

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISA LAJU KOROSI PADA HASIL LASAN DENGAN**  
**PERBEDAAN FILLER METAL PADA ALUMINIUM 6061**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin  
Pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

IRFANSYAH

1807230117



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

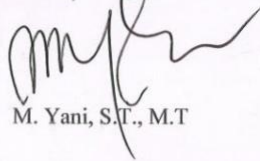
Nama : Irfansyah  
NPM : 1807230117  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : ANALISA LAJU KOROSI PADA HASIL LASAN  
DENGAN PERBEDAAN FILLER METAL PADA  
ALUMINIUM 6061  
Bidang Ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Mei 2024

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



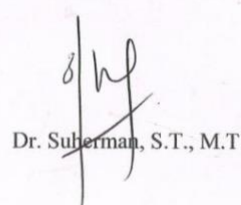
M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing



Dr. Suherman, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin



H. Muharnif M, S.T., M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Irfansyah  
NPM : 1807230117  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“Analisa Laju Korosi Pada Hasil Lasan Dengan Perbedaan Filler Metal Pada Aluminium 6061”**,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Mei 2024

Saya yang menyatakan



Irfansyah

## ABSTRAK

Korosi adalah fenomena alamiah yang terjadi pada material logam, dimana korosi adalah proses kerusakan material karena reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Lingkungan tersebut yaitu lingkungan asam, udara, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai dan air tanah. Berkaitan dengan hal tersebut maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang pengujian korosi pada hasil lasan aluminium 6061. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui laju korosi pada hasil aluminium 6061 dengan perbedaan filler metal. Dengan menggunakan spesimen uji berupa aluminium 6061 dengan menggunakan filler ER4043, ER4047 dan ER5356. Metode dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimen untuk mengetahui terjadi korosi yang paling cepat dan paling lambat dengan menggunakan uji korosi dan uji SEM. Penelitian ini sukses dilakukan dan mendapatkan hasil penelitian berupa nilai laju korosi tertinggi terjadi pada pengujian dengan menggunakan filler ER4043 dengan laju korosi 0,5918 mpy, kemudian diikuti filler ER5356 dengan laju korosi 0,5865, dan yang paling rendah filler ER4047 dengan laju korosi 0,4179. Pengelasan bahan Al6061 lebih baik menggunakan filler ER4047 karena memiliki tingkat laju korosi terendah yang menyebabkan pengelasan dapat bertahan cukup lama. Semakin tinggi kandungan unsur filler maka semakin rendah tingkat laju korosi.

***Kata kunci : Aluminium 6061, Pengujian laju Korosi dan Pengujian SEM***

## **ABSTRACT**

*Corrosion is a natural phenomenon that occurs in metal materials, wherein it is the process of material deterioration due to chemical or electrochemical reactions with its environment. These environments include acidic conditions, air, dew, freshwater, seawater, lake water, river water, and groundwater. Therefore, further research on corrosion testing for welded aluminum 6061 is necessary. The aim of this research is to determine the corrosion rate of aluminum 6061 with different filler metals. Specimens of aluminum 6061 were used with fillers ER4043, ER4047, and ER5356. The method employed in this research is a quantitative experimental method to identify the fastest and slowest corrosion rates using corrosion and SEM tests. The research was successful, yielding results indicating that the highest corrosion rate occurred in tests using filler ER4043 at 0.5918 mpy, followed by filler ER5356 at 0.5865, and the lowest with filler ER4047 at 0.4179. Welding of Al6061 material is better performed using filler ER4047 due to its lowest corrosion rate, resulting in longer-lasting welds. The higher the filler metal content, the lower the corrosion rate.*

**Keywords: Aluminum 6061, Corrosion Rate Testing, SEM Testing**

## **KATA PENGANTAR**

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Laju Korosi Pada Hasil Lasan Dengan Perbedaan Filler Metal Pada Aluminium 6061” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan proposal ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Suherman, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dan banyak memberikan masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis: Bapak Muhammad Nur daiman dan Ibu Kurnialam Simanjuntak, yang telah bersusah payah membesarkan, mendoakan serta kasih sayang yang tulus dan telah membiayai kuliah penulis sampai dapat menyelesaikan perkuliahannya.

8. Teman – teman Stambuk 2018 yang telah Bersama – sama berjuang untuk dapat menyelesaikannya studi di Teknik Mesin UMSU, lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
9. Indah Iswari, S.E yang telah membantu penulis memberi support sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.

Laporan Proposal ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 21 Mei 2024

Irfansyah

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Laju Korosi	4
2.2 Jenis – Jenis Korosi	5
2.3 Penyebab Korosi	9
2.4 Perhitungan Laju Korosi	10
2.5 Pengelasan	11
2.6 Jenis Pengelasan	12
2.7 Aluminium	14
2.8 Aluminium 6061	15
2.9 Sifat-Sifat Aluminium	17
2.10 Sifat-Sifat Filler ER4043, ER4047 dan ER5356	17
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	
3.1 Tempat dan Waktu	19
3.1.1 Tempat Penelitian	19
3.1.2 Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat Penelitian	19
3.2.2 Bahan Penelitian	24
3.3 Bagan Alir Penelitian	27
3.4 Rancangan Alat Penelitian	28
3.5 Prosedur Penelitian	29



3.6 Lintasan Dan Material Kerja	30
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian	32
4.1.1 Hasil Pengujian Laju Korosi	32
4.1.2 Hasil Pengujian SEM	35
4.2 Pembahasan	40
4.2.1 Pembahasan Hasil Laju Korosi	40
4.2.2 Pembahasan Hasil Uji SEM	40
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>45</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>SK PEMBIMBING</b>	
<b>BERITA ACARA SEMINAR HASIL</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Waktu Pelaksanaa Penelitian	19
Tabel 3.2. Komposisi Kimia Al6061	31
Tabel 3.3. Komposisi Kimia Filler	31

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Korosi Merata	5
Gambar 2.2. Korosi Sumur	6
Gambar 2.3. Korosi Erosi	6
Gambar 2.4. Korosi Galvanis	7
Gambar 2.5. Korosi Celah	7
Gambar 2.6. Korosi Mikrobiologi	8
Gambar 2.7. Korosi Lelah	8
Gambar 2.8. Cara Pengerjaan Pengelasan GTAW	12
Gambar 2.9. Peralatan Pengelasan GTAW	13
Gambar 3.1. Mesin Uji Korosi	20
Gambar 3.2. Mesin SEM	21
Gambar 3.3. Mesin Las GTAW	22
Gambar 3.4. Elektroda	23
Gambar 3.5. <i>Welding Torches Dan Welding Gun</i>	23
Gambar 3.6. <i>Wire Feeder</i>	24
Gambar 3.7. Aluminium 6061	24
Gambar 3.8. Filler ER4043, ER4047, ER5356	25
Gambar 3.9. Larutan NaCl 3,5%	25
Gambar 3.10. Kertas Pasir Girt 2000	25
Gambar 3.11. Autosol	26
Gambar 3.12. Diagram Alir	27
Gambar 3.13. Rancangan Alat Penelitian	28
Gambar 4.1. Diagram Tabel Raw Material Al6061	32
Gambar 4.2. Diagram Tabel Filler ER4047	33
Gambar 4.3. Diagram Tabel Filler ER4043	33
Gambar 4.4. Diagram Tabel Filler ER5356	34
Gambar 4.5. Raw Material	35
Gambar 4.6. Hasil Uji SEM	36
Gambar 4.7. Gambar Filler ER4047	37
Gambar 4.8. Gambar Filler ER4043	38
Gambar 4.9. Gambar Filler ER5356	39
Gambar 4.10. Perhitungan Laju Korosi (mmpy)	40

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada era modern sekarang ini banyak dijumpai pembuatan produk yang menggunakan penyambungan material baik di bidang otomotif, manufaktur, perkapalan dan lain-lain. Ada berbagai jenis material yang dapat digunakan oleh perusahaan dalam pembuatan sebuah produk, salah satu material yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah aluminium. Aluminium adalah logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi terhadap air laut, hantaran listrik yang baik sebagai sifat logam, dan mempunyai sifat mampu las yang sangat baik (Pranata, 2019). Aluminium 6061 adalah jenis aluminium yang mempunyai kandungan magnesium dan silikon, aluminium seri ini memiliki sifat yang termasuk kuat, mempunyai kemampuan *formability* dan *weldability* yang baik.

Korosi adalah fenomena alamiah yang terjadi pada material logam, dimana korosi adalah proses kerusakan material karena reaksi kimia atau elektrokimia dengan lingkungannya. Lingkungan tersebut yaitu lingkungan asam, udara, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai dan air tanah (Ngatmin, 2019). Korosi adalah bahaya nasional yang nyata dengan tingkat kerugiannya lebih besar dari segala bencana alam yang pernah dialami. Permasalahan korosi di Indonesia perlu mendapat perhatian yang sangat serius, mengingat dua pertiga wilayah nusantara terdiri dari lautan dan terletak pada daerah tropis dengan curahan hujan yang tinggi (Tanjung et al., n.d.).

Beberapa bahan yang sering digunakan untuk uji korosi adalah air laut, larutan NH<sub>4</sub>Cl, dan larutan KCl. Melalui peristiwa degrasi atau penurunan mutu. Dalam penurunan mutu logam, tidak hanya melibatkan reaksi kimia, namun juga reaksi elektron yang bermuatan negatif, maka menimbulkan arus listrik, sehingga reaksinya dipengaruhi oleh potensial listrik. Sedangkan lingkungan adalah semua unsur di sekitar logam terkorosi pada saat reaksi berlangsung (Priyahapsara & Habibie, 2020) Korosi adalah bahaya nasional yang nyata dengan tingkat kerugiannya lebih besar dari segala bencana alam yang pernah dialami. Permasalahan korosi di Indonesia perlu mendapat perhatian yang sangat serius,

mengingat dua pertiga wilayah nusantara terdiri dari lautan dan terletak pada daerah tropis dengan curahan hujan yang tinggi.

Dalam dunia industri saat ini sangat memperhatikan efek korosi pada kekuatan kelelahan komponen dan struktur mekanik. Pengaruh gabungan dari korosi dan pembebanan siklik diketahui mempengaruhi sifat-sifat mekanis dari paduan logam dan telah terbukti memicu retakan dari cacat permukaan yang disebabkan oleh korosi

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinue. Pengelasan pada aluminium menggunakan *Teknik Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*.

Permasalahan yang sering terjadi pada aluminium yaitu laju korosi yang disebabkan oleh air dan udara. Berkaitan dengan hal diatas, maka diperlukan penelitian untuk menganalisis laju korosi pada hasil lasan aluminium dengan menggunakan filler yang berbeda. Sehingga kita dapat mengetahui laju korosi yang tercepat dan terlambat menggunakan filler yang mana pada aluminium 6061.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil analisa laju korosi pada hasil lasan aluminium 6061 dengan menggunakan filler yang berbeda ?.

## **1.3 Ruang Lingkup**

Pada pengujian korosi pada hasil lasan aluminium 6061. Penulis perlu membatasi masalah agar tidak meluas. Batasannya adalah :

- a. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian adalah lasan aluminium 6061.
- b. Menggunakan filler ER4043, ER4047, dan ER5356
- c. Melakukan uji korosi sebanyak 4 sampel.
- d. Melakukan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) sebanyak 4

sampel.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui laju korosi pada hasil lasan aluminium 6061 dengan perbedaan filler metal.
- b. Untuk menganalisis struktur pada hasil lasan dengan perbedaan filler metal.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Sebagai syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Teknik mesin fakultas Teknik universitas Muhammadiyah sumatera utara dan dapat menerapkan keilmuannya yang di dapat selama kuliah.
- b. Membuat laporan proposal pengujian korosi pada hasil lasan aluminium6061 agar dapat mengetahui hasil pengujian korosi pada lasan alumunium 6061 dengan menggunakan filler yang berbeda, sehingga dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Laju Korosi**

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang berhubungan langsung dengan udara terbuka. Faktor –faktor seperti temperatur, kelembaban, dan kandungan bahan kimia dalam udara sangat menentukan laju korosi (Affandi, 2020).

Korosi adalah fenomena kerusakan suatu material akibat material tersebut bereaksi secara kimia dengan lingkungannya yang tidak mendukung. Korosi dapat berlangsung apabila semua komponen sel elektrokimia tersedia yaitu anoda, katoda sirkuit eksternal (penghubung antara anoda dan katoda), sirkuit internal (elektrolit). Katoda(+) dan anoda(-) adalah logam yang sejenis atau berlainan yang mempunyai perbedaan potensial. Apabila salah satu dari komponen tersebut diatas tidak ada, maka korosi tidak akan berlangsung. Lingkungan yang tidak mendukung yang dapat menyebabkan korosi dapat berupa kadar pH yang rendah, banyaknya kandungan unsur klorida bebas, sulfat dan beberapa faktor lingkungan lainnya. Dalam menentukan suatu derajat kerusakan dari suatu proses korosi terhadap suatu material maka digunakan satuan mpy dan mm/year yang menyatakan laju korosi. Korosi atmosfer merupakan salah satu bentuk kerusakan yang terjadi akibat udara yang berpolusi. Kerusakan ini disebabkan oleh alam dan manusia itu sendiri. Kerusakan yang terjadi berawal dari sesuatu yang kecil dan akan lama–kelamaan akan berdampak besar (Hasyim et al., 2017).

