Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – TL 141584

# STUDI KASUS KOROSI PADA ALUMINIUM TIPE 2024-T4 DAN 7075-T6 SEBAGAI KANDIDAT MATERIAL STRUKTUR LAVATORY MODUL PESAWAT BOEING 737NG

NARARYYA ZUFAR EL AZMI
NRP. 02511440000145

Dosen Pembimbing
Lukman Noerochim, S.T., MSc.Eng, Ph.D
Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

TUGAS AKHIR – TL 141584

# STUDI KASUS KOROSI PADA ALUMINIUM TIPE 2024-T4 DAN 7075-T6 SEBAGAI KANDIDAT MATERIAL STRUKTUR LAVATORY MODUL PESAWAT BOEING 737NG

NARARYYA ZUFAR EL AZMI
NRP. 02511440000145

Dosen Pembimbing
Dr. Lukman Noerochiem, S.T., MSc.Eng
Tubagus Noor Rohmanuddin, S.T., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

FINAL PROJECT - TL 141584

# CORROSION CASE STUDY OF ALUMINIUM TYPE 2024-T4 AND 7075-T6 FOR CANDIDATE MATERIAL OF LAVATORY STRUCTURE OF BOEING 737 NG AIRCRAFT MODULE

NARARYYA ZUFAR EL AZMI
NRP. 02511440000145

Advisor
Dr. Lukman Noerochiem, S.T., MSc.Eng
Tubagus Noor Rohmanuddin, S.T., M.Sc

DEPARTMENT OF MATERIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**STUDI KASUS KOROSI PADA MATERIAL ALUMINIUM TIPE 2024-T4 DAN 7075-T6 SEBAGAI KANDIDAT MATERIAL LAVATORY MODUL PESAWAT BOEING 737NG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Korosi dan Analisa Kegagalan
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Nararyya Zufar El Azmi
NRP 02511440000145

Disetujui oleh tim penguji tugas akhir :

Lukman Noerochim, ST, M.Sc. Eng, Ph.D. ..........(Pembimbing I)

Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc. ..............(Pembimbing II)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL

**SURABAYA**

**JUNI 2018**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**STUDI KASUS KOROSI PADA ALUMINIUM 2024-T4 DAN ALUMINIUM 7075-T6 SEBAGAI PENGGANTI MATERIAL STRUKTUR LAVATORY MODUL PESAWAT BOEING 737NG**

**Nama : Nararyya Zufar El Azmi**
**NRP : 02511440000145**
**Departemen : Teknik Material ITS**
**Pembimbing : Lukman Noerochim, ST, MSc. Eng, Ph.D**
**Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc**

## *Abstrak*

Pesawat Terbang merupakan salah satu alat transportasi yang sering digunakan saat ini. Hal ini karena pesawat merupakan alat transportasi yang cepat serta nyaman. Kenyamanan ini salah satunya ada pada toilet (lavatory) pesawat. Komponen-komponen dari lavatory ini sebagian besar adalah paduan logam Aluminium. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian berupa aluminium 2024 dan aluminium 7075 yang dicelupkan ke dalam larutan selama kurun waktu tertentu. Analisis yang digunakan untuk menghitung laju korosi adalah dengan menggunakan metode *weight loss*, uji tafel, XRD untuk fasa yang terbentuk. Dengan menggunakan *weight loss*, massa logam yang hilang dianggap sebagai w, maka kita bisa menghitung laju korosi masing-masing spesimen. Didapat bahwa laju korosi dari Aluminium tipe 2024-T4 adalah sebesar 43,79 mm/tahun sedangkan tipe 7075-T6 adalah sebesar 18,48 mm/tahun. Pada uji tafel, didapatkan hasil bahwa laju korosi dari Aluminium 2024-T4 adalah sebesar 2,90 mm/tahun sedangkan untuk Aluminium 7075-T6 adalah sebesar 1,54 mm/tahun. Dari hasil ini didapatkan kesimpulan bahwa Aluminium tipe 2024-T4 lebih mudah terkorosi daripada tipe 7075-T6. Dari hasil XRD, didapatkan fasa untuk Aluminium 2024-T4 adalah Fe dan $MgAl_2O_4$ sedangkan untuk Al 7075-T6 adalah Aluminium, Zn, dan $Al_{86}Fe_{14}$. Aluminium 2024-T4 mengalami laju korosi lebih tinggi dibandingkan dengan Aluminium 7075-T6 karena Aluminium 7075-T6 memiliki kandungan Zn yang lebih dari Aluminium 2024-T4. Campuran

Zn dan Mg dari suatu aluminium akan membuat logam tersebut menjadi lebih tahan terhadap korosi

***Keyword* : Aluminium, Laju Korosi, *Weight Loss*, Zn**

# CORROSION CASE STUDY OF ALUMINIUM TYPE 2024-T4 AND 7075-T6 FOR CANDIDATE MATERIAL OF LAVATORY STRUCTURE OF BOEING 737 NG AIRCRAFT MODULE

**Name** : **Nararyya Zufar El Azmi**
**NRP** : **02511440000145**
**Department** : **Material Engineering**
**Advisor** : **Lukman Noerochiem, ST, MSc. Eng, Ph.D**
**Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc**

*Abstract*

Airplane is one of the most common public transportation right now. It’s because airplane is fast and comfortable. One of those comfortable factors are airplane lavatory. Lavatory components usually made from Aluminium. In this experminet, there are 2 aluminiums : Al 2024 and Al 7075. Both aluminiums are immersed at acid water at suitable time. There are some analysis that used in this esperiment : Weight loss to calculate the corrosion rate, tafel test, and XRD for the phase. By using weight loss method, the amount of loss weight are counted as w. From the calculation we get the corrosion rate of each specimen. 43.79mm/year is the result from type 2024-T4 and 18.48 mm/year for type 7075-T6. On tafel test, the corrosion rate of Aluminium type 2024-T4 is also higher than type 7075-T6. The result is 2.90 mm/year for type 2024-T4 and 1.54 mm/year for type 7075-T6. On XRD test, the phase for Aluminium 2024-T4 are Fe and $MgAl_2O_4$ and for Aluminium 7075-T6 is Al and $Al_{86}Fe_{14}$. Aluminium 2024-T4 is more corroded than Aluminium 7075-T6 because Aluminium 7075-T6 has Zn much then Aluminium 2024-T4 doesn’t. Combination of Zn and Mg will make Aluminium more resistant to corrosion.

**Keyword : Aluminium, Corrosion Rate, Weight Loss, Zinc**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas karunia yang telah diberikan kepada kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan, laporan " Tugas Akhir (TA) " yang berjudul "**Studi Kasus Korosi Pada Aluminium 2024-T4 dan Aluminium 7075-T6 Sebagai Kandidat Material Struktur Lavatory Modul Pesawat Boeing 737NG"**. Untuk melengkapi dan memenuhi syarat syarat, guna menyelesaikan Program Studi S1

Sholawat dan salam, tidak lupa saya haturkan kepada Junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, atas Barokah Rohmat dan syafaat-Nya, penulis dapat menyelesaiakan penulisan Tugas akhir ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir (TA), masih terdapat banyak kekurangan, baik dalam penulisan maupun penyusunan kalimat, sehingga belum dapat dikatakan sempurna, hal ini disebabkan terbatasnya kemampuan, pengetahuan, serta cara menulis yang dimiliki oleh penulis. Dalam penyelesaian dalam penulisan Tugas Akhir (TA) hingga dapat terselesaikan, tidak lepas dari ijinkan penulis, menyampaikan ucapapan terima Kasih kepada :

1. Bapak Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2. Bapak Dekan/Kaprodi Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
3. Bapak **Lukman Noerochim S.T., M. Sc. Eng, Ph.D** selaku Dosen Pembimbing I yang telah, memberikan pengarahan, dan bimbingan dalam membantu penyusunan dan penulisan dari awal hingga akhir dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA).
4. Bapak **Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc**, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan pembuatan laporan Tugas Akhir (TA).

5. Bapak **Sebastianus Wendra dari Production Engineering PT GMF AeroAsia** yang telah memberikan bimbingan kepada penulis selama melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) di PT. GMF AeroAsia
6. Kepada Bapak-bapak Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir (TA) serta seluruh dosen dan staff karyawan Departemen Teknik Material FTI ITS yang namanya tidak dapat penulis sebut satu persatu.
7. Kepada Ibunda penulis **Hj LILY SOLICHUL MUKMINAH SH.MH. serta keluarga besar,** yang telah memberikan dukungan dan bantuan secara materiil maupun moril, dan selalu mendoakan penulis sehingga Tugas Akhir (TA) dapat diselesaikan
8. Kepada bapak **Drs.H.JAKA SARWANTA SH.MHum.MKn.MM,** yang telah memberikan dukungan, saran, masukan dukungan dan semangat, sehingga Tugas Akhir (TA) Penulis ini dapat terselesaikan.
9. Mas Rizki, Mbak Nila, dan Mbak Ica selaku staff *production engineering* yang telah memberikan bantuan, guna memfasilitasi penulis dalam penyusunan penulisan laporan Tugas Akhir (TA) ini
10. Seluruh anggota lab korosi dan kegagalan material yang sudah ikut membantu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini
11. Keluarga HMMT dan MT 16
12. Kepada semua pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung

Penulis menyadari bahwa dalam, penulisan Tugas Akhir (TA) ini banyak kesalahan kekurangan dan jauh dari sempurna, sebagaimana ada pepatah *"Bahwa Tiada Gading Yang Tak Retak"*, oleh karena itu penulis dengan senang dan terbuka untuk

menerima kritik dan saran guna kesempurnaan Tugas akhir (TA), serta perbaikan penulis dimasa yang akan datang.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

DAFTAR ISI

**ABSTRAK**.......................................................................**vii**
**ABSTRACT**.......................................................................**ix**
**KATA PENGANTAR**...........................................................**xi**
**DAFTAR ISI**.......................................................................**xv**
**DAFTAR GAMBAR**...........................................................**xvii**
**DAFTAR TABEL**...............................................................**xix**

**BAB I PENDAHULUAN**
1.1 Latar Belakang.......................................................................1
1.2 Rumusan Masalah...................................................................2
1.3 Tujuan Penelitian....................................................................2
1.4 Batasan Masalah.....................................................................3
1.5 Manfaat Penelitian..................................................................3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
2.1 Korosi.....................................................................................5
2.2 Jenis-Jenis Korosi...................................................................5
2.3 Syarat-Syarat Terjadinya Korosi.............................................6
2.4 Aluminium..............................................................................8
2.4.1 Paduan Aluminium.........................................................10
2.4.2 Klasifikasi Paduan Aluminium......................................11
2.4.3 Aluminium 2024.............................................................12
2.4.4 Aluminium 7075.............................................................15
2.5 Korosi Pada Aluminium..........................................................18
2.6 Korosi Pada *Lavatory*............................................................23
2.7 Larutan HCl.............................................................................25
2.8 Menghitung Laju Korosi menggunakan *weight loss*.................26
2.9 Uji Tafel...................................................................................28

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**
3.1 Diagram Alir...........................................................................31

3.2 Alat dan Bahan Penelitian............................................................33
3.2.1Alat-Alat Penelitian.............................................................33
3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian......................................................36
3.3 Prosedur Pelaksanaan...................................................................37
3.4 Rancangan Penelitian...................................................................40

**BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA**
4.1 Hasil *Weight Loss* dari Aluminium dalam 1 minggu....................41
4.2 Perhitungan Molaritas Larutan HCl 0,1 Molar.............................43
4.3 Perhitungan *Corrosion Rate* Aluminium....................................43
4.4 Hasil Uji Tafel..............................................................................46
4.5 Hasil Uji XRD..............................................................................48

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**
5.1 Kesimpulan.................................................................................. 51
5.2 Saran.............................................................................................51

**DAFTAR PUSTAKA.........................................................................xxi**
**LAMPIRAN**
**BIODATA PENULIS**

# DAFTAR GAMBAR


Gambar 2.1 Proses terjadinya korosi pada logam dengan sel galvanik.............................................................7
Gambar 2.2 Korosi pada besi................................................8
Gambar 2.3 Ingot menunjukkan struktur multifasa yang kompeks, dimana presipitat matriks aluminium terbentuk dari pendinginan lambat dari ingot. 10% asam fosfat. 455x...............................................14
Gambar 2.4 Ingot yang dipanaskan membuat struktur multifasa tereduksi menjadi 2 bagian, fasa yang kaya Fe dan $Al_2CuMg$ yang *soluble*. Terbentuk presipitat Widmrenstatten selama terjadi pendinginan lambat. 10% asam fosfat, 460x..............................................................15
Gambar 2.5 2024-T4 (*solution heat treated*) plate menunjukan distribusi dari konstituen karena *mechanical working.* 10% asam fosfat, perbesaran 455 x..................................................................15
Gambar 2.6 Prosedur T6 dan RRA.......................................16
Gambar 2.7 Penampakan secara optik..................................17
Gambar 2.8 Penampakan TEM Aluminium 7075.................17
Gambar 2.9 Penampakan optik dari *nugget zone* Aluminium 7075...............................................................17
Gambar 2.10 Penampakan SEM dari Aluminium 7075, (a) pasca *welding*, (b) T6, (c) RRA..........................18
Gambar 2.11 Contoh *Surface Corrosion* yang ada di pesawat............................................................19
Gambar 2.12 Contoh *Fitting Corrosion*..................................20
Gambar 2.13 Contoh *Filliform Corrosion*...............................21
Gambar 2.14 Contoh *Fretting Corrosion*................................22
Gambar 2.15 Contoh Salah Satu *Stress Corrosion*..................23
Gambar 2.16 Contoh *door push* yang mengalami korosi........24

