

**Studi Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses
Pembentukan Al_2O_3 Menggunakan Katoda Karbon Dan
Tembaga**

SKRIPSI

oleh

PRADINI FUJIARTI

0810923068



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2012**

**Studi Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses
Pembentukan Al_2O_3 Menggunakan Katoda Karbon Dan
Tembaga**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Kimia

oleh
PRADINI FUJIARTI
0810923068



JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2012

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Studi Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses
Pembentukan Al_2O_3 Menggunakan Katoda Karbon dan
Tembaga**

oleh

PRADINI FUJIARTI

0810923068

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia**

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir.Bambang Ismuyanto,MS
NIP. 19600504 198603 1 003

Dr. Diah Mardiana, MS
NIP. 19630529 199103 2 002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Dr. H. Sasangka Prasetyawan, MS
NIP. 19630404 198701 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Pradini Fujiarti
NIM : 0810923068
Jurusan : Kimia
Penulis skripsi berjudul :

“Studi Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses Pembentukan Al_2O_3 Menggunakan Katoda Karbon dan Tembaga”

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari tugas akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam tugas akhir ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata tugas akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang,
Yang menyatakan,

Pradini Fujiarti
NIM. 0810923068

Studi Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses Pembentukan Al_2O_3 Menggunakan Katoda Karbon dan Tembaga

ABSTRAK

Anodisasi aluminium menggunakan katoda karbon dan tembaga serta larutan asam sulfat sebagai elektrolit telah dilakukan. Lapisan Al_2O_3 yang terbentuk selanjutnya diuji berdasarkan pada kemampuannya mengadsorpsi ion dikromat atau ion Cr(VI) . Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi larutan elektrolit asam sulfat terhadap jumlah ion Cr^{6+} yang terserap serta membandingkan pengaruh jenis katoda karbon dan tembaga pada pembentukan lapisan Al_2O_3 . Anodisasi, baik untuk katoda tembaga maupun karbon, dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit asam sulfat masing-masing dengan konsentrasi 1,25 M, 1,5 M, 1,75 M dan 2 M. Lapisan Al_2O_3 yang terbentuk diuji melalui adsorpsi larutan dikromat dan jumlah ion logam Cr(VI) yang teradsorpsi dianalisis secara Spektrofotometri Serapan Atom. Dapat disimpulkan bahwa konsentrasi elektrolit asam sulfat berpengaruh terhadap jumlah ion dikromat yang terserap. Penggunaan elektroda karbon, semakin tinggi konsentrasi asam sulfat maka jumlah yang terserap semakin sedikit sebaliknya untuk katoda tembaga semakin meningkat. Meskipun demikian, untuk elektroda karbon jumlah Al_2O_3 yang terbentuk adalah lebih banyak.

Kata kunci : Aluminium, anodisasi, katoda karbon, katoda tembaga, asam sulfat

Study of the Effect of Sulfuric Acid Concentration on Al_2O_3 Formation Process Using Carbon and Copper Cathode

ABSTRACT

Aluminum anodizing using carbon and copper cathode in sulfuric acid solution as the electrolyte have been done. Layer of Al_2O_3 obtained was then tested based on its ability to adsorb dichromate or Cr(VI) ions. This research aims was to study the influence of the concentration of sulfuric acid electrolyte solution on adsorbed Cr^{6+} ions and its was comparing using two type cathode i.e. carbon and copper. Anodizing, both for carbon and copper cathode, in vary of sulfuric acid solution has been carried out using 1.25M, 1.5 M, 1.75 M and 2 M of concentration. The layer of formed Al_2O_3 was specified based on the number of adsorbed Cr(VI) metal ions, which was analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry. It could be concluded that the concentration of sulfuric acid solution has effect on the amount of adsorbed dichromate ions. Therefore, using carbon cathode, the increasing of electrolyte concentration, it gave the decreasing of adsorbed Cr(VI) ions while using copper cathode it was increasing. Even though, the amount of adsorbed Cr(VI) ions was higher using carbon cathode.

Keyword: aluminum, anodizing, carbon cathode, copper cathode, sulfuric acid

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penyusunan skripsi yang berjudul **Studi Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses Pembentukan Al_2O_3 Menggunakan Katoda Karbon dan Tembaga** dapat terselesaikan dengan baik, sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia di Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

Adapun penyusunan laporan ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Bambang Ismuyanto, MS selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan selama penyusunan proposal penelitian, pelaksanaan penelitian hingga penulisan skripsi.
2. Dr. Diah Mardiana, MS selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan selama penyusunan proposal penelitian, pelaksanaan penelitian hingga penulisan skripsi.
3. Dr. Diah Mardiana, MS selaku pembimbing akademik.
4. Dr. Sasangka Prasetyawan, MS, selaku ketua jurusan kimia yang telah memberikan dukungan dalam proses penyelesaian skripsi.
5. Dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyusunan skripsi.
6. Staf pengajar jurusan kimia yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama perkuliahan.
7. Staf pengajaran dan para laboran jurusan kimia atas fasilitas dan kemudahan yang diberikan selama penelitian dan proses penyelesaian skripsi.
8. Kedua orang tua serta kerabat, yang telah memberikan dukungan selama penelitian dan proses penyelesaian skripsi.
9. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi, terutama angkatan 2008 yang telah memberikan semangat dan persahabatan selama ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat berguna serta menambah pengetahuan bagi pihak yang membacanya.

Malang, 2012

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Aluminium	4
2.2.1 Korosi Pada Aluminium	5
2.2 Anodisasi Aluminium	5
2.2.1 Beberapa faktor yang Mempengaruhi Anodisasi.9	
2.2.2 Jenis Katoda Pada Anodisasi	10
2.2.3. Struktur dan Sifat Lapisan Oksida Aluminium.....	10
2.3 Metode Spektroskopi Serapan Atom AAS	11
2.4 Hukum Lambert beer.....	12
2.5 Hipotesis	13
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	14
3.2.1 Alat Penelitian	14
3.2.1 Bahan Penelitian	14
3.3 Tahapan Penelitian.....	14
3.4 Prosedur Penelitian	14
3.4.1 Preparasi Alat dan Bahan	14
3.4.2 Preparasi Larutan Elektrolit	15
3.4.3 Proses Anodisasi Aluminium.....	15

3.4.4 Adsorpsi dan Desorpsi Ion Cr^{6+} oleh Aluminium	
Hasil Anodisasi	15
3.4.5 Pengujian Cr^{6+} dengan Menggunakan	
Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	16
3.5 Analisa Data dan Analisa Hasil	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Preparasi Logam Sebagai Anoda dan Katoda	18
4.2 Proses anodisasi	18
4.3 Penentuan adsorpsi kromat oleh lapisan Al_2O_3	21
4.4 Desorpsi kromat dari lapisan Al_2O_3 dan Pembentukan	
ion krom dengan proses pengasaman	22
4.5 Penentuan Kadar Krom (Cr) Dengan Menggunakan	
Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	22
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	29



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembentukan lapisan oksida pada proses anodisasi	6
Gambar 2.2	Rangkaian Anodisasi	8
Gambar 2.3	Kurva Kalibrasi	13
Gambar 4.1	Ilustrasi Gambar Permukaan Aluminium Hasil Anodisasi	20
Gambar 4.2	Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 pada konsentrasi ion Cr yang terserap untuk katoda berbeda	23
Gambar 4.3	Grafik .Grafik Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Ion Cr yang Terserap dengan Katoda Tembaga	24
Gambar C.1	Kurva Baku Kalium Dikromat	33
Gambar C.3	Rangkaian Alat dan Proses Anodisasi	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisika Alumunium	4
Tabel 2.2	Penggunaan berbagai jenis larutan elektrolit dan hasil anodisasi.....	7
Tabel 4.1	Konsentrasi ion Dikromat teradsorbsi pada lapisan Al_2O_3	22
Tabel 4.2	Perbandingan ion Cr terserap untuk penggunaan katoda karbon terhadap katoda tembaga	23
Tabel C.1	Data Hasil Absorbansi Kurva Baku Kalium Kromat.....	33
Tabel C.2	Data yang diperoleh dari pengukuran menggunakan AAS.....	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Tahapan Penelitian.....	29
Lampiran B	Perhitungan	30
	B.1 preparasi Larutan Elektolit.....	30
	B.2 Pembuatan Larutan NaOH 3 M.....	31
	B.3 Pembuatan Larutan HCL 1:1	31
	B.4 Pembuatan Larutan Kalium Dikromat 0,05 M	31
	B.5 Pembuatan Larutan HCL 2 M.....	32
	B.6 Pembuatan Larutan Stok Kalium Dikromat dengan konsentrasi Cr^{6+} 5 ppm 0,05 M	32
Lampiran C	Data Hasil Penelitian.....	33
	C.1Perhitungan Kurva Baku Kalium Kromat Menggunakan SSA	33
	C.2 Pembuatan Kurva Baku Kalium Kromat	33
	C.3 Rangkaian Alat dan Proses Anodisasi	33
Lampiran D	Analisa Data.....	35



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ketahanan bahan logam, salah satunya adalah logam aluminium, terhadap pengaruh lingkungan dapat ditingkatkan dengan cara anodisasi. Anodisasi aluminium merupakan suatu proses elektrokimia yang mengakibatkan terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan. Proses yang berlangsung secara elektrolisis ini, dilakukan dengan cara menempatkan aluminium sebagai anoda dalam sebuah sel yang mengandung larutan elektrolit tertentu dan sebuah katoda inert [1].

