkap dan menganalisis struktur makro.

3. Analisis Visual

Pengamatan langsung atau menggunakan alat pengukur sederhana juga dapat memberikan informasi tentang karakteristik struktur makro.

2.4 Larutan Asam

Keasaman larutan diukur menggunakan skala pH, di mana nilai pH kurang dari 7 menunjukkan sifat asam. Semakin rendah nilai pH, semakin kuat sifat asamnya. Sebaliknya, nilai pH di atas 7 menunjukkan sifat basa (Sitepu, 2021). Larutan asam memiliki ciri-ciri korosif terhadap logam dan sifat yang khas seperti memiliki rasa yang cenderung asam dan mengubah warna kertas lakmus biru menjadi merah. Larutan asam dapat membentuk lapisan pelindung pada aluminium

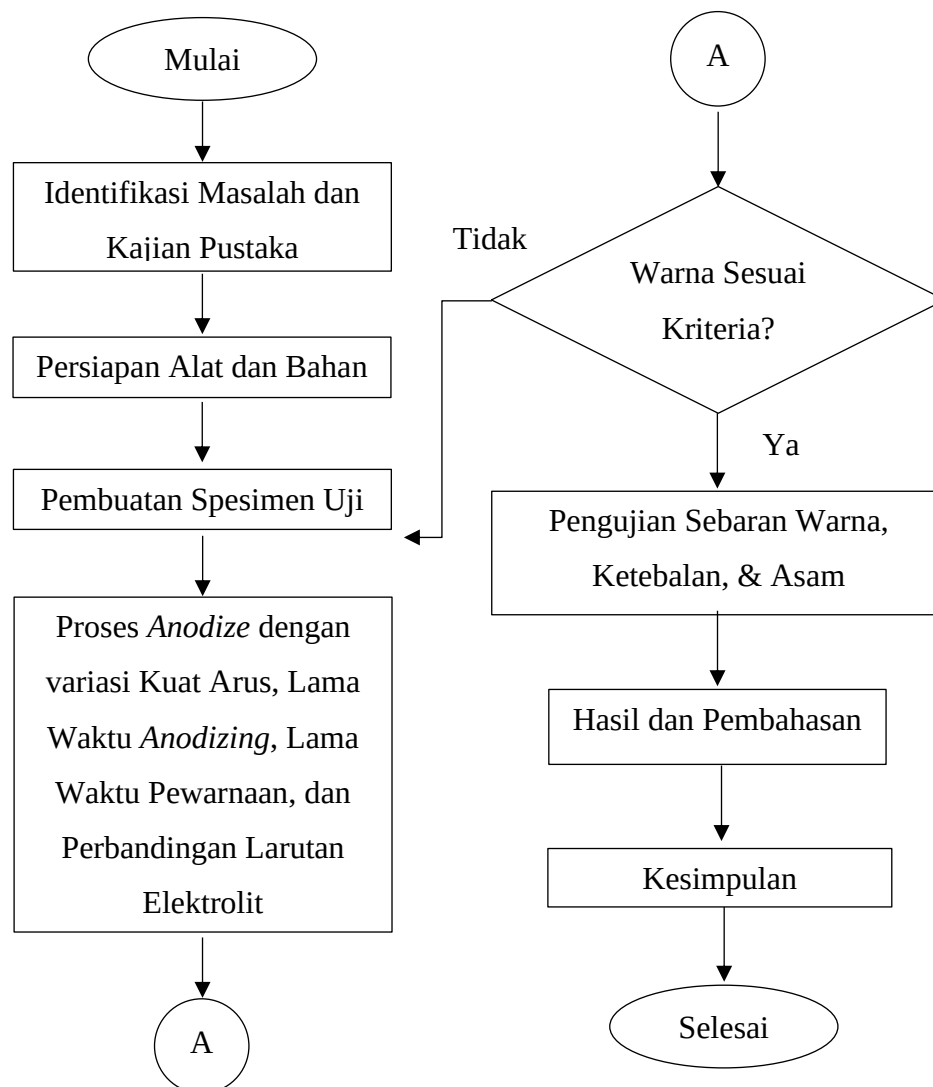
pada konsentrasi tertentu. Namun, pada konsentrasi yang berlebih atau dalam kondisi tertentu, larutan asam dapat menyebabkan korosi lebih lanjut. Laju korosi aluminium dalam larutan asam, seperti asam sitrat atau asam sulfat bersifat merusak karena terjadi proses pengikisan permukaan ketika aluminium berinteraksi dengan ion hidrogen (H^+).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Secara garis besar alur penelitian dari proses *aluminium anodizing* dengan menggunakan pewarna sintetis ditunjukkan pada gambar 3-1.

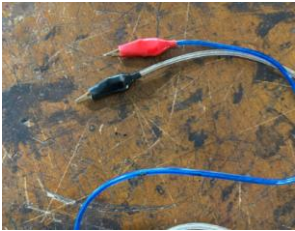


Gambar 3- 1 Alur Penelitian

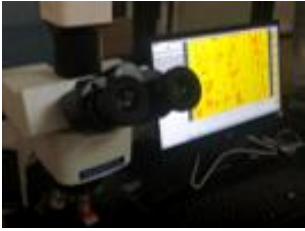
3.2 Alat dan Bahan

Daftar alat pada proses *aluminium anodizing* dapat dilihat pada Tabel 3-1, sedangkan daftar bahan dapat ditemukan pada Tabel 3-2.

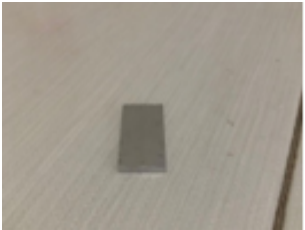
Tabel 3- 1 Alat Percobaan

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1	Wadah	Menampung larutan elektrolit	
2	<i>Power Supply</i>	Sumber penyedia arus listrik	
3	Kabel dan Catu Buaya	Menghubungkan <i>Power Supply</i> dengan Anoda dan Katoda	
4	Penggaris	Mengukur dimensi spesimen	

5	Timbangan Digital	Menimbang dan mengukur bahan-bahan yang digunakan	
6	Stopwatch	Mengukur lama waktu proses <i>etching</i> , <i>anodizing</i> , pewarnaan, dan <i>sealing</i> .	
7	Gergaji Potong	Memotong material bahan utama	
8	Kompur Listrik	Memanaskan pewarna	
9	Panci	Menampung larutan pewarna	

10	Kain	Membersihkan spesimen sebelum dan sesudah perlakuan	
11	Laptop	Mengoperasikan CoreDraw sebagai media uji visual penyebaran warna pasca perlakuan	
12	<i>Microscope Digital Camera</i>	Mengetahui struktur makro permukaan pasca perlakuan	
13	Gergaji Tangan	Memotong Spesimen Uji	

Tabel 3- 2 Bahan Percobaan

No	Nama Bahan	Fungsi	Gambar
1	Aluminium 6061	Material bahan utama yang akan dianodize	

2	Soda Api (NaOH)	Membuat campuran larutan proses <i>Etching</i>	
3	Air Accu Zuur	Membuat campuran larutan elektrolit	
4	Aquadest	Membuat campuran larutan proses <i>etching</i> , larutan elektrolit, larutan pewarna, dan cairan proses <i>sealing</i>	
5	<i>Thinner</i>	Membersihkan permukaan material	
6	Pewarna Tekstil Wantex	Memberikan warna pada bahan utama setelah proses <i>anodize</i>	
7	Larutan Asam Sulfat H_2SO_4 98%	Larutan pada pengujian ketahanan warna hasil aluminium anodizing terhadap asam	

3.3 Kriteria Produk

Kriteria produk yang harus terpenuhi pada spesimen adalah sebagai berikut:

1. Warna menempel dengan sempurna ditandai dengan tidak ada pewarna yang menghilang ketika diusap menggunakan kain dan tidak ada pewarna yang terlarut pada saat spesimen dicelupkan ke air.
2. Pewarna terdistribusi secara merata ke bagian yang telah diberikan perlakuan *anodizing* pada setiap sisinya.
3. Hasil pewarnaan pada setiap spesimen menunjukkan hasil yang indentik pada setiap variasi percobaan.

3.4 Persiapan dan Pembuatan Spesimen Uji

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen yang bertujuan untuk menemukan kombinasi pengaturan yang tepat dengan hasil akhir terbaik pada proses *aluminium anodizing*. Metode ini mencakup serangkaian percobaan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengukur berbagai faktor yang mempengaruhi hasil akhir seperti pengaruh kuat arus, lama waktu *anodize*, lama waktu pewarnaan, dan perbandingan larutan elektrolit pada kualitas, distribusi, dan konsistensi warna yang dihasilkan setelah proses *anodizing* dengan pewarna sintetis. Eksperimen dilakukan dengan mengombinasikan beberapa aspek berpengaruh pada proses *aluminium anodize* dan penggunaan pewarna sintetis dari pewarna tekstil wantex. Data yang dikumpulkan dari setiap tahap percobaan dianalisis untuk memahami secara menyeluruh pengaruh variasi aspek berpengaruh pada proses *anodize* dan batasan pewarna sintetis dalam aplikasi industri *aluminium anodizing*.

Tahapan pertama pada penelitian ini adalah mempersiapkan bahan aluminium yang akan *dianodize*. Tahapan persiapan ini meliputi pemotongan material aluminium ke dimensi yang seragam, perakitan perangkat keras, proses *cleaning*, dan proses *etching*.

3.4.1 Pemotongan Aluminium

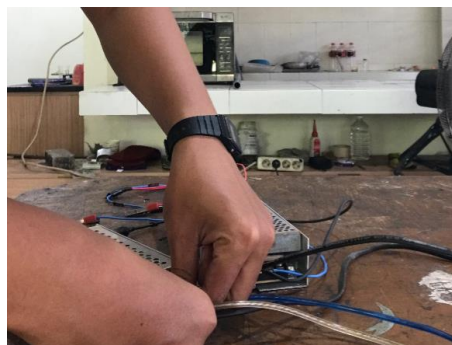
Aluminium yang akan dianodize dipotong dengan dimensi yang seragam. Ini memudahkan dalam penanganan, serta pengamatan hasil *anodizing*. Pemotongan aluminium ini dilakukan dengan menggunakan alat gergaji potong seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3-2. Dimensi aluminium yang akan dianodize pada penelitian ini adalah *tebal* $\times$ *panjang* $\times$ *lebar* secara berurutan adalah $4 \times 20 \times 40$ mm.



Gambar 3- 2 Pemotongan Aluminium

3.4.2 Perancangan Perangkat Keras

Power Supply Switching sebagai sumber arus pada penelitian ini dirakit dengan menghubungkan kabel steker dengan *port power in*. Selanjutnya menghubungkan kabel yang telah dirakit dengan penjepit catu buaya pada masing-masing *port* positif dan negatif seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3-3. Setelah semua terakit dengan sempurna maka *power supply switching* siap untuk digunakan.



Gambar 3- 3 Perakitan *Power Supply Switching*

3.4.3 Proses *Cleaning*

Proses *Cleaning* ialah proses pembersihan benda kerja dari kotoran dan minyak yang menempel pada permukaan aluminium sebelum proses *etching* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-4, tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Mengusap permukaan aluminium menggunakan cairan *thinner* dengan kain.
2. Selanjutnya adalah *rinsing cleaning*, yaitu membilas benda kerja untuk menghilangkan bahan kimia yang menempel pada permukaan aluminium setelah proses pembersihan dengan cairan *thinner* tadi menggunakan air aquades.
3. Setelah dibilas maka aluminium dikeringkan dengan menggunakan kain bersih.



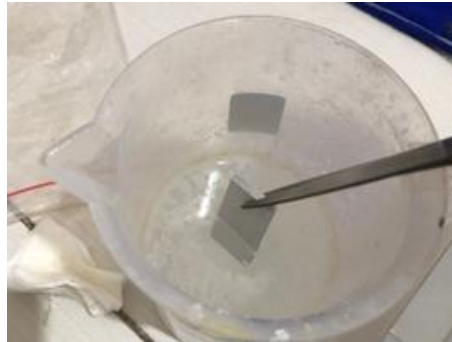
Gambar 3- 4 Proses *Cleaning*

3.4.4 Proses *Etching*

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

1. Membuat larutan *etching* dengan mencampurkan 20gr soda api ke dalam wadah plastik dengan air aquadest 200gr.
2. Merendam spesimen aluminium dalam larutan *etching* yang mengandung natrium hidroksida (NaOH) atau soda api selama 5 menit.
3. Membilas aluminium yang telah di-*etching* dengan air aquadest.

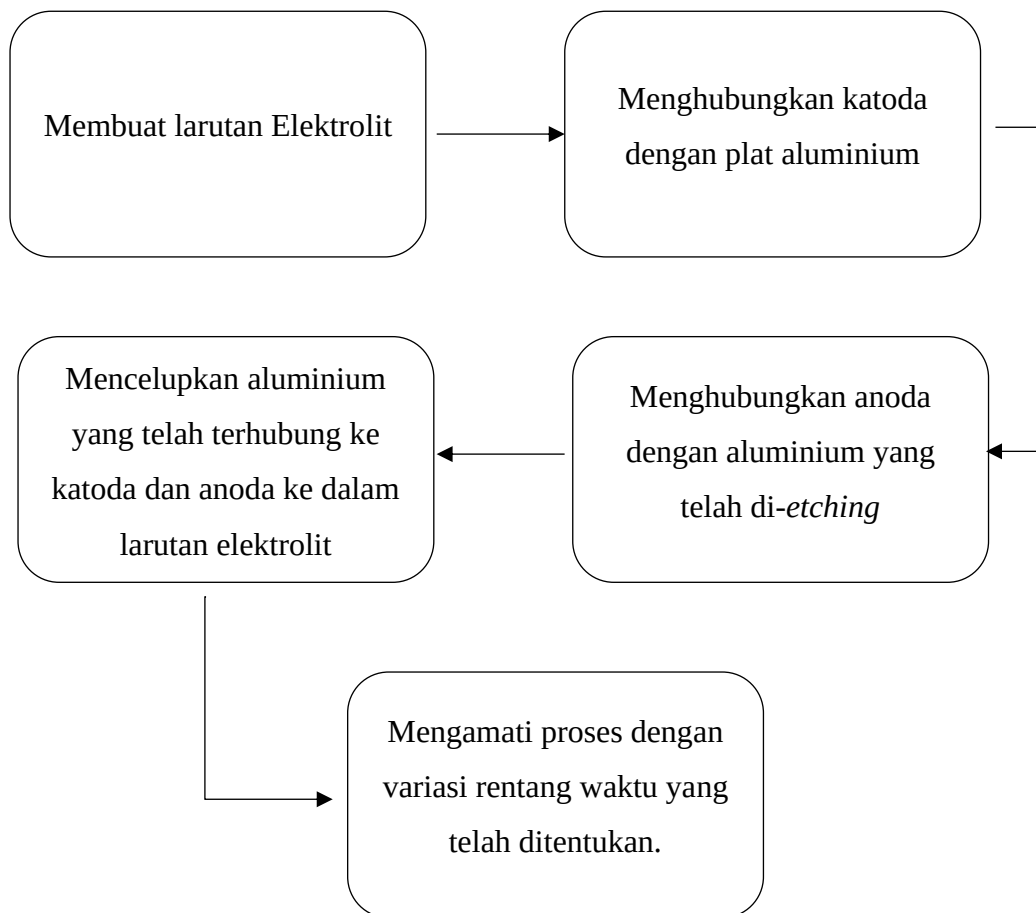
Pada proses etching ini terjadi reaksi antara aluminium dengan larutan campuran NaOH, menghasilkan gelembung-gelembung kecil dan debu menempel pada permukaan aluminium. Proses etching ditunjukkan oleh gambar 3-5.