Gambar 2.17 Lavatory Merk Jamco (Jepang) dengan nomor part AFA044A-4001KH, dipakai untuk pesawat Atlanta............................................................24
Gambar 2.18 Beberapa contoh bentuk aluminium dalam bentuk *plate*................................................................25
Gambar 2.19 Contoh grafik dari Uji Tafel..............................29
Gambar 3.1 Diagram Alir...................................................31
Gambar 3.2 Gelas Ukur......................................................33
Gambar 3.3 Timbangan Digital...........................................33
Gambar 3.4 Mesin Pemotong...............................................34
Gambar 3.5 Alat *sanding*....................................................34
Gambar 3.6 Mesin XRD......................................................34
Gambar 3.7 Gelas Beker 500ml............................................35
Gambar 3.8 Gelas Ukur 25ml...............................................35
Gambar 3.9 Alat Uji Tafel...................................................35
Gambar 3.10 Alat Uji Spektroskopi......................................36
Gambar 3.11 Aluminium 2024 dan Aluminium 7075............36
Gambar 3.12 Larutan HCl 32%.............................................37
Gambar 3.13 Aquadest.........................................................37
Gambar 3.14 Memasukkan larutan HCl ke gelas beker...........38
Gambar 3.15 Menimbang salah satu logam aluminium, yakni Al 2024.................................................................39
Gambar 3.16 Merendam logam aluminium............................39
Gambar 3.17 Menimbang Aluminium 2024 setelah 7 hari..................................................................40
Gambar 4.1 Logam Al 2024-T4 (kiri) dan Al 7075-T6 (kanan) sebelum perendaman.......................................45
Gambar 4.2 Hasil perendaman logam Al 2024 (kanan) dan logam Al 7075 (kiri) selama seminggu..............46
Gambar 4.3 Hasil Uji Tafel Aluminium 2024-T4..................47
Gambar 4.4 Hasil Uji Tafel Aluminium 7075-T6..................47
Gambar 4.5 Hasil XRD Aluminium 2024 dan 7075.............49

# DAFTAR TABEL


Tabel 2.1 Sifat-sifat Fisik Aluminium................................9
Tabel 2.2 Komposisi Kimia *Wrought Aluminium Alloy*...............................................................12
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Al 2024-T4............................13
Tabel 2.4 *Mechanical Properties* Al 2024-T4..................14
Tabel 2.5 Material Penyusun Al 7075-T6..........................16
Tabel 2.6 *Properties* Al 7075-T6......................................16
Tabel 2.7 *Properties* Larutan HCl.....................................26
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian........................................40
Tabel 4.1 Tabel Komposisi Kimia Al 2024-T4..................41
Tabel 4.2 Material Penyusun Al 7075-T6..........................41
Tabel 4.3 Hasil Pengurangan Massa Al 2024 dan Al 7075...................................................................42
Tabel 4.4 Konstanta Faktor Masing-Masing Unit.............44

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I
# PENDAHULUAN

## I. 1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan peradaban manusia dewasa ini salah satunya diakibatkan oleh proses penyampaian informasi yang berjalan begitu lancar. Di jaman yang serba modern ini segala macam informasi dengan mudah dapat kita peroleh melalui berbagai media contohnya untuk media non elektronik adalah koran dan majalah sedangkan media elektronik adalah pc/laptop yang yang dilengkapi dengan jaringan internet.Tanpa terhalang jarak dan waktu semua informasi tersebut bisa dengan cepat diterima kapanpun dan dimanapun.

Salah satu hal yang bisa dijadikan contoh adalah dari segi Material dan *Metalurgi*. Sebagai contoh, pada zaman dahulu banyak logam dengan berat yang cukup besar yang diproduksi langsung untuk properti tertentu. Sekarang, logam-logam tersebut dibuat menjadi lebih ringan untuk mempermudah prosesnya. Adapun contoh lainnya, yaitu pada zaman dahulu suatu material mengalami korosi, dimana korosi adalah penurunan kualitas logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya “. Dari definisi tersebut, maka ada beberapa hal yang dapat ditekankan lagi, yaitu melalui istilah “ Penurunan kualitas “, bisa diartikan bahwa *“korosi”* adalah suatu proses yang tidak dikehendaki, walaupun pada kenyataanya penggunaan istilah ini tidak selamanya benar.

Penurunan kualitas logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia yakni antara material-material yang bersangkutan (dalam hal ini anoda dan katoda) terjadi perpindahan elektron. Karena elektron adalah sesuatu yang bermuatan negatif, maka pengangkutannya akan menimbulkan arus listrik dan pada reaksi demikian sangat dipengaruhi oleh beda potensial antara kedua elektroda.dalam kurun waktu 6 bulan. Sekarang, material tersebut bisa bertahan terhadap korosi dalam waktu 1 (satu) tahun

Pesawat terbang merupakan salah satu alat transportasi yang penting sekarang ini karena cepat dan nyaman. Untuk meningkatkan kepuasan para penumpang, perlu adanya perawatan pada pesawat secara rutin. Perawatan pesawat meliputi beberapa aspek, salah satu persoalannya adalah korosi. Tak dapat dipungkiri, sebagus dan senyaman apapun sebuah pesawat, korosi akan tetap terjadi.Korosi di pesawat terjadi di beberapa tempat. Bisa terjadi di bagian luar, seperti di body maupun sayap, maupun bagian dalam, seperti *lavatory* (kamar mandi penumpang) dan dapur untuk membuat makanan.

Korosi di bagian *lavatory* sebagian besar disebabkan oleh percikan air yang kadang tidak dibersihkan oleh penumpang setelah menggunakan kamar mandi. Akibat korosi ini, setiap tahunnya, penggantian material menghabiskan biaya yang cukup besar, dan biaya terbesar untuk hal tersebut berasal dari *lavatory*. Oleh karena itu, diperlukan material yang tahan terhadap korosi di bagian *lavatory* sehingga mampu menekan biaya penggantian material yang dibutuhkan.

Aluminium dipilih sebagai salah satu material yang cocok digunakan pada pesawat terbang karena mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik serta sifat-sifat lainnya sebagai sifat logam. Untuk menaikkan sifat mekanik nya, maka secara umum aluminium biasanya dipadu dengan menambahkan Si, Fe, Cu, Mn, Mg, dan Zn. Si dan Mg ditambahkan untuk menambah daya tahan terhadap korosi, Fe untuk mencegah terjadinya penyusutan, Cu untuk menambah kekuatan, dan Mn untuk memperbaiki mampu bentuk. Elemen-elemen tersebut ditambahkan paduannya antara lain untuk peralatan rumah tangga, kemasan makanan dan minuman, pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi bangunan rumah dan lain-lain. (Fellers, 1990)

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana korosi pada *lavatory* pesawat bisa terjadi?

2. Bagaimana pengaruh penggunaan Aluminium 2024-T4 dan Aluminium 7075-T6 terhadap laju korosi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Untuk menganalisis bagaimana mekanisme korosi pada *lavatory* pesawat
2. Untuk menganalisis pengaruh penggunaan Aluminium Tipe 2024-T4 dan 7075-T6 terhadap laju korosi

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan Masalah yang ditetepkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komposisi dari masing-masing sampel dianggap homogen
2. Temperatur saat pengujian dianggap pada temperatur kamar

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat utama yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mampu memahami hal-hal yang menyebabkan terjadinya korosi serta mencarikan solusi terbaik untuk mengatasi hal tersebut
2. Mampu menekan biaya penggantian material yang diperlukan

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Korosi

Korosi adalah gejala yang timbul secara alami ; pengaruhnya dialami oleh hampir semua zat dan diatur oleh perubahan perubahan energi. Korosi juga merupakan peristiwa perusakan logam oleh karena terjadinya reaksi kimia antara logam dengan zat-zat di lingkungannya membentuk senyawa yang tak dikehendaki. **(**John Camberlain,1991**)**

## 2.2 Jenis-jenis Korosi

Berikut ini merupakan beberapa jenis korosi (karat) yang umumnya terjadi, antara lain:

a. Jenis korosi yang terjadi melalui proses elektrokimia. Antara lain: Korosi atmosfir, korosi galvanis, korosi arus liar, korosi air laut, korosi tanah (*soil corrosion*), *oxygen concentration cell*, dan lain-lain
b. Jenis korosi yang terjadi melalui proses kimia adalah: Korosi pelarutan selektif, korosi merkuri, korosi asam (*acid corrosion*), korosi titik embun (*dew point corrosion)*, grafitisasi, dan lain-lain
c. Jenis korosi yang terjadi melalui proses kombinasi elektrokimia, kimia, dan fisik adalah: korosi tegangan, korosi erosi, dan lain-lain
d. Jenis korosi yang terjadi akibat kerusakan mekanis antara lain: *Freeting* (korosi gesekan), korosi kelelahan (*corrosion fatigue*), serangan tumbukan partikel (*impingement attack*), kavitasi, erosi/abrasi, dan lain-lain
e. Jenis korosi yang terjadi pada temperatur tinggi antara lain: oksidasi, korosi metal cair (*liquid metal corrosion*), dan lain-lain
f. Jenis korosi yang disebabkan oleh faktor biologis yakni korosi yang disebabkan oleh bakteri pereduksi sulfat (*sulphate reducing bacteria*)
g. Kerusakan metal lainnya yang diakibatkan oleh pencemaran zat kimia sewaktu dioperasikan dalam kondisi lingkungan yang kaya

dengan zat pencemar tertentu, misalnya penggetasan hidrogen (*hydrogen embrittlement*), penggetasan sulfur (*sulphur embrittlement*), *hydrogen blister, hydrogen attack, caustic embrittlement*, dan lain-lain

h. Jenis korosi yang terjadi di batas kristal metal, yakni *intergrannular/intercrystaline corrosion, interdendritic corrosion*, dan lain-lain

(Widharto, Sri. 1999)

## 2.3 Syarat-syarat Terjadinya Korosi

Ada 4 hal yang diperlukan agar korosi terjadi, antara lain sebagai berikut :

1. Anoda

Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi dengan membentuk hasil korosi yang tidak larut. Reaksi ini bisa menghalangi pelarutan logam lebih lanjut yang disebut pemasifan dimana reaksi korosi berhenti. Rekasi korosi logam M biasanya dinyatakan dalam persamaan berikut

$$M \rightarrow M^{z+} + ze^- \qquad (2.1)$$

Dengan banyak elektron yang diambil dari masing-masing atom yang ditentukan oleh valensi logam yang bersangkutan. Umumnya, z bernilai 1, 2, atau 3

2. Katoda

Katoda merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi dimana ion positif berkumpul. Biasanya katoda tak mengalami korosi, namun mungkin mendapat kerusakan pada kondisi tertentu. Adapun dua reaksi penting yang umum terjadi pada katoda, tergantung pH larutan yang bersangkutan adalah :

a. pH <7 : $H^+ + e^- \rightarrow H$ (atom) (2.2)

$2H \rightarrow H_2$

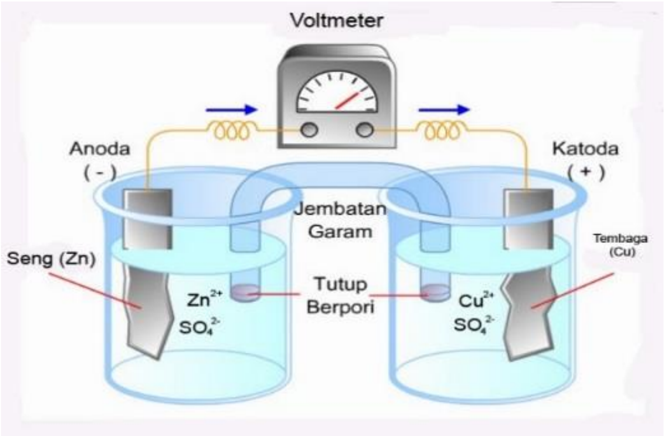
b. pH >7 : $2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ (2.3)

3. Media elektrolit

Media elektrolit ini berfungsi sebagai penghantar elektron antara katoda dan anoda. Bersifat menghantarkan listrik

4. Adanya arus listrik akibat pergerakan elektron

Mekanisme terjadinya korosi diilustrasikan seperti pada gambar ini




Gambar 2.1 Proses terjadinya korosi pada logam dengan sel galvanik (Chodijah, Siti. 2008)

Korosi sangat umum dijumpai pada kehidupan sehari-hari, seperti pada gambar di bawah

Gambar 2.2 Korosi pada besi (Chodijah, Siti. 2008)

**2.4 Aluminium**

Aluminium adalah logam yang memiliki kekuatan yang relatif rendah dan lunak. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik yang baik, dan sifat-sifat lainnya. Umumnya aluminium dicampur dengan logam lainnya sehingga membentuk aluminium paduan. Material ini dimanfaatkan bukan saja untuk perlatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan industri, konstruksi, dan lain sebagainya. (MN Mujiyo. 2014)

Aluminium memiliki struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC) dengan kisi kristal (a) = 4,0413 Angstrom pada temperatur $25^o$ C (Horn, 1967).

Aluminium merupakan logam ringan, dimana memiliki berat 34% dari besi dengan voume yang sama, 30% dengan volume yang sama dibandingkan dengan tembaga, akan tetapi memiliki berat 1,5 kali dibandingkan dengan magnesium. Aluminium tidak beracun, tidak merubah warna makanan, tidak mempunyai rasa, maka dari itu aluminium banyak digunakan sebagai kemasan makanan (Fellers, 1990).