Laju korosi merupakan suatu besaran yang menyatakan cepat atau lambat suatu material bereaksi dengan lingkungannya dan mengalami korosi. Menurut Fontana (1978) dalam bukunya “Corrosion Engineering”, laju korosi dapat didefinisikan dalam berbagai macam, seperti persentase kehilangan massa, miligram per sentimeter persegi per hari dan gram per inci persegi per jam. Selain itu, juga digunakan mils per year (mpy) yang menyatakan laju penetrasi serangan korosi terhadap logam.

Sebagaimana diketahui, korosi sangat dipengaruhi oleh lingkungan misalnya temperatur, pH, oksigen, kecepatan fluida, dan zat-zat oksidator. Laju korosi juga

bergantung pada, konsentrasi reaktan, jumlah mula-mula partikel (massa) logam, dan faktor mekanik seperti tegangan. Untuk menghitung laju korosi, terdapat dua metode yang dapat digunakan antara lain metode kehilangan berat atau weight gain loss (WGL) dan metode elektrokimia (Fontana, 1978).

## 2.2 Jenis – Jenis Korosi

Ada beberapa jenis korosi yang terjadi pada logam antara lain adalah sebagai berikut :

### a. *Uniform Attack* (Korosi Merata)

Korosi merata merupakan korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembap, sehingga makin lama logam makin menipis. Biasanya ini terjadi pada pelat baja atau profil, logam homogen. Korosi ini terjadi pada seluruh permukaan logam yang kontak dengan air dengan intensitas yang sama. Akibat korosi ini biasanya logam akan mengalami kehilangan berat paling besar dibandingkan dengan korosi lain.



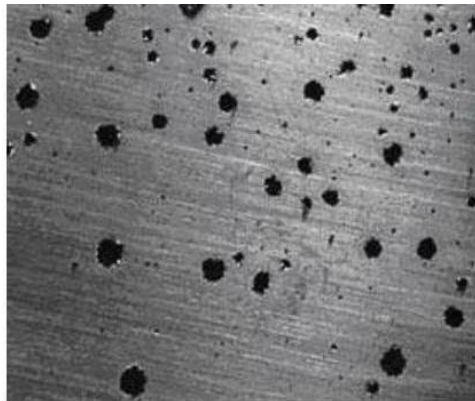
Gambar 2. 1 Korosi Merata (Treathevey, 1991)

### b. *Pitting Corrosion* ( Korosi Sumur )

Korosi sumur merupakan korosi yang disebabkan karena komposisi logam yang tidak homogen dimana pada daerah batas timbul korosi yang berbentuk sumur. Korosi *pitting* sering dianggap lebih berbahaya jika dibandingkan dengan korosi merata (*uniform*). Bentuk korosi ini sulit untuk diidentifikasi, karena produk korosi yang terbentuk biasanya akan menutupi rongga-rongga serta sulit untuk diprediksi. Logam yang dapat membentuk lapisan pasif, seperti baja dan aluminium merupakan logam yang paling rentan terserang korosi *pitting*.



Kegagalan material akibat korosi *pitting* terjadi melalui mekanisme penetrasi dengan persentase kehilangan berat (*weight-loss*) yang sangat kecil.



Gambar 2. 2 Korosi Sumur (Treathevey, 1991)

c. *Erosion Corrosion* ( Korosi Erosi )

Korosi erosi merupakan korosi yang terjadi karena keausan dan menimbulkan bagian – bagian yang tajam dan kasar, bagian – bagian inilah yang udah terjadi korosi dan juga diakibatkan karena fluida yang sangat deras dan dapat mengikis film pelindung pada logam. Korosi ini biasanya terjadi pada pipa dan *propeller*. Korosi erosi juga dapat terjadi karena efek-efek mekanik yang terjadi pada permukaan logam, misalnya : pengausan, abrasi dan gesekan. Logam yang mengalami korosi erosi akan menimbulkan bagian-bagian yang kasar dan tajam.



Gambar 2. 3 Korosi Erosi (Treathevey, 1991)

d. *Galvanic Corrosion* (Korosi Galvanis )

Korosi galvanis merupakan korosi yang terjadi karena adanya 2 logam yang berbeda dalam satu elektrolit sehingga logam yang lebih anodic akan terkorosi. Proses korosi ini melibatkan reaksi elektrokimia oksidasi-reduksi (redoks). Kedua logam yang berada dalam larutan elektrolit akan membentuk sebuah sel galvanik.

Logam yang memiliki nilai potensial elektroda yang lebih rendah yaitu logam dengan posisi lebih tinggi dalam daftar seri Elektrokimia akan menghasilkan reaksi anodik atau oksidasi, sedangkan logam yang memiliki nilai potensial elektroda lebih tinggi atau lebih mulia akan menghasilkan reaksi katodik atau reduksi pada permukaannya. Perbedaan potensial elektroda antara kedua logam yang membentuk sel galvanik merupakan penentu daya dorong untuk terjadinya korosi.



Gambar 2. 4 Korosi Galvanis (Hasyim et al., 2017)

e. *Crevice Corrosion* ( Korosi Celah )

Korosi celah merupakan korosi yang terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain diantaranya ada celah yang dapat menahan kotoran dan air sehingga konsentrasi  $O_2$  pada mulut dibandingkan pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodik dan bagian mulut jadi katodik. Tindakan korosi lokal dgn perubahan yang tinggi pada lubang sempit yang disebabkan adanya perbedaan penambahan oksigen dengan konsentrasi oksigen dalam celah lebih rendah sehingga sulit bagi oksigen untuk menembus lubang kecil.



Gambar 2. 5 Korosi Celah (Treathevey, 1991)

f. Korosi mikrobiologi

Korosi mikrobiologi merupakan korosi yang terjadi karena mikroba. Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan *protozoa*. Korosi ini bertanggung jawab terhadap degradasi material di lingkungan. Pengaruh inisiasi atau laju korosi di suatu area, mikroorganisme umumnya berhubungan dengan permukaan korosi kemudian menempel pada permukaan logam dalam bentuk lapisan tipis atau biodeposit. Lapisan *film* tipis atau *biofilm*. Pembentukan lapisan tipis saat 2 – 4 jam pencelupan sehingga membentuk lapisan ini terlihat hanya bintik-bintik dibandingkan menyeluruh di permukaan.



Gambar 2. 6 Korosi Mikrobiologi (Treathevey, 1991)

g. *Fatigue corrosion* ( korosi lelah )

Korosi lelah merupakan korosi ini terjadi karena logam mendapatkan beban siklus yang terus berulang sehingga semakin lama logam akan mengalami patah karena terjadi kelelahan logam. Korosi ini biasanya terjadi pada turbin uap, pengeboran minyak dan propeller kapal.



Gambar 2. 7 Korosi Lelah (Hasyim et al., 2017)

## 2.3 Penyebab Korosi

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya korosi adalah sebagai berikut :

### a. Air dan kelembapan udara

Air merupakan salah satu faktor penting untuk berlangsungnya proses korosi. Udara yang banyak mengandung uap air (lembap) akan mempercepat berlangsungnya proses korosi. Air atau uap air dalam jumlah sedikit atau banyak akan mempengaruhi tingkat korosi pada logam. Reaksinya bukan hanya antara logam dengan oksigen saja, tetapi juga dengan uap air yang menjadi reaksi elektrokimia. Karena air berfungsi sebagai:

- 1) Pereaksi. Misalnya pada besi akan berwarna coklat karena terjadinya besi hidroksida.
- 2) Pelarut. Produk-produk korosi akan larut dalam air seperti besi klorida atau besi sulfat.
- 3) Katalisator. Besi akan cepat bereaksi dengan  $O_2$  dari udara sekitar bila ada uap air.
- 4) Elektrolit lemah. Sebagai penghantar arus yang lemah atau kecil.

### b. Elektrolit

Elektrolit (asam atau garam) merupakan media yang baik untuk melangsungkan transfer muatan. Hal itu mengakibatkan elektron lebih mudah untuk dapat diikat oleh oksigen di udara. Oleh karena itu, air hujan (asam) dan air laut (garam) merupakan penyebab korosi yang utama.

### c. Adanya oksigen

Pada peristiwa korosi adanya oksigen mutlak diperlukan.

### d. Permukaan logam

Permukaan logam yang tidak rata memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan, yang akhirnya akan berperan sebagai anode dan katode. Permukaan logam yang licin dan bersih akan menyebabkan korosi sukar

terjadi, sebab sukar terjadi kutub-kutub yang akan bertindak sebagai anode dan katode.

e. Letak logam dalam deret potensial reduksi

Korosi akan sangat cepat terjadi pada logam yang potensialnya rendah, sedangkan logam yang potensialnya lebih tinggi justru lebih awet.

Kebanyakan logam seperti seng, baja, besi, nikel dan tembaga mengalami korosi jika kelembaban relatif lebih dari 60%. Jika kelembaban lebih dari 89%, karat pada besi dan baja menjadi higroskopik (menyerap air) dan dengan demikian laju serangan akan lebih meningkat lagi. Perubahan temperatur berpengaruh terhadap kelembaban relatif dan dapat menyebabkan titik embun. Jika temperatur turun lebih rendah dari titik embun, udara menjadi jenuh dengan uap air dan titik-titik air akan mengendap pada setiap permukaan logam yang terbuka. Derajat keasaman mempengaruhi proses korosi karena pH menunjukkan konsentrasi ion  $H^+$  dalam air dan menghasilkan pelepasan electron oleh logam pada reaksi anodik.

Asam adalah salah satu indikator yang menyebabkan terjadinya korosi pada logam, dengan polutan  $SO_2$ ,  $SO_3$ ,  $NO_2$  dan  $HNO_3$ , butir-butir air hujan membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang menjadikan pH air berkurang dari 5,60. Lebih dari 90% emisi sulfur dan nitrogen berasal dari aktivitas manusia. Unsur-unsur yang terkandung dalam air (Hasyim et al., 2017).

## **2.4 Perhitungan Laju Korosi**

Metode kehilangan berat secara umum dianggap identik dengan kehilangan massa (mass loss). Adapun proses mendapatkan korosi pada metode ini yaitu dengan melakukan uji immers pada bahan. Uji immers adalah uji simulasi ketahanan korosi terhadap media korosif dengan cara yang sangat sederhana. Material uji dicelupkan kedalam media korosif untuk suatu waktu tertentu dengan menerapkan atau mensimulasikan semua parameter yang terlibat dalam kondisi aktual. Hasil yang diperoleh dari cara ini adalah kehilangan berat dari material uji

yang dapat dikonversikan ke laju korosi dan fenomena kerusakan material uji atau bentuk korosi.

Uji immers dalam skala laboratorium dapat dibagi menjadi (Munasir, 2009)

1. Immers Total adalah uji celup dimana spesimennya tercelup total dalam media korosif.
2. Immers Parsial adalah uji celup dimana spesimennya hanya sebagian permukaan yang tercelup kedalam media korosif.
3. Uji basah dan kering adalah uji yang dapat dilakukan dengan memutar spesimen uji sehingga secara berkala tercelup kedalam media korosif.

Metode kehilangan massa (*mass loss*) ini didasarkan pada selisih massa awal sebelum pengujian korosi dengan massa akhir setelah pengujian korosi. Jika diketahui penurunan masa dari suatu material yang terkorosi maka laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Cr = 0,129 \times I_{corr} \times \left(\frac{E_w}{D}\right)$$

Dimana:

Cr (Corrosion rate) = Laju korosi dalam satuan mpy (mils per year)(mm/y)

I<sub>corr</sub> = corrosion current density (ηA)

E<sub>w</sub> = berat jenis atom yang terkorosi

D = massa jenis dari bahan

## 2.5 Pengelasan

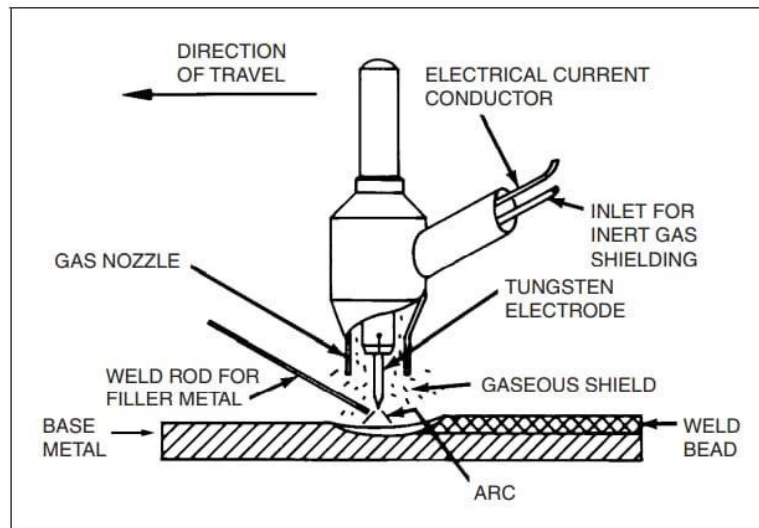
Pengelasan (*Welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Pengelasan atau Welding didefinisikan oleh DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antar logam. Mengelas adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh.

Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*Filler Metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya (Syahrani, 2017).

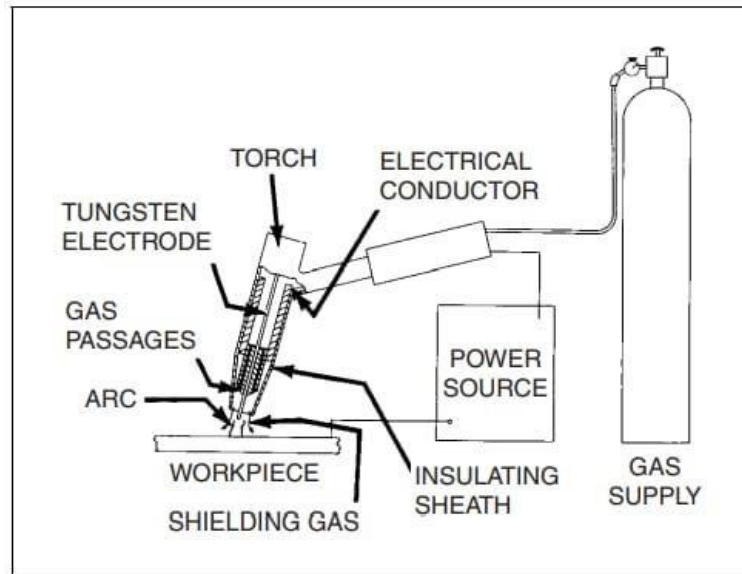
## 2.6 Jenis Pengelasan

### 1. Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda yang terbuat dari tungsten dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini logam induk tidak ikut terumpan (*non consumable electrode*). Untuk melindungi elektroda dan daerah las digunakan gas mulia (argon dan helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC ( arus bolak balik) maupun arus searah ( DC) (Parekke, 2017).



Gambar 2. 8 Cara Pengerjaan Pengelasan GTAW



Gambar 2. 9 Peralatan Pengeelasan GTAW

a) Prinsip Kerja Las Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Prosesnya menggunakan bahan tungsten sebagai elektroda tidak terkonsumsi, elektroda ini digunakan hanya untuk menghasilkan busur nyala listrik. Bahan penambah berupa batang las atau *rod* yang dicairkan oleh busur nyala tersebut, mengisi kampuh bahan induk. Untuk mencegah oksidasi digunakan gas mulia (seperti argon, helium) dan CO<sub>2</sub> sebagai gas pelindung. (Widharto, 2013). Pengelasan GTAW dengan sudut *torch* 90° menghasilkan nilai kekerasan paling tinggi. Sedangkan dengan sudut 60° material memiliki kekuatan bending dan kekuatan tarik paling tinggi.

Las GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) untuk mengelas material seperti Aluminium, titanium, dan magnesium. Las GTAW ini biasanya digunakan untuk melakukan pengelasan Aluminium atau stainless steel yang memang banyak membutuhkan perlakuan khusus.

Secara umum dapat dikatakan bahwa arus pengelasan menentukan penetrasi las karena berbanding langsung, atau paling tidak secara eksponensial. Arus busur juga mempengaruhi tegangan. Jika voltasenya tetap maka jika arus naik maka panjang busur juga bertambah. Karenanya untuk mempertahankan panjang busur pada kepanjangan tertentu, perlu untuk merubah penyetelan tegangan manakala arus distel. Terdapat 4 (empat) komponen dasar atau komponen utama dari las GTAW, yaitu



(Widharto, 2013):

- 1) Torch
- 2) Elektroda tidak dikonsumsi (tungsten)
- 3) Sumber arus las
- 4) Gas pelindung

## 2.7 Aluminium

Aluminium adalah unsur kimia logam IIIA dalam sistem periodik unsur dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma). Struktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas  $2,7 \text{ g/cm}^3$  dan modulus elastisitas  $10 \times 10^6 \text{ psi}$ .

Aluminium dikenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi yang di akibatkan karna fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida dipermukaan logam aluminium setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat katodik , karna dapat mencegah oksidasi.

Untuk menambahkan kekuatan mekaniknya maka aluminium dipadukan dengan Cu,Mg,Si,Mn,Zn,Ni,dsb, secara satu persatu atau bersama – sama, memberikan juga sifat –sifat yang baik lainnya seperti ketahanan korosi,ketahanan aus,koefisien pemuaian dsb. Material ini dipergunakan didalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang , mobil, kapal laut, konstruksi dan lain sebagainya.

Aluminium memiliki kerapatan hanya  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , kira-kira sepertiga sebagai sebanyak baja ( $7,83 \text{ g/cm}^3$ ). Satu kubik baja beratnya sekitar 490 lb sedangkan aluminium, hanya sekitar 170 lb. Bobot yang ringan, ditambah dengan kekuatan tinggi dari beberapa paduan aluminium (melebihi baja struktural), memungkinkan desain dan konstruksi struktur yang kuat dan ringan yang sangat menguntungkan untuk segala sesuatu yang bergerak kendaraan ruang angkasa dan pesawat terbang serta semua jenis kendaraan darat dan air. Aluminium menolak

jenis oksidasi progresif yang menyebabkan baja berkarat. Permukaan aluminium yang terbuka bergabung dengan oksigen untuk membentuk film aluminium oksida inert hanya sekitar sepuluh juta inci tebal, yang menghalangi oksidasi lebih lanjut. Dan, tidak seperti besi karat, film aluminium oksida tidak mengelupas untuk mengekspos permukaan baru untuk oksidasi lebih lanjut. Jika lapisan pelindung aluminium tergores, ia akan langsung melindungi kembali dirinya. Lapisan oksida tipis itu sendiri melekat erat pada logam dan tidak berwarna dan transparan tidak terlihat oleh mata telanjang. Perubahan warna dan pengelupasan karat besi dan baja tidak terjadi pada aluminium.

Bila dipadukan dengan baik, aluminium dapat menahan korosi oleh air, garam, dan faktor lingkungan lainnya, dan oleh berbagai macam bahan kimia dan fisik lainnya. Karakteristik korosi paduan aluminium diperiksa pada bagian permukaan aluminium bisa sangat reflektif. Energi radiasi, panas radiasi, dan gelombang elektromagnetik secara efisien direfleksikan, sementara permukaan anodisasi anodized dan gelap dapat menjadi reflektif atau penyerap. Reflektansi dari aluminium yang dipoles, pada rentang panjang gelombang yang luas, mengarah pada pemilihannya untuk berbagai penggunaan dekoratif dan fungsional.

## **2.8 Aluminium 6061**

Paduan 6061 menerapkan magnesium dengan silikon sebagai elemen paduan utamanya. Kekuatan mereka ditingkatkan dengan perlakuan panas, dan meskipun tidak sekuat paduan lain. Mereka menggabungkan kekuatan yang baik dengan kemampuan bentuk yang baik, kemampuan las, kemampuan mesin, dan ketahanan korosi yang adil. Mereka biasanya digunakan dalam aplikasi arsitektur, kelautan, dan tujuan umum lainnya.

Paduan aluminium 6061 adalah yang paling fleksibel dari paduan aluminium yang dapat diolah dengan panas sambil mempertahankan sebagian besarkarakteristik aluminium yang sangat baik. Aluminium 6061 ini memiliki berbagai sifat mekanik dan ketahanan terhadap korosi.

Aluminium 6061 adalah salah satu paduan aluminium yang paling banyak digunakan. Kemampuan las dan kemampuan bentuk membuatnya cocok untuk banyak aplikasi tujuan umum. Kekuatan tinggi dan ketahanan korosinya memberikan paduan seri 6061 yang sangat berguna dalam aplikasi arsitektur, struktural, dan kendaraan bermotor. Beberapa kegunaan aluminium 6061 adalah sebagai berikut :

1. Rakitan yang dilas
2. Bingkai laut
3. Bingkai pesawat dan truk
4. Peralatan kimia
5. Bagian elektronik
6. Mebel
7. Pengencang
8. Penukar panas
9. Wastafel Panas

Berdasarkan (*Welding Aluminium dan Paduannya, 2002*), berikut paduan elemen pada aluminium yaitu :

1. **Magnesium (Mg)** meningkatkan kekuatan melalui penguatan larutan padat dan meningkatkan kemampuan pengerasan kerja.
2. **Mangan (Mn)** meningkatkan kekuatan melalui penguatan larutan padat dan meningkatkan kemampuan pengerasan kerja.
3. **Tembaga (Cu)** memberikan peningkatan kekuatan yang substansial, memungkinkan pengendapan pengerasan, mengurangi ketahanan korosi, ductility dan kemampuan las.
4. **Silikon (Si)** meningkatkan kekuatan dan keuletan, dikombinasikan dengan magnesium menghasilkan pengerasan presipitasi.
5. **Seng (Zn)** secara substansi meningkatkan kekuatan, memungkinkan pengerasan presipitasi, dapat menyebabkan korosi tegangan.
6. **Besi (Fe)** meningkatkan kekuatan aluminium murni, umumnya residu elemen.
7. **Kromium (Cr)** meningkatkan ketahanan terhadap korosi.

8. **Nikel (Ni)** meningkatkan kekuatan suhu tinggi.
9. **Titanium (Ti)** digunakan sebagai elemen penyuling butiran, terutama pada logam pengisi.
10. **Zirkonium (Zr)** digunakan sebagai elemen penyuling butiran, terutama pada logam pengisi.
11. **Lithium (Li)** meningkatkan kekuatan dan modulus *young*, memberikan pengerasan presipitasi, mengurangi densitas.
12. **Scandium (Sc)** meningkatkan kekuatan dengan umur pengerasan, elemen penghilang terutama pada logam las.
13. **Timbal (Pb)** dan **Bismut (Bi)** membantu pembentukan dengan paduan *machining* bebas.

## 2.9 Sifat-sifat aluminium

1. Mudah dibentuk atau memiliki sifat bentuk yang baik
2. Tahan korosi karena aluminium adalah jenis logam non ferrous yang memiliki ketahanan tinggi maka semakin baik daya tahan korosinya.
3. Penghantar panas dan listrik yang baik karena aluminium memiliki daya panas dan listrik yang tinggi sekitar 60% dari daya hantar panas tembaga dan tidak beracun.

## 2.10 Sifat-Sifat Filler ER4043, ER4047 dan ER5356

### a. Filler ER4043

Logam pengisi ini terutama terdiri dari aluminium, sehingga cocok untuk pengelasan paduan aluminium. Ini menawarkan fluiditas dan penetrasi yang baik, sehingga ideal untuk aplikasi pengelasan yang mengutamakan estetika, seperti suku cadang otomotif, rangka sepeda, dan struktur arsitektur. ER4043 juga biasa digunakan dalam pengecoran pengelasan, terutama yang mengalami perlakuan panas pasca-pengelasan.

### b. Filler ER4047

Mirip dengan ER4043, ER4047 juga dirancang untuk pengelasan paduan aluminium. Namun, ER4047 mengandung kandungan silikon yang lebih tinggi dibandingkan dengan ER4043, yang meningkatkan fluiditasnya dan

mengurangi kecenderungan retak panas. Logam pengisi ini sering kali lebih disukai untuk aplikasi pengelasan yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan retak yang tinggi, seperti komponen kelautan, bejana tekan, dan struktur kedirgantaraan.

c. Filler ER5356

Tidak seperti ER4043 dan ER4047, ER5356 terutama digunakan untuk pengelasan paduan aluminium-magnesium. Ini menawarkan ketahanan korosi yang sangat baik dan kekuatan tinggi, sehingga cocok untuk aplikasi di lingkungan laut, peralatan transportasi, dan komponen struktural. ER5356 menghasilkan lasan dengan kecocokan warna yang baik dan porositas rendah, sehingga cocok untuk aplikasi estetika juga.

Singkatnya, ER4043, ER4047, dan ER5356 adalah logam pengisi serbaguna yang digunakan untuk mengelas aluminium dan paduannya, dengan masing-masing menawarkan keunggulan spesifik tergantung pada persyaratan aplikasi.

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Tempat dan waktu

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Laboratorium Uji Korosi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan Uji SEM di Badan Riset dan Inovasi Nasional Jakarta Pusat.