Gambar 3- 5 Proses *Etching*

3.5 Proses *Anodizing*

Proses anodizing ditunjukkan dalam bentuk diagram pada gambar 3-6.

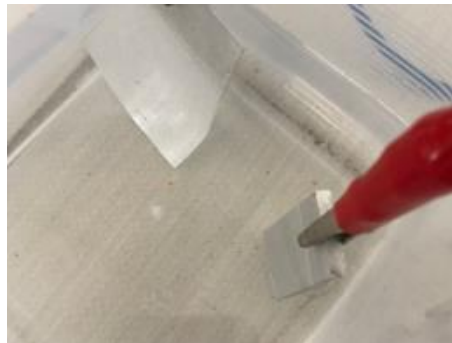


Tahapan-tahapan pada proses *anodizing* adalah sebagai berikut:

Gambar 3- 6 Diagram Alur Proses *Anodizing*

1. membuat larutan elektrolit di wadah plastik yang telah disiapkan dengan mencampurkan air aquadest dan air accu zuur dimana perbandingan diantara pencampuran ini divariasikan.
2. Menghubungkan katoda dengan plat *aluminium* dan anoda dengan aluminium yang telah dibersihkan sebelumnya dengan menjepit aluminium dengan catu buaya yang telah dirangkai pada *power supply* sebelumnya.
3. Memasukkan atau mencelupkan aluminium yang telah terhubung ke katoda dan anoda ke dalam larutan elektrolit. Catu buaya yang menghubungkan power supply dengan aluminium tidak seharusnya ikut tercelup kedalam larutan elektrolit.
4. Mengamati proses dengan variasi rentang waktu yang telah ditentukan. Pengamatan ini dilakukan untuk memastikan reaksi berlangsung tanpa ada gangguan atau kegagalan pada proses elektrolisisnya.

Pada prosesnya aluminium akan bereaksi menghasilkan gelembung-gelembung kecil seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-7.



Gambar 3- 7 Proses *Anodizing*

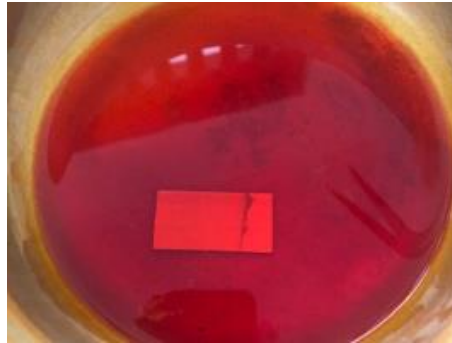
3.6 Proses Pewarnaan

Proses pewarnaan dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Membuat larutan pewarna dengan mencampurkan pewarna Wantex 1.5gr dengan air aquadest 150gr dengan menggunakan timbangan digital ke dalam panci.
2. Memanaskan campuran air aquadest dengan pewarna Wantex dengan menggunakan kompor listrik hingga suhu mendidih.

3. Aluminium yang telah di-*anodize* dimasukkan ke dalam larutan pewarna dengan variasi waktu yang telah ditentukan.

Proses pewarnaan spesimen ditunjukkan pada gambar 3-8.

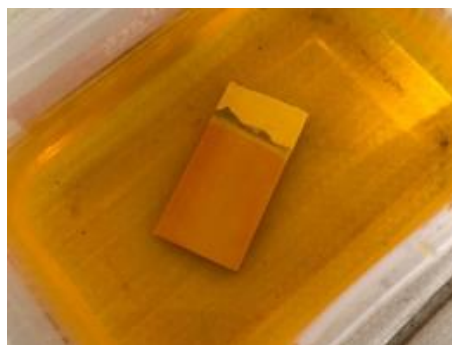


Gambar 3- 8 Proses Pewarnaan

Pada proses pewarnaan ini aluminium yang telah di-*anodize* direndam secara menyeluruh dan dijaga agar tidak ada zat kontaminan yang masuk kedalam larutan pewarna. Setelah lama waktu yang telah ditentukan selesai maka spesimen diangkat dan diamati hasilnya. Apabila warna menempel pada spesimen maka dapat dilanjutkan ke proses penyegehan warna atau proses *sealing*.

3.7 Proses Sealing

Proses sealing dilakukan dengan mencelupkan aluminium yang telah melalui proses pewarnaan ke dalam air panas dengan suhu mendidih. Proses ini dilakukan selama 5 menit seperti pada gambar 3-9.



Gambar 3- 9 Proses *Sealing*

3.8 Pengambilan Gambar

Setelah melalui proses sealing, aluminium yang telah berhasil melewati proses pewarnaan diambil gambarnya untuk dilakukan pengukuran warna. Pengambilan gambar ini harus dilakukan dengan tahapan dan pengaturan yang sama pada setiap spesimennya untuk memastikan keseragaman kualitas gambar spesimen untuk mendapatkan hasil yang akurat pada saat pengukuran warna. Tahapan pengambilan gambarnya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan dan merakit *mini photobox* dan *background* yang akan digunakan sebagai tempat pengambilan gambar
2. Menghidupkan lampu LED yang terintegrasi pada *photobox* dengan menghubungkan sumber daya listrik dengan kabel USB ke *port* lampu LED pada *mini photobox*
3. Meletakkan kamera dengan jarak 10cm dari *background* dengan posisi *landscape* dan mengunci titik fokus kamera pada bagian spesimen yang berwarna
4. Pengaturan pada kamera yang digunakan ditetapkan pada *tone* 50, *warmth* 0, ISO 64, *f* 1.78, dan *exposure* -0,3
5. Meletakkan spesimen pada titik *background* yang telah ditentukan dengan posisi *portrait*
6. Mengambil gambar dari setiap spesimen dari semua variasi percobaan.



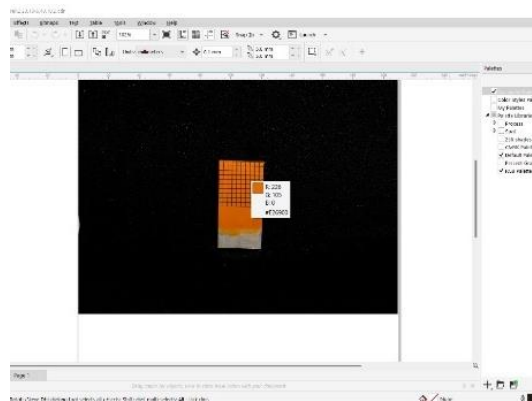
Gambar 3- 10 Pengambilan Gambar Spesimen

3.9 Pengukuran Warna

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

1. Menyiapkan aplikasi *CorelDraw*
2. Mengimport gambar spesimen ke dalam *CorelDraw*
3. Membuat *grid* sebanyak 10×10 pada gambar spesimen yang berwarna
4. Mencari nilai RGB pada setiap kotak *grid* dengan menggunakan alat pipet warna pada setiap spesimen
5. Mencatat hasil nilai RGB pada setiap kotak *grid* di aplikasi *Microsoft Excel* pada setiap spesimen

Proses pengukuran warna ini ditunjukkan pada gambar 3-10.



Gambar 3- 11 Pengecekan Persebaran Warna

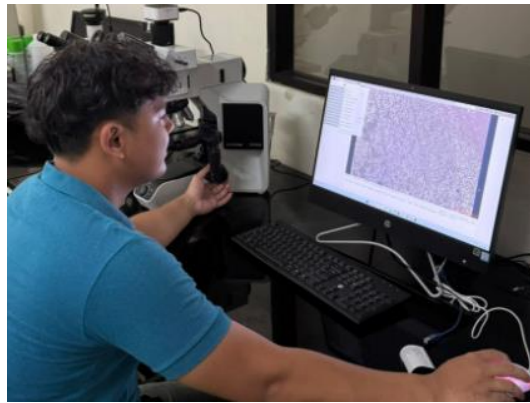
3.10 Pengamatan Struktur Makro

Proses selanjutnya adalah mengamati struktur makro pada permukaan aluminium yang telah di-anodize menggunakan *microscope digital camera*. Berikut adalah tahapannya.

1. Membersihkan spesimen yang akan diamati dengan membilas permukaan spesimen menggunakan air bersih
2. Meletakkan spesimen dibawah lensa *microscope*
3. Mengatur perbesaran lensa ke perbesaran 50x

4. Mengatur fokus pada lensa untuk mendapatkan gambar struktur permukaan spesimen yang jelas dengan mengamati penampakkannya pada monitor komputer yang terhubung dengan *microscope*
5. Mengambil gambar stuktur permukaan spesimen setelah didapati gambar yang jelas pada monitor komputer

Pengamatan struktur makro dengan menggunakan mikroskop dan komputer ditunjukkan pada gambar 3-11



Gambar 3- 12 Pengamatan Struktur Makro

3.11 Desain Eksperimen

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pengaturan yang tepat pada proses aluminium anodizing dengan pewarna sintetis untuk menghasilkan hasil yang terbaik pada produk akhirnya. Aspek pengaturan yang akan divariasikan meliputi kuat arus, lama waktu anodize, lama waktu pewarnaan, dan perbandingan larutan elektrolit. Setiap aspek pengaturan akan divariasikan satu per satu dengan aspek pengaturan yang lainnya diatur tetap. Skema variasi aspek pengaturan pada penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 3-3 di bawah.

Tabel 3- 3 Tabel Desain Ekperimen

Kode Spesimen	Kuat Arus	Waktu Anodize	Waktu Pewarnaan	Perbandingan Elektrolit
2A20M10T12E	2	20 Menit	10 Menit	1:2
6A20M10T12E	6	20 Menit	10 Menit	1:2
10A20M10T12E	10	20 Menit	10 Menit	1:2
XA30M10T12E	Terbaik	30 Menit	10 Menit	1:2
XA30M10T12E	Terbaik	40 Menit	10 Menit	1:2
XAXM20T12E	Terbaik	Terbaik	20 Menit	1:2
XAXM30T12E	Terbaik	Terbaik	30 Menit	1:2
XAXMXT13E	Terbaik	Terbaik	Terbaik	1:3
XAXMXT11E	Terbaik	Terbaik	Terbaik	1:1

Keterangan:

A : Kuat Arus

M : Waku Anodize

T : Waktu Pewarnaan

E : Perbandingan Larutan Elektrolit

X : Hasil Terbaik Parameter Variasi Percobaan

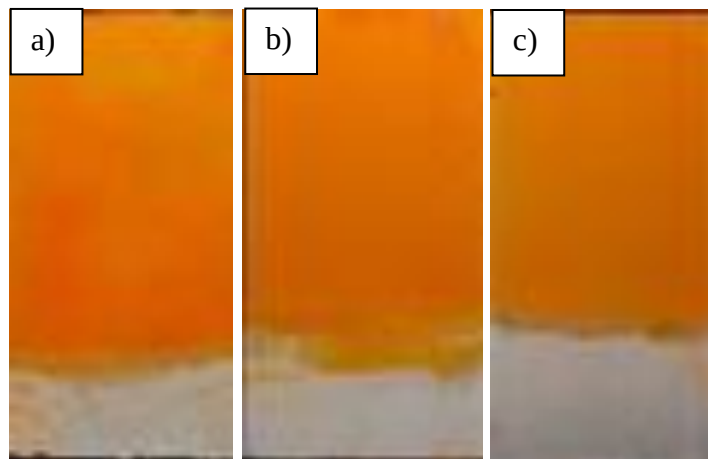
Pada setiap variasinya dilakukan tiga kali percobaan dengan tiga spesimen yang berbeda dan dilakukan secara tidak bersamaan. Apabila terdapat kegagalan pada satu spesimen pada salah satu variasi percobaan maka akan dilakukan pengulangan dengan menggunakan spesimen yang baru. Namun bila terjadi kegagalan pada tiga spesimen dalam tiga percobaan pada suatu variasi percobaan maka ketiga spesimen merupakan hasil dari variasi percobaan tersebut.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Kuat Arus Terhadap Hasil *Anodize*

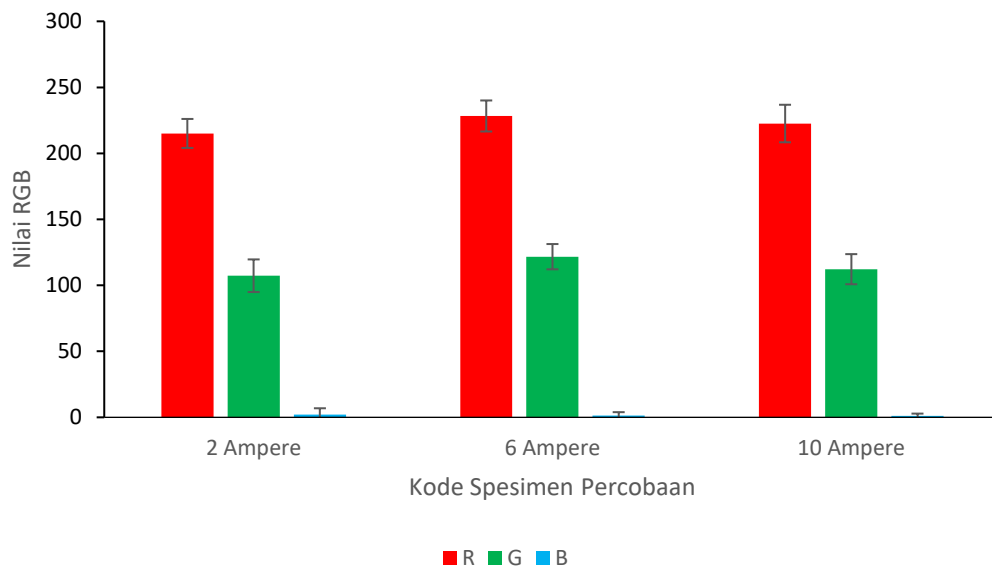
Pada percobaan variasi kuat arus parameter yang ditetapkan adalah lama waktu anodize 20 menit, lama waktu pewarnaan 10 menit, dan perbandingan larutan elektrolit 1:2. Hasil dari percobaan variasi kuat arus kemudian diambil gambarnya untuk diukur warnanya. Hasil pengambilan gambar ditunjukkan pada gambar 4-1 hingga 4-3.