Aluminium mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik serta sifat-sifat lainnya sebagai sifat logam. Untuk menaikkan sifat mekanik nya, maka secara umum aluminium biasanya dipadu dengan menambahkan Si, Fe, Cu, Mn, Mg, dan Zn. Si dan Mg ditambahkan untuk menambah daya tahan terhadap

korosi, Fe untuk mencegah terjadinya penyusutan, Cu untuk menambah kekuatan, dan Mn untuk memperbaiki mampu bentuk. Elemen-elemen tersebut ditambahkan paduannya antara lain untuk peralatan rumah tangga, kemasan makanan dan minuman, pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi bangunan rumah dan lain-lain. (Fellers, 1990)

Ketahanan korosi yang sangat baik oleh aluminium disebabkan oleh adanya lapisan oksida tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya (Al2O3). Lapisan Al2O3 stabil pada lingkungan pH 4 s/d pH 9 (pasifasi) sehingga lapisan tersebut dapat melindungi logam bagian dalam dari serangan korosi lanjutan, namun aluminium dapat juga terkorosi dalam lingkungan yang agresif yaitu di luar kisaran pH tersebut terutama suasana asam maupun basa (Siregar,2010). Ketika Aluminium berada di lingkungan yang cukup ekstrim, seperti lingkungan asam, maka laju korosinya semakin cepat. (Andarany, 2017). Secara umum, reaksi kimianya sebagai berikut

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2 \uparrow + 6Cl^{-} \qquad (2.4)$$

Adapun sifat-sifat fisik aluminium murni ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Sifat-sifat Fisik Al (Surdia dan Shinroku, 1992)

| Sifat-sifat | Kemurnian Al (%) | |
|---|---|---|
| | 99,996 | >99 |
| Massa Jenis (20$^{o}$ C) | 2,6989 | 2,71 |
| Titik Cair | 660,2 | 653-657 |
| Panas Jenis (cal/g.$^{o}$C) (100$^{o}$C) | 0,2226 | 0,2297 |
| Hantaran Listrik (%) | 64,94 | 59 (dianil) |
| Tahanan listrik koefisien temperatur ($^{o}$C) | 0,00429 | 0,0115 |

| | | |
|---|---|---|
| Koefisien Pemuaian (20-100$^{o}$C) | 23,86 x $10^{-6}$ | 23,5 x $10^{-6}$ |
| Jenis Kristal, konstanta kisi | FCC, a = 4,013 | FCC, a = 4,04 |

### 2.4.1 Paduan Aluminium

Sebagaimana logam-logam lain, untuk merubah sifat aluminium menjadi lebih kuat, maka dipadu dengan unsur-unsur lain sesuai dengan kebutuhan dan penggunaannya. Paduan aluminium (*aluminium alloy*) banyak digunakan secara komersial karena mempunyai kekuatan yang lebih dibandingkan aluminium murni.

Beberapa jenis logam ditambahkan ke dalam aluminium murni dalam bentuk cair untuk menjadikannya lebih kuat dan lebih serbaguna. Unsur-unsur yang biasnaya ditambahkan ke dalam paduan aluminium adalah Cu, Zn, Mn, Mg, dan Si. Unsur-unsur tersebut jauh lebih tahan terhadap korosi dibandingkan dengan besi karbon, tetapi aluminium lebih tahan lagi terhadap korosi (Fellers, 1990). Komposisi kimia paduan aluminium didaftarkan pada asosiasi yang bernama *Aluminium Association* yang disingkat AA. Disamping itu ada organisasi lain yang mempublikasikan standar yang lebih bagus, seperti *Society of Automotive Engineers* (SAE), *American Society for Testing and Materials* (ASTM).

Paduan aluminium dengan sifat-sifat yang lebih luas digunakan untuk bagian-bagian mesin atau struktur lainnya. Sistem paduan (*Alloy Sytems*) diklasifikasikan dengan sistem nomor yang dikeluarkan *American National Standard Institute* (ANSI) dengan nama yang mengindikasikan besarnya elemen yang dipadukan (*Deutsches Institut Fur Normung – DIN* dan *International Organization of Standardization – ISO*) (Fellers, 1990).

Dengan memilih paduan yang benar, akan menghasilkan sifat-sifat paduan seperti: kekuatan (*strength*), keuletan (*ductility*), pembentukan (*formability*), dapat disambung (*weldability*) dan ketahanan terhadap korosi (*corrosion resisteance*). Kekuatan dan

daya tahan aluminium mempunyai variasi yang besar sehingga dapat digunakan sebagai paduan khusus dalam proses manufaktur

Dalam hal paduan aluminium yang disiapkan sebagai bahan baku untuk pembuatan kemasan kaleng minuman dan kemasan lainnya diperkuat dengan menambahkan magnesium, untuk membentuk *aluminium magnesium alloy*, ditambahkan pula elemen lain seperti mangan dan chromium sebagai penguat dan juga unutk mengontrol mampu bentuk, memperbaiki ukuran butiran dan sifat-sifat lainnya. Paduan aluminium sebagai bahan baku kemasan yang diharapkan mempunyai kekuatan setinggi mungkin akan tetapi harus mudah dibentuk dan kualitasnya memenuhi persyaratan kemasan kaleng minuman

Dengan cara memilih paduan yang tepat maka kemungkinan penipisan materialnya bisa dilakukan sehingga memberikan optimasi penggunaan material secara ekonomis (Horn, 1967). Komposisi dan struktur logam harus memberikan mampu bentuk pada waktu diproses pada line produksi, karena mampu bentuk dapat menentukan kinerja paduan aluminium itu sendiri.

### 2.4.2 Klasifikasi Paduan Aluminium

Secara umum paduan aluminium diklasifikasikan menjadi 2 macam yaitu *wrought aluminium alloy* dan *cast aluminium alloy*. Kedua macam paduan ini dibedakan lagi menjadi paduan aluminium yang disiapkan untuk penggunaan panas (*heat treatable alloy*) dan penggunaan tanpa pemanasan (*non heat treatable alloy*). *Heat treatable alloy* disiapkan untuk penggunaan pada temperatur sampai dengan 200$^{o}$C, diperkuat dengan cara menambahkan elemen-elemen lain yang membentuk senyawa *intermetalic*.

Paduan aluminium yang termasuk dalam kelompok *heat treatable alloy* adalah seri 2xxx, 6xxx, dan 7xxx. Salah satua paduan aluminium seri 2000 adalah 2024 ($Al_2CuMg$) yang digunakan sebagai rangka pesawat.

Paduan aluminium yang termasuk dalam kelompok *non heat treatable* adalah seri 1xxx, 3xxx, 5xxx, dan beberapa seri dari

4xxx, dimana untuk menambah kekuatannya dialkukan dengan cara pengerjaan dingin. Paduan aluminium seri 1xxx dan seri 3xxx adalah merupakan paduan fasa tunggal dimana kandungan aluminium nya mencapai 97-99 % dengan sedikit penambahan Fe, Cu, dan Si yang dapat menambah kekuatan.

**Tabel 2.2** dibawah ini menunjukkan komposisi kimia untuk *wrought aluminium alloy*, dimana setiap seri mempunyai 4 digit angka yang mempunyai arti, digit pertama menandakan kelompok elemen pemadu terbanyak, digit kedua mengindikasikan hasil modifikasi atau batas ketidakmurnian dan dua digit terakhir meruapakan indikasi dari paduan atau tingkat kemurnian.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia *Wrought Aluminium Alloy* (Alcoa 1995)

| Seri | Unsur Pemadu Utama |
|---|---|
| 1xxx | Aluminium Minimum 99% |
| 2xxx | Copper (1,9% - 6,8%) |
| 3xxx | Manganese (0,3% - 1,5%) |
| 4xxx | Silicon (3,6% - 13,5%) |
| 5xxx | Magnesium (0,5% - 5,5%) |
| 6xxx | Magnesium and Silicon ( Mg 0,4% - 1,5% ; Si 0,2% - 1,7%) |
| 7xxx | Zinc (1% - 8,2%) |
| 8xxx | Lain-lain |

### 2.4.3 Aluminium 2024-T4

Aluminium 2024 merupakan paduan dengan konsentrasi tembaga hingga 4,9% (Buccheit, 1997). Terdapat elemen-elemen lain juga pada paduan ini yaitu silikon, besi, mangan, magnesium,

dan krom. Paduan ini dikembangkan pada 1931 karena meningkatnya industri pesawat terbang, dan pertama kali digunakan untuk membuat DC-3, dimana penggunaan ini digunakan lebih umum dan banyak digunakan oleh Boeing hingga akhir 1970. Sekarang ini, selain digunakan untuk pesawat terbang, paduan ini juga digunakan untuk *aerospace* dan peralatan industri yang memerlukan material dengan berat yang ringan dan kekuatan komponen yang tinggi (Shao, 2003).

Aluminium 2024 merupakan paduan aluminium dengan tembaga sebagai paduan utama nya. Paduan ini biasanya diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan kekuatan yang tinggi, dan memiliki resisten terhadap *fatigue* yang bagus. Kemampuan mampu las (weldability) nya hanya sampai pada *friction welding* dan machinability nya standar. Berikut ini merupakan material penyusun Al 2024-T4 dan *properties* nya, baik dari segi material penyusun, serta sifat-sifat yang terdapat pada material tersebut (Suherman, W. 1999)

Hal-hal yang masih berlangsung tentang paduan ini hingga hari ini adalah tentang kemampuannya untuk tahan terhadap korosi. Oleh karena itu, banyak orang berusaha mengembangkan kekuatan tahan korosi dari material ini tanpa mengurangi kekuatannya yang sudah tinggi (Buccheit, 1997) (Harlow, 1998). Adapun untuk komposisi kimia dan properti mekanikal nya akan dijelaskan pada tabel dibawah ini

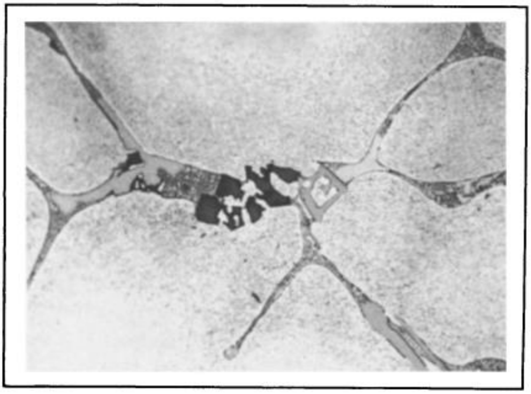
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Al 2024-T4 (Zhou, 2016)

| Elemen | Komposisi (%) |
|---|---|
| Cu | 4,5 |
| Mg | 1,6 |
| Si | 0,5 |
| Fe | 0,5 |
| Mn | 0,7 |
| Al | Balance |
| Other | 0,5 |

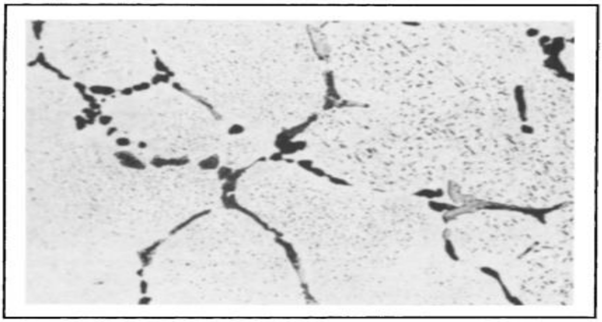
Tabel 2.4 *Mechanical Properties* Al 2024-T4 (Zhou, 2016)

| Mechanical Properties | Nilai |
|---|---|
| Tensile Strength (MPa) | 421 |
| Yield Strength (MPa) | 307 |
| Elongation (d, %) | 19,6 |
| Elasticity Modulus (GPa) | 72,4 |
| Poisson Ratio | 0,33 |

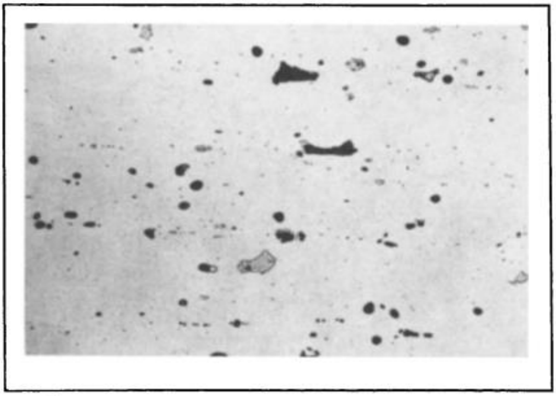
Berikut ini merupakan struktur mikro dari Aluminium 2024 menurut John E, Hach (1984)



Gambar 2.3 Ingot menunjukkan struktur multifasa yang kompeks, dimana presipitat matriks aluminium terbentuk dari pendinginan lambat dari ingot. 10% asam fosfat. 455x (Courtesy ofKaiser Aluminum & Chemical Corp)



Gambar 2.4 Ingot yang dipanaskan membuat struktur multifasa tereduksi menjadi 2 bagian, fasa yang kaya Fe dan $Al_2CuMg$ yang *soluble*. Terbentuk presipitat Widmrenstatten selama terjadi pendinginan lambat. 10% asam fosfat, 460x (Courtesy of Kaiser Aluminum & Chemical Corp.)



Gambar 2.5 2024-T4 (*solution heat treated*) plate menunjukan distribusi dari konstituen karena *mechanical working*. 10% asam fosfat, 455 x. (Courtesy of Kaiser Aluminum & Chemical Corp.)

### 2.4.4 Aluminium 7075-T6

Aluminium 7075-T6 adalah salah satu paduan logam aluminium yang banyak digunakan untuk pesawat terbang, pertahanan, marine (di laut), dan industri otomotif (M.

Sambathkumar, 2016). Logam ini merupakan material yang sangat menarik karena *mechanical properties* nya, densitas yang rendah, kekuatan yang tinggi, *ductility* serta *toughness* yang moderat. Oleh karena beberapa properti tersebut, paduan ini digunakan pada bagian struktur yang mengalami *stress*. (Naser, 2014)

Aluminium 7075 ini menggunakan *heat treatable* alloys di segala sektornya membuat logam ini memiliki kekuatan yang baik, dan memiliki ketahanan korosi yang bagus. Aluminium 7075 ini memiliki kandungan Zn sekitar 5,1-6,1 lalu Magnesium sekitar 2,1-2,9 dan tembaga sekitar 1,2-2 % (Kumar, 2015).