#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan November

Tabel 3.1. Jadwal Waktu Pelaksanaa Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Study literature	■					
2	Survei lapangan	■	■				
3	Pembuatan rak dan pemotongan specimen	■	■	■			
4	Penulisan proposal	■	■	■	■		
5	Seminar proposal				■	■	
6	Esposur specimen				■	■	■
7	Penulisan Skripsi				■	■	■
8	Seminar hasil / sidang						■

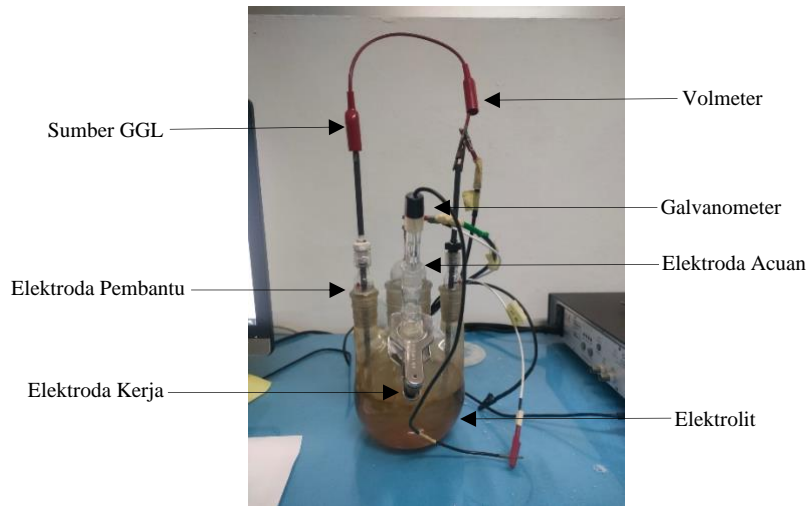
### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat Penelitian

##### 1. Alat Uji Korosi

Alat Uji korosi adalah perangkat ukur atau sebuah alat untuk menguji suatu benda berbahan logam dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik tertentu dari sesuatu zat yang dapat mempengaruhi ketahanan logam itu sendiri dari akibat adanya indikasi korosi. alat uji korosi dilakukan dengan metode elektrolisis sel tiga

elektroda dengan standar ASTM *G102 standard practice for calculation of corrosion rates and related information from electrochemical measurements*



Gambar 3. 1 Alat Uji Korosi tipe tiga sel elektroda

a. Elektroda Kerja (*working electrode*)

Elektroda kerja sebagai elektroda yang akan diteliti, digunakan istilah elektroda kerja sebagai ganti dari anoda karena penelitiannya tidak terbatas hanya pada perilaku yang bersangkutan dengan anoda, tetapi juga penyelidikan tentang perilaku katoda.

b. Elektroda Pembantu (*counter/auxiliary electrode*)

Elektroda pembantu adalah elektroda kedua yang khusus untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial. Platina emas dan titanium dapat digunakan sebagai bahan elektroda pembantu.

c. Elektroda Acuan (*reference electrode*)

Elektroda acuan adalah elektroda yang digunakan sebagai titik dasar yang sangat baik untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Elektroda acuan yang sering digunakan adalah elektroda kalomel jenuh.

## 2. Mesin Uji SEM

SEM (Scanning Electron Microscopy) adalah peralatan untuk menguji/melihat struktur morfologi permukaan dan crossection sampel dengan perbesaran sampai dengan 1.000.000 x . Dengan menggunakan SE ( *secondary electron*) detektor peralatan ini memiliki 2 modus operasional, Low Vacum (untuk sampel non-konduktif) dan High Vacum (untuk sampel konduktif). Alat ini dilengkapi EDAX yaitu alat yang dapat digunakan untuk menguji kandungan unsur pada bahan yang dilihat struktur permukaannya. Kandungan unsur yang dapat diidentifikasi mulai dari Berilium s/d Uranium. Sebaran unsur didalam bahan juga dapat dideteksi berupa Surface area, line dan mapping. Alat uji SEM yang digunakan dalam penelitian ini adalah Phenom ProX Desktop SEM



Gambar 3. 2 Mesin Uji SEM

Spesifikasi Mesin SEM Phenom ProX Desktop

<b>Light optical magnification</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 27–160x</li></ul>
<b>Electron optical magnification range</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 160-350,000x</li></ul>
<b>Resolution</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>\leq 6</math> nm SED and <math>\leq 8</math> nm BSD</li></ul>
<b>Digital zoom</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Max. 12x</li></ul>



<b>Light optical navigation camera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color</li> </ul>
<b>Acceleration voltages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Default: 5 kV, 10 kV and 15 kV</li> <li>• Advanced mode: adjustable range between 4.8 kV and 20.5 kV imaging and analysis mode</li> </ul>
<b>Vacuum modes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High vacuum mode</li> <li>• Charge reduction mode via optional low vacuum sample holder</li> </ul>
<b>Detector</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backscattered electron detector (standard)</li> <li>• Energy-dispersive X-ray detector (standard)</li> <li>• Secondary electron detector (optional)</li> </ul>
<b>Sample size</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 25 mm diameter (optional 32 mm)</li> </ul>
<b>Sample height</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 35 mm (optional 100 mm)</li> </ul>

### 3. Mesin las GTAW

Sebuah proses pengelasan busur listrik yang menggunakan elektroda tak terumpan atau tidak ikut mencair. Pada pengelasan GTAW ini elektroda atau tungsten ini hanya berfungsi sebagai penghasil busur listrik saat bersentuhan dengan benda kerja, sedangkan untuk logam pengisi adalah filler rod. Pengelasan GTAW ini juga sering disebut dengan Las Argon, hal tersebut dikarenakan gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon.



Gambar 3. 3 Mesin Las GTAW

#### 4. Elektroda

Elektroda merupakan penghantar listrik yang sering dijumpai dalam sebuah baterai atau media lainnya seperti las listrik dengan muatan positif dan negatif.



Gambar 3. 4 Elektroda

#### 5. *Welding Torches* atau *Welding Gun*

*Welding Torches* atau *welding gun* berfungsi untuk menahan elektroda tungsten yang mengalirkan arus pengelasan ke busur dan sebagai tempat pengeluaran gas pelindung dalam pengelasan GTAW. Pada pengelasan GTAW manual, *welding gun* dilengkapi dengan sakelar dan katup tambahan yang terpasang pada gagang, yang fungsinya untuk mengontrol arus dan aliran gas.



Gambar 3. 5 *Welding Torches* atau *Welding Gun*

## 6. *Wire feeder*

*Wire Feeder* berfungsi untuk menambahkan logam pengisi dalam bentuk gulungan kawat pada pengelasan secara mekanik atau otomatis.



Gambar 3. 6 Wire Feeder

### 3.2.2 Bahan Penelitian

1. Aluminium seri 6061 diameter 14 mm tebal 5mm<sup>2</sup>



Gambar 3. 7 Alumunium 6061

2. Filler ER4043, ER4047, ER5356



Gambar 3. 8 Filler ER4043, ER4047, ER5356

3. Larutan NaCl 3,5%



Gambar 3. 9 Larutan NaCl 3,5%

4. Kertas Pasir Girt 2000



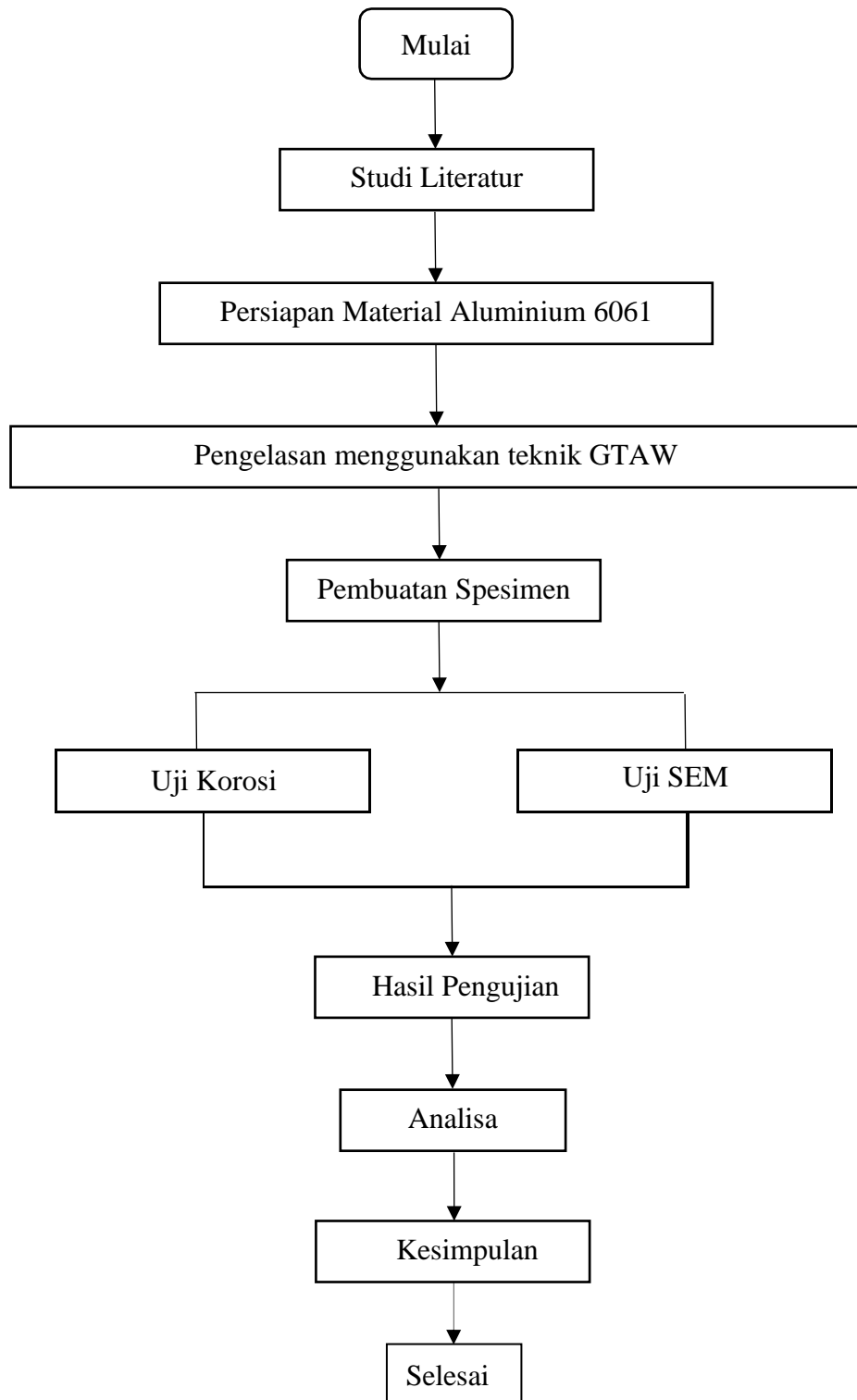
Gambar 3. 10 Kertas Pasir Girt 2000

5. Autosol



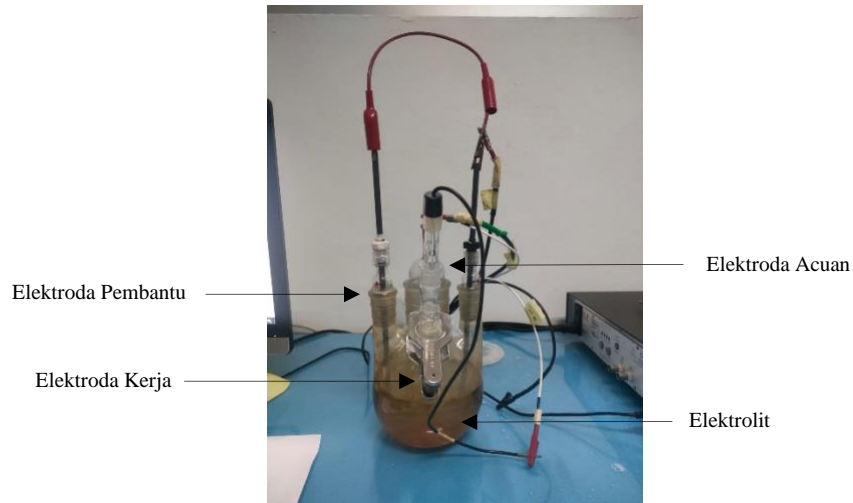
Gambar 3. 11 Autosol

### 3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.12. Bagan Alir Penelitian

### 3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.13. Rancangan Alat Penelitian

#### 1. Elektroda Kerja (*working electrode*)

Elektroda kerja sebagai elektroda yang akan diteliti, digunakan istilah elektroda kerja sebagai ganti dari anoda karena penelitiannya tidak terbatas hanya pada perilaku yang bersangkutan dengan anoda, tetapi juga penyelidikan tentang perilaku katoda.

#### 2. Elektroda Pembantu (*counter/auxiliary electrode*)

Elektroda pembantu adalah elektroda kedua yang khusus untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial. Platina emas dan titanium dapat digunakan sebagai bahan elektroda pembantu.