Anodisasi aluminium selain ditujukan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi juga dapat meningkatkan sifat adhesi, menghasilkan bahan isolator listrik serta memperbaiki sifat dekoratif. Salah satu pemanfaatan proses anodisasi adalah dalam industri raket bulu tangkis sehingga dihasilkan produk yang lebih tahan korosi. Berbagai pengembangan metoda anodisasi telah banyak dilakukan untuk memperoleh hasil yang diinginkan[2].

Proses anodisasi umumnya dilakukan melalui beberapa tahap yaitu pencucian, pembilasan, *etching* dan anodisasi. Tingkat keberhasilan anodisasi, antara lain dapat ditentukan oleh ketebalan, kekerasan dan diameter pori lapisan Al_2O_3 yang terbentuk. Ketahanan korosi yang lebih baik dapat dicapai untuk lapisan Al_2O_3 Al_2O_3 yang tebal dan berpori-pori kecil. [3].Keberhasilan anodisasi dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain lama elektrolisis, arus atau potensial, jenis dan konsentrasi larutan elektrolit, serta jenis elektrod. Pada penelitian ini faktor yang dikaji adalah jenis elektroda serta konsentrasi larutan elektrolit.

Pada anodisasi, meskipun sering digunakan katoda inert, seperti karbon, namun berbagai jenis logam dapat digunakan. Salah satu logam yang sering dipakai adalah logam timbal, Pb. Namun, logam ini merupakan logam berat yang memiliki sifat toksik, karenanya diperlukan alternatif logam lain. Pemilihan logam yang diperlukan dapat didasarkan pada kemampuannya sebagai sebuah reduktor atau oksidator. Logam tembaga (Cu), dimungkinkan digunakan sebagai pengganti logam Pb karena memiliki sifat toksisitas lebih rendah, serta memiliki tingkat reduksi yang lebih baik

dibanding logam Pb, selain itu energi potensial Cu lebih tinggi dibanding dengan Pb [4].

Lapisan Al_2O_3 dapat berperan sebagai adsorben, baik untuk gas, cairan ataupun padatan terlarut. Sifat inilah yang menjadi dasar pada proses pewarnaan lapisan yang terbentuk sehingga memberikan peningkatan aspek dekoratif sekaligus meningkatkan ketahanan korosi [5]. Pewarna yang sering digunakan adalah larutan ion Cr.

Pada penelitian ini dilakukan anodisasi dengan menggunakan katoda tembaga dengan larutan asam sulfat sebagai elektrolit. Selanjutnya hasil lapisan Al_2O_3 yang terbentuk diuji melalui proses adsorpsi terhadap ion dikromat. Jumlah ion logam krom diketahui setelah lapisan Al_2O_3 yang terbentuk diluruhkan menggunakan larutan NaOH kemudian dilarutkan menggunakan asam klorida. Hasil ini selanjutnya dibandingkan untuk larutan elektrolit yang sama tetapi menggunakan katoda inert yang sering digunakan yaitu karbon.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan elektrolit asam sulfat terhadap ion Cr^{6+} yang terserap?
2. Bagaimana pengaruh jenis katoda karbon dan tembaga pada pembentukan lapisan Al_2O_3 ?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kondisi anodisasi: panjang katoda 6 cm dengan jarak antara katoda - anoda 5 cm, arus 5 A, tegangan 2 V, waktu 60 menit dan pada suhu ruang.
2. Kondisi adsorpsi: konsentrasi kalium dikromat 0,05 M dan waktu 10 menit
3. Kondisi peluruhan lapisan Al_2O_3 : konsentrasi larutan NaOH 3M dengan asam HCl 1: 1.
4. Aluminium yang digunakan adalah aluminium alloy

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi larutan elektrolit asam sulfat terhadap ion Cr^{6+} yang terserap.
2. Membandingkan pengaruh jenis katoda karbon dan tembaga pada pembentukan lapisan Al_2O_3

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam ilmu pengetahuan mengenai pengaruh konsentrasi pada proses anodisasi serta memberikan alternatif penggunaan jenis katoda untuk proses anodisasi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aluminium (Al)

Alumunium (Al) termasuk logam lunak, liat dan mudah ditempa. Alumunium mempunyai sifat ringan, bercahaya dan daya hantar listrik. Adanya sifat ringan ini membuat alumunium banyak digunakan pada industri pesawat terbang dan transportasi. Al mempunyai afinitas yang besar terhadap oksigen dan membentuk lapisan oksida namun untuk melindungi korosi lapisan oksida ini harus tebal yang dapat dihasilkan dari proses anodisasi. Mineral yang mengandung aluminium yang paling sering ditemukan adalah bauksit ($\text{AlO}_x(\text{OH})_{(3-2x)}$ ($0 < x < 1$)), biasanya mineral tersebut terdapat paling banyak didaerah tropis dan subtropis sebagai hasil pelepasan silika dan logam-logam dari senyawa aluminium silikat [5].

Salah satu cara untuk mendapatkan berbagai sifat mekanik biasanya alumunium dicampur dengan logam lain yang sesuai seperti Cu, Mn, Si, Mg dan Zn. Alloy aluminium biasanya banyak digunakan pada industri pesawat terbang, berbagai macam jenis kendaraan, kapal laut dan lain-lain karena logam aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi [5]. Sifat fisik dari Aluminium dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Sifat Fisika Aluminium [5].

Sifat-sifat	Nilai
Konduktivitas listrik	65% IACS
Ekivalen elektrokimia	0,0932 mg/C
Potensial elektroda	-1,66 V

Keterangan: IACS (*international annealed copper standart*).

Aluminium dengan kemurnian yang tinggi mempunyai ketahanan terhadap kebanyakan asam tetapi larut pada aquaregia karena sifat keamfoteran aluminium dapat diserang oleh hidroksida-hidroksida alkali dengan membebaskan hidrogen dan membentuk aluminat yang dapat dengan mudah larut[6]. Reaksi dengan asam dan basa dapat dilihat pada persamaan reaksi 2.1 dan 2.2.

Reaksi dengan asam dan basa dapat dilihat pada persamaan reaksi :

Pada larutan asam : $2\text{Al} + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2$ (2.1)

Pada larutan basa : $2\text{Al} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2$ (2.2)

Di dalam udara kering pada temperatur ruang, reaksi aluminium dengan oksigen bersifat sangat terbatas kira-kira hanya setebal 5 nm, namun dengan meningkatnya temperatur sekitar dapat mempengaruhi peningkatan ketebalan oksida pada aluminium. Resistansi terhadap korosi terjadi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya lapisan aluminium oksida ketika aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih lanjut.

Aluminium tidak bereaksi dengan hidrokarbon jenuh maupun tak jenuh, hidrokarbon alifatik maupun aromatik. Turunan hidrokarbon terhalogenasi umumnya tidak bereaksi dengan aluminium kecuali adanya air yang cenderung membentuk asam-asam halogen [7].

2.1.1. Korosi pada aluminium

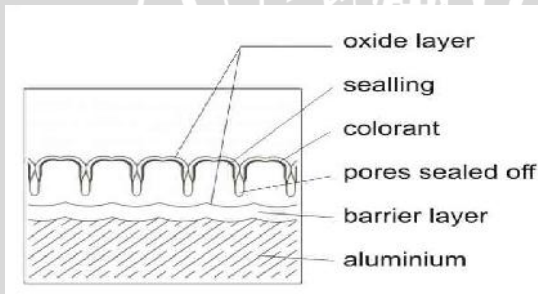
Aluminium adalah logam yang sangat reaktif yang membentuk ikatan kimia berenergi tinggi dengan oksigen, hal tersebut yang menyebabkan aluminium menjadi mudah mengalami korosi. Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif. Dalam sistem elektrokimia, korosi merupakan reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada disekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matrik logam itu sendiri, atau dengan kata lain korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen [8]. Korosi dapat dicegah dengan cara melapisi permukaan logam dengan cat, melapisi permukaan logam dengan proses pelapisan atau *Electroplating*, membuat lapisan yang tahan terhadap korosi seperti *anodizing plant*, membuat sistem perlindungan dengan anoda karbon, dan membuat logam paduan yang tahan terhadap korosi.

2.2. Anodisasi Aluminium

Anodisasi aluminium merupakan suatu proses elektrokimia yang mengakibatkan terbentuknya lapisan oksida dari aluminium pada permukaan. Proses anodisasi aluminium dilakukan dengan cara

menjadikan aluminium sebagai anoda dalam sebuah sel, yang mengandung larutan elektrolit tertentu dan katoda inert, dengan adanya pasivasi tersebut dimungkinkan akan dapat membuat sistem perlindungan pada aluminium [9]. Anodisasi logam Al juga di sebut *anodic oxidation* yang prinsipnya hampir sama dengan proses pelapisan dengan cara lapis listrik (*electroplating*). Akan tetapi bedanya logam yang akan dioksidasi ditempatkan sebagai anoda di dalam larutan elektrolit. Perbedaan lain ialah larutan elektrolit yang digunakan bersifat asam dengan arus DC bertipe tegangan dan arus tinggi. Katodaanya berfungsi sebagai penghantar arus listrik, jadi tidak larut. Katoda harus dari bahan logam yang tidak larut.