Beberapa investigator menemukan bahwa paduan aluminium yang mengandung zink dan magnesium akan memberikan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan zink atau magnesium saja. Peningkatan kekuatan ini ditemukan dalam beberapa aluminium berikut, dimana penemuan-penemuan ini menuntun perkembangan paduan Aluminium 7075 yang mengandung Al-Zn-Mg-Cu pada awal 1940 sehingga cocok digunakan di dalam pesawat terbang, salah satunya di bagian *lavatory* (Rambabu, 2017)

Berikut ini adalah penyusun dan juga properties dari Aluminium 7075-T6

Tabel 2.5 Material penyusun Al 7075-T6 (http://asm.matweb.com)

| **Component** | **Wt. %** | **Component** | **Wt. %** |
|---|---|---|---|
| Al | 87.1-91.4 | Mg | 2.1-2.9 |
| Cr | 0.18-0.28 | Mn | Max 0.3 |
| Cu | 1.2-2 | Other, each | Max 0.05 |
| Fe | Max 0.5 | Other, total | Max 0.15 |
| Si | Max 0.4 | Ti | Max 0.2 |
| Zn | 5.1-6.1 | | |

Tabel 2.6 *Properties* Al 7075-T6

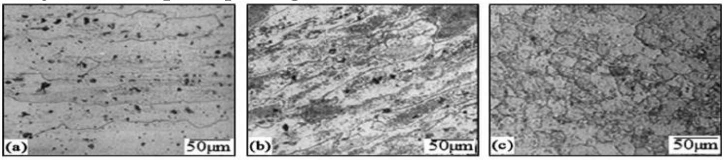
| **Physical Properties** | **Metric** |
|---|---|
| Density | 2.81 g/cc |

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kumar dkk, didapatkan struktur mikro dari material Aluminium 7075 dengan tiga bagian, yaitu Pasca *treatmen welding*, *Peak Aging* (T6), serta *retrogression and reaging* (RRA) dengan rincian untuk T6 dan RRA adalah sebagai berikut

Tabel 2.7 Prosedur T6 dan RRA (Kumar, 2015)

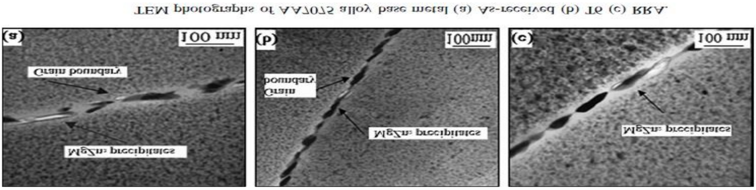
| | Temper condition | Aging temp. |
|---|---|---|
| T6 | Near peak aging | Solution heat treatment at 515 °C for 1,5h with cold water quench and heating at 120 °C for 24h |
| RRA | Peak aging | Heat treatment at 230 °C for 5 min and then water quenching followed by aging at T6 condition |

Pada gambar 2.7 ini adalah penampakan mikrografi optik dari struktur Aluminium 7075. Pada gambar 2.8 ditunjukkan hasil dari TEM, dimana *Grain Boundary* presipitat diobservasi dengan morfologi yang berbeda. Pada kondisi T6, mikorstruktur cenderung *coarse* dan jarak presipitat dengan *grain boundary* berdekatan. Pada kondis RRA, *grain boundary* presipitatnya diskontinu dan lebih *coarse* dari T6 sebagai akibat dari tambahan *boundary* pada awal fase retrogresi. Pada gambar 2.9 ditunjukkan hasil dari *nugget zone* secara optikal mikrografi. Jika treatment T6 dilanjutkan ke pemanasan kedua dari spesimen dan melakukan *water quenching*, maka segreagasi akan terbentuk, sehingga wujudnya akan seperti pada gambar 2.9

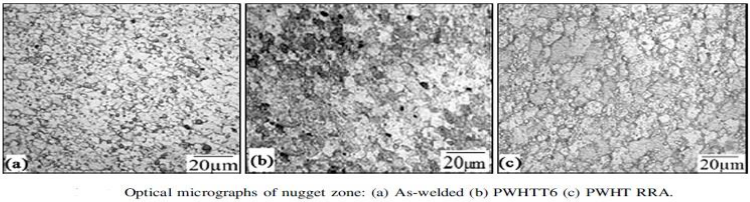



Optical micrographs of AA7075 alloy base metal (a) As-received (b) T6 (c) RRA.

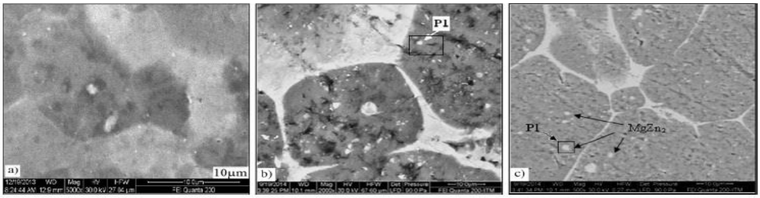
Gambar 2.7 Penampakan secara optik (Kumar, 2015)




Gambar 2.8 Penampakan TEM dari Aluminium 7075 (Kumar, 2015)




Gambar 2.9 Penampakan optik dari *nugget zone* Aluminium 7075 (Kumar, 2015)




Gambar 2.10 Penampakan SEM dari Aluminium 7075, (a) pasca *welding*, (b) T6, (c) RRA (Kumar, 2015)

## 2.5 Korosi Pada Aluminium

Berikut ini merupakan contoh-contoh korosi yang umum dan sering terjadi pada aluminium

### *a. Surface Corrosion*

Merupakan lapisan korosi yang pernah terbentuk sebelumnya, tidak menyebabkan *pits* atau kerusakan disekitar. Saat dimana permukaan logam yang tidak terlindungi berada pada daerah yang mengandung asap dari batere,*gas\exhaust*, atau

kontaminasi industri maka logam akan secara keseluruhan terganggu, sehingga akan menyebabkan permukaan menjadi kusam yangdisebabkan logam yang berubah menjadi garam korosi, jika endapan ini tidakdihilangkan maka akan terbentuk logam kasar yang membentuk korosi jenis pit (*corrosion pits*).

Gambar 2.11 Contoh *Surface Corrosion* yang ada di pesawat (http://www.dviaviation.com/image/55897935_scaled_624x312.jpg)

Ciri-ciri :
1. Kerusakan seragam pada material.
2. Penampakan buram.
3. Pada besi hasil korosi berwarna kemerah-merahan.
4. Jika dibersihkan , permukaan logam mengkilap lagi.

Penyebab :
Akibat serangan kimia langsung (*direct chemical attack*). Pada kondisi udara lembab dan atmosfir mengandung unsur-unsuragresif (misal ion CL negatif) dibiarkan berlanjut terus, besar kemungkinan permukaan akan menjadi kasar dan berbentuk lubang-lubang kecil (*pitting*).

(Rosyidin, Ali. 2016)

***b. Pitting Corrosion***

Merupakan pembentukan kantung dari korosi yang terjadi pada permukaan logam dan ini merupakan korosi yang terjadi akibat dari korosi yang terjadi sebelumnya tidak dihilangkan pitting terbentuk pada daerah anode. Aksi dari korosi akan terus

berlangsung hingga ketebalan dari logam sudah berubah menjadi garam, secara ekstrimnya memakan seluruh bagian logam.

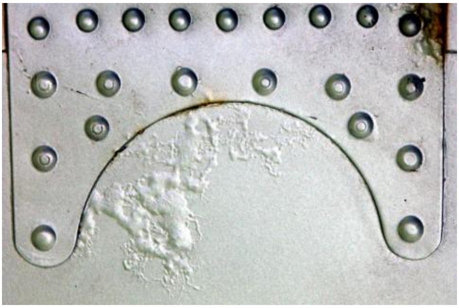
Gambar 2.12 Contoh *pitting corrosion* (https://steelfabservices.com.au/a-quick-guide-on-how-to-protect-your-steel-from-corrosion/)

Ciri-ciri :
Membentuk sumuran (*pit* )
Penyebab :
1. Akibat ketidakhomogenan ataupun ketidak rataan permukaan
2. Aksi galvanic yang disebabkan oleh beda potensial pada daerah-daerah permukaan logam
3. Adanya ion pada elektrolit ( *corrosive agent* ) yang menyerangdaerah-daerah yang dicurigai terjadinya "*PIT*" antara lain : daerah dimana logam kontak dengan material hydroskopis seperti karet,kayu, *asbestos, sponge* serta beberapa jenis plastik lainya juga daerah-daerah dimana sumber korosif non-natural seperti *engineexhaust, lavatories,batteries*, dll.

(Rosyidin, Ali. 2016)

***c. Filliform Corrosion***

Bentuk khususnya sel oksigen yg terkonsentrasi yang terjadipada lapisan permukaan metal (*painting*/cat).



Gambar 2.13 Contoh *Filliform Corrosion*
(https://www.nace.org/Corrosion-Central/Corrosion-101/Filiform-Corrosion/)

Ciri-ciri dari tipe ini:
1. Terjadinya diantara lapisan cat primer dan lapisan oksida Aluminium.
2. Cat menggelembung.
3. Terjadinya pengelupasan kearah horizontal
4. Membentuk serabut-serabut yang menyebar.
Penyebab :
1. Cat terkelupas
2.Adanya uap air yang terjebak pada lapisan primer
Penanggulangan :
1. Penambahan *inhibitor* yang tepat
2. Hindari pengecatan pada kekentalan udara yang tinggi
(Suherman, Wahid. 1999)

***d. Fretting Corrosion***

Adalah jenis kerusakan yang disebabkan oleh *corrosive attack*,yang terjadi saat dua permukaan bertemu, subyek akan bergerak relatif. Korosi ini mempuyai *pitting* pada permukaannya, dan juga memiliki puing logam. Penggunaan lubrikasi yang tepat akan meminimalkan kerusakan.

Gambar 2.14 Contoh *Fretting Corrosion*
(https://corrosion.ksc.nasa.gov/fretcor.htm)

Ciri-ciri :
1. Kerusakan pada protective film.
2. Hilangnya permukaan logam akibat oksidasi.
3. Berwarna kegelap-gelapan.

Penanggulangan :
1. Penggantian pelumas secara periodik
2. Penggunaan *inhibitor/* pelindung
3. Memperkeras permukaan kedua logam jika memungkinkan
4. Pemilihan bahan / material
5. *Detail design*

(Rosyidin, Ali. 2016)

***e. Stress Corrosion / Fatique Stess***

*Stress corrosion cracking* (SCC) adalah tipe dari korosi dimana material mengalami degradasi sebagai akibat dari lingkungan sekitar yang agresif, dan juga saat logam terkena *tensile stress*. Stress abisa didapatkan dari ketidaktepatan *quenching* setelah *heattreatment*, ataudari *interference fit* dari *fastener*. Dari sumber yang lain *stress corrosion* adalah korosi yang timbul sebagai akibat bekerjanya tegangan dan media yang korosifdan ini menyebabkan keretakan. (K.B. Fisher, 2018). Tegangan adalah

tegangan tarik, dapat berupa tegangan sisa atau bekerja. Menurut buku lain *stress* terjadi sebagai hasil dari efekkombinasi *tensile stress* dan lingkungan yang korosif (*fatique stress*). Korosi ini ditemukan pada hampir kebanyakan sistem logam, bagaimanapun, karakteristik ini sangat utama bagi aluminium, *coppe*r, beberapa, *stainless steel*, dan *high strength-alloy steel* (lebih dari 240,00 p.s.i) ,biasanya terjadi pada *cold working* dan memungkinkan *transgular,intergranular* pada alamjenis korosi ini sangat sulit dideteksi tanpa menggunakan *Ultrasonic*atau *X-ray*.

Gambar 2.15 Contoh Gambar dari Salah Satu *Stress Corrosion* (http://faculty.kfupm.edu.sa/ME/hussaini/Corrosion%20Engineering/04.06.01.htm) (Rosyidin, Ali. 2016)

Ciri-ciri :
1. Retak menjalar tegak lurus terhadap arah tegangan maksimum
2. Awal retakan dipermukaan dapat berawal dari *pitting corrosion*

## 2.6 Korosi pada Lavatory Pesawat

Korosi pada aluminium disebabkan oleh air dan udara (oksigen) yang menghasilkan senyawa aluminium oksida (Al2O3) membentuk lapisan tipis dan transparan yang sangat kuat, tidak berpori serta merata pada permukaan aluminium sehingga permukaan aluminium dibawah Al2O3 terlindungi. Tebal lapisan oksida 1-10 nm (10-8 m). Terbentuknya lapisan oksida disebut pemasifan (*passivity*). Korosi dapat mengakibatkan kerusakan pada material dan jika dibiarkan akan berakibat fatal terutama pada

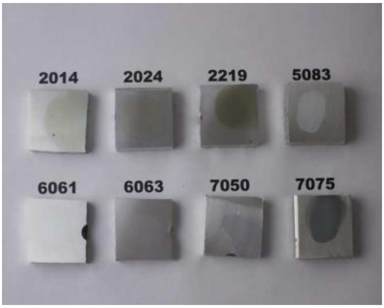
pesawat terbang. Salah satu bagian yang cukup sering mengalami korosi di *lavatory* pesawat adalah *door push*, yang biasanya terletak di pinggir lavatory. Material penyusun nya pada umumnya bisa dari aluminium ataupun stainless steel.

Gambar 2.16 Contoh *door push* yang mengalami korosi

Gambar 2.17 Lavatory Merk Jamco (Jepang) dengan nomor part AFA044A-4001KH, dipakai untuk pesawat Atlanta.