Gambar 4- 1 Hasil Percobaan Variasi Kuat Arus

a)2 Ampere b)6 Ampere (2), c)10 Ampere

Ketiga spesimen dari setiap variasi telah memenuhi kriteria produk. Selanjutnya dilakukan pengukuran warna dengan menggunakan *software CorelDraw* yang kemudian diolah datanya dengan *software Mixrosoft Excel*. Hasil pengukuran warna variasi kuat arus dihitung reratanya dan diperoleh hasil yang ditunjukkan oleh gambar 4-4.

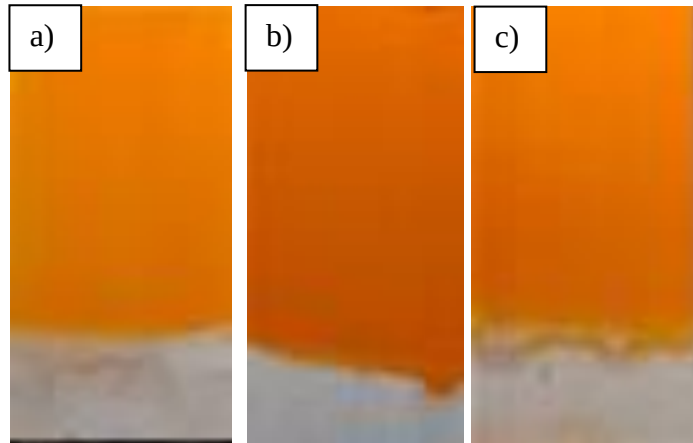


Gambar 4- 2 Hasil Pengukuran Warna Variasi Kuat Arus

Dari hasil uji persebaran warna dapat diketahui bahwa pada kuat arus 6 Ampere warna dapat diserap dengan baik dan merata ditunjukkan dengan kecilnya perbedaan kepekatan warnanya (warna lebih konsisten). Pada kuat arus 10 Ampere warna juga dapat diserap dengan baik dan merata, namun perbedaan kepekatan warnanya lebih tinggi dibandingkan dengan kuat arus 6 Ampere. Pada kuat arus 2 Ampere warna dapat diserap dengan cukup baik namun tidak dengan persebaran warnanya. Perbedaan kepekatan warna yang dihasilkan dari proses *anodize* dengan kuat arus 2 Ampere terbilang jauh. Sehingga pada percobaan variasi selanjutnya kuat arus yang dijadikan acuan tetap adalah 6 Ampere.

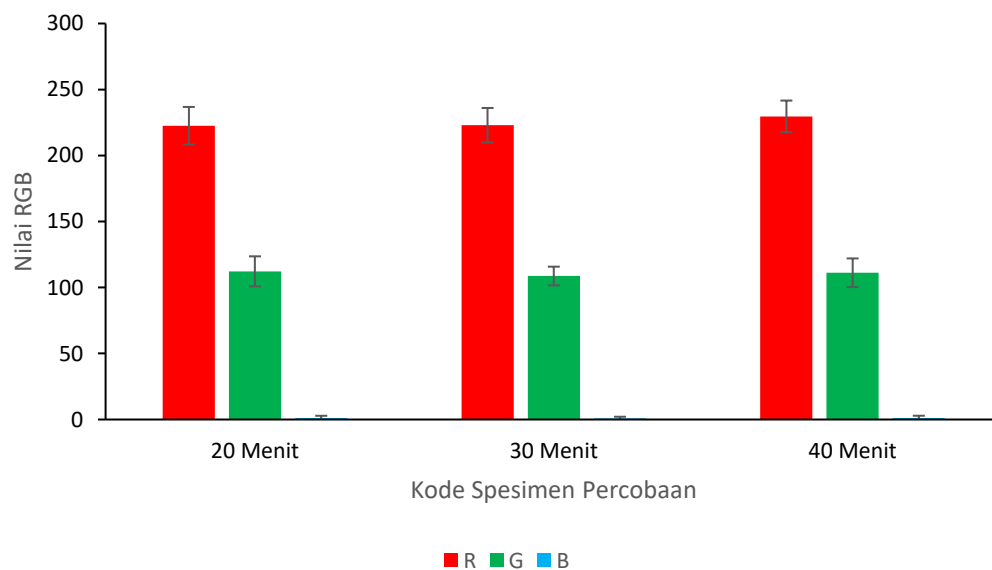
4.2 Pengaruh Lama Waktu Anodize Terhadap Hasil *Anodize*

Pada percobaan variasi lama waktu *anodize* parameter yang ditetapkan adalah kuat arus dari hasil percobaan variasi kuat arus yang terbaik yaitu 6 ampere, lama waktu pewarnaan 10 menit, dan perbandingan larutan elektrolit 1:2. Hasil dari percobaan variasi lama waktu *anodize* kemudian diambil gambarnya untuk diukur warnanya. Hasil pengambilan gambar ditunjukkan pada gambar 4-5 hingga 4-7.



Gambar 4- 3 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Anodize
a)20 Menit, b)30 Menit, c)40 Menit

Ketiga spesimen dari setiap variasi telah memenuhi kriteria produk. Selanjutnya dilakukan pengukuran warna dengan menggunakan *software CorelDraw* yang kemudian diolah datanya dengan *software Mixrosoft Excel*. Hasil pengukuran warna variasi lama waktu *anodize* dihitung reratanya dan diperoleh hasil yang ditunjukkan oleh gambar 4-8.

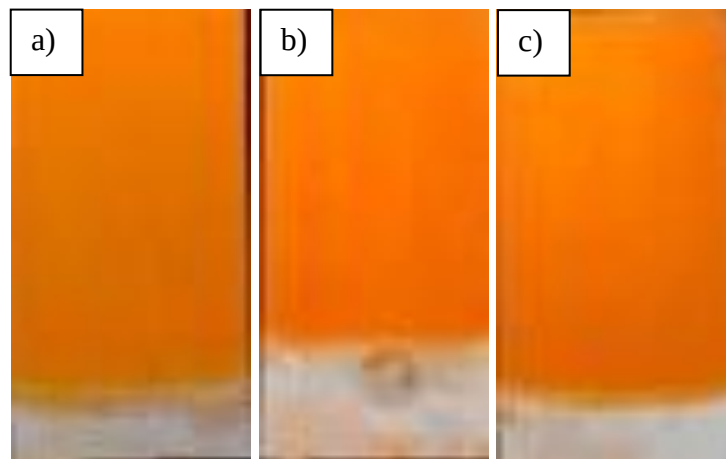


Gambar 4- 4 Hasil Pengukuran Warna Variasi Lama Waktu *Anodize*

Proses anodize dengan lama waktu 20 menit menghasilkan produk dengan penyerapan warna baik dengan tingkat perserbaran/kemerataan warna paling rendah (perbedaan terlalu kontras) Proses anodize dengan lama waktu 40 dan 30 menit menghasilkan produk dengan penyerapan warna baik dan merata dengan tingkat konsistensi warna pada setiap titik yang sama. Namun berdasarkan uji pemerataan warna yang paling kecil erornya adalah pada lama waktu 30 Menit.

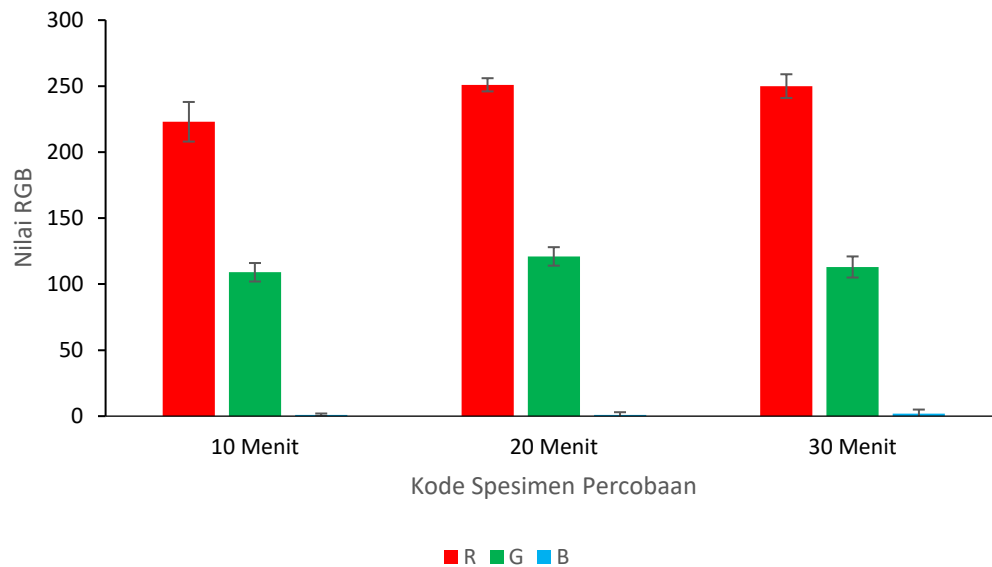
4.3 Pengaruh Lama Waktu Pewarnaan Terhadap Hasil Anodize

Pada variasi lama waktu pewarnaan variabel yang ditetapkan berdasar pada percobaan variasi sebelumnya adalah kuat arus 6 ampere dan lama waktu anodize 30 menit. Perbandingan larutan elektrolit pada variasi lama waktu pewarnaan adalah 1:2. Hasil dari percobaan variasi lama waktu pewarnaan kemudian diambil gambarnya untuk diukur warnanya. Hasil pengambilan gambar ditunjukkan pada gambar 4-9 hingga 4-11



Gambar 4- 5 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan
a)10 Menit, b)20 Menit, c)30 Menit

Ketiga spesimen dari setiap variasi telah memenuhi kriteria produk. Selanjutnya dilakukan pengukuran warna dengan menggunakan *software CorelDraw* yang kemudian diolah datanya dengan *software Mixrosoft Excel*. Hasil pengukuran warna variasi lama waktu pewarnaan dihitung reratanya dan diperoleh hasil yang ditunjukkan oleh gambar 4-12.



Gambar 4- 6 Hasil Pengukuran Warna Variasi Lama Waktu Pewarnaan

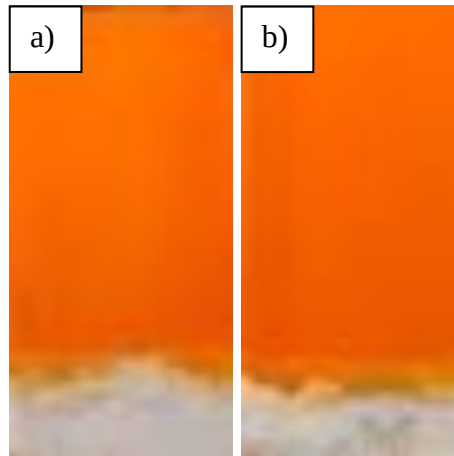
Berdasar kenampakannya proses anodize dengan lama waktu pewarnaan ketiga variasi lama waktu pewarnaan menghasilkan produk dengan penyerapan warna baik dengan tingkat perserbaran/kemerataan warna yang konsisten. Namun dari hasil pengukuran warna dengan data pada tabel dan grafik di atas hasil dengan penyimpangan perbedaan warna paling rendah dihasilkan dari proses pewarnaan 20 menit ditunjukkan dengan nilai deviasi yang lebih kecil dibandingkan lama pewarnaan 10 menit dan 30 menit. Oleh karena itu pada variasi percobaan selanjutnya parameter lama waktu pewarnaan yang ditetapkan adalah 20 menit.

4.4 Pengaruh Perbandingan Larutan Elektrolit Terhadap Hasil Anodize

Pada variasi perbandingan larutan elektrolit variabel yang ditetapkan berdasar pada percobaan variasi sebelumnya adalah kuat arus 6 ampere, lama waktu anodize 30 menit, dan lama waktu pewarnaan 20 menit.