Proses anodisasi menyebabkan ketebalan lapisan oksida hampir dua kali tebal logam aluminium, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1. Penggunaan konsentrasi asam yang berlebih pada proses anodisasi akan menghasilkan pembentukan lapisan oksida yang lebih berpori serta memberikan kemampuan adsorpsi yang tinggi. Larutan yang sering digunakan untuk proses anodisasi biasanya adalah larutan asam sulfat dengan konsentrasi 5% - 20% . Kecepatan pembentukan lapisan aluminium oksida pada proses anodisasi menurun dalam larutan dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Gambar pembentukan oksida pada proses anodisasi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pembentukan lapisan oksida pada proses anodisasi [10].

Beberapa jenis larutan elektrolit yang digunakan pada proses pembentukan Al_2O_3 dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Larutan elektrolit dan produk yang dihasilkan:

Larutan elektrolit	Hasil dan fungsi
Asam kromat	lapisnya buram, terbatas untuk ketebalan maksimum sekitar 10 μm dan jarang digunakan untuk keperluan dekorasi. Fungsinya untuk alas cat khususnya pada peralatan militer
Asam fosfat	Biasanya digunakan sebelum lapis listrik yaitu pada proses pengerjaan awal. Hasilnya sangat porous dan menyediakan dasar mekanis untuk lapis listrik.
Asam oksalat	Hasil lapisan yang berwarna kuning yang kadang lebih keras dari hasil asam sulfat, digunakan untuk anodisasi yang tebal.
Asam sulfat	Kombinasi dengan asam sulfat digunakan untuk mengembangkan anodik warna terpadu pada logam paduan. Perunggu, emas, kelabu dan hitam adalah warna yang dapat diperoleh.
Asam borak	Digunakan dalam lapis tanggul untuk kapasitan listrik.

Anodisasi aluminium umumnya meliputi beberapa tahap sebagai berikut [11]:

1. Pembersihan

Proses membersihkan permukaan aluminium dari kotoran yang berasal dari proses sebelumnya. Proses pembersihan dilakukan dengan cara mekanik, yaitu dengan kertas gosok atau mesin gerinda.

2. Pencucian

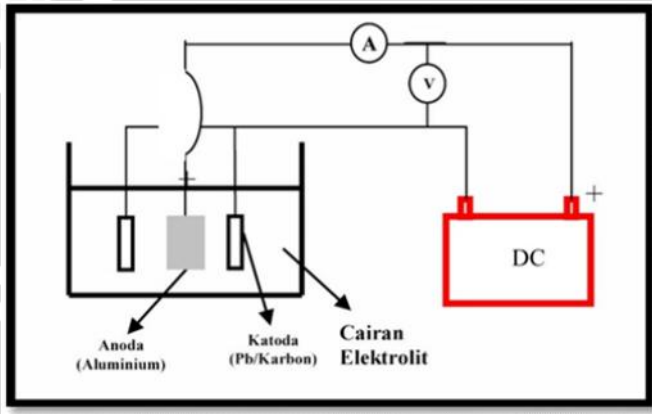
Proses membersihkan logam dari minyak dan lemak yang berasal dari proses sebelumnya atau terpegang oleh tangan. Proses pencucian dilakukan dengan detergen atau sabun .

3. Penghilangan lapisan oksida

Proses dilakukan untuk membersihkan aluminium dari kotoran yang tidak dapat dihilangkan dengan proses-proses sebelumnya baik proses pembersihan atau pencucian. Selain itu, proses ini dilakukan untuk memperoleh permukaan aluminium yang lebih rata dan halus.

4. Anodisasi

Proses anodisasi biasa dilakukan pada temperatur 20-25 °C, tegangan listrik DC 10-24 V, densitas arus sebesar 10-15 mA /cm². Logam atau benda kerja dipasang pada anoda (+) dan sebagai katoda (-) dapat menggunakan lembaran Pb atau karbon. Rangkaian Anodisasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



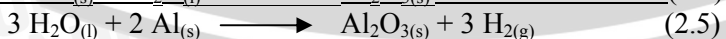
Gambar 2.2. Rangkaian Anodisasi [11].

Anodisasi aluminium adalah proses pembentukan oksida pada Al secara elektrolisa. Anodisasi Al bertujuan sebagai berikut:

1. Meningkatkan ketahanan korosi
2. Meningkatkan adhesi
3. Memperbaiki Penampilan Dekoratif
4. Sebagai dasar untuk pelapisan lain
5. Meningkatkan tahanan listrik atau sebagai isolasi listrik
6. Meningkatkan ketahanan abrasi

Proses anodisasi akan mengubah logam menjadi oksida yang terpadu pada logamnya, dan lapisan anoda adalah oksida dari logam yang bersangkutan, dan logam dasar yang ada akan berfungsi sebagai anoda [10].

Reaksi keseluruhan yang terjadi pada proses anodisasi pada aluminium dapat dilihat pada persamaan 2.5 :



2.2.1. Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Anodisasi

Lapisan oksida aluminium pada proses anodisasi akan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang sangat mempengaruhi diantaranya: jenis elektrolit dan konsentrasinya, suhu operasi, densitas arus dan voltase yang digunakan, komposisi dari anoda (murni atau alloy) serta lamanya waktu yang dibutuhkan dalam proses anodisasi [12].

1. Jenis elektrolit dan konsentrasinya

Elektrolit yang sering digunakan untuk proses anodisasi adalah asam sulfat, asam kromat dan campuran antara asam sulfat dan asam oksalat. Penggunaan jenis dan konsentrasi analit bergantung pada tujuan akhir dari proses anodisasi [13].

2. Suhu anodisasi

Untuk beberapa jenis elektrolit tertentu, suhu yang dibutuhkan pada anodisasi juga memiliki suhu tertentu. Sebagai contoh anodisasi logam aluminium menggunakan elektrolit asam sulfat setelah dilakukan sealing (penutupan pori) suhu yang sesuai adalah sekitar $15^{\circ} - 20^{\circ}\text{C}$.

3. Densitas arus dan sumber tegangan

Sumber arus atau tegangan yang sering digunakan berkisar 10-24 V tegangan DC serta densitas arus sebesar 10-15 mA /cm². Namun harga yang sesuai sangat ditentukan apakah digunakan logam aluminium murni atau jenis alloynya [14].

4. Kemurnian aluminium dan jenis alloynya

Ketebalan lapisan oksida aluminium dan dinding sel yang terbentuk sebanding dengan voltase yang digunakan, densitas arus yang besar memberikan lapisan yang lebih tebal. Pengaruh densitas arus terhadap ketebalan lapisan Al_2O_3 yang dihasilkan juga kemurnian aluminium dan jenis alloynya berkaitan dengan kecepatan pertumbuhan lapisan Al_2O_3 . Selain itu kemurnian dari aluminium dan jenis dari alloynya juga mempengaruhi hasil dari proses finishing selanjutnya [14].

5. Lama waktu yang dibutuhkan

Semakin lama proses yang dilakukan maka akan menghasilkan lapisan dari Al_2O_3 yang semakin tebal [14].

2.2.2. Jenis katoda Pada Anodisasi

Jenis katoda yang sering digunakan adalah karbon sebagai katoda inert. Keistimewaan karbon yang unik adalah kecenderungannya secara alamiah mengikat dirinya sendiri dalam rantai-rantai atau cincin-cincin, tidak hanya dengan ikatan tunggal C-C, tetapi juga mengandung ikatan ganda, C=C atau C≡C. Sulfur dan silikon adalah unsur selanjutnya yang paling *katenasi*, yaitu nama dari ikatan ini, tetapi lebih rendah kualitasnya dibandingkan dengan karbon. Alasan bagi kestabilan termal rantai karbon adalah kekuatan hakiki dari ikatan tunggal C-C, 356 kJ mol^{-1} [15].

Kemungkinan lain juga dapat digunakan beberapa logam, seperti Pb, Fe dan Cu. Pada penelitian ini juga digunakan logam Cu sebagai katoda. Tembaga atau logam Cu memiliki elektron *s* tunggal $3d$ yang terisi. Kulit *d* yang terisi jauh kurang efektif dari pada kulit gas mulia dalam melindungi elektron dari muatan *s* dari muatan inti [15].

Tembaga digunakan dalam aliansi seperti kuningan dan bercampur sempurna dengan emas. Ia sangat lambat teroksidasi superfisial dalam uap udara, kadang-kadang menghasilkan lapisan hijau hidroksida karbonat dan hidroksida sulfat. Tembaga mudah larut dalam asam nitrat dan dalam asam sulfat dengan adanya oksigen. Ia juga larut dalam KCN atau amonia dengan adanya oksigen [15].