#### 3. Elektroda Acuan (*reference electrode*)

Elektroda acuan adalah elektroda yang digunakan sebagai titik dasar yang sangat baik untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Elektroda acuan yang sering digunakan adalah elektroda kalomel jenuh.

#### 4. Elektrolit

Elektrolit adalah senyawa di dalam larutan yang berdisosiasi menjadi partikel yang bermuatan (ion) positif atau negatif.

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### a. Pembuatan Sampel

Pembuatan sampel dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengelas aluminium 6061 dengan menggunakan filler ER4043, ER4047, ER5356. Kemudian dilakukan pemotongan dalam bentuk bulat ukuran diameter 14 mm dan tebal 5 mm

#### b. Pengujian Korosi

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian laju korosi dengan metode eletrolisis menggunakan alat sel tiga elektroda. Pengujian korosi ini mengacu pada standar ASTM *G102 standard practice for calculation of corrosion rates and related information from electrochemical measurements* dengan kualifikasi ukuran spesimen sebesar

Pada pengujian laju korosi dengan metode elektrokimia, adapun langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang akan di uji sebanyak 4 sampel.
2. Menyiapkan 3 filler yang digunakan yaitu filler ER4043, ER4047, ER5356
3. Melakukan pengujian

#### c. Pengujian SEM

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian SEM (*Scaning Electron Microscopy*). Adapun langkah-langkah Pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang akan di uji sebanyak 4 sampel.
2. Mengamplas sebagian permukaan spesimen yang akan di uji sampai terlihat korosi yang ada.
3. Memotong spesimen sesuai ukuran pada mesin pengujian SEM.
4. Melakukan coating pada permukaan spesimen yang akan di uji dengan emas atau platina.
5. Meletakkan spesimen yang sudah siap diuji kedalam pengujian SEM.
6. Melakukan Pengujian.



#### d. Pengukuran Laju Korosi

Pengukuran laju korosi pada hasil lasan aluminium 6061 dapat dilakukan dengan metode yaitu metode kehilangan massa hasil yang diperoleh dari cara ini adalah kehilangan berat dari material uji yang dapat dikonversikan ke laju korosi dan fenomena kerusakan material uji atau bentuk korosi. Data laju korosi dapat ditemukan dengan persamaan berikut :

$$Cr = 0,129 \times I_{corr} \times \left(\frac{E_w}{D}\right)$$

Dimana:

Cr (Corrosion rate) = Laju korosi dalam satuan mpy (mils per year) (mm/y)

I<sub>corr</sub> = corrosion current density (μA)

E<sub>w</sub> = berat jenis atom yang terkorosi (mg)

D = massa jenis dari bahan (gram/ cm<sup>3</sup>)

### 3.6 Lintasan Dan Material Kerja

#### 1. Lintasan Kerja

Proses pengujian laju korosi yang dilakukan di Lab Universitas Gadjara Mada Yogyakarta.



Gambar 3.14 Lintasan Kerja Uji Korosi

## 2. Material Kerja

Aluminium 6061 (Al6061) merupakan paduan aluminium berkekuatan tinggi dan tahan korosi yang biasa digunakan pada industri penerbangan dan dirgantara. Al6061 memiliki karakteristik bahan yang mudah dibentuk, ketahanan korosi yang baik, dan harga yang murah (Dewi, 2016). Aluminium paduan 6061 banyak digunakan di dunia industri otomotif seperti rangka kapal, perpipaan dan industri pesawat terbang. Tipe aluminium ini mengandung magnesium (Mg) dan silika (Si) sebagai elemen paduan utama (Randhiko et al., 2014). Adapun komposisi kimia bahan ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3. 2 Komposisi Kimia Al6061(Randhiko et al., 2014).

Si	Mg	Fe	Cu	Cr	Zn	Ti	mMn	Al
0,69	0.86	0,5	0,22	0,15	0,11	0,05	0,11	97,32

Tabel 3. 3 Komposisi Kimia Filler (Ir. Wartono, 2018)

Komposisi	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
4043	4,5- 6,0	0,2	0,02	0,01	0,01	-	0,02	0,01
4047	6,503	0,482	0,0444	0,074	0,489	0,040	0,394	0,019
5356	0,25	0,40	0,10	0,05- 0,20	4,5 – 5,5	0,05 – 0,20	0,10	0,06 – 0,20

# BAB 4

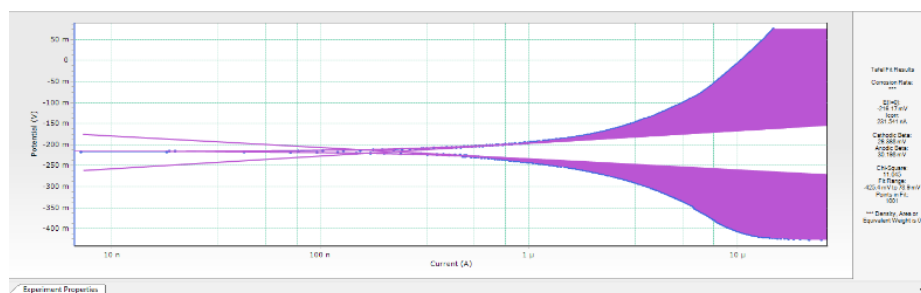
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Pengujian Laju Korosi

Setelah dilakukan pengujian laju korosi, dapat kita lihat grafik tafel dari hasil penelitian seperti dibawah ini :

##### 1. Pengujian Laju Korosi Raw Material Al6061



Gambar 4. 1 Diagram Tafel Raw Material Al6061

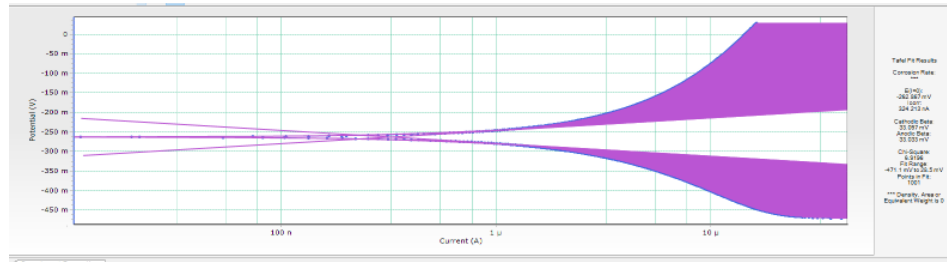
Dari data diatas dapat dilihat bahwa dari grafik tafel hasil pengujian didapatkan data  $I_{corr} = 231.541 \text{ nA} = 0,231541(\mu\text{A})$ . maka untuk perhitungan laju korosi raw material Al6061 dapat kita tuliskan seperti :

$$\begin{aligned} CR &= 0,129 \times I_{corr} \times (E_w / D) \\ &= 0,129 \times 0,231541 \times (26,9815 / 2,7) \\ &= 0,2985 \text{ mpy} \end{aligned}$$

Dimana :

- Cr = Laju korosi dalam satuan (mpy)
- I<sub>corr</sub> = corrosion current density (μA)
- E<sub>w</sub> = berat jenis atom yang terkorosi (mg)
- D = massa jenis dari bahan (gram/ cm<sup>3</sup>)

## 2. Pengujian Laju Korosi Alumunium Dengan Filler ER4047



Gambar 4. 2 Diagram Tafel Filler ER4047

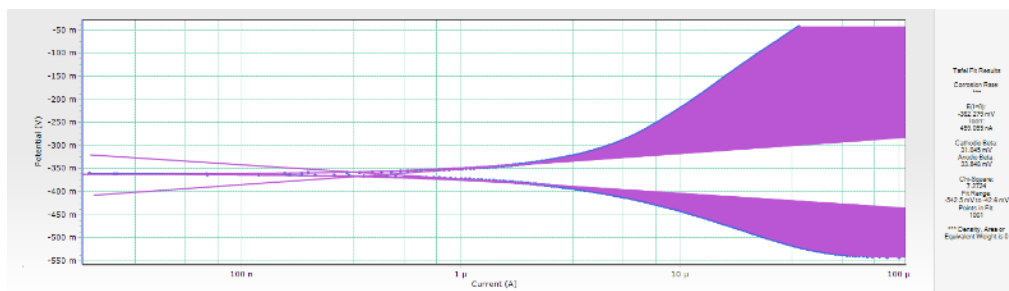
Dari data diatas dapat dilihat bahwa dari grafik tafel hasil pengujian didapatkan data  $I_{corr} = 324,213 \text{ nA} = 0,324213 (\mu\text{A})$ . maka untuk perhitungan laju korosi alumunium dengan filler 4047 dapat kita tuliskan seperti :

$$\begin{aligned} CR &= 0,129 \times I_{corr} \times (E_w / D) \\ &= 0,129 \times 0,324213 \times (26,9815 / 2,7) \\ &= 0,4179 \text{ mpy} \end{aligned}$$

Dimana :

- Cr = Laju korosi dalam satuan (mpy)
- Icorr = corrosion current density ( $\mu\text{A}$ )
- Ew = berat jenis atom yang terkorosi (mg)
- D = massa jenis dari bahan ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

## 3. Pengujian Laju Korosi Alumunium Dengan Filler ER4043



Gambar 4. 3 Diagram Tafel Filler ER4043

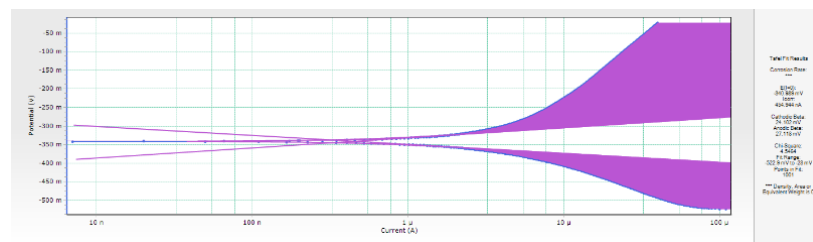
Dari data diatas dapat dilihat bahwa dari grafik tafel hasil pengujian didapatkan data  $I_{corr} = 459,055 \text{ nA} = 0,459055 (\mu\text{A})$ . maka untuk perhitungan laju korosi alumunium dengan filler 4043 dapat kita tuliskan seperti :

$$\begin{aligned} CR &= 0,129 \times I_{corr} \times (E_w / D) \\ &= 0,129 \times 0,459055 \times ( 26,9815 / 2,7) \\ &= 0,5918 \text{ mpy} \end{aligned}$$

Dimana :

- Cr = Laju korosi dalam satuan (mpy)
- Icorr = corrosion current density ( $\mu\text{A}$ )
- Ew = berat jenis atom yang terkorosi (mg)
- D = massa jenis dari bahan ( $\text{gram}/ \text{cm}^3$ )

#### 4. Pengujian Laju Korosi Bahan Alumunium Dengan Filler ER5356



Gambar 4. 4 Diagram Tabel Filler ER5356

Dari data diatas dapat dilihat bahwa dari grafik tafel hasil pengujian didapatkan data  $I_{corr} = 454,944 \text{ nA} = 0,454944 (\mu\text{A})$ . maka untuk perhitungan laju korosi bada alumunium dapat kita tuliskan seperti :

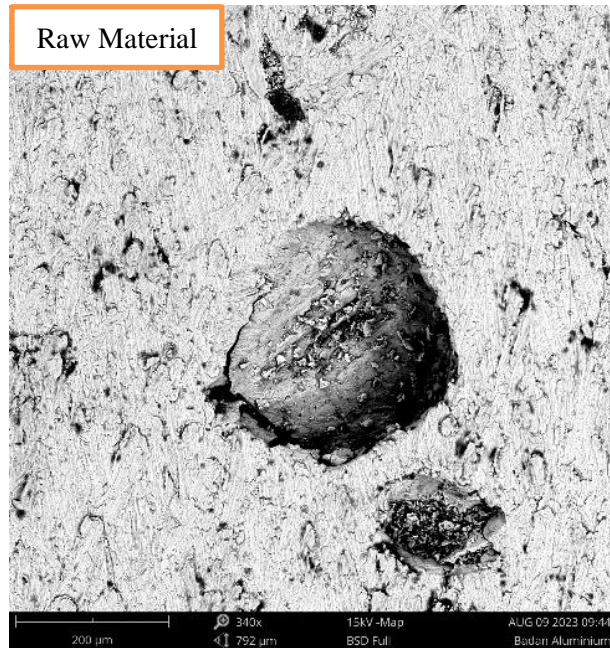
$$\begin{aligned} CR &= 0,129 \times I_{corr} \times (E_w / D) \\ &= 0,129 \times 0,454944 \times ( 26,9815 / 2,7) \\ &= 0,5865 \text{ mpy} \end{aligned}$$

Dimana :

- Cr = Laju korosi dalam satuan (mpy)
- Icorr = corrosion current density ( $\mu\text{A}$ )
- Ew = berat jenis atom yang terkorosi (mg)
- D = massa jenis dari bahan ( $\text{gram}/ \text{cm}^3$ )