Pada percobaan variasi perbandingan larutan elektrolit ini hasil pada perbandingan larutan elektrolit 1:3 menunjukkan ketidakberhasilan perlakuan *anodizing* sehingga tidak dapat dilakukan pengukuran persebaran warna dan dianggap gagal. Hasil dari percobaan variasi perbandingan larutan elektrolit

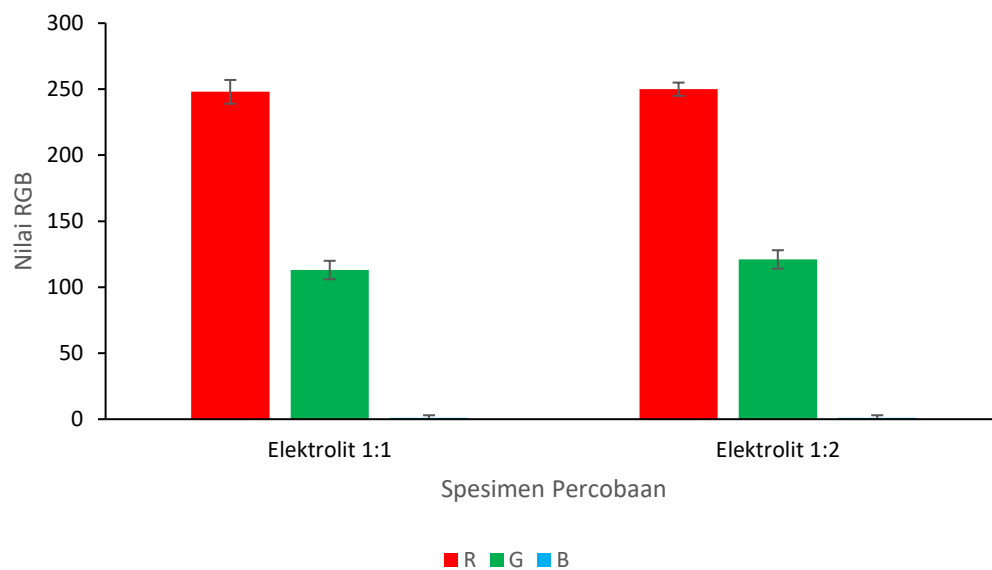
kemudian diambil gambarnya untuk diukur warnanya. Hasil pengambilan gambar ditunjukkan pada gambar 4-13 hingga 4-14.



Gambar 4- 7 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit

a)Perbandingan 1:1), b)Perbandingan 1:2

Ketiga spesimen dari setiap variasi yang telah memenuhi kriteria produk selanjutnya diukur nilai warnanya dengan menggunakan *software CorelDraw* yang kemudian diolah datanya dengan *software Mixrosoft Excel*. Hasil pengukuran warna variasi perbandingan larutan elektrolit dihitung reratanya dan diperoleh hasil yang ditunjukkan oleh gambar 4-15.

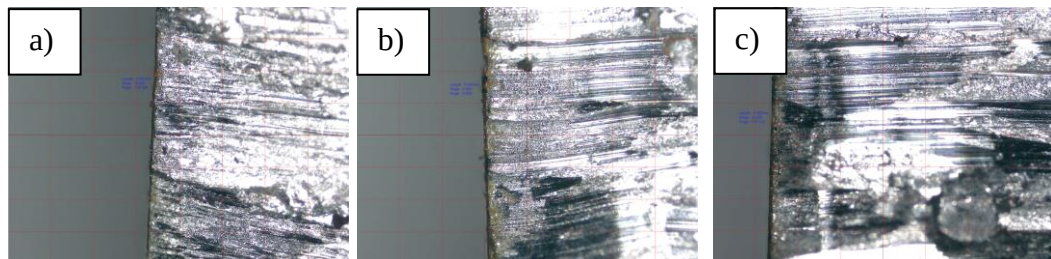


Gambar 4- 8 Hasil Pengukuran Warna Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit

Secara kenampakan hasil akhir perlakuan kedua larutan elektrolit menghasilkan kepekatan warna yang baik dan kemerataan warna yang konsisten. Berdasarkan data hasil pengukuran warna kedua larutan elektrolit juga menunjukkan hasil yang nyaris serupa ditinjau dari konsistensi persebaran warna pada setiap titiknya. Namun penyimpangan warna yang lebih kecil ditunjukkan dari hasil pengukuran warna pada perbandingan larutan elektrolit 1:2 sehingga berdasarkan pada data larutan elektrolit 1:2 memberikan hasil yang lebih konsisten dan serupa pada setiap titiknya dari larutan elektrolit 1:1.

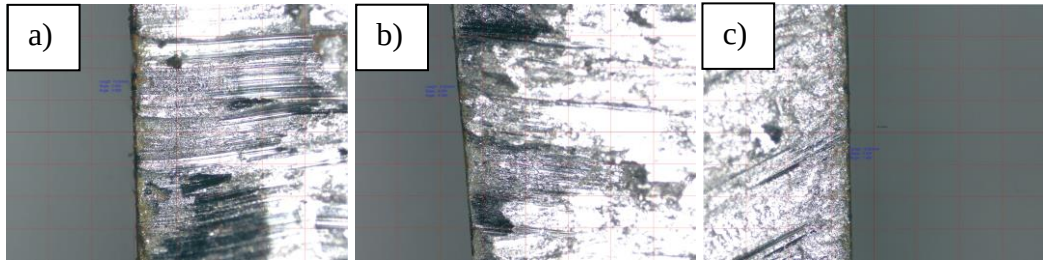
4.5 Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Warna Hasil *Anodize*

Pengamatan ini dilakukan dengan melihat kedalaman peresapan pewarna pada aluminium yang telah di-*anodize* menggunakan mikroskop. Spesimen yang telah diukur warnanya dibelah menjadi dua dan diamati pada bagian sudut potongan untuk melihat ketebalan warna yang meresap pada spesimen. Hasil pengamatan struktur makro ketebalan warna hasil *anodize* ditunjukkan oleh gambar 4-16 hingga 4-23.



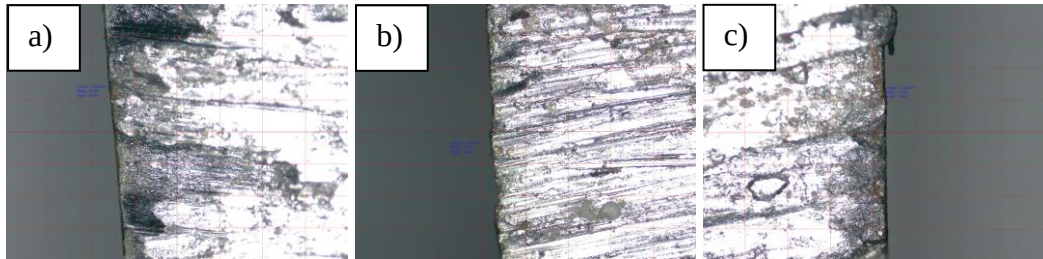
Gambar 4- 9 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil *Anodize* Variasi Kuat Arus

a)2 Ampere, b)6 Ampere, c)10 Ampere



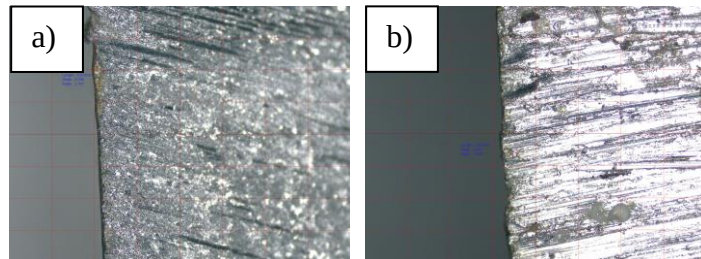
Gambar 4- 10 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Lama Waktu *Anodize*

a)20 Menit, b)30 Menit, c)40 Menit



Gambar 4- 11 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Lama Waktu Pewarnaan

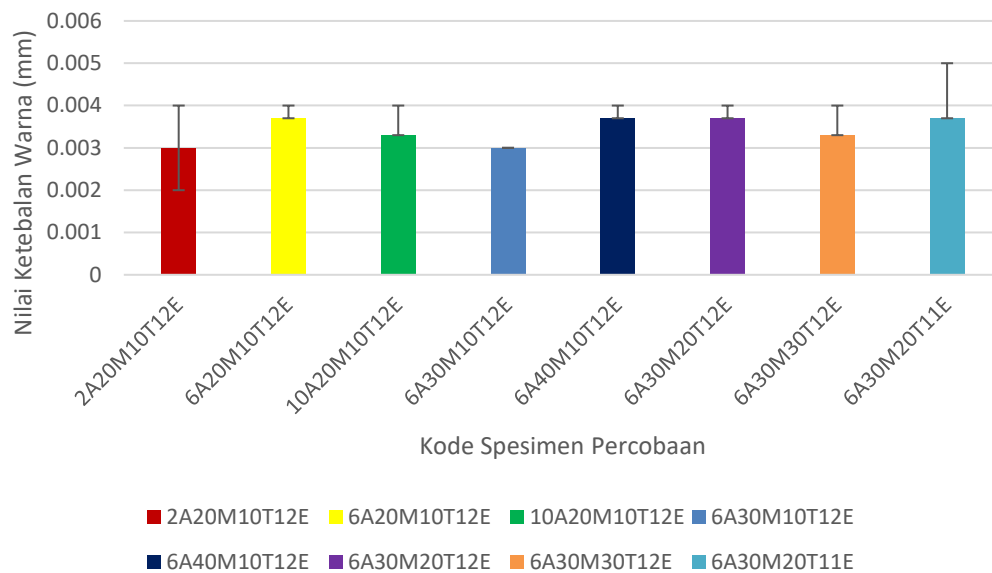
a)10 Menit, b)20 Menit, c)30 Menit



Gambar 4- 12 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1

a)Elektrolit 1:1, b)Elektrolit 1:2

Ketebalan warna yang meresap pada aluminium diukur dengan pada bagian adanya warna kuning di bagian tepi spesimen seperti yang dapat dicermati pada gambar hasil pengamatan struktur makro. Nilai-nilai ketebalan peresapan warna dari setiap spesimen dapat diamati pada grafik gambar 4-24.



Gambar 4- 13 Hasil Pengukuran Ketebalan Warna Pengamatan Struktur Makro

Seperti dapat dilihat pada gambar diatas, spesimen dengan kode 2A20M10T12E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 2 Ampere dengan lama waktu anodize 20 menit, waktu pewarnaan 10 menit dan perbandingan elektrolit 1:2 rerata nilai ketebalannya adalah 0.003 mm. Spesimen dengan kode 6A20M10T12E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 6 Ampere dengan lama waktu anodize 20 menit, waktu pewarnaan 10 menit, dan perbandingan elektrolit 1:2 rerata nilai ketebalannya adalah 0.0037 mm. Spesimen dengan kode 10A20M10T12E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 10 Ampere dengan lama waktu anodize 20 menit, waktu pewarnaan 10 menit, dan perbandingan elektrolit 1:2 rerata nilai ketebalannya adalah 0.0033 mm. Spesimen dengan kode 6A30M10T12E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 6 Ampere dengan lama waktu anodize 30 menit, waktu pewarnaan 10 menit, dan perbandingan elektrolit 1:2 rerata nilai ketebalannya adalah 0.003 mm. Spesimen dengan kode 6A40M10T12E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 6 Ampere dengan lama waktu anodize 40 menit, waktu pewarnaan 10 menit, dan perbandingan elektrolit 1:2 rerata nilai ketebalannya adalah 0.0037 mm. Spesimen dengan kode 6A30M20T12E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 6 Ampere dengan lama waktu anodize 30 menit, waktu pewarnaan 20 menit, dan perbandingan elektrolit 1:2 rerata nilai ketebalannya adalah 0.0037 mm. Spesimen dengan kode

6A30M30T12E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 6 Ampere dengan lama waktu anodize 30 menit, waktu pewarnaan 30 menit, dan perbandingan elektrolit 1:2 rerata nilai ketebalannya adalah 0.0033 mm. Spesimen dengan kode 6A30M20T11E yaitu spesimen yang dibuat dengan arus 6 Ampere dengan lama waktu anodize 30 menit, waktu pewarnaan 20 menit, dan perbandingan elektrolit 1:1 rerata nilai ketebalannya adalah 0.0037 mm. Ketebalan warna hasil *anodizing* memiliki rentang ketebalan 0.002 – 0.005 mm. Rerata dari ketiga spesimen pada setiap variasinya memiliki rentang 0.00267 - 0.00367 mm. Rentang perbedaan nilai ketebalan ini sangat kecil pada setiap variasinya sehingga dapat disimpulkan bahwa pada setiap variasi percobaan dihasilkan pengikisan permukaan yang serupa kedalamannya. Hanya saja pada setiap variasi pengikisan pada permukaan aluminium ini tidak sama kemerataannya.

4.6 Pengujian Ketahanan Asam

Pengujian ketahanan asam ini dilakukan untuk mengetahui kepekatan warna hasil aluminium anodizing pasca dilakukannya pengujian. Sebelumnya aluminium dibelah menjadi dua bagian menggunakan gergaji tangan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4-25.



Gambar 4- 14 Pembelahan Spesimen

Pengujian ini dilakukan dengan mencelupkan spesimen kedalam larutan H_2SO_4 98% 100ml dengan lama waktu pencelupan 10 menit. Sebelumnya spesimen dibelah menjadi 2 bagian secara vertikal. Hanya salah satu bagian

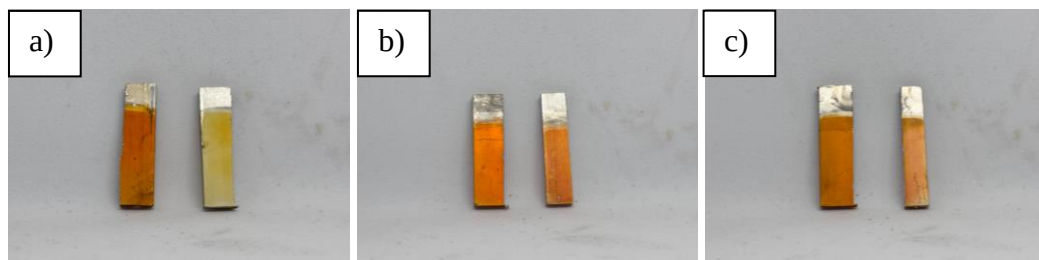
spesimen yang akan diberikan perlakuan. Visualisasi mengenai pengujian ketahanan asam ditunjukkan oleh gambar 4-26.