Tembaga merupakan unsur yang dapat digunakan sebagai katoda dalam proses elektrolisis, dalam penggunaannya tembaga dapat digunakan dengan syarat penggunaan pada [16]:

Temperatur : $30 - 40^{\circ} \text{C}$

Densitas arus : $2 - 5 \text{ A/dm}^2$

Voltase : $2 - 4 \text{ volt}$

Penggunaan tembaga sebagai katoda dapat dilihat dari deret volta (Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, (H), Cu, Hg, Ag, Pt, Au), makin ke kanan, mudah direduksi dan sukar dioksidasi. makin ke kiri, mudah dioksidasi, makin aktif, dan sukar direduksi, selain itu pemilihan katoda ini didasarkan pada potensial reduksi dari tembaga yaitu $0,34 \text{ v}$ [17]

2.2.3. Struktur dan Sifat Lapisan Oksida Aluminium (Al_2O_3)

Pori-pori lapisan Al_2O_3 yang timbul dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasi elektrolit, suhu anodisasi dan densitas arus. Reaksi oksidasi H_2O akan membebaskan oksigen dan

bereaksi dengan anoda Al sehingga terbentuk lapisan Al_2O_3 . Diameter dan jarak dari pori-pori antar pori tergantung pada kondisi anodisasi yang dilakukan [18]. Lapisan oksida aluminium bersifat sebagai adsorben. Lapisan oksida aluminium dapat menyerap suatu cairan atau gas pada permukaan porinya, yang disebut dengan proses adsorpsi. Interaksi yang terjadi pada proses adsorpsi disebabkan oleh Adsorpsi adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorbent). Biasanya partikel-partikel kecil, zat penyerap ditempatkan dalam suatu hampan tetap kemudian fluida dialirkan melalui hampan tersebut sampai zat padat itu mendekati jenuh dan proses pemisahan yang dikehendaki tidak dapat berlangsung lagi interaksi antara lapisan Al_2O_3 dengan anion dari adsorban [19]. Proses pewarnaan oksida aluminium biasanya dilakukan dengan cara mencelupkan lapisan oksida aluminium hasil dari proses anodisasi dalam suatu larutan zat warna, kemudian dilakukan proses sealing selalu dilakukan setelah logam dianodisasi, selain itu proses sealing juga akan meningkatkan ketahanan terhadap korosi [20].

2.3. Metode spektroskopi serapan atom AAS

Spektrofotometri serapan atom (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (ground state). Teknik AAS digunakan untuk menetapkan kadar ion logam tertentu dengan cara mengukur intensitas serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh uap atom unsur yang berasal dari cuplikan. Atom-atom logam bentuk gas dalam keadaan dasar (tidak Apabila cahaya dengan panjang gelombang resonansi itu dilewatkan pada nyala yang mengandung atom-atom yang bersangkutan, maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam nyala. Cuplikan yang disuntikan ke dalam alat AAS selanjutnya akan diubah menjadi kabut yang mengandung atom-atom logam yang akan ditentukan. Atom-atom ini selanjutnya disemprotkan ke dalam nyala dan dilewati cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Intensitas cahaya yang diserap dapat terukur oleh detektor, dan akan berbanding lurus dengan konsentrasi atom logam yang akan diukur, pengukuran pada sampel Cr (VI) dengan

menggunakan AAS, range konsentrasi pada 0,1 – 10 ppm dan panjang gelombang diatur pada 357,9 nm [21].

2.4. Hukum Lambert beer

Ditinjau dari hubungan konsentrasi dan absorpsinya, maka kita dapat menggunakan hukum Lambert Beer jika sumbernya adalah monokromatik. Pada AAS panjang gelombang garis absorpsi resonansi. Identik dengan garis emisi yang disebabkan garis emisinya[22].

Hukum Lambert Beer dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot C \quad (2.6)$$

Ket.: A = Absorbansi

ϵ = Absorptivitas molar yang dipengaruhi jenis senyawa/unsur dan panjang gelombang

b = Panjang lintasan cahaya yang melewati sampel

C = Konsentrasi

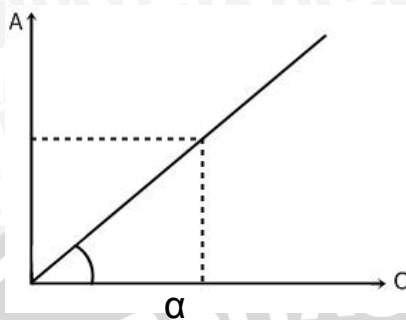
Diketahui bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi atom. Sehingga dapat disimpulkan bahwa absorbansi (A) berbanding lurus dengan absorptivitas molar (ϵ), semakin besar absorbansi maka semakin besar pula nilai absorptivitas molar. Untuk memperoleh nilai absorbansi maka terlebih dahulu harus diketahui nilai transmitansi (%T). Transmitansi merupakan perbandingan cahaya yang diteruskan (I) dengan cahaya yang masuk (I_0) di mana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.7)$$

Sedangkan absorbansi (A) adalah banyaknya cahaya yang diserap di mana absorbansi berbanding terbalik dengan transmitansi. Hubungan ini dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned} A &= -\log T \\ &= -\log \frac{I}{I_0} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Kemudian dengan cara menginterpolasikan absorbansi larutan sampel ke dalam kurva standar tersebut dan akan diperoleh konsentrasi larutan sampel [22].



$$A = \epsilon \cdot b \cdot C$$

$$\text{tg } \alpha = \epsilon \cdot b$$

ket.: A = absorbansi

C = konsentrasi

(2.9)

Gambar 2.3. Kurva kalibrasi [22].

2.5. Hipotesis

Semakin besar konsentrasi asam sulfat yang digunakan sebagai larutan elektrolit saat proses anodisasi, maka ion Cr^{6+} yang terserap semakin besar. Selain itu penggunaan jenis katoda karbon dan tembaga dapat digunakan sebagai alternatif lain dalam proses pembentukan Al_2O_3 .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, selama 3 (tiga) bulan.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, gergaji besi, amplas water roff 1000, power supply Kleinsp Annugs-Netzgerat 667815, kabel, pH meter (InoLab), spektroskopi serapan atom Shimadzu AA 6200, oven Fisher Scientific 655 F, kertas saring, katoda karbon (C), katoda tembaga (Cu) dan seperangkat alat gelas.

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah etanol 96%, aseton, asam sulfat (H_2SO_4) 96% bj = 1,84 g/mL, asam klorida (HCl) p.a, 37% bj = 1,19 g/mL, kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) p.a, akuades, natrium dioksida (NaOH) p.a.

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian secara umum adalah:

1. Preparasi alat dan bahan
2. Preparasi larutan elektrolit
3. Proses anodisasi aluminium
4. Adsorpsi dan Desorpsi Ion Cr^{6+} oleh aluminium hasil anodisasi.
5. Penentuan kadar Cr^{6+} Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom
6. Analisa hasil dan Analisa data.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Preparasi Alat dan Bahan

Aluminium alloy, yang berbentuk pipa dipotong dengan panjang 6 cm menggunakan gergaji, yang akan digunakan sebagai anoda. Katoda karbon (C) dan tembaga (Cu) yang dipakai berbentuk lempeng, dipotong dengan panjang 6 cm dan lebar 1 cm. Sebelum dianodisasi potongan digosok dengan amplas water roff 1000

kemudian dicuci dengan akuades, kemudian pencucian dilanjutkan dengan larutan HCl 2 M, etanol, aseton dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 5 menit untuk menghilangkan kandungan airnya.

3.4.2. Preparasi larutan Elektrolit

Larutan H₂SO₄ dibuat dengan variasi konsentrasi 1,25; 1,5; 1,75 ; dan 2 M, proses pembuatan tercantum pada lampiran B.1.

3.4.3. Proses Anodisasi Aluminium

Larutan H₂SO₄ 1,25 M sebanyak 60 mL dimasukkan dalam gelas kimia 100 mL kemudian anoda aluminium dan katoda karbon dimasukkan kedalam gelas kimia yang telah berisi larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi larutan 1,25 M. Katoda dan anoda diatur dengan jarak 5 cm. Kedua elektroda dihubungkan dengan sumber arus searah sebesar 5 A, dengan besar tegangan 2 V, untuk katoda dihubungkan dengan arus negatif, sedangkan anoda dihubungkan dengan sumber arus positif. Proses anodisasi dilakukan selama 60 menit, rangkaian alat diberikan pada lampiran C.3. Setelah selesai, katoda dicuci dengan akuades kemudian dilakukan pengeringan dengan tisu, selanjutnya proses anodisasi dilanjutkan menggunakan anoda baru dengan katoda yang sama pada konsentrasi H₂SO₄ 1,5 ; 1,75 ; dan 2 M. Langkah tersebut diulangi dengan menggunakan tembaga sebagai katoda.

3.4.4. Adsorpsi dan Desorpsi Ion Cr⁶⁺ oleh Aluminium Hasil Anodisasi.

Adsorpsi dilakukan dengan cara merendam aluminium hasil anodisasi dalam 100 mL larutan K₂Cr₂O₇ 0,05 M dibuat berdasarkan perhitungan pada Lampiran B.4. yang telah disiapkan dalam beaker glass 250 mL. Tahap ini dilakukan selama 10 menit. Kemudian dilanjutkan dengan proses desorpsi menggunakan larutan NaOH 3 M. Hal ini dilakukan dengan cara merendam aluminium dalam tabung reaksi yang telah berisi 5 mL larutan NaOH. Pada proses ini lapisan Al₂O₃ yang telah terbentuk akan meluruh sehingga ion dikromat juga akan larut.