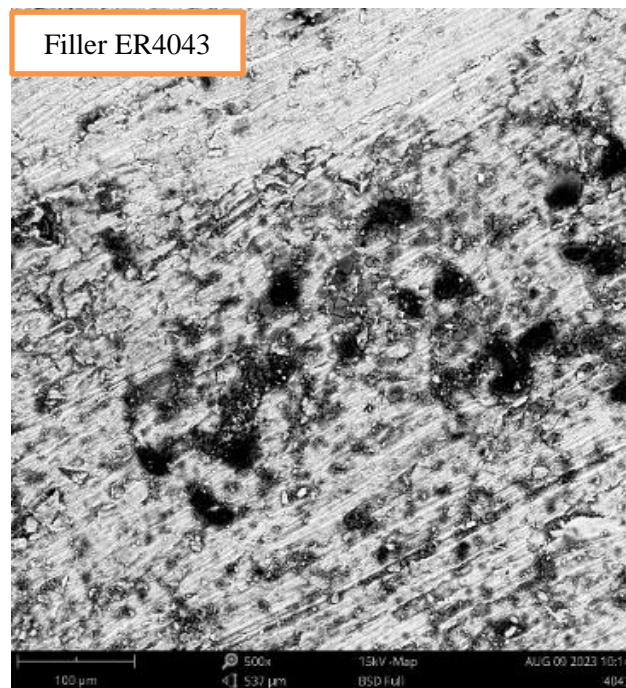
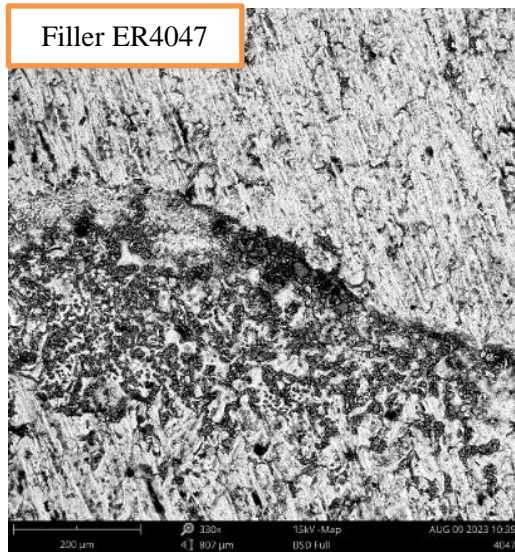
#### 4.1.2 Pengujian SEM

Pengamatan produk korosi diidentifikasi menggunakan SEM dengan cara mengamati permukaan spesimen pada titik yang sama baik itu mengamati bentuk maupun ukuran dari produk korosi yang terbentuk. Pada penelitian ini pengujian sem dilakukan dengan 3x perbesaran untuk melihat destruksi bahan akibat korosi. Pengujian dilakukan dengan perbesaran 340x, 500, 1000x.



Gambar 4.5 Raw Material

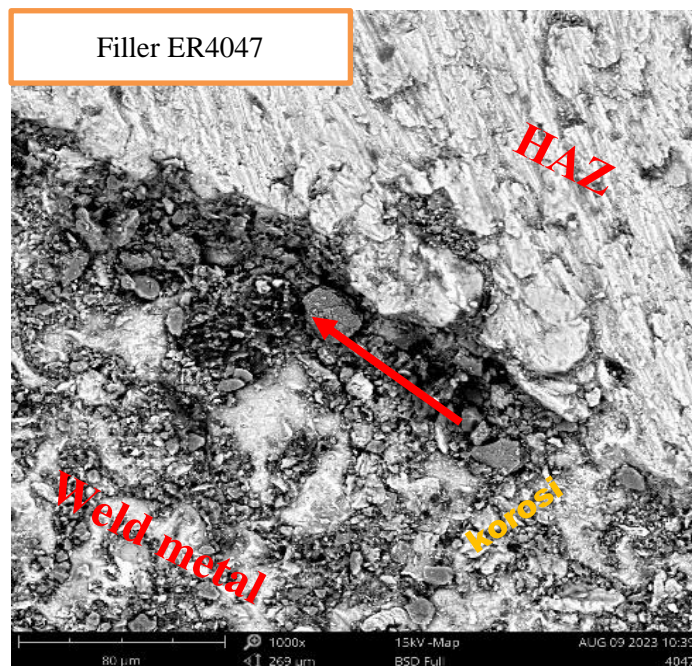
Gambar 4.5 menunjukkan struktur permukaan dari raw material aluminium 6061 (Al6061) dimana terdiri dari beberapa unsur diantaranya Aluminium (Al), Silika (Si), Magnesium (Mg), Ferum/ Besi (Fe), Cuprum/Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Zink (Zn), Titanium (Ti) yang komposisinya seperti terlampir di Tabel 3.2. Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa dipermukaan belum terdapat korosi.



Gambar 4.6 Hasil Uji SEM

Setelah dilakukan pengelesan dan pengamatan melalui SEM, dapat dilihat bahwa pertumbuhan korosi tertinggi terjadi pada filler ER4043 dimana terdapat beberapa daerah yang mengalami korosi yang ditunjukkan oleh bagian yang menghitam. kemudian laju korosi tertinggi kedua dialami oleh filler ER5356, dan laju korosi terendah terjadi pada filler ER4047. Dari hasil pengamatan SEM juga sejalan dengan hasil uji laju korosi dimana filler ER4043 mengalami laju korosi sebesar 0,5918 mpy, diikuti filler ER5356 dengan laju korosi sebesar 0,5865 mpy,

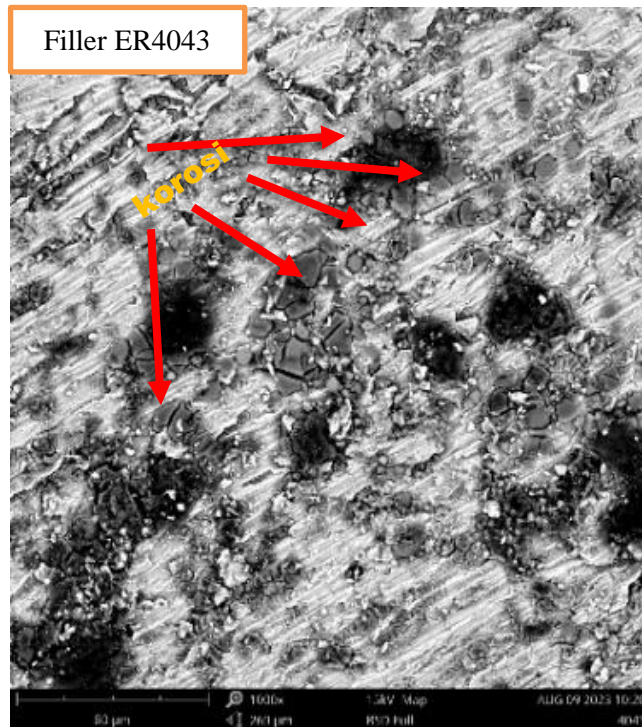
dan filler ER4047 dengan laju korosi terendah sebesar 0,4179 mpy. perbedaan laju korosi disebabkan perbedaan kandungan unsur mangan disetiap elektroda. Berdasarkan tabel 3.2 unsur mangan (Mn) tertinggi dimiliki filler ER4047 dengan komposisi 0,15 kemudian diikuti oleh filler ER5356 dan filler ER4043 dengan kandungan unsur Mangan (Mn) hanya 0,05. Semakin tinggi unsur Mn dalam elektroda maka semakin kecil laju korosi yang terjadi (Mikail Rizki, 2018).



Gambar 4.7 Filler ER4047

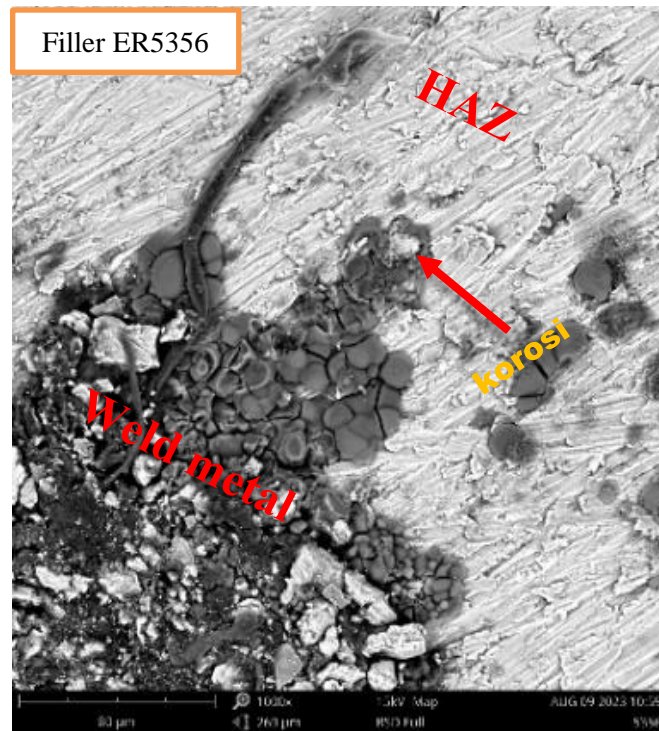
Pada gambar 4.7 dapat kita lihat hasil pengamatan SEM dengan perbesaran 1000x menunjukkan tumbuhnya korosi terjadi di antara daerah weld metal dan heat affected zone (HAZ). Pada gambar dapat dilihat bagian yang mulai terkorosi seperti ditunjukkan pada panah. Daerah weld metal cenderung mulai tumbuh produk korosi dibanding daerah heat affected zone yang masih menunjukkan struktur sama seperti yang ditunjukkan raw material. Hal ini disebabkan oleh perbedaan fasa unsur kimia antara raw material dan juga elektroda yang digunakan sehingga ketika proses pengelasan terjadi ada unsur yang tereduksi sehingga menyebabkan tumbuhnya korosi.





Gambar 4.8 Filler ER4043

Pada gambar 4.8 menunjukkan banyaknya daerah yang terjadi korosi pada filler ER4043. Setidaknya ada 5 daerah yang terindikasi mulai terjadi korosi dimana hal ini sejalan dengan hasil uji korosi filler ER4043 dengan laju korosi terbesar 0,5918 mpy. Dibandingkan dengan 2 filler lainnya kandungan unsur Mangan (Mn) pada filler ini memiliki komposisi terendah dengan nilai 0,15. Hal ini yang menyebabkan laju pertumbuhan korosi pada filler ini lebih tinggi jika dibandingkan 2 filler lainnya.



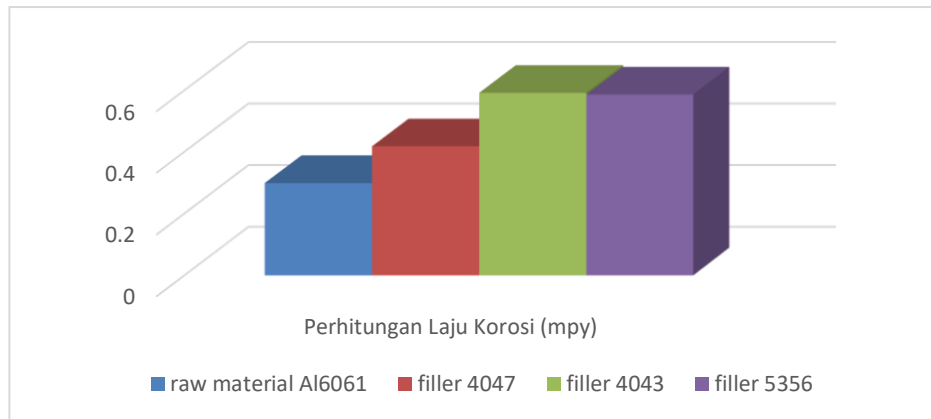
Gambar 4.9 Filler ER5356

Filler ER5356 juga memiliki tingkat laju korosi yang cukup tinggi dan hanya selisih sedikit dengan filler ER4043. Hal ini dapat juga dapat kita lihat dari hasil uji SEM yang menunjukkan pertumbuhan korosi cukup banyak walaupun hanya terjadi di satu tempat. Pada gambar 4.9 dapat kita amati pertumbuhan korosi hanya terjadi di satu tempat. Produk korosi yang tumbuh berupa gumpalan / bulatan yang terjadi didaerah weld metal. Gumpalan / bulatan ini yang biasa dikenal dengan nama Geothite.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Pembahasan Hasil Laju Korosi

Dari keempat hasil penelitian laju korosi maka dapat dirangkum pada sebuah diagram berikut :



Gambar 4.10 Perhitungan Laju korosi (mmpy)

Perbedaan laju korosi pada ketiga filler disebabkan perbedaan komposisi unsur Mangan (Mn) pada filler. Hal ini sejalan dengan (Mikail Rizki, 2018) yang mengatakan semakin tinggi kandungan mangan pada elektroda maka laju korosi semakin menurun. Dari ketiga filler yang digunakan komposisi unsur Mn tertinggi dimiliki oleh filler ER4047 diikuti filler ER5356 dan yang paling rendah unsur Mn merupakan filler ER4043.