Gambar 4- 15 Pengujian Ketahanan Asam

4.6.1 Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Ketahanan Asam

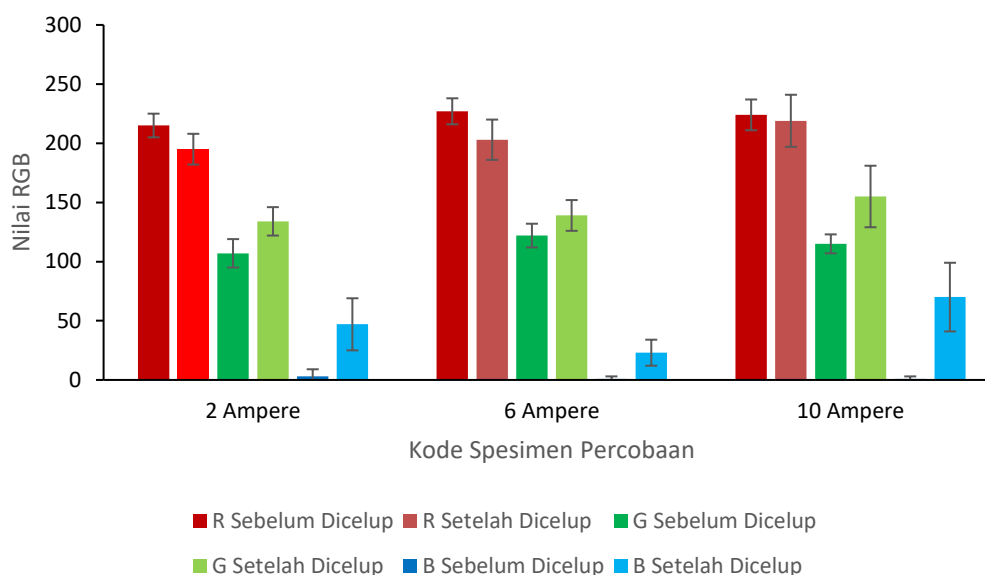
Pada percobaan ini ketiga spesimen dari setiap variasi kuat arus, yakni 2 Ampere, 6 Ampere, dan 10 Ampere dengan parameter lain ditetapkan sama dengan pengujian sebaran warna dicelupkan ke dalam cairan asam H_2SO_4 98% sebanyak 100gr selama 10 menit. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan oleh gambar 4-27 hingga 4-29.



Gambar 4- 16 Hasil Percobaan Variasi Kuat Arus Terhadap Ketahanan Asam

a)2 Ampere, b)6 Ampere, c)10 Ampere

Spesimen terpotong sebelah kiri merupakan bagian yang tidak diberi perlakuan uji asam sedangkan sebelah kanan adalah bagian yang diberi perlakuan. Terjadi perubahan kenampakan warna pada spesimen yang sama setelah dilakukan percobaan yang pengukuran warnanya dapat dilihat pada grafik gambar 4-30.



Gambar 4- 17 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Kuat Arus

Berdasarkan grafik pada gambar 4-30 terjadi penurunan rerata konsentrasi warna merah pada spesimen yang diberikan perlakuan. Penurunan rerata konsentrasi ini berakibat pada kepekatan warna yang menempel pada spesimen. Meskipun penurunan ini tergolong kecil, berkurangnya konsentrasi warna merah ini terjadi di setiap variasi kuat arus sehingga tingkat kenampakan warna merah menyala pada setiap spesimen menurun.

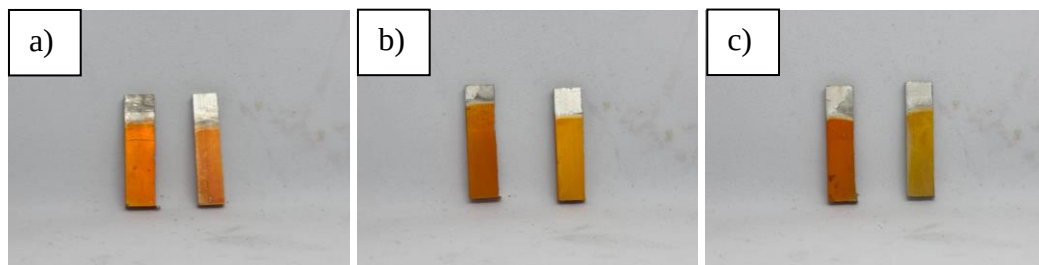
Selanjutnya terdapat kenaikan rerata konsentrasi warna hijau dan biru pada setiap spesimen. Kenaikan konsentrasi pada kedua komponen warna ini sangat tinggi terutama pada komponen warna biru yang menyebabkan kenaikan kecerahan pada warna mendekati warna putih. Hal ini mengindikasikan kelunturan pada warna mula-mula menyebabkan spesimen kembali mendekati ke warna aslinya.

Komponen yang sangat berpengaruh dari perubahan kepekatan warna hasil *anodize* adalah penambahan dari rerata nilai warna hijau dan biru yang mana kenaikan ini menyebabkan peningkatan kecerahan warna campuran ketiga komponen warna menjadi cenderung putih. Kondisi ini mengindikasikan warna spesimen kembali ke warna aslinya (warna aluminium) yang tergolong cerah atau dengan kata lain terjadi kelunturan. Dari ketiga variasi, kuat arus dengan pengurangan kualitas warna paling kecil dihasilkan oleh kuat arus 6 Ampere

dengan tingkat penurunan konsentrasi warna merah serta kenaikan konsentrasi warna hijau dan biru yang lebih minim.

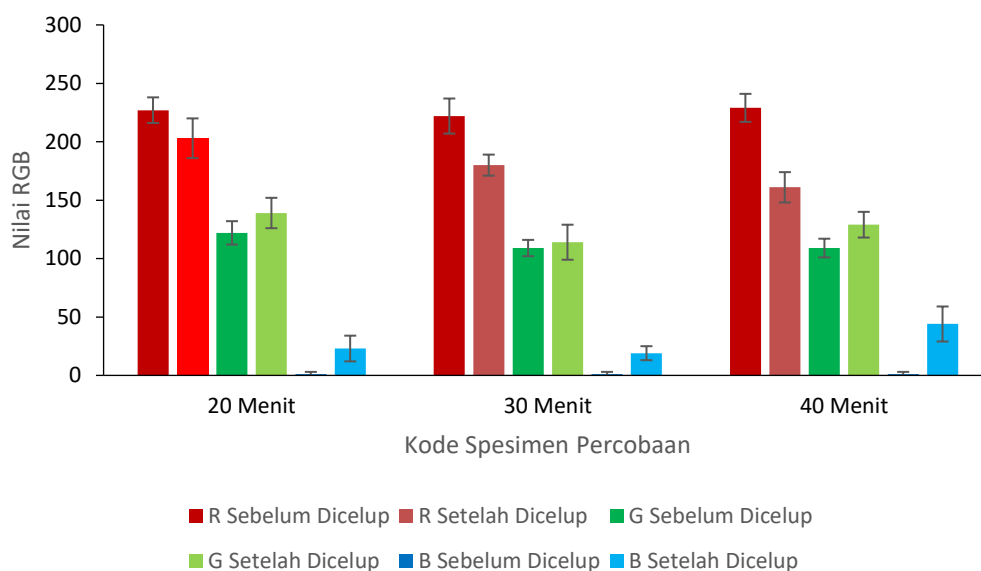
4.6.2 Pengaruh Variasi Lama Waktu Anodize Terhadap Ketahanan Asam

Pada Percobaan ini ketiga spesimen dari setiap variasi Lama Waktu Anodize, yakni 20 Menit, 30 Menit, dan 40 Menit dengan parameter lain ditetapkan sama dengan pengujian sebaran warna dicelupkan kedalam cairan asam H_2SO_4 98% 100ml selama 10 menit. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan oleh gambar 4-31 hingga 4-33.



Gambar 4- 18 Hasil Percobaan Waktu Anodize Terhadap Ketahanan Asam
a)20 Menit, b)30 Menit, c)40 Menit

Spesimen terpotong sebelah kiri merupakan bagian yang tidak diberi perlakuan uji asam sedangkan sebelah kanan adalah bagian yang diberi perlakuan. Terjadi perubahan kenampakan warna pada spesimen yang sama setelah dilakukan percobaan yang pengukuran warnanya dapat dilihat pada grafik gambar 4-34.



Gambar 4- 19 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Lama Waktu *Anodize*

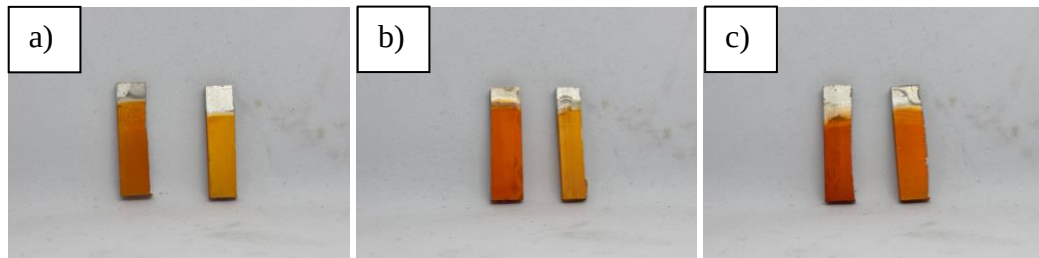
Pada variasi lama waktu anodize ini terjadi penurunan rerata konsentrasi warna merah pada setiap variasinya. Rerata komponen warna merah yang berkurang paling kecil terdapat pada variasi lama waktu anodize 20 menit, diikuti oleh lama waktu 30 menit, dan dengan nilai pengurangan paling besar adalah pada lama waktu 40 menit. Hal ini berpengaruh pada kenampakan warna merah menyala pada spesimen.

Selanjutnya terdapat peningkatan rerata konsentrasi warna hijau dan biru pada setiap variasi. Rerata peningkatan nilai warna hijau paling besar terjadi pada lama waktu anodize 40 menit, diikuti dengan lama waktu 20 menit, dan peningkatan paling kecil terjadi pada lama waktu 30 menit. Urutan ini juga serupa terhadap peningkatan warna biru pada semua variasi.

Kenaikan rerata nilai warna hijau dan biru yang signifikan dengan diiringi penurunan rerata nilai warna merah yang minim menyebabkan hasil akhir warna campuran ketiga komponen RGB menjadi lebih cerah, mengindikasikan adanya kelunturan warna yang semula pekat menjadi memudar. Dari ketiga variasi, kuat arus dengan pengurangan kualitas warna paling kecil dihasilkan oleh lama waktu anodize 30 menit dengan tingkat penurunan konsentrasi warna merah serta kenaikan konsentrasi warna hijau dan biru yang lebih minim.

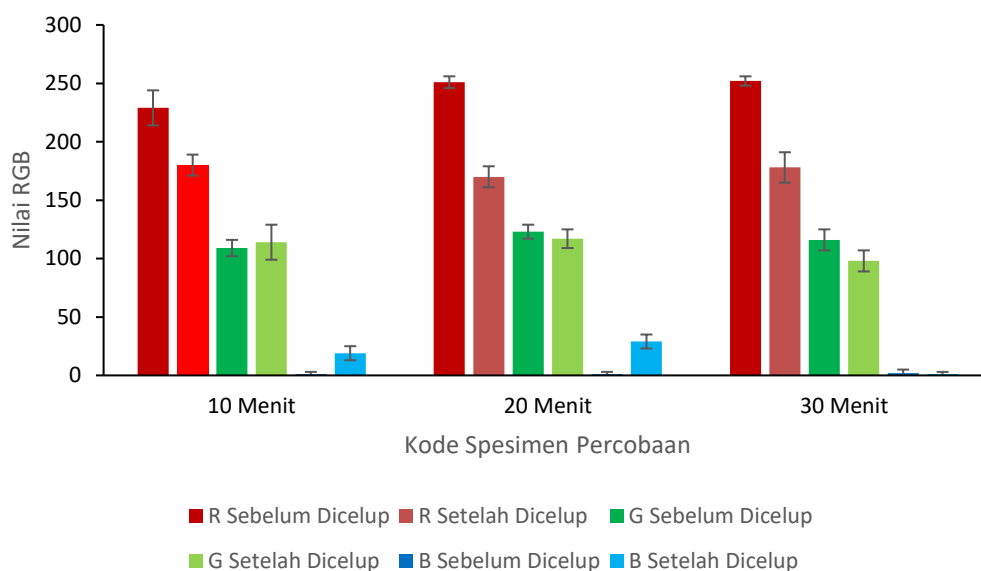
4.6.3 Pengaruh Variasi Lama Waktu Pewarnaan Terhadap Ketahanan Asam

Pada Percobaan ini ketiga spesimen dari setiap variasi Lama Waktu Pewarnaan, yakni 10 Menit, 20 Menit, dan 30 Menit dengan parameter lain ditetapkan sama dengan pengujian sebaran warna dicelupkan kedalam cairan asam H_2SO_4 98% 100ml selama 10 menit. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan oleh gambar 4-35 hingga 4-37.



Gambar 4- 20 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan Terhadap Ketahanan Asam
a)10 Menit, b)20 Menit, c)30 Menit

Spesimen terpotong sebelah kiri merupakan bagian yang tidak diberi perlakuan uji asam sedangkan sebelah kanan adalah bagian yang diberi perlakuan. Terjadi perubahan kenampakan warna pada spesimen yang sama setelah dilakukan percobaan yang pengukuran warnanya dapat dilihat pada grafik gambar 4-38.



Gambar 4- 21 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Lama Waktu Pewarnaan

Pada hasil pengukuran warna variasi lama waktu pewarnaan ini terjadi penurunan rerata konsentrasi warna merah pada setiap variasinya. Rerata komponen warna merah yang berkurang paling kecil terdapat pada variasi lama waktu anodize 10 menit, diikuti oleh lama waktu 30 menit, dan dengan nilai pengurangan paling besar adalah pada lama waktu 20 menit. Hal ini berpengaruh pada kenampakan warna merah menyala pada spesimen.

Selanjutnya pada variasi lama waktu 10 menit terdapat kenaikan pada rerata konsentrasi warna hijau dan warna biru. Mengindikasikan adanya kelunturan pada warna spesimen variasi lama waktu pewarnaan 10 menit. Kelunturan ini juga terjadi pada lama waktu pewarnaan 20 menit dengan ditunjukkan oleh kenaikan nilai warna biru yang lebih besar dari pada variasi lama waktu 10 menit. Namun pada variasi lama waktu 20 menit komponen warna hijau mengalami pengurangan walaupun masih tergolong kecil sehingga dapat dianggap tidak berpengaruh pada memudarnya warna yang menempel.