Filtrat dari hasil perendaman ditambah dengan larutan HCl dengan perbandingan 1:1 agar larutan mempunyai pH 1 yang

bertujuan agar ion Cr^{6+} dapat terbentuk. Larutan HCl 1 : 1 dibuat berdasarkan perhitungan pada Lampiran B.3.

3.4.5. Pengujian Cr^{6+} Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom

Larutan yang didapatkan diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), dari hasil yang didapatkan ditentukan nilai Konsentrasi dari Cr^{6+} .

3.5. Analisis Data dan Analisa Hasil

Regresi linier dapat ditentukan dari kurva baku dengan menggunakan hubungan konsentrasi dan absorbansi, menggunakan persamaan :

$$y = a \cdot x$$

keterangan : y = absorbansi

x = konsentrasi

Kurva Baku hubungan antara konsentrasi dan absorbansi :

Nilai a dihitung dengan persamaan :

$$a = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

Sedangkan koefisien korelasi ditentukan dengan persamaan :

$$R^2 = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}} \quad (3.1)$$

Ketelitian (presisi) merupakan kesesuaian antara data hasil pengulangan dari suatu jumlah yang diukur. Untuk menentukan ketelitian dapat dihitung dari persamaan 3.1-3.4, untuk penentuan rata-rata nilai potensial hasil pengukuran dapat dilakukan dengan persamaan 3.1:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = rata-rata nilai potensial

$\sum_{i=1}^n$ = jumlah sampel

i = pengulangan ke- i

x_i = nilai potensial ke- i
 n = jumlah pengulangan

Kecermatan (presisi) digunakan untuk menunjukkan seberapa jauh nilai hasil pengujian suatu ulangan dengan ulangan lainnya. Tingkat ketelitian hasil pengukuran dapat ditentukan dengan menghitung SD (standar deviasi) yang ditunjukkan pada persamaan 3.3 dan CV (*Coefficient of variation*) atau koefesien variasi ditunjukkan pada persamaan 3.4, sedangkan persentase tingkat ketelitian ditunjukkan pada persamaan 3.5.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad CV = \frac{SD}{x} \times 100\% \quad (3.4)$$

$$\% \text{ ketelitian} = 100\% - CV \quad (3.5)$$

Keterangan :

SD = standart deviasi

CV = koefesien variasi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Logam sebagai Anoda dan Katoda

Pada penelitian ini, logam yang digunakan sebagai anoda adalah aluminium alloy berbentuk silinder dengan panjang 5cm, sedangkan sebagai katoda logam tembaga, Cu berbentuk lempeng dengan panjang 6 cm dan lebar 1cm. Setelah kedua logam dibersihkan menggunakan amplas water roff, dicuci dengan air dan larutan HCl 2M. Secara umum proses pembersihan ini ditujukan untuk menghilangkan oksida yang dimungkinkan terbentuk secara alami.

Pencucian juga dilengkapi dengan menggunakan pelarut aseton dan etanol. Penggunaan aseton terutama digunakan untuk menghilangkan pengotor yang bersifat lebih non polar, seperti minyak yang melekat pada permukaan. Adanya senyawa yang melekat pada permukaan akan mengakibatkan kontak antara logam dengan larutan elektrolit terhambat sehingga proses anodisasi tidak berjalan secara maksimum. Adapun penghilangan oksida akan menghasilkan permukaan yang halus dan rata sehingga luas permukaan logam lebih besar dan kontak antara elektrolit dengan logam juga semakin mudah [11].

4.2 Proses Anodisasi

Anodisasi dilakukan dalam larutan elektrolit H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi 1,25; 1,50; 1,75 dan 2,00 M. Elektroda dicelupkan ke dalam elektrolit dengan jarak antara anoda katoda 5cm. Kemudian elektroda dihubungkan dengan sumber arus pada tegangan 2 V dan dilakukan anodisasi selama 60 menit. Anodisasi yang sama juga dilakukan tetapi digunakan katoda karbon.

Selama anodisasi terjadi gelembung-gelembung kecil pada permukaan elektroda tembaga dan karbon yang diduga adalah gas H_2 , gas tersebut timbul karena adanya reaksi reduksi ion H^+ dari elektrolit yang digunakan. Sedangkan pada anoda aluminium

terdapat gelembung-gelembung yang menempel relatif lebih besar dibandingkan pada katoda. Kemungkinan besar gas yang terbentuk pada anoda adalah gas oksigen yang akan berperan untuk mengoksidasi aluminium dan membentuk lapisan Al_2O_3 .

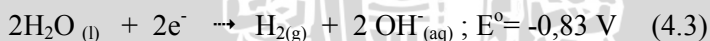
Anodisasi termasuk dalam proses elektrolisis, dengan elektroda positif adalah anoda dan elektroda negatif adalah katoda. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi. Sebagai katoda digunakan logam Cu dan karbon. Karbon merupakan elektroda inert sehingga yang akan mengalami reaksi reduksi adalah elektrolit yang digunakan atau air. Adapun untuk tembaga memiliki potensial reduksi sesuai persamaan 4.1.



Meskipun reaksi reduksi tembaga akan terjadi pada katoda, namun karena digunakan logam tembaga yang memiliki muatan 0 (nol) maka tembaga akan sulit mengalami reaksi reduksi. Oleh karenanya pada katoda akan terjadi reduksi air atau elektrolit. Adapun elektrolit yang digunakan adalah larutan H_2SO_4 . Dalam pelarut air, asam sulfat akan terionisasi sesuai persamaan 4.2.

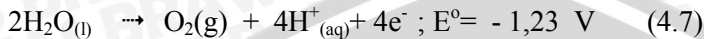
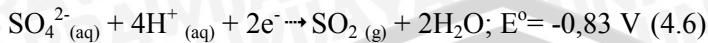


Katoda memiliki muatan negatif sehingga reaksi reduksi akan terjadi bagi ion H^+ . Pada persamaan 4.3 dan 4.4, diberikan potensial reduksi standar bagi air dan ion hidrogen.

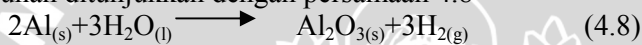


Berdasarkan harga potensial reduksi standar maka yang lebih mungkin terjadi adalah reduksi ion hidrogen karena memiliki harga potensial yang lebih positif. Oleh karena itulah maka pada katoda akan terbentuk gas hidrogen.

Adapun pada aluminium sebagai anoda yang bermuatan positif akan terjadi reaksi oksidasi. Dengan demikian yang akan mengalami oksidasi adalah komponen bermuatan negatif atau air serta anoda aluminium. Pada persamaan 4.5 hingga 4.7 diberikan beberapa reaksi yang mungkin terjadi.

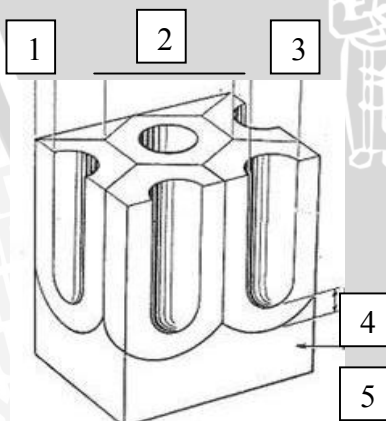


Reaksi (4.6) sulit berlangsung karena merupakan reaksi reduksi yang tidak dapat terjadi pada anoda. Karenanya pada percobaan anodisasi reaksi yang kemungkinan berlangsung adalah reaksi 4.5. Bila dibandingkan reaksi 4.5 dan 4.6 maka bila kedua reaksi ini terjadi maka akan diperoleh potensial sel sebesar + 0,43 V sehingga sebagai hasil akhir akan terbentuk gas oksigen. Selanjutnya gas ini akan berdifusi menuju permukaan logam aluminium dan terjadi reaksi oksidasi membentuk Al_2O_3 . Adapun reaksi yang terjadi secara keseluruhan ditunjukkan dengan persamaan 4.8



Hasil yang diperoleh setelah anodisasi adalah adanya berhitam. Diduga noda hitam merupakan pori-pori yang terbentuk sebagai akibat proses pelarutan lapisan Al_2O_3 saat bereaksi dengan ion H^{+} dari elektrolit. Menurut Bluter [22], pada proses anodisasi anoda yang mengalami oksidasi akan membentuk lapisan film. Secara umum pori yang terbentuk dapat dideskripsikan sebagai suatu struktur yang diberikan pada Gambar 4.1.

Pada penelitian ini untuk memperkirakan adanya pori dilakukan melalui jumlah ion dikromat yang dapat diadsorpsi. Pada percobaan ini analisis dilakukan secara semikuantitatif.



Gambar 4.1 Ilustrasi Gambar Permukaan Alumunium Hasil Anodisasi

Keterangan Gambar: 1. Tebal pori; 2. Ukuran pori 3. Lebar pori; 4. Batas pori 5. Logam alumunium.