### 4.2.2 Pembahasan Hasil Uji SEM

Setelah dilakukan mengujian SEM, dapat dilihat bahwa pertumbuhan korosi tertinggi terjadi pada Aluminium 6061 yang menggunakan filler ER4043 dimana terdapat beberapa daerah yang mengalami korosi yang ditunjukkan oleh bagian yang menghitam. kemudian laju korosi tertinggi kedua dialami oleh filler ER5356, dan laju korosi terendah terjadi pada filler ER4047. Dari hasil pengamatan SEM juga sejalan dengan hasil uji laju korosi dimana filler ER4043 mengalami laju korosi sebesar 0,5918 mpy, diikuti filler ER5356 dengan laju korosi sebesar 0,5865 mpy, dan filler ER4047 dengan laju korosi terendah sebesar 0,4179 mpy. Perbedaan laju korosi disebabkan perbedaan kandungan unsur mangan disetiap elektroda. Berdasarkan tabel 3.2 unsur mangan (Mn) tertinggi dimiliki filler ER4047 dengan komposisi 0,15 kemudian diikuti oleh filler ER5356 dan filler ER4043 dengan

kandungan unsur Mangan (Mn) hanya 0,05. Semakin tinggi unsur Mn dalam elektroda maka semakin kecil laju korosi yang terjadi.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada pengujian korosi nilai laju korosi tertinggi terjadi pada pengujian dengan menggunakan filler ER4043 dengan laju korosi 0,5918 mpy, kemudian diikuti filler ER5356 dengan laju korosi 0,5865, dan yang paling rendah filler ER4047 dengan laju korosi 0,4179.
2. Pada pengelasan bahan Al6061 lebih baik menggunakan filler ER4047 karena memiliki tingkat laju korosi terendah yang menyebabkan pengelasan dapat bertahan cukup lama.
3. Laju korosi dipengaruhi kandungan unsur Mn pada filler yang digunakan. Semakin tinggi kandungan unsur filler maka semakin rendah tingkat laju korosi.
4. Korosi yang terjadi pada penelitian ini adalah korosi galvanis yang terjadi akibat larutan NaCl.

#### **5.2 Saran**

Penelitian seperti ini sebaiknya diperbanyak untuk mendapat hasil penggunaan filler yang tepat untuk mencegah besarnya laju korosi yang terjadi pada proses pengelasan. Semoga Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara kedepannya menyediakan fasilitas untuk pengujian laju korosi diwaktu yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, dkk. (2020). *ANALISA KOROSI ATMOSFERIK BAJA KARBON RENDAH DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN*. 6223(2), 80–88.
- Dewi, M. (2016). Studi mikrostruktur dan sifat mekanik Aluminium 6061 melalui proses canai dingin dan aging. *Jurnal Furnace*, 2(1).
- Hasyim, M. U. H. B., Sains, F., & Teknologi, D. A. N. (2017). *Analisis laju korosi baja karbon rendah terhadap lingkungan atmosferik kota makassar*.
- Ir. Wartono, M. E. (2018). *Jurusan teknik mesin sekolah tinggi teknologi nasional yogyakarta 2018*.
- Juwanda, Saifuddin, & Marzuki. (2021). Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36. *Journal of Welding Technology*, 3(1), 6–11.
- Mikail Rizki, “Analisis Pengaruh Variasi Elektroda Pada Pengelasan Aluminium 5083 Dengan 6061 Terhadap Sifat Mekanik , Struktur Mikro , dan Prediksi Korosi,” Tek. ITS, pp. 60–62, 2018.
- Ngatmin, D. (2019). *Momentum*, Vol. 15, No. 2, Oktober 2019, Hal. 174-179. *Momentum, Vol. 15, No. 2, Oktober 2019, Hal. 174-179, 15*.
- Parekke, S. (2017). Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan Smaw Dan Gtaw Terhadap Sifat Mekanis Dan Fisis Pada Logam Berbeda Baja Karbon Sedang Dengan Baja Tahan Karat Austenit. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1), 12–19.
- Pranata, L. (2019). *Jurnal teknik perkapalan*. 7(4), 345–354.
- Priyahapsara, I., & Habibie, B. Y. (2020). *Ketahanan Korosi Sambungan Friction Stir Welding dengan Variasi Material Pin Tool*. 4(2), 76–82.
- Randhiko, Haryadi dan Umardani, Y. 2014. Pengaruh Post Weld Heat Treatment (PWHT) T6 Pada Aluminium Alloy 6061-O dan Pengelasan Longitudinal Tungsten Inert Gas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin*, 2/3: 167 – 174.
- Syahrani, dkk. (2017). *PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN GTAW*

TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA PIPA BAJA KARBON ASTM A

106. 2007 6th International Conference on Information, Communications and Signal Processing, ICICS, 8(1), 721–729.  
<https://doi.org/10.1109/ICICS.2007.4449670>

Tanjung, I., Nasution, A. R., Fonna, S., Huzni, S., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Utara, S., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Kuala, U. S., Acid, S., Acid, P., Palmiat, I., & Laut, I. H. (n.d.). *Investigasi laju korosi atmosferik baja karbon rendah profil segiempat di kawasan industri medan*. 1–4.

Widharto, S. (2013). *Welding inspection*

# LAMPIRAN

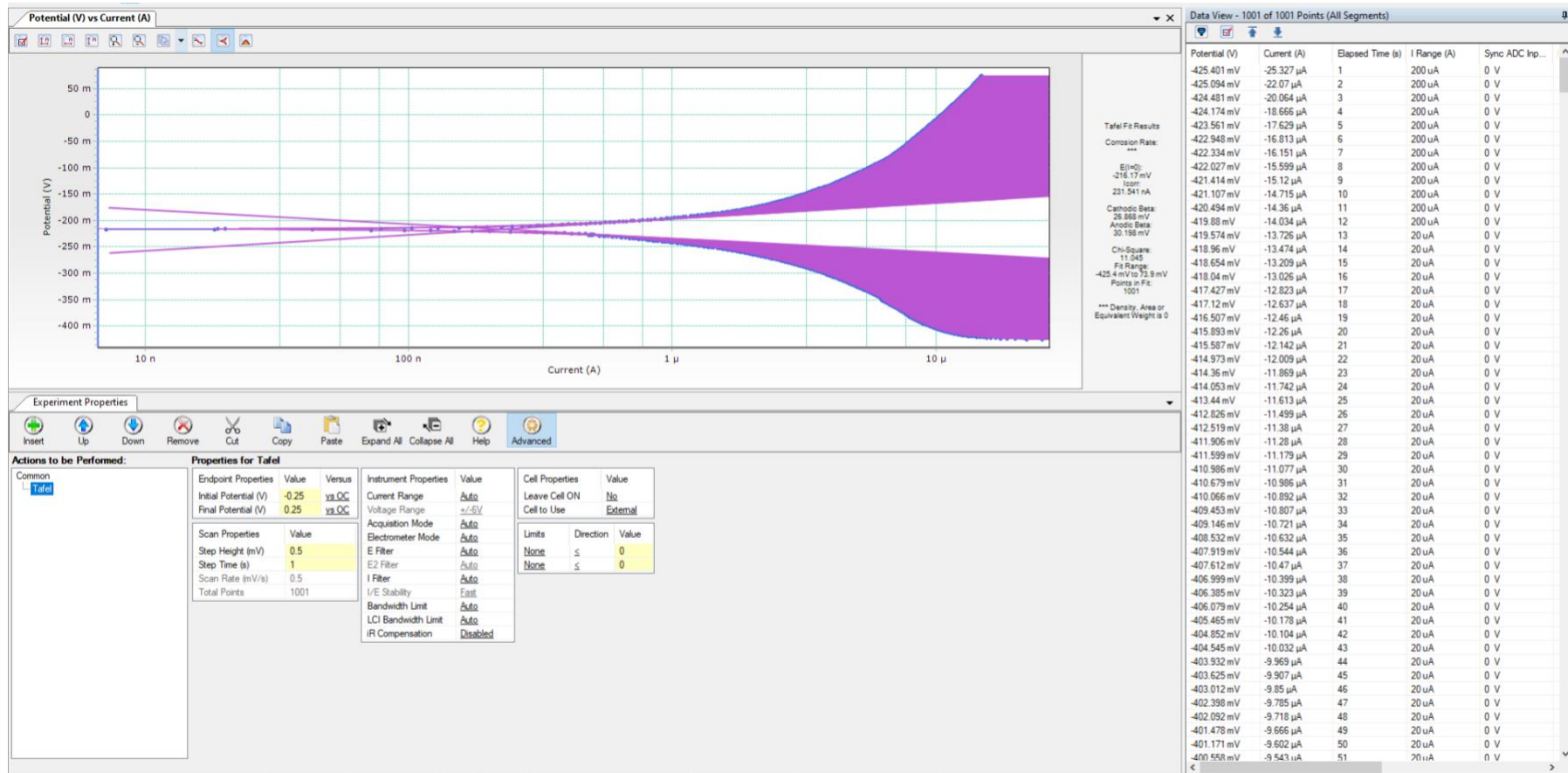
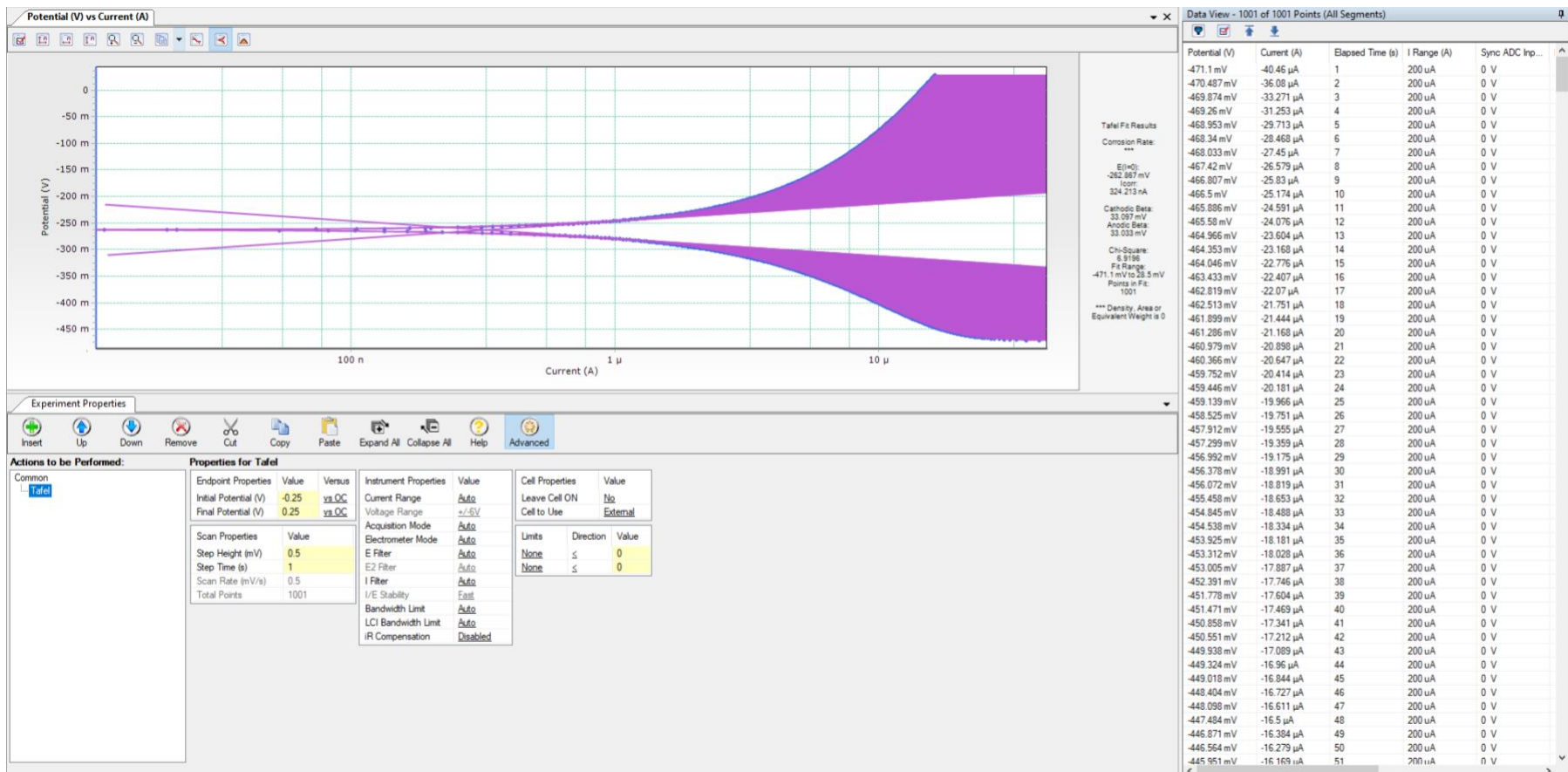
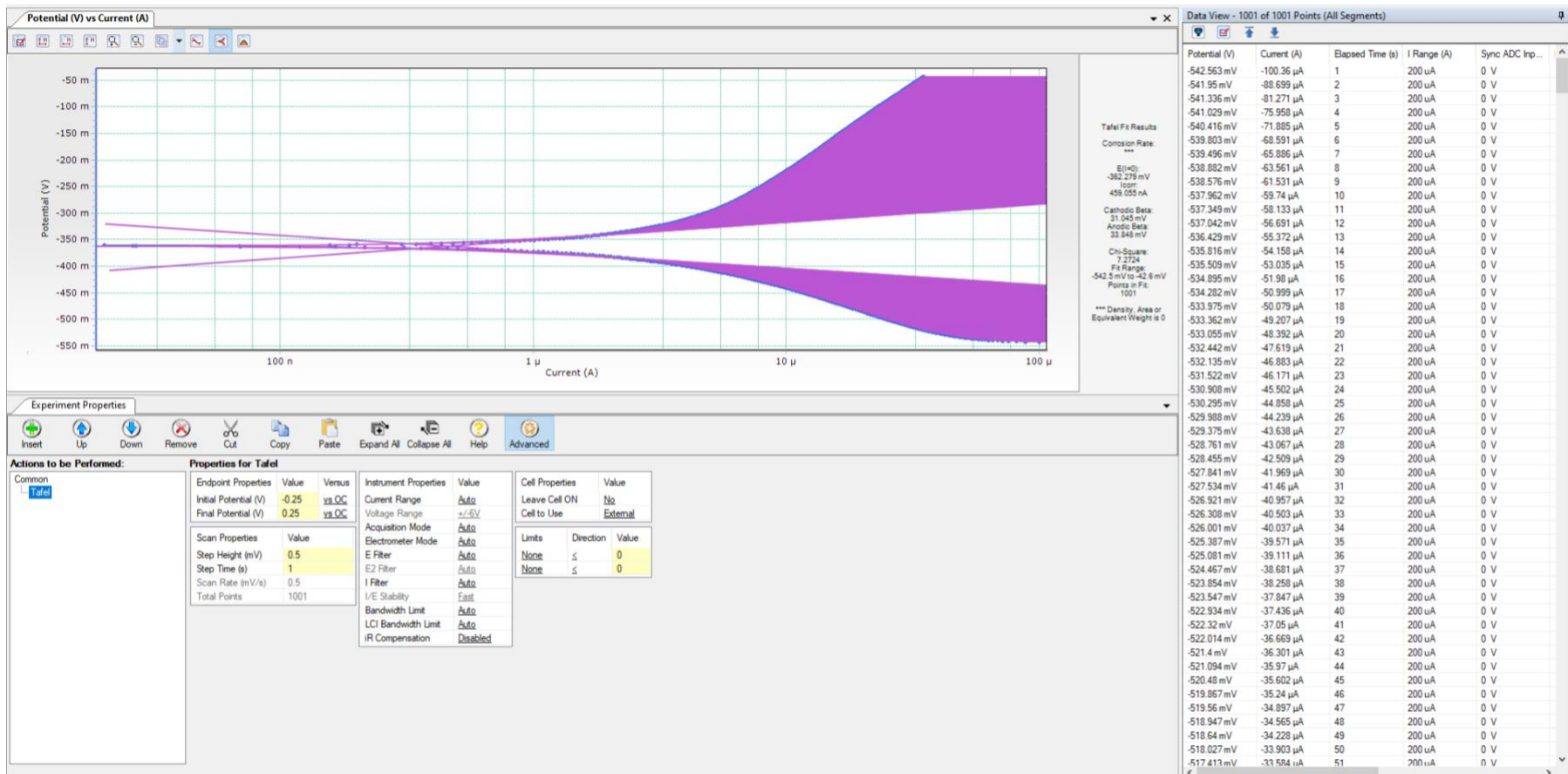