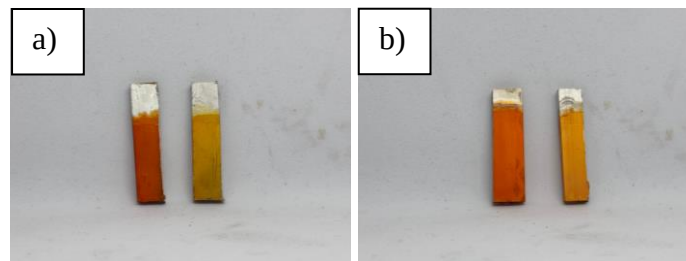
Pada variasi lama waktu pewarnaan 30 menit penurunan rerata konsentrasi warna hijau juga terjadi dengan nilai pengurangan yang lebih besar dibanding dengan lama waktu 20 menit. Namun pada komponen warna biru tidak terjadi perubahan yang cukup signifikan. Perubahan ini tidak mengindikasikan adanya

kelunturan pada warna yang menempel pada spesimen, melainkan mengindikasikan adanya perubahan warna. Perubahan ini disebabkan oleh berkurangnya konsentrasi warna merah dari campuran ketiga komponen RGB. Hal ini menyebabkan perubahan warna menempel pada spesimen dari yang semula lebih menyala menjadi lebih kusam.

Hasil terbaik terdapat pada lama waktu pewarnaan 30 menit dengan tidak adanya kelunturan warna pada spesimen, namun harus ditolerir dengan adanya perubahan warna yang secara kenampakannya lebih semu/kusam.

4.6.4 Pengaruh Variasi Lama Waktu Pewarnaan Terhadap Ketahanan Asam

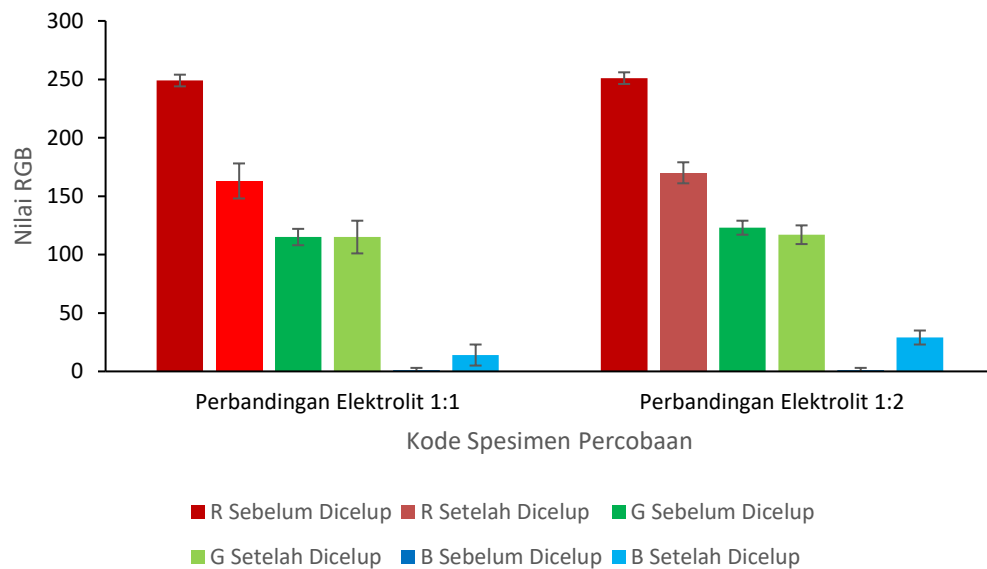
Pada Percobaan ini ketiga spesimen dari variasi perbandingan larutan elektrolit 1:1 dan 1:2 dengan parameter lain ditetapkan sama dengan pengujian sebaran warna dicelupkan kedalam cairan asam H_2SO_4 98% 100ml selama 10 menit. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan oleh gambar 4-39 dan 4-40.



Gambar 4- 22 Hasil Percobaan Perbandingan Larutan Elektrolit Terhadap Ketahanan Asam

a)Elektrolit 1:1, b)Elektrolit 1:2

. Pada perbandingan larutan elektrolit 1:3 tidak dilakukan pengujian ketahanan asam oleh karena hasil dari perlakuan gagal. Spesimen terpotong sebelah kiri merupakan bagian yang tidak diberi perlakuan uji asam sedangkan sebelah kanan adalah bagian yang diberi perlakuan. Terjadi perubahan kenampakan warna pada spesimen yang sama setelah dilakukan percobaan yang pengukuran warnanya dapat dilihat pada grafik gambar 4-41.



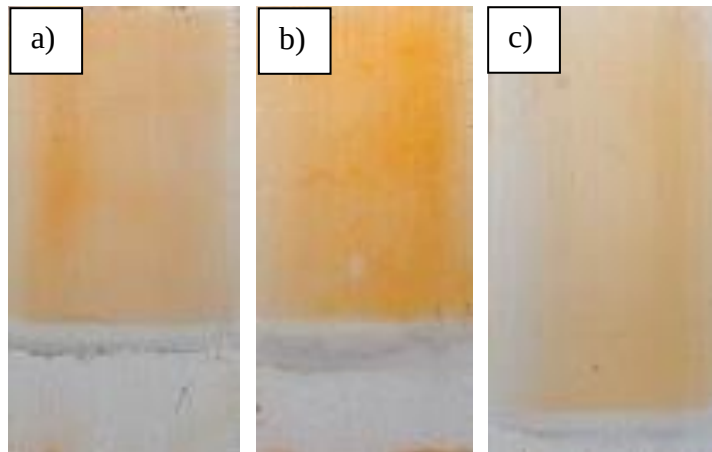
Gambar 4- 23 Hasil Pengukuran Warna Uji Asam Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit

Kedua variasi perbandingan larutan elektrolit 1:1 dan 1:2 memiliki nilai pengukuran konsentrasi warna RGB yang identik. Terdapat pengurangan rerata konsentrasi warna merah pada kedua variasi, menyebabkan berkurangnya kecerahan warna tampak merah pada spesimen. Rerata konsentrasi warna hijau pada kedua variasi tersebut terlihat tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, pada perbandingan larutan elektrolit 1:1 tidak ada perubahan. Pada rerata konsentrasi warna biru di kedua variasi menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal inilah yang menyebabkan adanya kenaikan kecerahan warna pada spesimen yang mengindikasikan kelunturan.

Kedua variasi menghasilkan kualitas akhir yang hampir sama ketahanannya. Namun berdasarkan data pengukuran sebaran warna kualitas ketahanan yang lebih baik adalah pada perbandingan larutan elektrolit 1:1.

4.7 Analisis Kegagalan

Kegagalan pada proses aluminium anodizing meliputi warna yang tidak menempel pada permukaan aluminium yang telah melewati proses anodizing dan ketidakmerataan distribusi warna pada permukaan aluminium setelah dilakukannya pewarnaan.



Gambar 4- 24 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:3

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3

Melihat kegagalan hanya terjadi pada variasi perbandingan larutan elektrolit 1:3 mengindikasikan bahwa penyebab dari ketidakmerataan distribusi warna pada proses pewarnaan aluminium anodizing adalah pada proses elektrolisisnya. Proses elektrolisis sendiri dipengaruhi oleh kuat arus dan campuran elektrolitnya. Kedua aspek tersebut berpengaruh pada kuat atau lemahnya reaksi elektrolisis pada katoda dan anoda yang pada proses aluminium anodizing ditunjukkan dengan reaksi perusakan permukaan aluminium. Kuat arus yang lebih besar dan larutan elektrolit yang mengandung zat konduktor listrik lebih banyak menghasilkan tingkat perusakan permukaan yang lebih baik pada aluminium anodizing, begitu pula sebaliknya.

Zat pewarna terserap dan mengisi ruang pada permukaan aluminium yang terkikis sehingga warna dapat terdistribusi merata apabila permukaan aluminium terkikis merata juga. Oleh karena itu kualitas persebaran warna pada proses pewarnaan aluminium anodizing dipengaruhi oleh tingkat perusakan permukaan aluminium dari reaksi elektrolisisnya. Semakin baik reaksi elektrolisisnya, semakin merata perusakan permukaan aluminiumnya yang berarti semakin baik juga persebaran warnanya.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan pembahasan yang telah dipaparkan di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Paramater terbaik untuk proses anodizing dengan pewarna sintetis untuk mendapatkan kualitas sebaran warna yang merata adalah dengan kuat arus 6 Ampere, lama waktu *anodizing* 30 menit, lama waktu pewarnaan 20 menit, dan perbandingan larutan elektrolit 1:2.
2. Zat asam memberikan pengaruh bersifat merusak pada lapisan pewarna hasil anodizing ditandai dengan adanya kelunturan ataupun perubahan warna pada semua spesimen percobaan dengan parameter yang paling berpengaruh adalah lama waktu pewarnaan.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

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

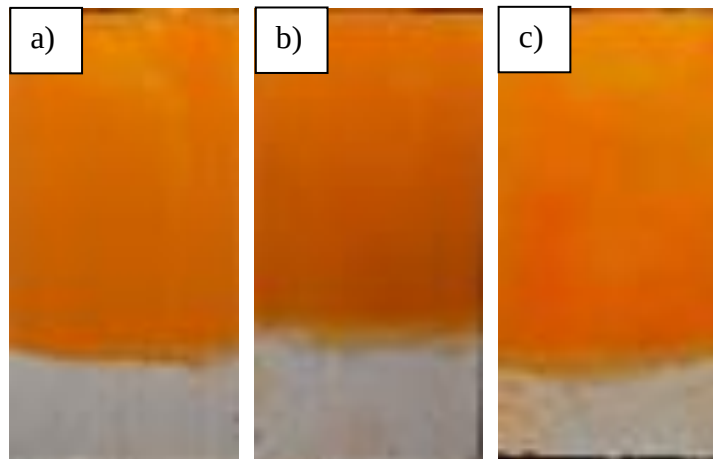
1. Melakukan uji ketahanan hasil pewarnaan proses *anodizing* dengan parameter faktor berpengaruh pada kehidupan sehari-hari
2. Melakukan percobaan proses anodizing dengan memvariasikan jenis larutan asam pada campuran larutan elektrolit

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto A, Suwardiyono, L. K. (2016). Pengaruh Kuat Arus Dan Waktu Terhadap Hasil Pewarnaan Dan Massa Aluminium Pada Proses Anodizing Dengan Elektrolit H_2SO_4 15%. *Inovasi Teknik Kimia*, 1(2010).
- Asmeati, Ali, M. Y., Purnama, I., & Paloboran, M. (2016). Analisis Uji Mekanik dan Struktur Makro dan Mikro Terhadap Material Komposit Dengan Arah Acak Serat Ampas Tebu. *Media Komunikasi Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 91–102.
- Budiyono, A., & Widayat, W. (2013). Pemanfaatan Aluminium Skrap Sebagai Bahan Baku Industri Kecil Pengecoran Logam Non Ferro Melalui Perlakuan Pada Logam Cair (Solution Treatment) Dengan Rotary Degasser. *Saintekno*, 11(1), 21–34.
- Nugroho, F. (2014). Pengaruh Rapat Arus Dan Waktu Anodizing Terhadap Laju Keausan Permukaan Pada Aluminium Paduan Aa 2024-T3. *Jurnal Foundry*, 4(1), 1–8.
- Hutasoit, M. R. (2008). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Asam Oksalat Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida Pada Aluminium Foil Hasil Proses Anodisasi. 5–18.
- Kaufman, J. G. (2000). Introduction to Aluminium Alloys and Tempers. In ASM International.
- Masruri, D. (2019). Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam Sulfat Terhadap Ketahanan Korosi Hasil Proses Anodisasi Aluminium. *Seminar Nasional – XVIII*, 1–7.
- Habibi, M.L. & Susiana, A. (2021). Karakterisasi Recycle Aluminium Scrap Untuk Piston. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(2), 67–74.
- Prabowo, D. A., & Abdullah, D. (2018). Deteksi dan Perhitungan Objek Berdasarkan Warna Menggunakan Color Object Tracking. *Pseudocode*, 5(2), 85–91.
- Pujilestari, T. (2015). Review: Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam Untuk Keperluan Industri, 32(2), 93–106.

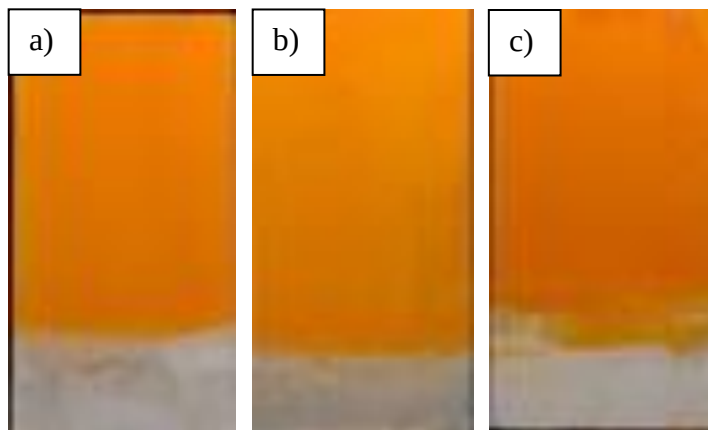
- Sihombing, R. P., Ngatin, A., Junaedi, S. N., & Maulida, W. (2022). Pengaruh Jenis Elektrolit Proses Anodisasi Aluminium Terhadap Efisiensi Proses Dan Sifat Mekanik (Kekerasan) Permukaan Dan Ketebalan Lapisan Oksida. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya*, 6(2), 24–29.
- Sitepu, C. (2021). Identifikasi Kesulitan Dan Miskonsepsi Kimia Umum Pada Mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Hkbp Nommensen. *Jurnal Suluh Pendidikan*, 9(2), 107–114.