4.4. Adsorpsi dan desorpsi ion dikromat oleh lapisan Al_2O_3

Tahap ini dilakukan untuk mempelajari karakter pori pada lapisan Al_2O_3 . Adsorpsi merupakan proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah menuju permukaan zat padat yang menyerap (adsorben), gejala ini terjadi di permukaan[20]. Adsorpsi ion dikromat dilakukan dengan merendam aluminium dalam 100mL larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ selama 10 menit, kemudian dilakukan analisis ion dikromat setelah terlebih dahulu dilakukan desorpsi. Ion dikromat yang teradsorpsi pada layer-layer yang terbentuk pada alumunium oksida, tampak sebagai warna kekuning-kuningan.

Desorpsi, suatu fenomena pelepasan kembali senyawa yang telah berikatan dengan sisi aktif pada permukaan [23], dilakukan melalui peluruhan lapisan Al_2O_3 menggunakan larutan NaOH 3 M. Desorpsi dengan larutan NaOH ini mengakibatkan lapisan Al_2O_3 terlarut sehingga ion Cr^{6+} dapat terlepas. Al_2O_3 akan beraksi membentuk aluminat dengan H_2O melalui reaksi 4.9.



Hasil pelarutan diasamkan sampai pH 1 dengan penambahan larutan HCl 1:1 yang bertujuan untuk mencegah pembentukan senyawa oksida. Pembentukan oksida dapat berlangsung akibat terjadinya proses kesetimbangan uraian ion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ menjadi ion CrO_4^{2-} (reaksi 4.10).



Terbentuknya senyawa oksida akan menyebabkan kesulitan saat dilakukan analisis kuantitatif secara Spektrofotometri Serapan Atom.

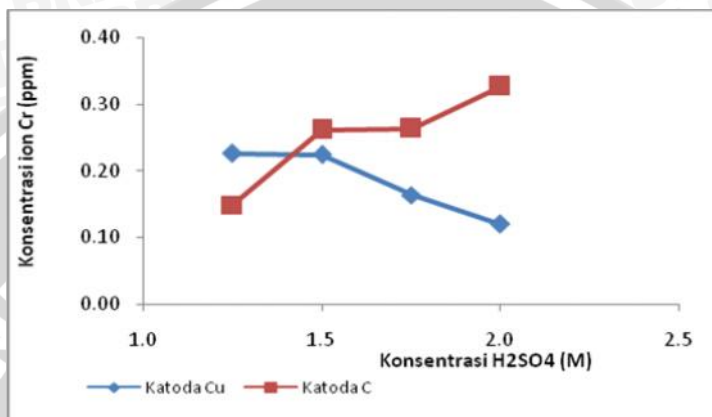
4.6. Pengaruh Jenis Katoda dan Konsentrasi Elektrolit pada Hasil Anodisasi

Pengamatan hasil anodisasi pada penelitian ini dinyatakan dengan parameter konsentrasi ion dikromat yang terukur dalam satuan ppm, saat digunakan katoda tembaga maupun karbon. Hasil analisis dicantumkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Konsentrasi ion dikromat teradsorpsi pada lapisan Al_2O_3

KATODA	KOSENTRASI H_2SO_4 (M)			
	1,25	1,50	1,75	2,00
Tembaga (Cu)	0,2530	0,2127	0,1893	0,1155
	0,1869	0,2467	0,1069	0,0950
	0,2367	0,2127	0,1959	0,1500
Rata-rata	0,2255± 0,034	0,2240± 0,02	0,1640± 0,05	0,1201± 0,03
Karbon (C)	0,1620	0,2870	0,2166	0,2879
	0,1256	0,2367	0,3128	0,3301
	0,1586	0,2602	0,2606	0,3622
Rata-rata	0,1487± 0,02	0,2613± 0,02	0,2633± 0,05	0,3267± 0,04

Kurva hubungan konsentrasi ion krom teradsorpsi terhadap konsentrasi asam sulfat untuk jenis katoda berbeda diberikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 pada konsentrasi ion Cr yang terserap untuk katoda berbeda

Hasil pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa penggunaan katoda yang berbeda memberikan kecenderungan serapan ion dikromat yang berbeda. Penggunaan katoda tembaga menghasilkan jumlah yang terserap menurun saat konsentrasi elektrolit ditingkatkan. Sebaliknya untuk katoda karbon, semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka jumlah ion dikromat yang terserap semakin meningkat.

Bila dibandingkan hasil yang diperoleh antara katoda karbon dan katoda tembaga (Tabel 4.2) tampak bahwa penggunaan katoda karbon adalah lebih baik, ditunjukkan dari konsentrasi ion kromium yang lebih tinggi. Hal ini terutama saat konsentrasi elektrolit asam sulfat lebih tinggi dari 1,5 M.

Tabel 4.2. Perbandingan ion Cr terserap untuk penggunaan katoda karbon terhadap katoda tembaga

Konsentrasi H_2SO_4 (M)	1,25	1,50	1,75	2,00

Katoda Cu	0,2255± 0,034	0,2240± 0,02	0,1640± 0,05	0,1201± 0,03
Katoda C	0,1487± 0,02	0,2613± 0,02	0,2633± 0,05	0,3267± 0,04
Perbandingan ion Cr terserap	0,66	1,17	1,61	2,72

Dapat diamati pula bahwa dengan meningkatnya konsentrasi elektrolit peran katoda karbon lebih dominan pada pembentukan lapisan Al_2O_3 .

Lapisan Al_2O_3 berpori umumnya terbentuk pada konsentrasi elektrolit encer, jika digunakan konsentrasi terlalu pekat maka oksida aluminium tak dapat tertahan pada lapisan film namun akan tertinggal dalam cairan elektrolit. Hal lain yang dapat terjadi adalah terlarutnya kembali lapisan Al_2O_3 oleh asam membentuk ion Al^{3+} yang akan larut. Hal inilah yang kemungkinan terjadi saat digunakan katoda tembaga.

Akan halnya dengan penggunaan katoda karbon, kemungkinan pembentukan lapisan lebih dominan karena mobilitas ion dalam medan konduksi yang sesuai. Jika konsentrasi meningkat maka jumlah ion yang akan bergerak juga semakin banyak sehingga transfer elektron akan semakin cepat. Hal ini mendorong reaksi elektrolisis juga semakin cepat.

Meskipun penggunaan katoda, baik bahan inert seperti karbon maupun logam yang dibuat menjadi inert seperti penggunaan tembaga tidak berpengaruh terhadap jumlah lapisan Al_2O_3 yang terbentuk, namun tidak demikian untuk hasil penelitian ini. Diduga hal ini disebabkan oleh struktur pori yang dihasilkan dengan penggunaan katoda berbeda juga berbeda. Dengan demikian kemampuannya untuk menyerap ion dikromat juga berbeda. Untuk mengetahui secara lebih pasti diperlukan analisis kuantitatif terhadap jumlah Al_2O_3 yang terbentuk atau dilakukan pengukuran ketebalan lapisan Al_2O_3 . Pada penelitian ini kedua tolak ukur tersebut belum dilakukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan:

1. Konsentrasi elektrolit asam sulfat berpengaruh terhadap jumlah ion dikromat yang terserap. Pada elektroda karbon semakin tinggi konsentrasi asam sulfat jumlah ion Cr^{6+} yang terserap semakin meningkat sebaliknya untuk katoda tembaga semakin menurun.
2. Penggunaan katoda karbon untuk konsentrasi asam sulfat 1,5 M hingga 2 M memberikan pembentukan Al_2O_3 lebih baik dibandingkan penggunaan katoda tembaga.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh parameter serta karakter lapisan Al_2O_3 yang lebih lengkap sehingga diperoleh informasi yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