Diagram Tafel Raw Material Al6061

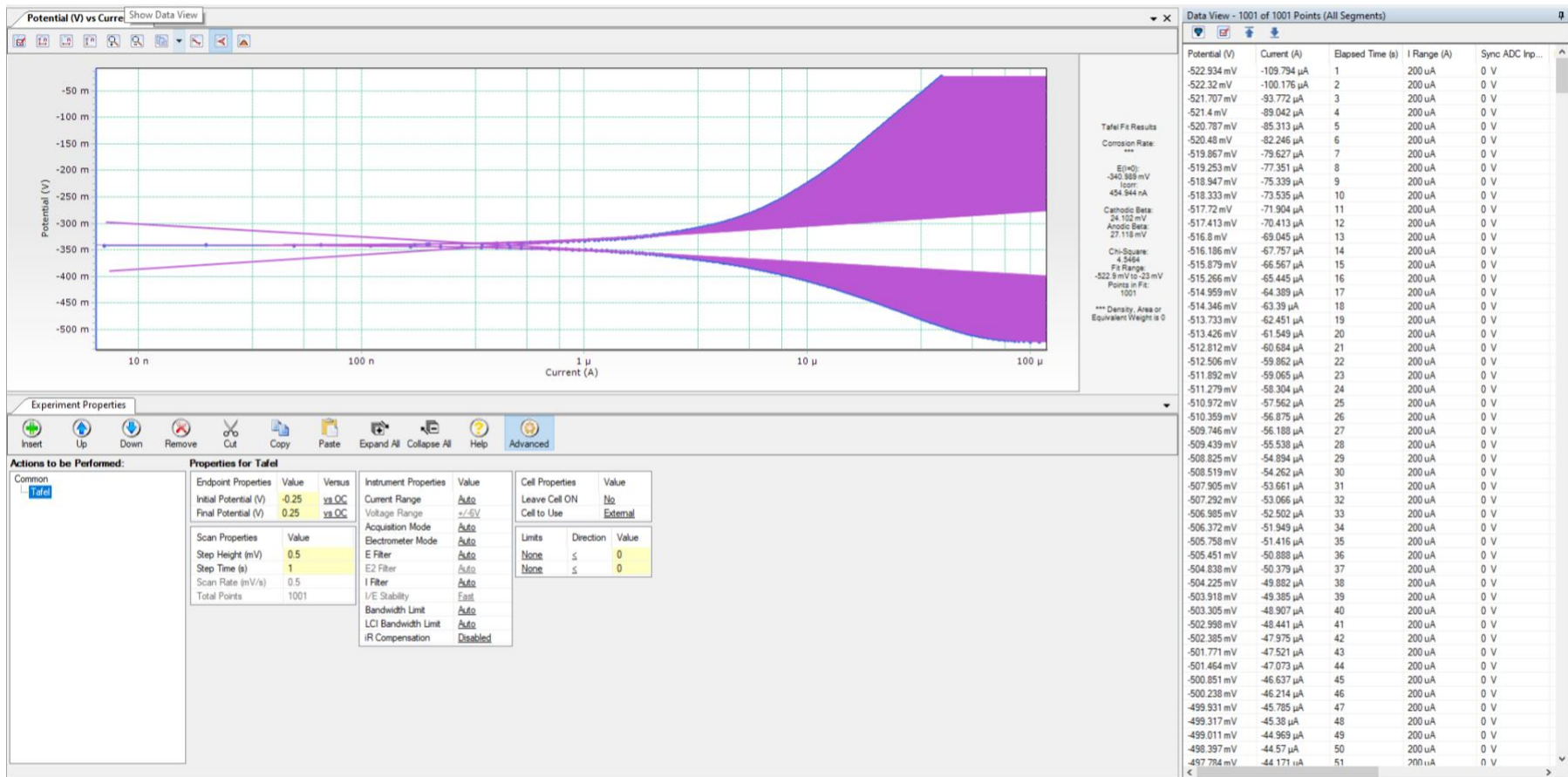




Pengujian Laju Korosi Alumunium Dengan Filler ER4047



Pengujian Laju Korosi Aluminium Dengan Filler ER4043



Pengujian Laju Korosi Alumunium Dengan Filler ER5356



DEPUTI BIDANG INFRASTRUKTUR RISET DAN INOVASI  
DIREKTORAT PENGELOLAAN LABORATORIUM,  
FASILITAS RISET, DAN KAWASAN SAINS DAN TEKNOLOGI  
LABORATORIUM MINERAL SERPONG

Gedung B20 Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang Selatan, 15314  
Telepon/WA : 0811-1933-3617 / Surel : [prtpb@brin.go.id](mailto:prtpb@brin.go.id)  
Laman : [www.brin.go.id](http://www.brin.go.id)

### HASIL PENGUJIAN

No : 106950/LT/P RTPB-SEM/08/2023  
Kode Sampel : 4363-106950-1 (Badan Aluminium)  
4363-106950-2 (4043)  
4363-106950-3 (4047)  
4363-106950-4 (5356)  
Jumlah Sampel : 4 Sampel  
Tanggal Uji : 9 Agustus 2023  
Instrumen Uji : SEM PhenomProX  
Parameter / Metode Uji : Morfologi dan SEM EDX Point/ BSD Full, 15kV – Intensity  
Map







*Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji dan dilarang menggunakan laporan ini tanpa persetujuan tertulis dari Laboratorium Mineral Serpong*

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA LAJU KOROSI PADA HASIL LASAN DENGAN  
PERBEDAAN FILLER METAL PADA ALUMINIUM 6061

Nama : Irfansyah  
NPM : 1807230117

Dosen Pembimbing : Dr. Suherman, S.T., M.T

No	Hari / Tanggal	Kegiatan	Paraf
1).	5-4-2024	Perbaiki Format Penulisan	
2).	8-4-2024	Perbaiki Abstrak	
3).	16-4-2024	Perbaiki gambar data uji korosi dan uji sem	
4).	23-4-2024	Perbaiki kata pengantar dan penulisan	
5).	7-5-2024	Revisi Bab 5 kesimpulan dan saran	
6).	21-5-2024	Ace Sidang Skripsi	



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila mengawali surat ini agar disertakan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

## UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA FAKULTAS TEKNIK

UMSU Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/AK.KP/PT/XI/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

### PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor: 96/AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Tanggal 16 Januari 2024 dengan ini Menetapkan :

NAMA : IRFANSYAH  
NPM : 1807230117  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : X111 ( Tiga Belas )  
Judul Tugas Akhir : ANALISA LAJU KORASI PADA HASIL LASAN DENGAN PERBEDAAN FILLER METAL PADA ALUMINIUM 6061

Dosen Pembimbing : Dr SUHERMAN

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 05 Rajab 1445 H

16 Januari 2024 M



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT  
NIDN: 0101017202



DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK - UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 - 2024

Peserta seminar  
 Nama : Irlansyah  
 NPM : 1807230117  
 Judul Tugas Akhir : Analisa Laju Korosi Pada Hasil Lasan Dengan Perbedan Filler Metal Pada Alumunium 6061

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing - I : Dr. Suherman, ST, MT		.....	
Pembanding - I : M. Yani, ST, MT		.....	
Pembanding - II : H. Muhanif, ST, M.Sc		.....	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	200723 0142	HAEDY ARIYANTO	.....
2	200722 0004	MUHAMMAD FAUZI	.....
3	200723 0027	Muhammad Fauzan	.....
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 23 Ramadhan 1445 H  
02 April 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Irfansyah  
NPM : 1807230117  
Judul Tugas Akhir : Analisa Laju Korosi Pada Hasil Lasan Dengan Perbedan Filler Metal Pada Aluminium 6061

Dosen Pemanding - I : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pemanding - II : H. Muharnif, ST, M.Sc  
Dosen Pembimbing - I : Dr. Suherman, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

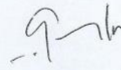
.....*hasil bagian yg harus di perbaiki pd*.....  
.....*draft di rps*.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....

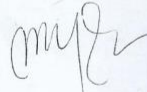
Medan, 23 Ramadhan 1445 H  
02 April 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pemanding- I



M. Yani, ST, MT



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Irfansyah  
NPM : 1807230117  
Judul Tugas Akhir : Analisa Laju Korosi Pada Hasil Lasan Dengan Perbedaan Filler Metal Pada Alumunium 6061

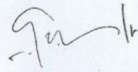
Dosen Pembanding – I : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif, ST, M.Sc  
Dosen Pembimbing – I : Dr. Suherman, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:  
*lihat buku smpg*  
.....  
.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 23 Ramadhan 1445 H  
02 April 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



H. Muharnif, ST, M.Sc

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

1. Nama : Irfansyah
2. Jenis Kelamin : Laki-laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Siantar, 15 Maret 2000
4. Alamat : Desa Karang Rejo Kab. Simalungun
5. No Hp : 0823 6188 4786
6. Email : [irfansyah22267@gmail.com](mailto:irfansyah22267@gmail.com)

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri 091263 Karang Sari : Tahun 2006 - 2012
2. SMP Negeri 9 Pematang Siantar : Tahun 2012 - 2015
3. SMK Negeri 2 Pematang Siantar : Tahun 2015 - 2018
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara : Tahun 2018 - 2024