Untuk pesawat Boeing 737NG yang sekarang, material yang lebih sering digunakan adalah dari aluminium. Berikut ini

akan dijelaskan masing-masing tentang Aluminium 7075-T6, dan Aluminium 2024-T4. (Mutchler, Willard. 1940)




Gambar 2.18 Beberapa contoh bentuk aluminium dalam bentuk *plate*. Sumber : http://www.google.com/

## 2.7 Larutan HCl

Asam klorida, atau yang lebih dikenal dengan sebutan *Hydrochloric Acid* (HCl) adalah suatu larutan yang terbentuk dari atom hidrogen dan atom klorin. Atom klorin memiliki keelektronegatifan yang lebih tinggi dibandingkan dengan atom hidrogen, sehingga menyebabkan senyawa ini memiliki ikatan yang bersifat polar.

Di Amerika Serikat, ada 4 metode dasar yang digunakan untuk membuat HCl, antara lain:

- Klorinasi dari bahan-bahan kimia organik
- Kombinasi antara hidrogen dan klorin
- Proses produksi garam asam yang bersulfur (*salt-sulfuric acid production process*)
- *Co-product* dari manufaktur silika

Kebanyakan HCl dibuat dengan klorinasi dari bahan-bahan kimia organik, dengan menambahkan sedikit bahan-bahan lain. (Oxychem, 2013)

HCl merupakan larutan yang sangat korosif dan merusak, sehingga harus digunakan dengan sangat hati-hati. Seseorang yang akan menggunakan HCl harus menggunakan pakaian yang

protektif ketika bekerja menggunakan HCl, atau ketika berada di lingkungan yang banyak mengandung HCl. Disarankan kepada para pengguna untuk membaca *Material Safety Data Sheet* (MSDS) sebelum menggunakan HCl. Hal ini karena larutan ini sangat korosif pada kulit dan membran, yang bisa menyebabkan kebakaran hebat pada bagian tubuh. Kornea dan mata sangat sensitif oleh HCl, uapnya bisa menyebabkan iritasi pada mata. Jika mata tidak segera ditangani ketika terkena HCl, maka akan menimbulkan buta sementara atau bahkan buta permanen. (Oxychem, 2013)

Larutan HCl bersifat non-flammable, dan ketika konsentrasinya melebihi 38% (*Fuming Hydrochloric Acid*) maka larutan tersebut bisa digunakan di daerah-daerah industri, sama seperti larutan dengan konsentrasinya rendah. Berikut ini merupakan beberapa *properties* yang ada di dalam larutan HCl

Tabel 2.8 *Properties* Larutan HCl (ICCA, 2013)

| Property | HCl gas | HCl 30% |
|---|---|---|
| Physical state | Gaseous | Liquid |
| Colour | Colourless | Colourless |
| Odour | Sharp acidic | Acidic |
| Density at 20°C | 1.64g/L | 1.149 |
| Melting temp. | -112 °C | Ca. -50 °C |
| Boiling temp. | -85 °C | Ca. 110 °C |
| Molecular weight | 36.5 g/mol | n.a. |

### 2.8 Menghitung Laju Korosi menggunakan *Weight Loss*

Penelitian telah menunjukkan bahwa tidak semua metal dan alloy tidak merespon pada beberapa aspek korosi, sehingga

terkadang menyebabkan *misleading* pada hasil yang didapatkan. Sehingga, dalam menyusun tes korosi, diperlukan beberapa faktor yang diperlukan, karena faktor-faktor ini akan menentukan hasil-hasil yang akan didapatkan nantinya. Salah satu indikator untuk mengetahui apakah material tersebut mengalami korosi atau tidak adalah dengan menghitung laju koros dari material tersebut. Adapun salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengukur laju korosi adalah dengan menggunakan metode *weight loss* (ASTMG31-72, 2004)

*Weight loss* adalah sebuah metode dimana suatu material dipaparkan pada suatu lingkungan tertentu dalam kurun waktu yang ditentukan. Adapun untuk penghitungannya, yaitu dengan rumus sebagai berikut

$$CR = \frac{W \,.\, K}{D \,.\, A.T} \tag{2.1}$$

Dimana :
CR = Corrosion Rate (laju korosi) (mpy)
W = Weight loss (gr)
K = Konstanta Faktor
D = Densitas spesimen (g/cm$^3$)
A = Luas daerah yang dibentangkan di lingkungan korosi (cm$^2$)
T = waktu (jam)

Metode *weight loss* atau kehilangan berat merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan laju korosi. Prinsip dari metode ini adalah dengan menghitung banyaknya material yang hilang atau kehilangan berat setelah dilakukan pengujian rendaman sesuai dengan standar ASTM G 31-72. (Chodijah, Siti. 2008) Dengan menghitung massa logam yang telah dibersihkan dari oksida dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa awal lalu dilakukan pada suatu lingkungan yang korosif seperti pada air laut selama waktu tertentu. Setelah itu dilakukan penghitungan massa kembali dari suatu logam setelah dibersihkan

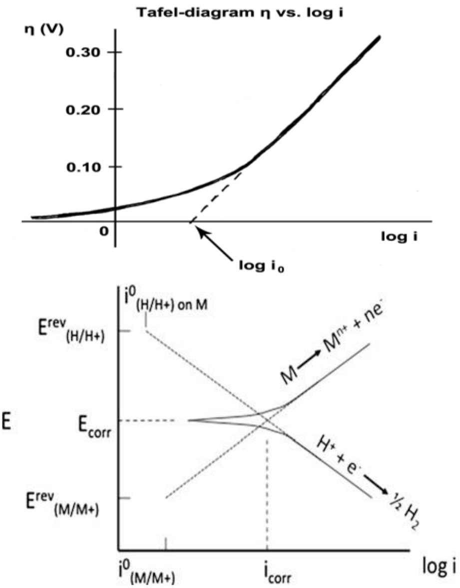
logam tersebut dari hasil korosi yang terbentuk dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa akhir. Dengan mengambil beberapa data seperti luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenis logam yang di uji maka dihasilkan suatu laju korosi. (Pranata. 2015)

## 2.9 Uji Tafel

Ketika sebuah spesimen logam tercelup di dalam medium yang korosif, proses oksidasi dan reduksi terjadi pada permukaan logam tersebut. Pada umumnya, spesimen teroksidasi (terkorosi) dan medium (pelarut) tereduksi. Di dalam medium asam, ion hidrogen akan berkurang. Spesimen harus berfungsi sebagai anoda dan katoda dan kedua arus anodic dan cathodic terjadi pada permukaan spesimen. Banyak proses korosi terjadi karena arus anodic. Ketika spesimen kontak dengan cairan korosif dan spesimen tidak terhubung ke instrumen apapun, spesimen mengamsusikan potensial (relatif terhadap elektroda *reference*) disebut potensial korosi, $E_{corr}$. Sebuah spesimen pada $E_{corr}$ mempunyai arus anodic dan katodic pada permukaannya. (Bard dan Faulkner, 2001)

***Tafle Plot*** atau bagian linier dari polarisasi *logcurrent* anodik atau katodik dan plot potensial di ekstrapolasi memotong garis potensial korosi. Laju korosi yang rendah secara umum dapat diukur dengan cepat. Laju korosi biasanya ditentukan dengan kesetimbangan antara reaksi elektrokimia yang berlawanan. Reaksi anodik merupakan peristiwa logam teroksidasi dan melepaskan elektron dan reaksi katodik merupakan peristiwa dimana larutan mengalami reduksi, memindahkan elektron dari logam. Ketika kedua reaksi ini berada dalam kesetimbangan, aliran elektron dari setiap reaksi akan seimbang

(Bared, Allen J. 2001)




Gambar 2.19 Contoh Grafik dari Uji Tafel.
https://en.wikipedia.org/wiki/File:100905_tafel_plot_nl.png (atas)
Fundamentals of Corrosion Kinetics by G.S. Frankel (bawah)

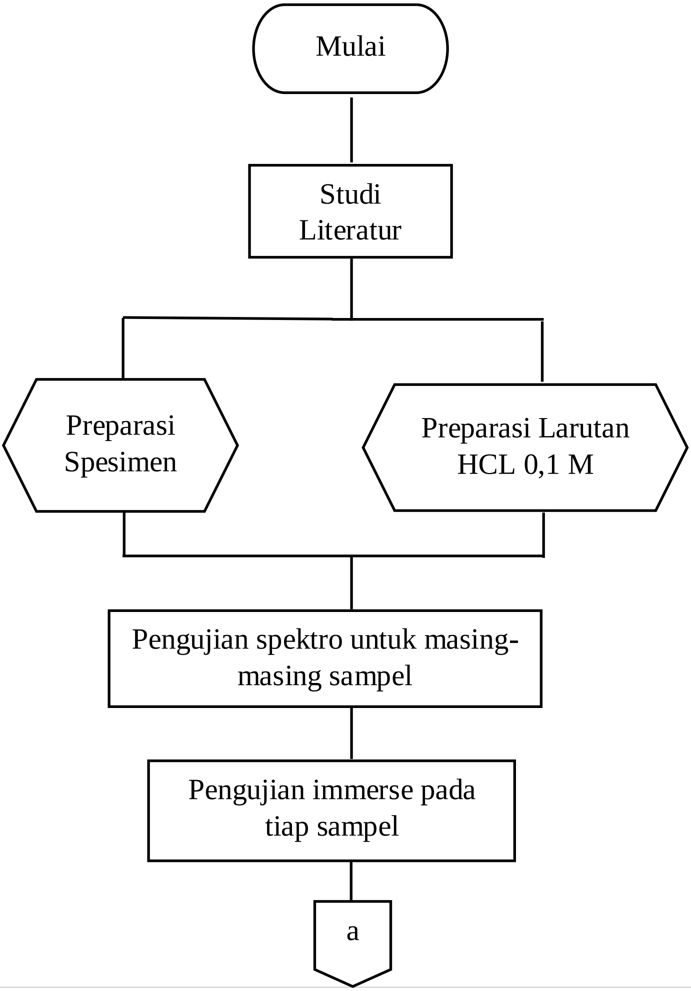
*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

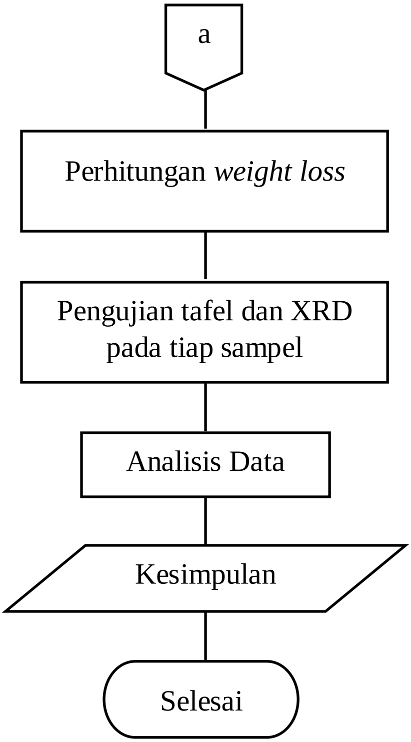
# BAB III

# METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir

Berikut ini merupakan diagram alir untuk penelitian ini






Gambar 3.1 Diagram Alir

## 3.2 Alat dan Bahan`

### 3.2.1 Alat-Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

1.Gelas Ukur 2 buah untuk menampung larutan dengan logam aluminium

Gambar 3.2 Gelas Ukur

2.Timbangan Digital 1 buah untuk mengukur berat dari masing-masing logam

Gambar 3.3 Timbangan Digital

3.Mesing Pemotong yang digunakan untuk memotong aluminium agar berukuran sama

Gambar 3.4 Mesin Pemotong

4. Alat *sanding* untuk memperhalus dan membuat pinggiran aluminium tidak terlalu lancip

Gambar 3.5 Alat *sanding*

5. Mesin XRD yang terdapat di Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS

Gambar 3.6 Mesin XRD

6. Gelas Beker 500 ml

Gambar 3.7 Gelas Beker 500ml

7. Gelas Ukur 25ml untuk menuangkan HCl

Gambar 3.8 Gelas Ukur 25 ml

8. Alat uji Tafel

Gambar 3.9 Alat uji Tafel

9. Alat uji Spektroskopi untuk mengetahui kadar masing-masing paduan Aluminium

Gambar 3.10 Alat uji Spektroskopi

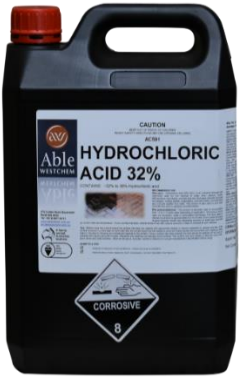
### 3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian

Berikut ini adalah bahan-bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung

1. Aluminium 2024-T4 sebagai spesimen pertama danAluminium 7570-T6 sebagai spesimen kedua

Gambar 3.11 Aluminium 2024-T4 (kiri) dan Aluminium 7075-T6 (kanan)

2. Larutan HCl sebagai asam




Gambar 3.12 Larutan HCl 32%

3. Aquadest sebagai pelarut

Gambar 3.13
Aquadest

**3.3 Prosedur Pelaksanaan**

**1.Persiapan Spesimen**

Pertama Memotong material uji berupa Al 2024-T4 dan Al 7075-T6 dengan mesin pemotong dengan ukuran kurang

lebih 70 mm x 25 mm x 25 mm agar tidak terlalu besar. Kemudian melakukan *sanding* agar pinggiran-pinggiran material tidak terlalu tajam