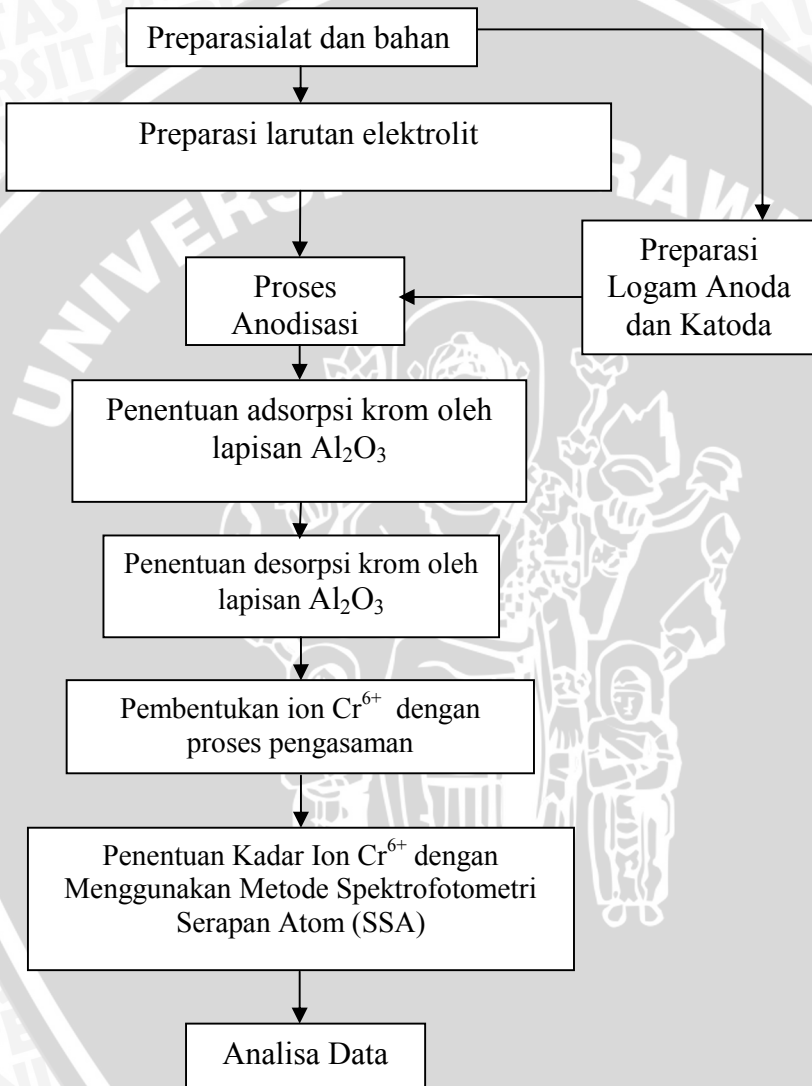
- [1] Bokckris, J. O., dan Raddy A. K. N., 1977, **Modern Electrochemistry**, 2nd ed., Plenom Publishing Corporation, New York
- [2] Bord, J. A dan R.L Faulkner, 1980, **Electrochemical Methods Fundamental and Application**, 1st ed., Addison-Wiley, Publishing Company, London, pp. 488-607.
- [3] Rina, 2010, **The Canning Handbook on Electroplating**, 2nded., W Canning Limited, London, pp.781-811.
- [4] Hampel, C.A., dan Hawley, G.G., 1973, **The Encyclopedia of Chemistry**, 13th ed., Van Nostrande Reinhold Company, New York, pp. 60.
- [5] Rita, G. B., 2011, **Anodizing Aluminium**, J.Chem.Educ. 56 (4). 268.
- [6] Rita, 2010, **Sifat Kimia Aluminium**, <http://www.chem-is-try.com>, diakses tanggal 9 Oktober 2011
- [7] Fontana, G.M., 1987, **Corrosion Engineering**, 3rded., Mc Graw-Hill, New York, p. 517.
- [8] Greenwood, N.N. dan Earshaw, A., 1989, **Chemistry of Elements**, Pergam Press, Singapura, pp. 243-278.
- [9] Brian, B. L., 2009, **University Chemistry**, Mc Graw-hill, New York, p. 663.
- [10] Rosen, M. J., 1978, **Surfactants and Interfacial Phenomena**, John Wiley and Sons, New York, pp. 26-54.
- [11] Kirk dan Othmer 1984, **Encyclopedia of Chemical Technology**, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York, pp. 133-135, 633.
- [12] Cotton, F.A. dan Wilkinson, 1989, **Kimia Anorganik Dasar, edisi pertama**, alih bahasa: Suhaerto, UI Press, Jakarta
- [13] P.W, Atkins, 2000, **Kimia Fisik Edisi 4**, Jakarta, Erlangga, p. 334.
- [14] Raymond, C., 2005, **Kimia Dasar Konsep – Konsep Inti**, Erlangga, Jakarta, 219.
- [15] Svehla, G, 1983, **Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, edisi ke-5**, Alih Bahasa Setiono, I., dan Nugroho, E., Kalman Media Pustaka, Jakarta, hal. 274

- [16] J.C. Hecker, Jr., 2010, **Anodizing Aluminum**, Aluminum Consultants Madison, Wisconsin, diakses tanggal 2 November 2010
- [17] Vogel, 1994, **Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik**, EGC, Publisher, Jakarta
- [18] Wood, G. C. dan Stokoe, J. N., 1963, **The Assessment of Anodic Oxide Films on Aluminium Colorimetric Analysis**, J. App. Chem. :13, 409-41
- [19] Vieira, R.S dan E. Guibal, 2007, **Adsorption and desorption of binary mixtures of copper and mercury ions on natural and crosslinked chitosan membranes**, Springer Science BusinessMedia, LLC
- [20] Mohanty, K., M. Jha, B.C. Meikapdan M.N. Biswas, 2006, **Biosorption of Cr (VI) from Aqueous Solutions Eichornia Anssipe**, Chemical Engineering Journal, 117,71 – 74.
- [21] Khopkar, S.M., 2002, **Konsep Dasar Kimia Analitik**, Alih Bahasa : A.Saptorahardjo, Universitas Indonesia- Press, Jakarta.
- [22] Tim penyusun Penuntun Praktikum Instrumen 2009 , **Penentuan Praktikum Instrumen**, polnes, Samarinda

LAMPIRAN

A. Tahapan Penelitian

A.1 Alur Penelitian



B. Perhitungan

Perhitungan dan Pembuatan Larutan Serta Rangkaian Proses Anodisasi

B.1. Preparasi Larutan Elektrolit

B.1.1. Pengenceran Larutan Asam Sulfat 2 M

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$18,4 \text{ M} \cdot V_1 = 2 \text{ M} \cdot 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 108 \times 10^{-2} \text{ L} = 108,6 \text{ mL}$$

Untuk pembuatan larutan H_2SO_4 2 M, maka dipipet larutan stok H_2SO_4 sebanyak 108,6 mL dengan menggunakan pipet ukur ke dalam labu ukur 1000 mL yang sudah berisi sedikit akuades dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

B.1.2. Pengenceran Larutan Asam Sulfat 1,25 M

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$2 \text{ M} \cdot V_1 = 1,25 \text{ M} \cdot 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 625 \times 10^{-2} \text{ L} = 625 \text{ mL}$$

Untuk pembuatan larutan H_2SO_4 1,5 M, maka dipipet larutan stok H_2SO_4 2 M sebanyak 625 mL dengan menggunakan pipet ukur ke dalam labu ukur 1000 mL yang sudah berisi sedikit akuades dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

B.1.3. Pengenceran Larutan Asam Sulfat 1,5 M

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$2 \text{ M} \cdot V_1 = 2 \text{ M} \cdot 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 750 \times 10^{-2} \text{ L} = 750 \text{ mL}$$

Untuk pembuatan larutan H_2SO_4 1,5 M, maka dipipet larutan stok H_2SO_4 2 M sebanyak 750 mL dengan menggunakan pipet ukur ke dalam labu ukur 1000 mL yang sudah berisi sedikit akuades dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

B.1.4. Pengenceran Larutan Asam Sulfat 1,75 M

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$2 \text{ M} \cdot V_1 = 2 \text{ M} \cdot 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 875 \times 10^{-2} \text{ L} = 875 \text{ mL}$$

Untuk pembuatan larutan H_2SO_4 2 M, maka dipipet larutan stok H_2SO_4 sebanyak 875 mL dengan menggunakan pipet ukur ke

dalam labu ukur 1000 mL yang sudah berisi sedikit akuades dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

B.2. Pembuatan Larutan NaOH 3 M

$$\text{Mol NaOH} = M \times V$$

$$= 3M \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,3 \text{ mol}$$

$$\text{Massa NaOH} = \text{mol} \times M_r$$

$$= 0,3 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol}$$

$$= 12 \text{ g}$$

Untuk pembuatan 100 mL larutan NaOH 3 M, maka ditimbang padatan NaOH sebanyak 12 gram dan dilarutkan dalam gelas beker. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

B.3. Pembuatan Larutan HCl 1 : 1

Untuk pembuatan HCl 1 : 1, maka sebanyak 100 mL HCl 37% dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL, kemudian ditambah akuades sebanyak 100 mL.