LAMPIRAN



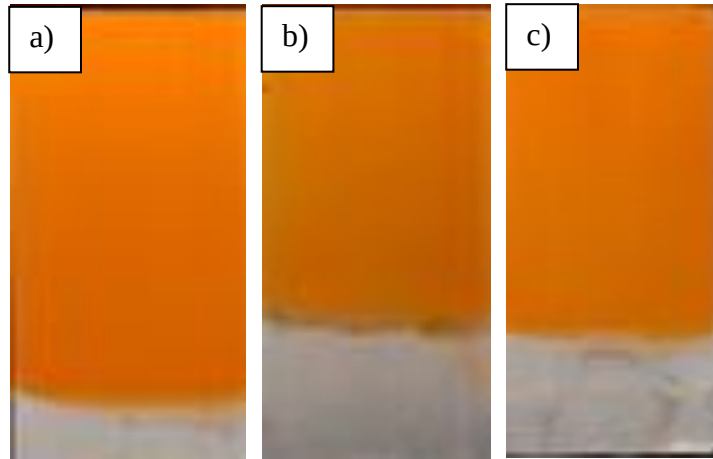
Gambar 4- 25 Hasil Percobaan Kuat Arus 2 Ampere

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



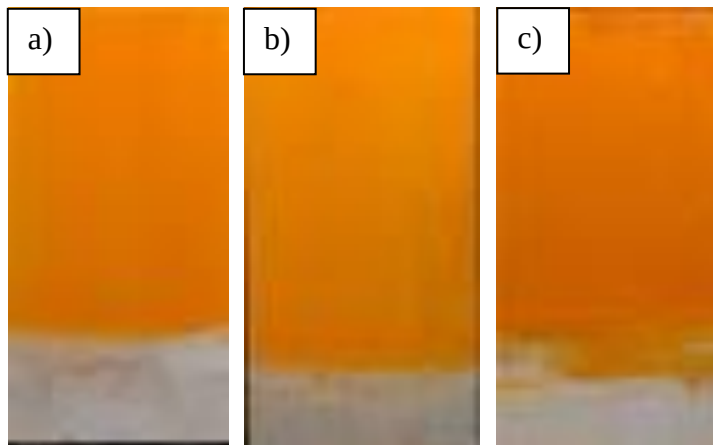
Gambar 4- 26 Hasil Percobaan Kuat Arus 6 Ampere

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



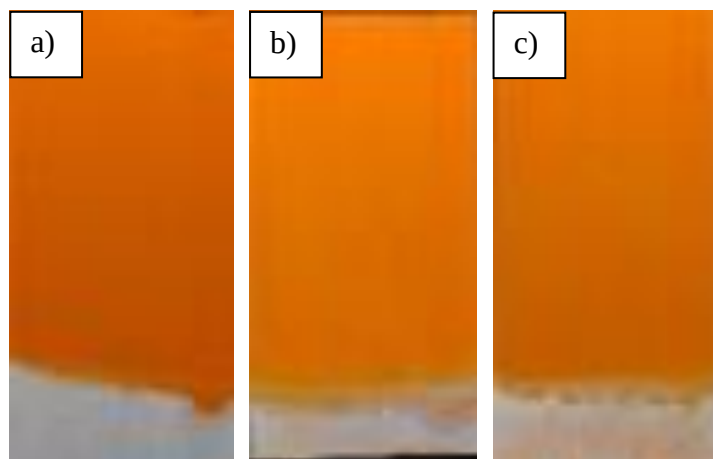
Gambar 4- 27 Hasil Percobaan Variasi Kuat Arus 10 Ampere

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



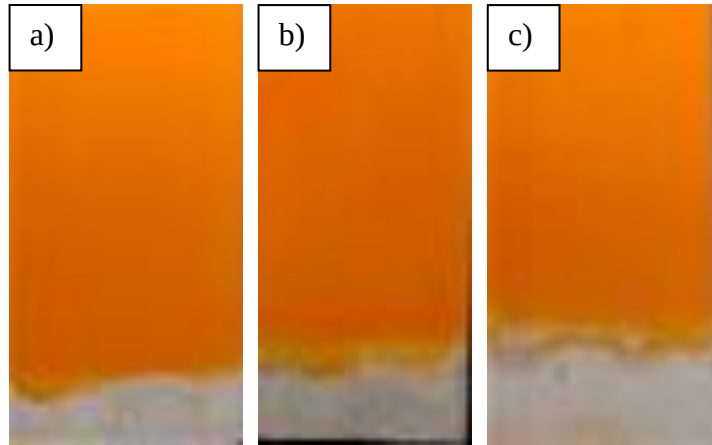
Gambar 4- 28 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Anodize 20 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



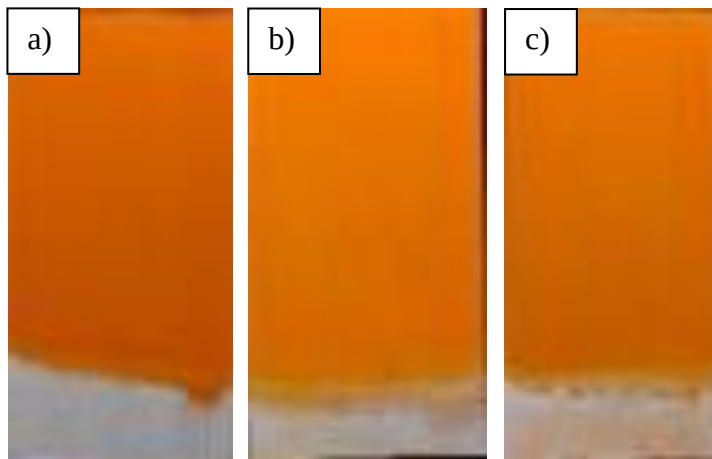
Gambar 4- 29 Hasil Percobaan Lama Waktu Anodize 30 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



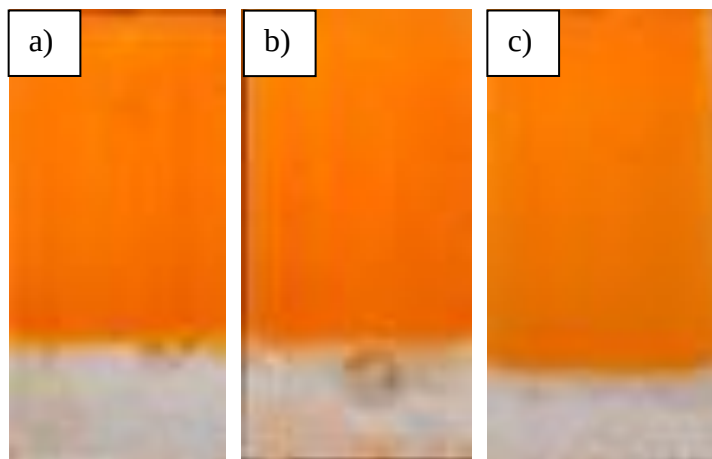
Gambar 4- 30 Hasil Percobaan Lama Waktu Anodize 40 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



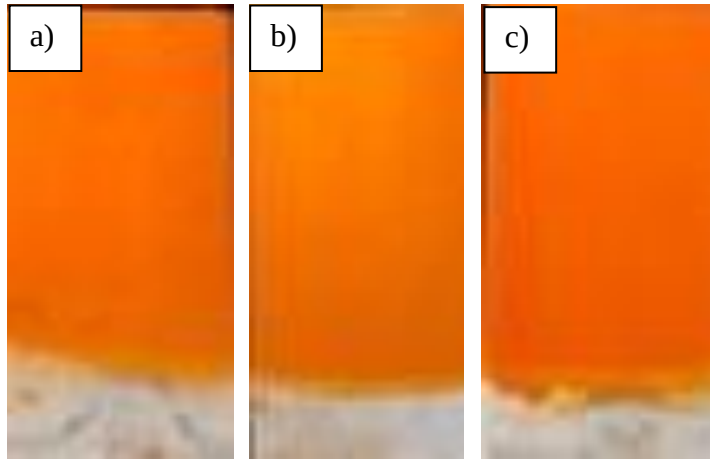
Gambar 4- 31 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan 10 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3

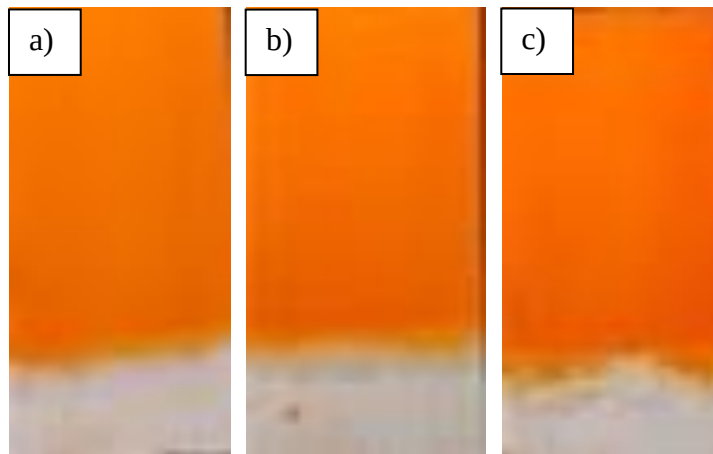


Gambar 4- 32 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan 20 Menit

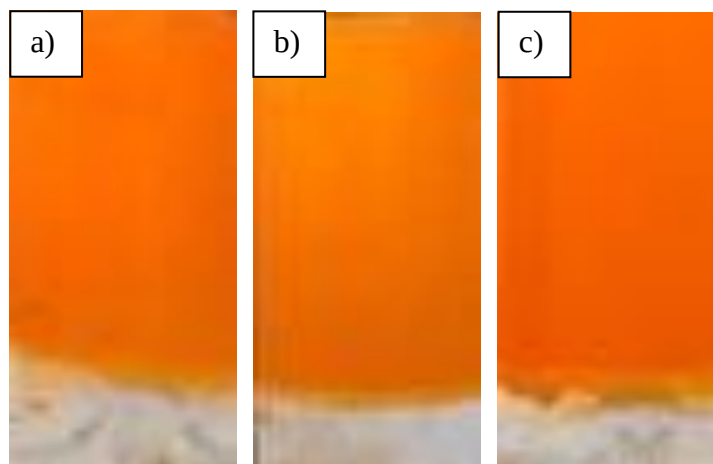
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



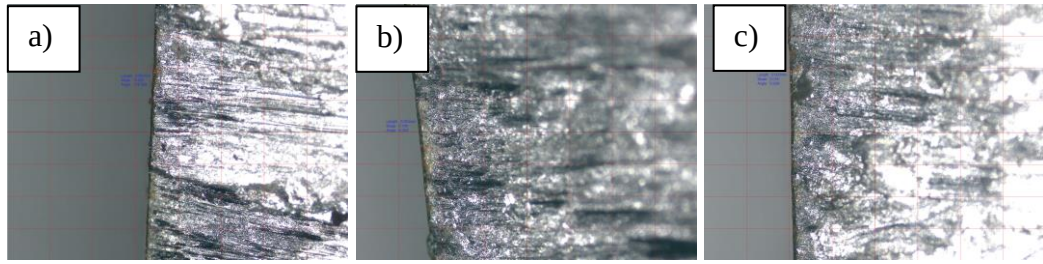
Gambar 4- 33 Hasil Percobaan Variasi Lama Waktu Pewarnaan 30 Menit
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



Gambar 4- 34 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3

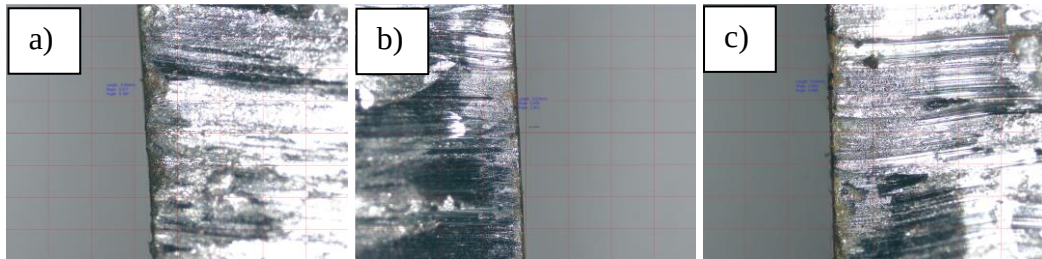


Gambar 4- 35 Hasil Percobaan Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:2
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



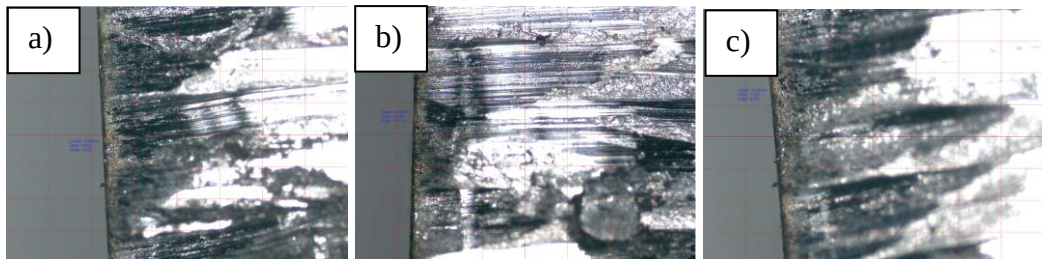
Gambar 4- 36 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil *Anodize* Variasi
Kuat Arus 2 Ampere

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



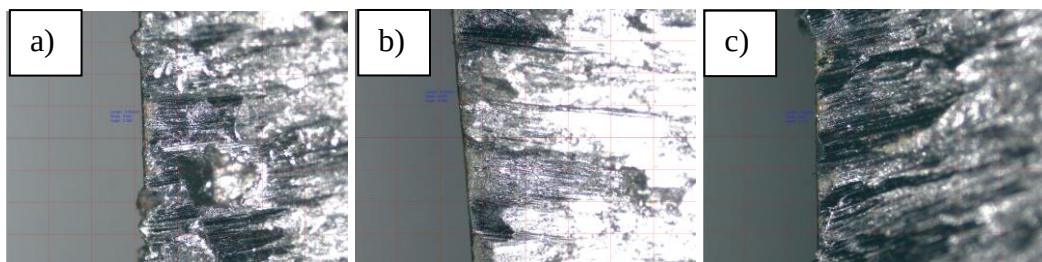
Gambar 4- 37 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Kuat Arus 6 Ampere

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



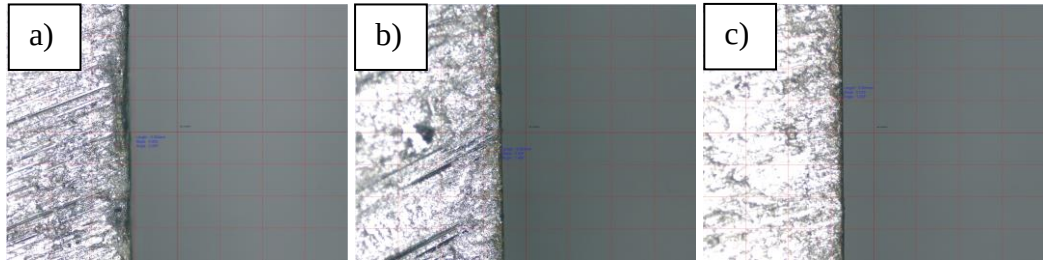
Gambar 4- 38 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Kuat Arus 10 Ampere