**2. Persiapan Larutan Uji**

Langkah-langkah yang diperlukan untuk mempersiapkan larutan uji berupa HCl 0,1 M pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Memasukkan aquadest sebanyak 396,13 ml ke dalam gelas beker
2. Memasukkan HCl sebanyak 3,97 ml yang diukur menggunakan gelas ukur
3. Memasukkan HCl ke dalam gelas beker

Gambar 3.14
Memasukkan larutan HCl ke gelas beker

**3. Pengujian**

Berikut ini langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan pengujian

1. Menimbang massa mula-mula dari masing-masing aluminium dengan menggunakan timbangan digital

Gambar 3.15
Menimbang salah satu logam, yakni Al 2024

2. Memasukkan masing-masing logam ke dalam larutan tersebut dan membiarkannya selama 7 hari

Gambar 3.16 Merendam logam Aluminium

3. Menghitung massa dari masing-masing aluminium tersebut pada 7 hari setelah pengujian

Gambar 3.17 Menimbang Aluminium 2024 setelah 7 hari

4. Menghitung laju korosi dari masing-masing logam dengan menggunakan rumus *corrosion rate* yang sudah ada
5. Melakukan pengamatan XRD untuk meneliti fasa-fasa yang ada dan Melakukan uji tafel sebagai pendukung untuk *weight loss*
6. Melakukan uji spektroskopi untuk mengetahui kandungan-kandungan yang ada di dalam logam Aluminium 2024-T4 dan Aluminium 7075-T6

## 3.4 Rancangan Penelitian

Berikut ini adalah rancangan penelitian dengan pengujian-pengujian yang akan dilakukan

**Tabel 3.1**
**Rancangan Penelitian**

| Spesimen | **Pengujian** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **XRD** | **Weight Loss** | **Tafel** | **Spektro** |
| Al 2024 | **Ya** | **Ya** | **Ya** | **Ya** |
| Al 7075 | **Ya** | **Ya** | **Ya** | **Ya** |

# BAB IV
# HASIL DAN ANALISA DATA

## 4.1 Data *Weight Loss* dari Aluminium dalam 1 minggu

Berikut ini merupakan hasil analisis pengurangan massa dari Aluminium 2024 dan Aluminium 7075 yang direndam selama seminggu pada larutan HCl 32% 0.1 M yang dihitung selama seminggu. Berikut ini adalah komposisi kimia dari Al 2024-T4 dan Al 7075-T6 yang didapatkan dari hasil uji spektroskopi di lab. Uji bahan PPNS

Tabel 4.1 Komposisi Kimia Al 2024

| Elemen | Komposisi (%) |
|---|---|
| Cu | 2,71 |
| Mg | 2,04 |
| Si | 0,69 |
| Fe | <0,1 |
| Mn | 0,07 |
| Al | 88,5 |
| Other | 5,2 |

Tabel 4.2 Material penyusun Al 7075-T6

| Component | Wt.% |
|---|---|
| Al | 88,6 |
| Cr | 0,0032 |
| Cu | 2,69 |
| Fe | <0,1 |

| | |
|---|---|
| Mg | 2,05 |
| Mn | 0,007 |
| Zn | 6,36 |

Tabel 4.3 Hasil Penelitian *Weight Loss* Al 2024 dan Al 7075

| Hari Ke | Massa (gram) | |
|---|---|---|
| | Aluminium 7075 | Aluminium 2024 |
| 1 | 97,84 | 89,12 |
| 2 | 97,52 | 88,68 |
| 3 | 96,72 | 85,84 |
| 4 | 96,68 | 83,85 |
| 5 | 96,36 | 83,52 |
| 6 | 93,36 | 80,28 |
| 7 | 93,04 | 80,12 |

Dari data di atas,terlihat bahwa Aluminum 2024 mengalami pengurangan massa yang cukup signifikan dibandingkan Aluminium 7075. Pada hari kedua, Al 7075 mengalami pengurangan massa sebesar 0,32 gram sedangkan Al 2024 mengalami pengurangan massa sebesar 0,44 gram. Pada hari ketiga Al 7075 dan Al 2024 mengalami pengurangan massa masing-masing sebesar 0,8 gram dan 2,84 gram. Disini terjadi pengurangan massa yang cukup signifikan pada Al 2024. Pada hari keempat Al 7075 dan Al 2024 mengalami pengurangan massa masing-masing sebesar 0,04 gram dan 1,99 gram. Pada hari kelima Al 7075 dan Al 2024 mengalami pengurangan massa masing-masing sebesar 0,32 gram dan 0,33 gram. Pada hari keenam, baik Al 7075 dan Al 2024

mengalami penurunan massa yang cukup besar, masing-masing sebesar 3 gram dan 3,24 gram. Lalu pada hari terakhir terjadi pengurangan massa pada Al 7075 dan Al 2024 masing-masing sebesar 0,32 gram dan 0,16 gram

Secara keseluruhan, pengurangan massa Al 7075 dari hari pertama sampai hari terakhir adalah sebesar 4,8 gram, sedangkan untuk Al 2024 adalah 9 gram. Terlihat bahwa Al 2024 mengalami pengurangan massa yang lebih banyak dibandingkan dengan Al 7075. Total pengurangan massa ini akan digunakan sebagai w dalam perhitungan laju korosi nantinya

## 4.2 Perhitungan Molaritas Larutan HCl 0,1 Molar

Dalam penelitian ini, larutan yang digunakan adalah larutan HCl 32%, dengan Molaritas sebesar 10,62 M. Pada praktek nya, HCl ini dicampurkan pada aquades ke dalam gelas ukur sebanyak 400 ml, dan untuk membuat larutan HCl sebanyak 0,1 M maka digunakan perhitungan sebagai berikut untuk menentukannya

$$M_{HCl} \times V_{HCl} = M_{larutan} \times V_{larutan} \qquad (4.1)$$

$$10{,}62 \text{ M} \times V_{HCl} = 0{,}1 \times 400 \text{ ml}$$

$$V_{HCl} = \frac{0{,}1x400}{10{,}62}$$

$$V_{HCl} = 3{,}87 \text{ ml}$$

Sehingga, HCl 32% yang diperlukan untuk membuat larutan HCl 0,1 M pada 400 ml larutan adalah sebanyak 3,87 ml, dan sisanya sebanyak 396,13 ml adalah aquades

## 4.3 Perhitungan *Corrosion Rate* Aluminium

Dari data kehilangan massa yang sudah didapatkan maka kita bisa menghitung laju korosi masing-masing logam dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$CR = \frac{W \ x \ K}{D \ x \ A \ x \ T} \qquad (4.2)$$

Dimana :
CR = Corrosion Rate (laju korosi) (mpy)
W = Weight loss (gr)
K = Konstanta Faktor
D = Densitas spesimen (g/cm$^3$)
A = Luas daerah yang dibentangkan di lingkungan korosi (cm$^2$)
T = waktu (jam)

Berikut ini penjelasan tentang Konstanta Faktor, densitas masing-masing logam, waktu perendaman, dan luas daerah yang dibentangkan di lingkungan korosi

Tabel 4.4
Konstanta Faktor masing-masing unit (Chodijah, Siti. 2008)

| Desired Corrosion Rate Unit (CR) | Area Unit (A) | Konstanta Faktor |
|---|---|---|
| Mils/year (mpy) | In$^2$ | 5.34 x 10$^5$ |
| Mils/year (mpy) | Cm$^2$ | 3.45 x 10$^5$ |
| Milimeters/year (mmy) | Cm$^2$ | 8.75 x 10$^4$ |

Konstanta yang akan dipakai adalah 8,75 x 10$^4$ . Untuk densitas Al 2024 adalah sebesar 2,78 gr/cc dan Al 7075 sebesar 2,81 gr/cc. Sedangkan luas daerah yang terendam oleh cairan untuk Al 2024 adalah 7,7 cm x 2 cm x 2,5 cm sedangkan untuk Al 7075 adalah 7,7 cm x 2,5 cm x 2,5 cm, serta waktu yang diperlukan adalah 168 jam (7 hari)

Untuk Aluminium 2024

$$CR = \frac{9 \ x \ 8{,}75x10^4}{2{,}78 \ x(7{,}7x2x2{,}5)x \ 168}$$

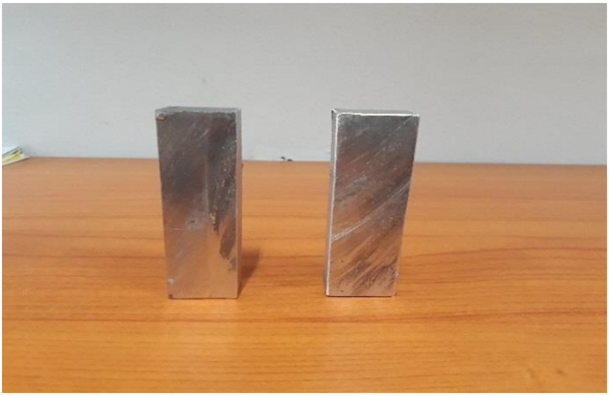
= 43,79 mm/year

Untuk Aluminium 7075

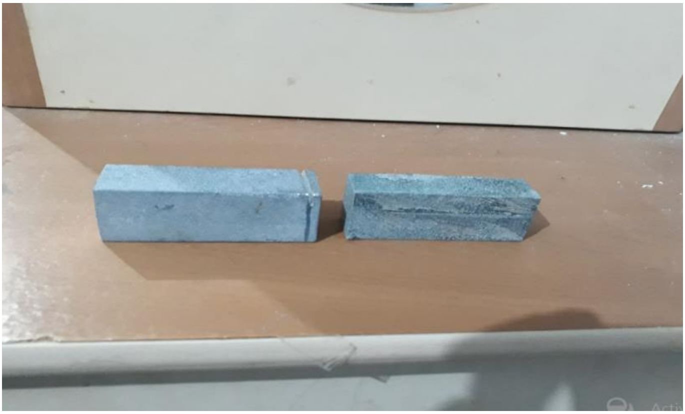
$$CR = \frac{4,8 \ x \ 8,75x10^4}{2,81 \ x \ (7,7x2,5x2,5) \ x \ 168}$$

= 18,48 mm/year

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan bahwa nilai *corrosion rate* dari Al 2024 lebih tinggi daripada Al 7075. Hal ini menandakan bahwa Al 7075 memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada Al 2024 karena semakin rendah nilai laju korosi suatu material, maka semakin baik pula ketahanan korosi nya. Selain itu adanya kandungan Zn yang ada pada Al 7075-T6 membuat logam tersebut menjadi lebih tahan korosi dibandingkan dengan Al 2024-T4. Berikut hasil dari perendaman logam Al 2024 dan Al 7075 saat awal sebelum perendaman, dan setelah dilakukan perendaman selama seminggu



Gambar 4.1 Logam Al 2024-T4 (kiri) dan Al 7075-T6 (kanan) sebelum perendaman

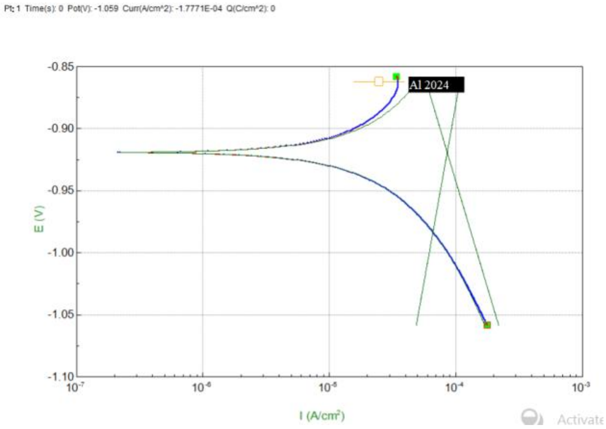


Gambar 4.2 Hasil perendaman logam Al 2024 (kanan) dan logam Al 7075 (kiri) selama seminggu

Terlihat bahwa logam Al 7075 (kiri) berwarna lebih terang dibandingkan dengan Al 2024. Perendaman logam di lingkungan asam mampu mempercepat terjadinya korosi pada logam tersebut, terutama Aluminium. Pada kenyataannya, Sebagian besar dari mereka hanya terkena cipratan (*splash*) dari air urin maupun air kran yang biasa digunakan di kamar mandi. Akan tetapi, kadang dari cipratan tersebut tidak dibersihkan sehingga bisa menyebabkan korosi jika terus menerus dibiarkan.