B.4. Pembuatan Larutan Kalium Dikromat 0.05 M

$$\text{Mol K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = M \times V$$

$$= 0,05 \text{ M} \times 1\text{L}$$

$$= 0,05 \text{ mol}$$

$$\text{ppm K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 50 \text{ ppm}$$

$$\text{Massa K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{mol} \times M_r$$

$$= 0,05 \text{ mol} \times 298,14 \text{ gr/mol}$$

$$= 14,7 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Cr dalam padatan} = \frac{A_r \text{ Cr}}{M_r \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times \text{Massa K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$$

$$= \frac{52 \text{ gr/mol}}{293 \text{ gr/mol}} \times 14,7 \text{ gr}$$

$$= 2,6 \text{ gr}$$

$$\text{ppm Cr dalam 1 L} = \frac{2,6 \text{ gr}}{1 \text{ L}}$$

$$= 2600 \text{ ppm}$$

Untuk pembuatan larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,05 M 1 L, maka ditimbang padatan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 14,7 gram dan dilarutkan dalam gelas beker. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1 L dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

B.5. Pembuatan Larutan HCl 2 M

$$\text{Mol HCl} = M \times V$$

$$= 2 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,2 \text{ mol}$$

$$\text{Massa HCl} = \text{mol} \times \text{BM}$$

$$= 0,2 \text{ mol} \times 36,46 \text{ g/mol}$$

$$= 7,292 \text{ gram}$$

$$\text{Volume HCl} = \frac{\text{massa}}{\% \times \rho}$$

$$= \frac{7,292 \text{ gram}}{0,37 \times 1,19 \text{ g/mL}} = 16,56 \text{ mL}$$

Untuk pembuatan HCl 2 M 100 mL, maka dipipet HCl 37% sebanyak 16,56 mL dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL yang sudah berisi sedikit akuades. Kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

B.6. Pembuatan Larutan Kalium Dikromat dengan $[Cr^{6+}]$ 5 ppm

$$\text{Konsentrasi } Cr^{6+} = 5 \text{ ppm}$$

$$\text{Massa } Cr^{6+} = 5 \text{ mg} = 0,005 \text{ gr}$$

$$\text{Massa } K_2Cr_2O_7 = \frac{Mr K_2Cr_2O_7}{Ar Cr} \times 0,005 \text{ gr}$$

$$= 0,028 \text{ gr}$$

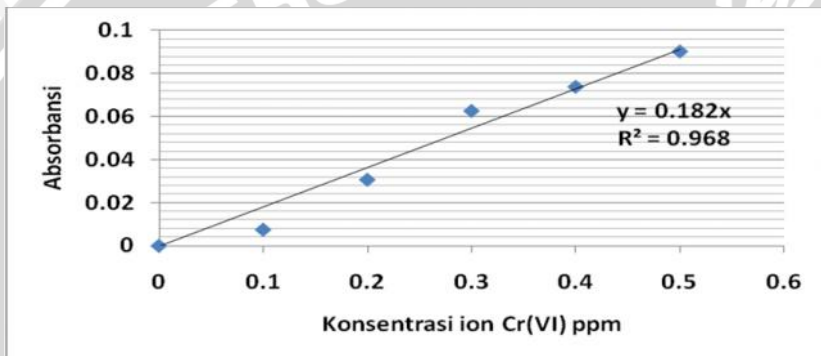
Untuk pembuatan larutan $K_2Cr_2O_7$ dengan konsentrasi Cr^{6+} 5 ppm 1000 mL, maka ditimbang padatan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 0.028 gram dan dilarutkan dalam gelas beker. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

C. Data Hasil Penelitian

C.1 Perhitungan Kurva Baku Kromium (VI) Menggunakan SSA

Tabel C.1 Data Hasil Absorbansi Kurva Baku Ion kalium dikromat

Konsentrasi	Absorbansi
0.1	0.0075
0.2	0.0307
0.3	0.0627
0.4	0.0739
0.5	0.0903



Gambar C.1 Kurva Baku Ion Kromium

C. 2 Pembuatan Kurva Baku Larutan Kromium (VI)

Dibuat kurva baku hubungan antara konsentrasi larutan Cr^{6+} pada sumbu x dan absorbansi pada sumbu y, dimana akan diperoleh persamaan kurva baku $y = a.x$

Contoh perhitungan :

$$y = 0,182 x$$

$$a = 0,253$$

$$y = a.x$$

$$0,182 x = 0,253$$

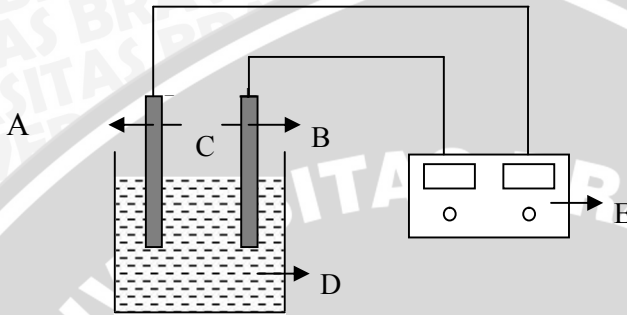
$$x = \frac{0,253}{0,182}$$

$$x = 1,3855$$

Tabel C.2 data yang diperoleh dari pengukuran menggunakan AAS.

Filtrat dari larutan	Absorbansi	Konsentrasi	Rata-Rata Konsentrasi	Standar deviasi
Cu 1,25 M	0.253	1.3855	1,2351	1,2351 ± 0.1886
	0.1869	1.0235		
	0.2367	1.2963		
Cu 1,5 M	0.2127	1.1648	1,2269	1,2269 ± 0.1075
	0.2467	1.3510		
	0.2127	1.1648		
Cu 1,75 M	0.1893	1.0367	0,8983	0,8983 ± 0.2716
	0.1069	0.5854		
	0.1959	1.0728		
Cu 2 M	0.1155	0.6325	0,6581	0,6581 ± 0.0522
	0.095	0.5203		
	0.15	0.8215		
C 1,25 M	0.162	0.8872	0,7936	0,7936 ± 0.1002
	0.1256	0.6878		
	0.1586	0.8058		
C 1,5 M	0.287	1.5717	1,4310	1,4310 ± 10,1378
	0.2367	1.2963		
	0.2602	1.4250		
C 1,75 M	0.2166	1.1862	1,4414	1,4414 ± 0,2638
	0.3128	1.7130		
	0.2602	1.4250		
C 2 M	0.2879	1.5767	1,7893	1,7893 ± 0,2041
	0.3301	1.8078		
	0.3622	1.9836		

C.3 Rangkaian Alat dan Proses Anodisasi



Gambar C.3 sebagai berikut :

A. Merupakan gambar anoda aluminium dimana anoda yang tercelup pada larutan sebanyak 5 cm, B. Merupakan gambar katoda yang tercelup pada larutan sebanyak 5 cm, C. Jarak antar kedua elektroda (5 cm), D. Merupakan larutan asam sulfat yang digunakan sebagai larutan pada proses anodisasi, E. Merupakan gambar power supply.

Lampiran D Analisa data

L.D.1 Perhitungan Rata-rata Nilai Konsentrasi

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{1,3855 + 1,0235 + 1,2963}{3} \\ &= 1,2351 \text{ M}\end{aligned}$$

L.D.2 Perhitungan Standart Deviasi dan Koefesien Variasi Nilai Konsentrasi

E.2.1 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 1,25 M dengan Menggunakan Katoda Tembaga

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (1,3855 - 1,2351)^2 + (1,0235 - 1,2351)^2 + (1,2963 - 1,2351)^2}{3-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,0711}{2}}$$

$$= 0,1886$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,1886}{1,2351} \times 100\%$$

$$= 15,27\%$$

D.2.2 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 1,5 M dengan Menggunakan Katoda Tembaga

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (1,1648 - 1,2269)^2 + (1,3510 - 1,2269)^2 + (1,1648 - 1,2269)^2}{3-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,0231}{2}}$$

$$= 0,1075$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,1075}{1,2269} \times 100\%$$

$$= 8,76 \%$$

D.2.3 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 1,75 M dengan Menggunakan Katoda Tembaga

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (1,0367 - 0,8983)^2 + (0,5854 - 0,8983)^2 + (1,0728 - 0,8983)^2}{3 - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,1475}{2}}$$

$$= 0,2716$$

$$CV = \frac{SD}{x} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,2716}{0,8983} \times 100\%$$

$$= 30,23 \%$$

D.2.4 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 2 M dengan Menggunakan Katoda Tembaga

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (0,6325 - 0,6581)^2 + (0,5203 - 0,6581)^2 + (0,8215 - 0,6581)^2}{3 - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,0463}{2}}$$

$$= 0,1522$$

$$CV = \frac{SD}{x} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,1522}{0,6581} \times 100\%$$

$$= 23,13 \%$$

D.2.5 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 1,25 M dengan Menggunakan Katoda Karbon

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (0,8872 - 0,7936)^2 + (0,6878 - 0,7936)^2 + (0,8058 - 0,7956)^2}{3-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,0201}{2}}$$

$$= 0,1002$$

$$CV = \frac{SD}{x} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,1002}{0,7936} \times 100\%$$

$$= 12,61 \%$$

D.2.6 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 1,5 M dengan Menggunakan Katoda Tembaga

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (1,5717 - 1,4310)^2 + (1,2963 - 1,4310)^2 + (1,2963 - 1,4310)^2}{3 - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,0561}{2}}$$

$$= 0,1378$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,1378}{1,4310} \times 100\%$$

$$= 9,63 \%$$

D.2.7 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 1,75 M dengan Menggunakan Katoda Karbon

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (1,1862 - 1,4414)^2 + (1,7130 - 1,4414)^2 + (1,4250 - 1,4414)^2}{3 - 1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,1392}{2}}$$

$$= 0,2638$$

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,2638}{1,4414} \times 100\%$$

$$= 18,30 \%$$

D.2.8 Standart Deviasi pada Konsentrasi Asam Sulfat 2 M dengan Menggunakan Katoda Karbon

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{(1,5767 - 1,7893)^2 + (1,8078 - 1,7893)^2 + (1,9836 - 1,7893)^2}{3-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0,0833}{2}}$$

$$= 0,2041$$

$$CV = \frac{SD}{x} \times 100\%$$

$$CV = \frac{0,2041}{1,7893} \times 100\%$$

$$= 11,40 \%$$