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



Gambar 4- 39 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Lama Waktu *Anodize* 30 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



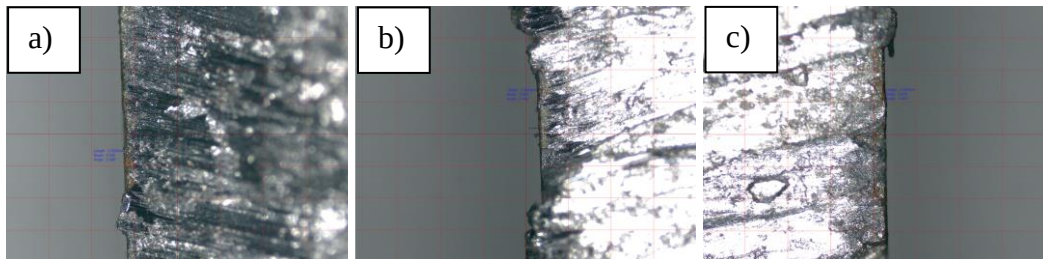
Gambar 4- 40 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Lama Waktu *Anodize* 40 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



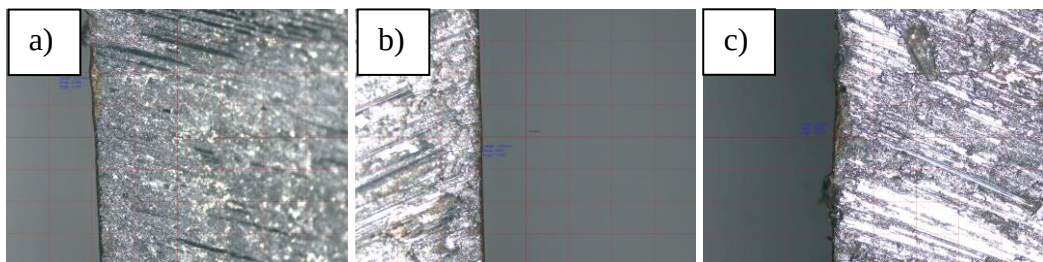
Gambar 4- 41 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Lama Waktu Pewarnaan 20 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



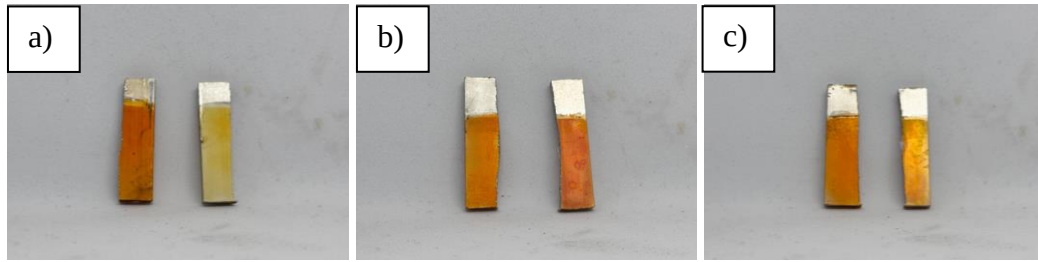
Gambar 4- 42 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Lama Waktu Pewarnaan 30 Menit

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3

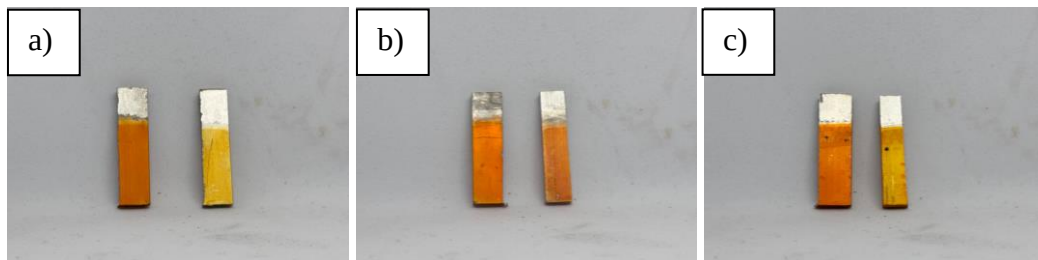


Gambar 4- 43 Hasil Pengamatan Struktur Makro Ketebalan Hasil Anodize
Variasi Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1

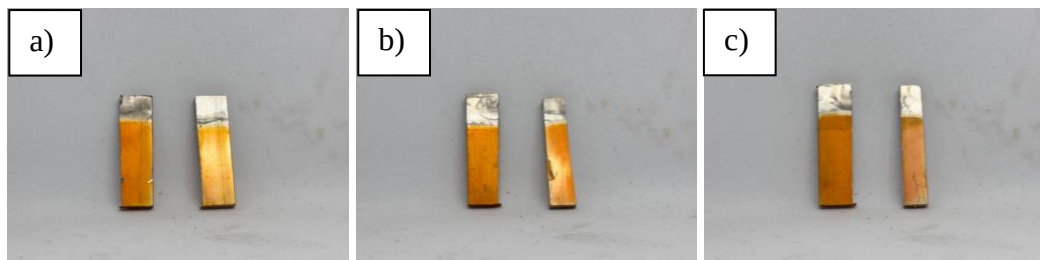
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



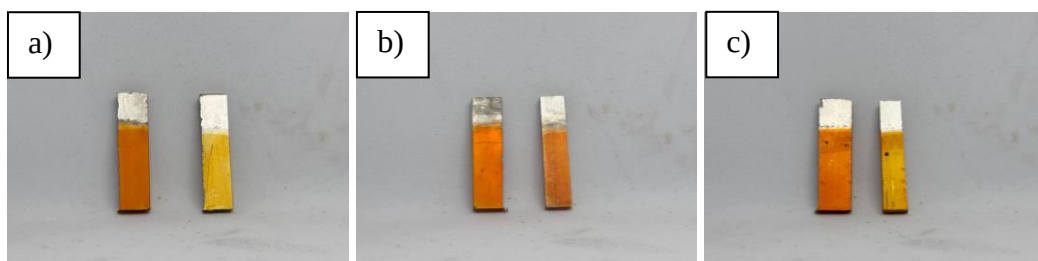
Gambar 4- 44 Hasil Percobaan Kuat Arus 2 Ampere Terhadap Ketahanan Asam
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



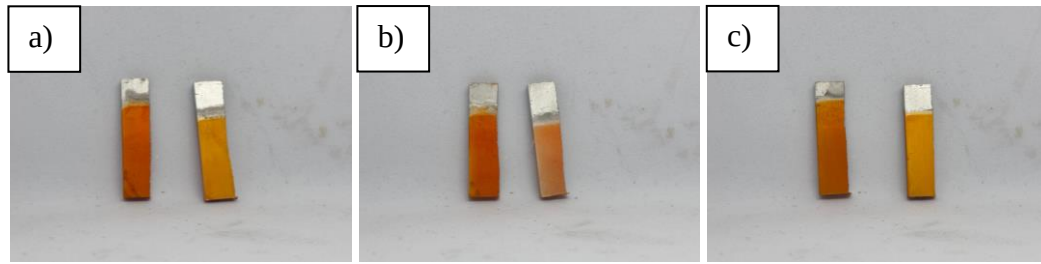
Gambar 4- 45 Hasil Percobaan Kuat Arus 6 Ampere Terhadap Ketahanan Asam
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



Gambar 4- 46 Hasil Percobaan Kuat Arus 10 Ampere Terhadap Ketahanan Asam
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3

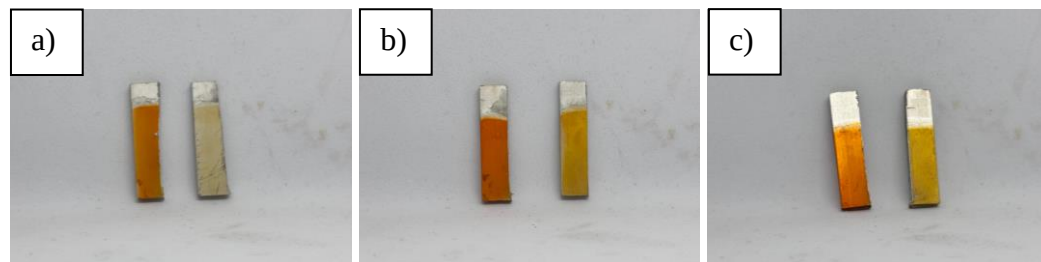


Gambar 4- 47 Hasil Percobaan Waktu Anodize 20 Menit Terhadap Ketahanan
Asam
a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



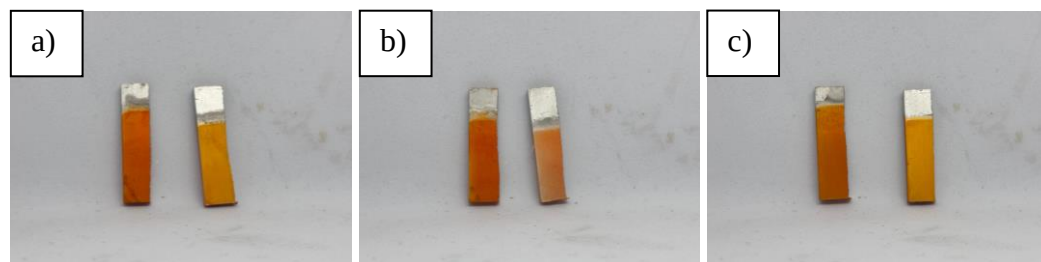
Gambar 4- 48 Hasil Percobaan Waktu Anodize 30 Menit Terhadap Ketahanan Asam

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



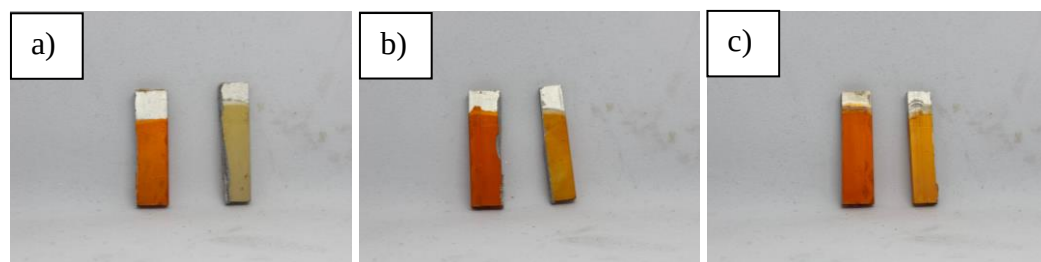
Gambar 4- 49 Hasil Percobaan Waktu Anodize 40 Menit Terhadap Ketahanan Asam

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



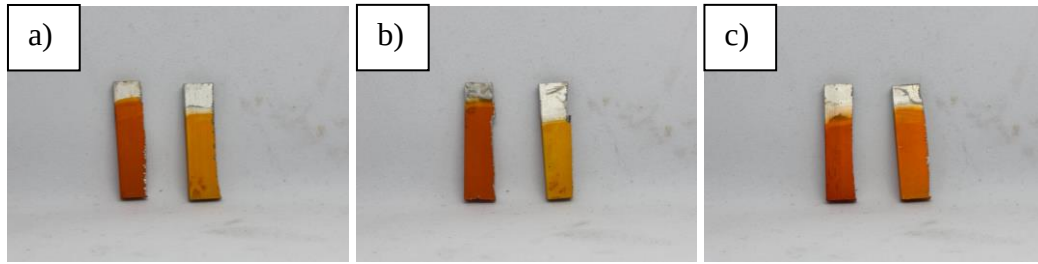
Gambar 4- 50 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan 10 Menit Terhadap Ketahanan Asam

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



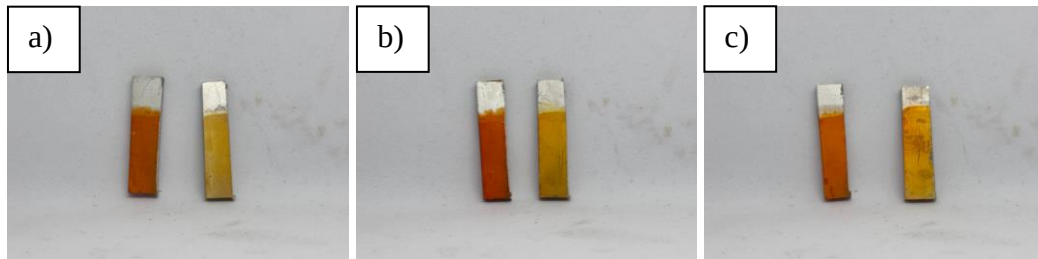
Gambar 4- 51 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan 20 Menit Terhadap Ketahanan Asam

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



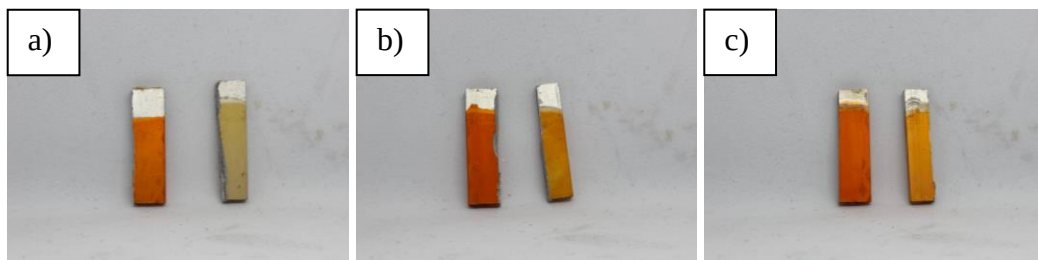
Gambar 4- 52 Hasil Percobaan Waktu Pewarnaan 30 Menit Terhadap Ketahanan Asam

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



Gambar 4- 53 Hasil Percobaan Perbandingan Larutan Elektrolit 1:1 Terhadap Ketahanan Asam

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3



Gambar 4- 54 Hasil Percobaan Perbandingan Larutan Elektrolit 1:2 Terhadap Ketahanan Asam

a)Spesimen 1, b)Spesimen 2, c)Spesimen 3