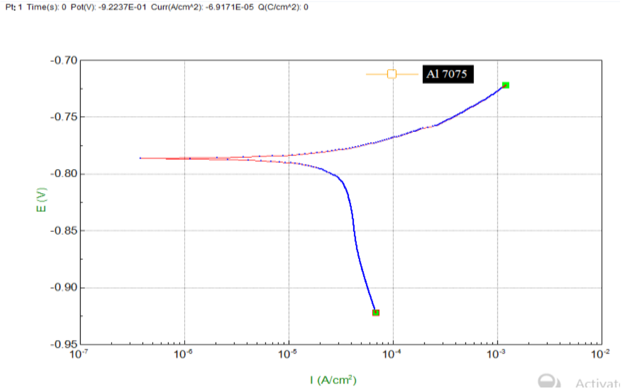
## 4.4 Hasil Tafel

Berikut ini adalah hasil tafel dari masing-masing logam, dengan menggunakan kurva E vs log I. Pertama adalah hasil uji tafel dari material logam Aluminium 2024 yang direndam pada larutan HCl 0,1M dengan pH sekitar 4




Gambar 4.3 Hasil Uji Tafel Al 2024-T4

Dari hasil uji tafel di atas, didapatkan *corrosion rate* sebesar 2,9039 mm/year. Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin naik pH larutan, maka akan semakin resisten pula material Aluminium dalam menghadapi korosi. Hal ini terlihat dari nilai $E_{corr}$ yang semakin mengarah ke nilai positif, dari mulai -0,92 menjadi -0,86.
Sedangkan berikut ini adalah hasil uji tafel dari material Aluminium 7075-T6




Gambar 4.4 Hasil Uji Tafel Al 7075-T6

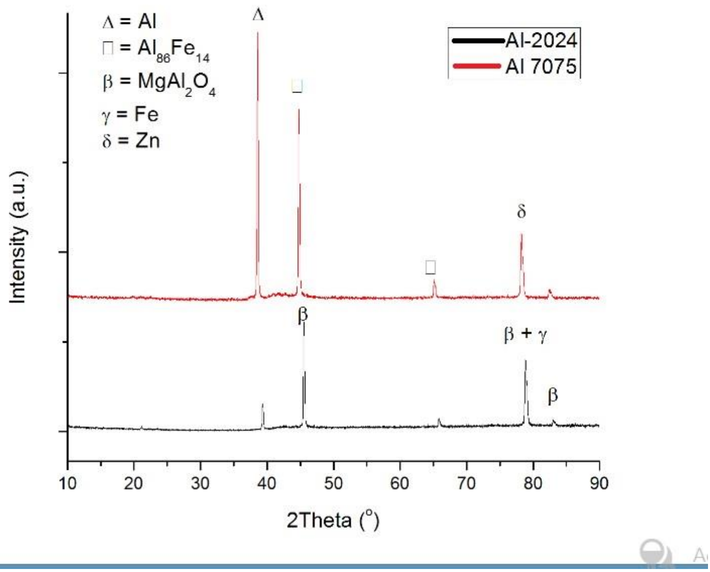
*Corrosion rate* dari Al 7075-T6 ini adalah 1,5401 mm/year. Pengujian ini juga dilakukan pada pH sekitar 4. Laju korosi ini lebih lambat dibandingkan dengan Al 2024-T4, dimana pada grafik terlihat bahwa nilai $E_{corr}$ untuk Al 7075-T6 ini sampai -0,72 sedangkan pada Al 2024 nilai $E_{corr}$ nya berada di sekitar -0,86.

Dari kedua hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat nilai dari pH maka semakin meningkat juga nilai dari $E_{corr}$ nya. Selain itu, hasil ini juga sesuai dengan metode *weight loss* dimana Al 7075-T6 lebih resisten dibandingkan dengan Al 2024-T4 (Prasetyo, Agung. 2010)

Dalam prosesnya, terjadi reaksi kimia antara Aluminium dengan larutan HCl. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut
$2Al + 6HCl \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2 \uparrow + 6Cl^{-}$ (Andarany. 2017)

**4.4 Hasil XRD**

Berikut ini merupakan hasil XRD dari masing-masing logam, dan dibawah ini adalah hasil XRD untuk logam Aluminium 2024-T4 dan Aluminium 7075-T6 berdasarkan pola difraksinya. Setelah dilakukan perendaman (*immerse*) yang dilakukan selama seminggu, barulah masing-masing aluminium dicek dengan menggunakan XRD




Gambar 4.5 Pola difraksi dari Al 2024-T4 (merah) dengan Al 7075-T6 (hitam)

Dari hasil XRD di atas, terdapat *peak* yang cukup tinggi pada kondisi sudut 39,30° ; 45,64° ; 65,83° ; 78,85° ; dan 83,1° akan tetapi tidak semua *peak* tersebut bisa teridentifikasi beberapa fasa. Dengan menggunakan bantuan software *Match!* didapatkan masing-masing fasa yang ada. Untuk Aluminium 2024-T4, yakni :

1. $MgAl_2O_4$ di 65,83°
2. Fe dan $MgAl_2O_4$ di 78,85°
3. $MgAl_2O_4$ di 83,01°

Dari hasil di atas, terdapat $MgAl_2O_4$ pada setiap *peak*. Namun, seiring dengan bertambahnya nilai dari 2 Theta, maka intensitas dari $MgAl_2O_4$ ini semakin berkurang

Sedangkan Berikut ini merupakan hasil XRD dari logam luminium 7075-T6

1. 38,55° sesuai dengan Al
2. 44,76° sesuai dengan $Al_{86}Fe_{14}$
3. 65,09° sesuai dengan $Al_{86}Fe_{14}$
4. 78,50° sesuai dengan Zn

Dari hasil yang didapatkan, terlihat bahwa semakin besar nilai dari 2 Theta, maka intensitas dari Al ini juga semakin berkurang. Hal yang sama juga berlaku pada kandungan $Al_{86}Fe_{14}$ yang juga mengalami pengurangan intensitas seiring dengan bertambahnya nilai dari 2 Theta. Selain itu, adanya kandungan Zn yang cukup banyak pada Al 7075-T6 membuat logam tersebut menjadi lebih tahan terhadap korosi dibandingkan dengan Al 2024-T4.

# BAB V
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis maka penelitian ini didapatlan beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

1. Korosi pada *lavatory* pesawat bisa terjadi karena interaski logam, dalam hal ini aluminium, dengan lingkungannya. Lingkungan cair, terutama larutan asam, berpengaruh dalam mempercepat laju korosi suatu logam. Semakin asam suatu larutan, maka laju korosi yang terjadi akan semakin cepat.
2. Dengan Aluminium 7075, didapatkan laju korosi yang lebih kecil dibandingkan dengan Aluminium 2024. Hal ini disebabkan karena berdasarkan perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode *weight loss*, didapatkan laju korosi untuk Aluminium 2024-T4 dan Aluminium diuji tafel, yang dilakukan dengan merendam masing-masing logam ke dalam larutan asam selama seminggu, nilai laju korosi Aluminium 2024 lebih tinggi dari Aluminium 7075. Laju korosi dari Al 2024-T4 adalah dari *weight loss* dan uji tafel masing-masing adalah 43,79 mm/tahun dan 2,90 mm/tahun sedangkan laju korosi dari Al 7075-T6 adalah 18,48 mm/tahun sebesar 1,54 mm/tahun.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, penulis, maka penulis dapat memberikan saran saran sebagai berikut :

1. Dalam menggunakan logam Aluminium 7075-T6 sebagai material yang digunakan dalam bahan *lavatory* pesawat maka untuk mengurangi korosi, hendaknya sesering mungkin untuk membersihkan bagian *lavatory* pesawat

hal ini diharapkan agar tidak ada sisa cairan yang menempel pada logam, *lavatory*.

2. Melakukan *coating* pada logam agar lebih tahan terhadap korosi

# Daftar Pustaka


Alcoa. (1995). *Can Making Training for United Can.* Australia: KAAL.

ASTM. (1988). *Aluminium Properties and Pshycal Metallurgy.* Ohio: Amerian Society for Metals.

ASTMG31-72. (2004). *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.* ASTM International.

Bard, A. J. (2001). *ELECTROCHEMICAL METHODS Fundamentals and Applications 2nd edition.* USA: John Wiley and Sons, Inc.

Chamberlain, J. (1991). *Corrosion Handbook.* New York: Oxford University.

Chodijah, S. (2016). *Efektifitas Penggunaan Pelapisan Epoxy Dalam Ketahanan. Korosi Pipa Baja ASTM A53 didalam Tanah.* Jakarta: Universitas Indonesia.

Fellers, W. (1990). *Material Science, Testing, and Properties for Technicians.* New Jersey: Prentice Hall Career & Technology.

K.B. Fisher, d. (2018). Sensitization and Stress Corrosion Crack Response of Dual Certified Type 304/304L Stainless Steel.

Muchlis. (2016). *Analisis Pergerakan Polutan Trikloroetilen dalam Media Berpori Menggunakan Sentrifug Geoteknik.* Yogyakarta: UGM.

Mujiyo, M. N. (2014). *Analisis Kekuatan Fatik Aluminium Cor (remelting) dengan Tipe Rotary Bending.* Lampung: Universitas Lampung.

Mutchler, W. (1940). *Corrosion of Metal Used in Aircraft.* Washington: National Bureau of Standards.

Prasetyo, A. (2010). *Pengaruh Variasi Kandungan Silikon terhadap Korosi Paduan.* Jakarta: Universitas Indonesia.

Rambabu, J. (2017). Aluminium 7075 as one of the Aircraft Strucutre.

Rosyidin, A. (2016). *Perbaikan, Dampak Korosi pada Pesawat Udara Boeing 737.* Tangerang: Universitas Muhammadiyyah Tangerang.

Sambathkumar, R. (2016). Mechanical and Corrosion Behavior of Al7075 (Hybrid) Metal Matrix Composites by Two Step Stir Casting Process. *Latin American Journal*, 243.

Sari, A. K. (2017). Studi Karakterisasi Laju Korosi Logam Aluminium dan Pelapisan dengan Menggunakan Membran Selulosa Asetat.

Suherman, W. (1999). *Ilmu Logam 2.* Surabaya: ITS Press.

Surdia, T. &. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik.* Jakarta: Pradnya Paramita.

Tareg S. Ben Naser, G. K. (2014). Mechanical Behavior of Multiple-forged Al 7075 Aluminium Alloy.

V., H. K. (1967). *Aluminium: Properties, Physical Metallurgy and Phase Diagrams.* Ohio: American Society for Materials.

Wibowo, A. T. (2014). *Pengaruh Heat Treatment T6 pada Aluminium Alloy 6061-O dan Pengelasan Transversal Tungsten Inert Gas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro.* Semarang: Universitas Diponegoro.

Wibowo, B. (2014). *Metalurgi.* Jakarta: Erlangga.

Widharto, S. (1999). *Korosi dan Pengendaliannya.* Jakarta: Erlangga.

www.astm.matweb.com diakses 12 Februari 2018

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

| X'Pert HighScore<br><br>**PANalytical** | **X'Pert HighScore Report** | date: 07/23/18 |
|---|---|---|
| | | for internal use only |

**LAMPIRAN A**
**HASIL XRD Al 7075-T6**

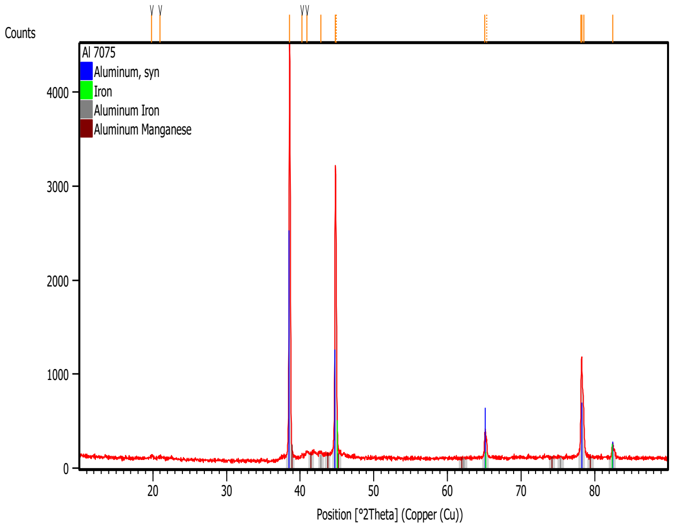
**Distribution:**

| **Name** | **Function** | **0.1** | **0.5** | **1.0** |
|---|---|---|---|---|
| N.N.-999 | Masterking Group Manager (MGM) | ✓ | | |
| N.N.-998 | Product Ontwikkelt Manager (POM) | ✓ | | |
| N.N.-1 | (AS) | | | ✓ |
| N.N.-2 | (DS) | | | ✓ |
| N.N.-3 | (BS) | | | ✓ |
| T.P. | Supervisor All Coding | | | ✓ |

## **Anchor Scan Parameters:** (Bookmark1)

| | |
|---|---|
| Dataset Name | Al 7075 |
| File name | E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2018\Mei\Nararyya\Al 7075\Al 7075.rd |
| Comment | Configuration=Reflection-Transmission Sp |
| | Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini |
| Measurement Date / Time | 5/11/2018 7:47:00 AM |
| Raw Data Origin | PHILIPS-binary (scan) (.RD) |
| Scan Axis | Gonio |
| Start Position [°2Th.] | 10.0084 |
| End Position [°2Th.] | 89.9764 |
| Step Size [°2Th.] | 0.0170 |
| Scan Step Time [s] | 10.1500 |
| Scan Type | Continuous |
| Offset [°2Th.] | 0.0000 |
| Divergence Slit Type | Fixed |
| Divergence Slit Size [°] | 0.2500 |
| Specimen Length [mm] | 10.00 |
| Receiving Slit Size [mm] | 12.7500 |
| Measurement Temperature [°C] | -273.15 |
| Anode Material | Cu |
| K-Alpha1 [Å] | 1.54060 |
| K-Alpha2 [Å] | 1.54443 |
| K-Beta [Å] | 1.39225 |
| K-A2 / K-A1 Ratio | 0.50000 |
| Generator Settings | 30 mA, 40 kV |
| Diffractometer Type | XPert MPD |
| Diffractometer Number | 1 |
| Goniometer Radius [mm] | 200.00 |
| Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] | 91.00 |
| Incident Beam Monochromator | No |
| Spinning | No |

# Graphics: (Bookmark2)



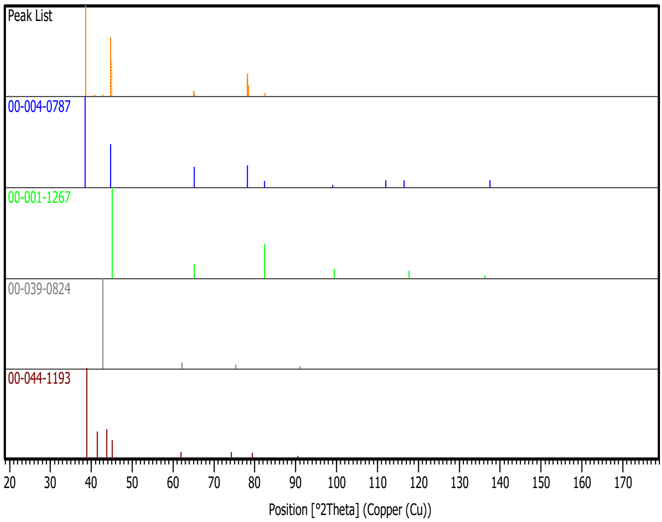
# **Peak List:** (Bookmark 3)

| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] | Tip Width | Matched by |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 19.8399 | 21.78 | 0.4015 | 4.47511 | 0.51 | 0.4818 | |
| 20.9448 | 16.78 | 0.5353 | 4.24146 | 0.40 | 0.6424 | |
| 38.5576 | 4242.84 | 0.1673 | 2.33501 | 100.00 | 0.2007 | 00-004-0787 |
| 40.2570 | 39.01 | 0.2007 | 2.24027 | 0.92 | 0.2409 | |
| 40.9426 | 70.20 | 0.2676 | 2.20432 | 1.65 | 0.3212 | |
| 42.8489 | 61.01 | 0.4015 | 2.11057 | 1.44 | 0.4818 | 00-039-0824 |
| 44.7603 | 2734.48 | 0.2244 | 2.02311 | 64.45 | 0.2693 | 00-004-0787; 00-001-1267 |
| 44.9402 | 1662.07 | 0.0612 | 2.02044 | 39.17 | 0.0734 | |
| 65.0978 | 274.01 | 0.1632 | 1.43173 | 6.46 | 0.1958 | 00-004-0787; 00-001-1267 |
| 65.3437 | 176.99 | 0.1224 | 1.43048 | 4.17 | 0.1469 | |
| 78.1486 | 838.37 | 0.0816 | 1.22206 | 19.76 | 0.0979 | 00-004-0787 |
| 78.2401 | 1071.48 | 0.0816 | 1.22086 | 25.25 | 0.0979 | 00-004-0787 |
| 78.5029 | 516.33 | 0.1836 | 1.21743 | 12.17 | 0.2203 | 00-004-0787 |
| 82.4543 | 135.38 | 0.2448 | 1.16881 | 3.19 | 0.2938 | 00-004-0787; 00-001-1267 |

# Identified Patterns List: (Bookmark4)

| Visible | Ref. Code | Score | Compound Name | Displacement [°2Th.] | Scale Factor | Chemical Formula |
|---|---|---|---|---|---|---|
| * | 00-004-0787 | 78 | Aluminum | 0.000 | 0.463 | Al |
| * | 00-001-1267 | 40 | Iron | 0.000 | 0.074 | Fe |
| * | 00-039-0824 | 16 | Aluminum Iron | 0.000 | 0.006 | $Al_{86}Fe_{14}$ |
| * | 00-044-1193 | 12 | Aluminum Manganese | 0.000 | 0.029 | $Al_{0.27}Mn_{0.73}$ |

# Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)



## Document History: (Bookmark 6)

Insert Measurement:
- File name = Al 7075.rd
- Modification time = "5/14/2018 7:20:02 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:
- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "5/14/2018 7:20:02 AM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:
- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.02"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"
- Method = "Minimum 2nd derivative"
- Modification time = "11/24/2017 8:15:40 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Search & Match:
- Allow pattern shift = "No"
- Auto residue = "Yes"
- Data source = "Profile and peak list"
- Demote unmatched strong = "No"
- Multi phase = "Yes"
- Restriction set = "Untitled"
- Restriction = "Restriction set"
- Subset name = ""
- Match intensity = "No"
- Two theta shift = "0"
- Identify = "No"
- Max. no. of accepted patterns = "5"

- Minimum score = "50"
- Min. new lines / total lines = "60"
- Search depth = "10"
- Minimum new lines = "5"
- Minimum scale factor = "0.1"
- Intensity threshold = "0"
- Use line clustering = "Yes"
- Line cluster range = "1.5"
- Search sensitivity = "1.8"
- Use adaptive smoothing = "Yes"
- Smoothing range = "1.5"
- Threshold factor = "3"
- Modification time = "6/27/2018 11:08:46 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 11:17:05 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 11:17:08 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 11:17:11 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 11:17:13 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

| X'Pert HighScore<br><br>**PANalytical** | **X'Pert HighScore Report** | date: 07/23/18 |
|---|---|---|
| | | for internal use only |

# LAMPIRAN B

HASIL XRD DARI Al 2024-T4

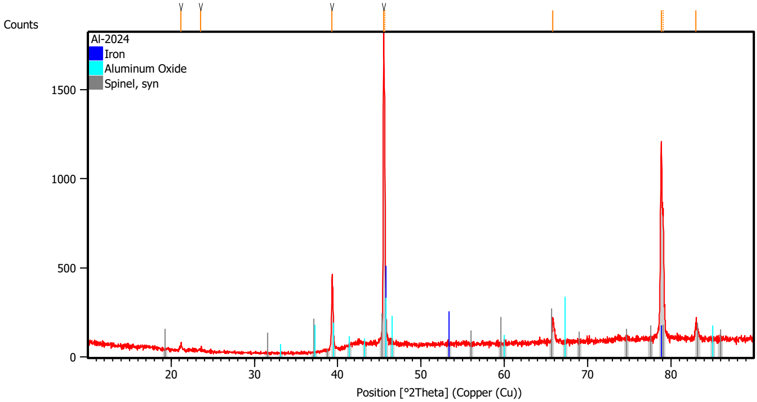
**Distribution:**

| **Name** | **Function** | **0.1** | **0.5** | **1.0** |
|---|---|---|---|---|
| N.N.-999 | Masterking Group Manager (MGM) | ✓ | | |
| N.N.-998 | Product Ontwikkelt Manager (POM) | ✓ | | |
| N.N.-1 | (AS) | | | ✓ |
| N.N.-2 | (DS) | | | ✓ |
| N.N.-3 | (BS) | | | ✓ |
| T.P. | Supervisor All Coding | | | ✓ |

## **Anchor Scan Parameters:** (Bookmark1)

| | |
|---|---|
| Dataset Name | Al-2024 |
| File name | E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2018\Mei\Nararyya\Al-2024\Al-2024.rd |
| Comment | Configuration=Reflection-Transmission Sp |
| | Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini |
| Measurement Date / Time | 5/11/2018 7:39:00 AM |
| Raw Data Origin | PHILIPS-binary (scan) (.RD) |
| Scan Axis | Gonio |
| Start Position [°2Th.] | 10.0084 |
| End Position [°2Th.] | 89.9764 |
| Step Size [°2Th.] | 0.0170 |
| Scan Step Time [s] | 10.1500 |
| Scan Type | Continuous |
| Offset [°2Th.] | 0.0000 |
| Divergence Slit Type | Fixed |
| Divergence Slit Size [°] | 0.2500 |
| Specimen Length [mm] | 10.00 |
| Receiving Slit Size [mm] | 12.7500 |
| Measurement Temperature [°C] | -273.15 |
| Anode Material | Cu |
| K-Alpha1 [Å] | 1.54060 |
| K-Alpha2 [Å] | 1.54443 |
| K-Beta [Å] | 1.39225 |
| K-A2 / K-A1 Ratio | 0.50000 |
| Generator Settings | 30 mA, 40 kV |
| Diffractometer Type | XPert MPD |
| Diffractometer Number | 1 |
| Goniometer Radius [mm] | 200.00 |
| Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] | 91.00 |
| Incident Beam Monochromator | No |
| Spinning | No |

# Graphics: (Bookmark2)



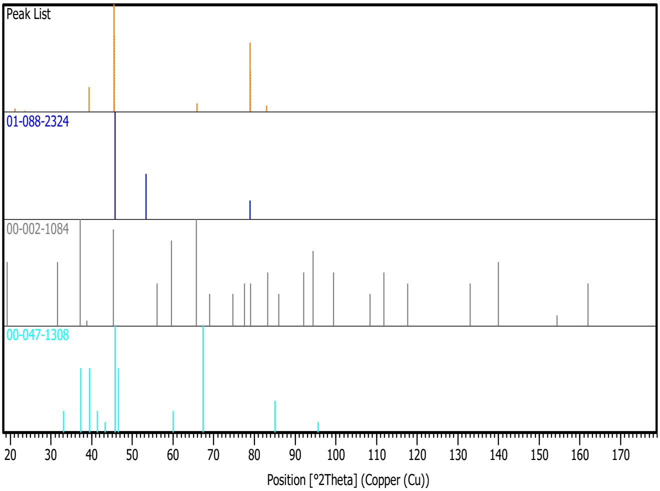
# Peak List: (Bookmark 3)

| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] | Tip Width | Matched by |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 21.1961 | 43.74 | 0.1004 | 4.19174 | 2.62 | 0.1204 | |
| 23.5464 | 12.20 | 0.4015 | 3.77840 | 0.73 | 0.4818 | |
| 39.3023 | 379.47 | 0.1004 | 2.29246 | 22.74 | 0.1204 | |
| 45.5161 | 1668.39 | 0.1224 | 1.99126 | 100.00 | 0.1469 | |
| 45.6472 | 1201.08 | 0.1020 | 1.99078 | 71.99 | 0.1224 | |
| 65.8383 | 131.50 | 0.1632 | 1.41741 | 7.88 | 0.1958 | 00-002-1084 |
| 78.8598 | 1071.65 | 0.2040 | 1.21281 | 64.23 | 0.2448 | 01-088-2324; 00-002-1084 |
| 79.1000 | 629.89 | 0.1632 | 1.21274 | 37.75 | 0.1958 | |
| 83.0110 | 87.70 | 0.2040 | 1.16238 | 5.26 | 0.2448 | 00-002-1084 |

# **Identified Patterns List:** (Bookmark4)

| Visible | Ref. Code | Score | Compound Name | Displacement [°2Th.] | Scale Factor | Chemical Formula |
|---|---|---|---|---|---|---|
| * | 01-088-2324 | 23 | Iron | 0.000 | 0.235 | Fe |
| * | 00-002-1084 | 8 | Magnesium Aluminum Oxide | 0.000 | 0.102 | Mg Al2 O4 |
| * | 00-047-1308 | 6 | Aluminum Oxide | 0.000 | 0.138 | Al2 O3 |

# **Plot of Identified Phases:** (Bookmark 5)



## **Document History:** (Bookmark 6)

Insert Measurement:
- File name = Al-2024.rd
- Modification time = "5/14/2018 7:19:39 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:
- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "5/14/2018 7:19:39 AM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:
- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.02"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"
- Method = "Minimum 2nd derivative"
- Modification time = "11/24/2017 8:15:40 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Search & Match:
- Allow pattern shift = "No"
- Auto residue = "Yes"
- Data source = "Profile and peak list"
- Demote unmatched strong = "No"
- Multi phase = "Yes"
- Restriction set = "Untitled"
- Restriction = "Restriction set"
- Subset name = ""
- Match intensity = "No"
- Two theta shift = "0"
- Identify = "No"
- Max. no. of accepted patterns = "5"

- Minimum score = "50"
- Min. new lines / total lines = "60"
- Search depth = "10"
- Minimum new lines = "5"
- Minimum scale factor = "0.1"
- Intensity threshold = "0"
- Use line clustering = "Yes"
- Line cluster range = "1.5"
- Search sensitivity = "1.8"
- Use adaptive smoothing = "Yes"
- Smoothing range = "1.5"
- Threshold factor = "3"
- Modification time = "6/27/2018 10:36:59 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Search & Match:
- Allow pattern shift = "No"
- Auto residue = "Yes"
- Data source = "Profile and peak list"
- Demote unmatched strong = "No"
- Multi phase = "Yes"
- Restriction set = "Untitled"
- Restriction = "Restriction set"
- Subset name = ""
- Match intensity = "No"
- Two theta shift = "0"
- Identify = "No"
- Max. no. of accepted patterns = "5"
- Minimum score = "50"
- Min. new lines / total lines = "60"
- Search depth = "10"
- Minimum new lines = "5"
- Minimum scale factor = "0.1"
- Intensity threshold = "0"
- Use line clustering = "Yes"

- Line cluster range = "1.5"
- Search sensitivity = "1.8"
- Use adaptive smoothing = "Yes"
- Smoothing range = "1.5"
- Threshold factor = "3"
- Modification time = "6/27/2018 10:40:12 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 10:57:03 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 10:57:07 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 10:57:11 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 11:03:48 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 11:03:57 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Change Manganese Use Flag:
- Old Value  = "True"
- Modification time = "6/27/2018 11:04:35 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Change Spinel, syn Use Flag:
- Old Value  = "True"

- Modification time = "6/27/2018 11:04:40 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Change Spinel, syn Use Flag:
- Old Value = "True"
- Modification time = "6/27/2018 11:04:41 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

Convert Ref. Pattern to Phase:
- Modification time = "6/27/2018 11:04:55 PM"
- Modification editor = "Habib Matrice"

# BIODATA PENULIS

Penulis yang bernama lengkap Nararyya Zufar El Azmi ini lahir di Jakarta Selatan, tanggal 23 April 1996. Penulis yang akrab disapa Nara ini memulai pendidikan di TK Al-Irsyad Al-Islamiyyah Karawang, Jawa Barat, dan kemudian melanjutkan pendidikan ke SDN Karang Pawitan 1 Karawang, lalu melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Karwawang Barat, dan selanjutnya SMAN 1 Sooko Mojokerto, serta menempuh pendidikan di Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur mandiri. Penulis pernah menjadi anggota sie Jurnalstik di Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) FTI ITS periode 2015/2016. Penulis juga memiliki pengalaman Kerja Praktek di PT Panasonic Gobel Eco Solutions Manufacturing Indonesia di Pasuruan, dan melakukan penelitian Tugas Akhir di PT GMF AeroAsia di Tangerang, dimana di kedua perusahaan ini penulis sama-sama meneliti korosi dan dampaknya untuk perusahaan.