

# **TUGAS AKHIR**

## **MORFOLOGI BENTUK KOROSI ATMOSFERIK BAJA STRUKTURAL DI KAWASAN KOTA MEDAN**

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

**Disusun Oleh:**

**DWIKI CHANDRA**

**2207230160P**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

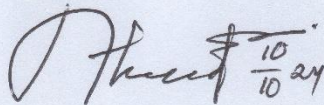
Nama : Dwiki Chandra  
NPM : 2207230160P  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Morfologi Bentuk Korosi Atmosferik Baja Struktural di Kawasan Kota Medan  
Bidang Ilmu : Konstruksi Manufaktur

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, 7 Oktober 2024

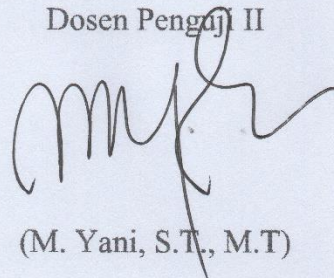
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



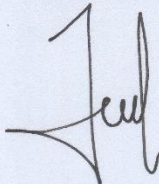
(Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T)

Dosen Penguji II



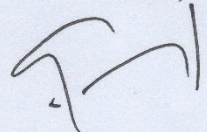
(M. Yani, S.T., M.T)

Dosen Penguji III ↓



(Iqbal Tanjung, S.T., M.T)

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



(Chandra A Siregar, S.T., M.T)

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Dwiki Chandra  
NPM : 2207230160P  
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 8 Desember 1999  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

### **“MORFOLOGI BENTUK KOROSI ATMOSFERIK BAJA STRUKTURAL DI KAWASAN KOTA MEDAN”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karna hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / keserjanaan 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, 7 Oktober 2024



Dwiki Chandra

## ABSTRAK

Korosi merupakan penurunan kualitas suatu bahan logam atau non-logam yang disebabkan oleh terjadinya reaksi dengan lingkungan sekitarnya. Medan sebagai kota metropolitan terbesar ke-3 di Indonesia, mengalami perkembangan infrastruktur dan industri yang sangat masif. Namun, topografi wilayah yang berbatasan langsung dengan Selat Malaka dan iklim tropis menyebabkan rentannya infrastruktur terhadap serangan korosi akibat kondisi lingkungan atmosfer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui morfologi korosi pada baja karbon rendah pada lingkungan atmosferik kota Medan serta untuk mengetahui *iron oxide*, *chemical*, dan *crystal structure* yang terjadi pada material uji di lingkungan Kota Medan. Material uji akan dipapar sinar matahari langsung di area terbuka. Setelah proses pemaparan, selanjutnya dilakukan metode pengujian *SEM* (*scanning electron microscope*) merupakan salah satu mikroskop elektron yang digunakan untuk menyelidiki permukaan dari sebuah objek solid secara langsung. Penelitian dilakukan selama enam bulan juga memberikan jangka waktu yang cukup untuk memahami perkembangan morfologi korosi yang terjadi. Penelitian ini mengikuti standar ASTM G-50 dan ASTM G-1 sebagai panduan dalam melakukan pengujian yang benar sesuai dengan pedoman yang diakui secara internasional. Adapun hasil dari penelitian ini, bentuk yang umumnya terjadi adalah *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) dengan bentuk sarang burung (*bird's nest*), *Globular* dan *Flowery*. Ini dapat dilihat dari hasil uji *SEM* pada bulan pertama, kedua, kelima dan keenam. Adapun bentuk lain juga ditemukan seperti *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH) (*hexagon*, *thin rod*, dan *Prismatic*) *Magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (*flat and dark layer* dan *donut*) dan *Hematite* ( $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (*Bipyramid*).

Kata kunci : *Baja karbon rendah, Kota medan, Korosi atmosferik, morfologi korosi*

## ABSTRACT

*Corrosion is the deterioration of material quality, whether metal or non metal, caused by reactions with its surrounding environment. Medan is the third largest metropolitan city in Indonesia, has experienced massive infrastructure and industrial development. However, its topographical location adjacent to the Malacca Strait and its tropical climate make its infrastructure highly susceptible to corrosion from atmospheric conditions. This research aims to investigate the morphology of corrosion on low carbon steel in the atmospheric environment of Medan city, as well as to identify the iron oxide, chemical composition, and crystal structure that occur on the test material in the Medan environment. The test materials will be exposed to direct sunlight in an open area. Following exposure, scanning electron microscope (SEM) will be used to directly examine the surface of the solid objects. Testing method. The research will span six months, allowing sufficient time to observe the development of corrosion morphology. This study follows the ASTM G-50 and ASTM G-1 standards as guidelines for proper testing procedures recognized internationally. The results of this research indicate that the commonly occurring form is Lepidocrocite ( $\gamma\text{-FeOOH}$ ), which appears as bird's nest, globular, and flowery shapes. This can be observed from the SEM tests conducted in the first, second, fifth, and sixth months. Other forms were also found, such as Goethite ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) (hexagon, thin rod, and prismatic), Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (flat and dark layer, and donut), and Hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) (bipyramid).*

*Keywords: Low Carbon Steel, Medan City, Atmospheric Corrosion, Corrosion Morphology*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran 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 “Morfologi Bentuk Korosi Atmosferik Baja Struktural di Kawasan Kota Medan” 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 laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Iqbal Tanjung S.T., M.T, selaku dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Chandra A Siregar S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Bapak Ahmad Marabdi. S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Orang tua penulis: Ayah (Rusdimianto) dan Ibu (Dahniar), terima kasih yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai Studi penulis.
7. Rendy Kuswary selaku abang penulis yang berperan sebagai mentor penulis.
8. Raihan Syahputra Nasution, Muhammad Aulia, dan Aufa Afikah Nainggolan sebagai grup riset yang membantu penulis dalam melakukan

riset.

9. Zuli Agustina Gultom sebagai kakanda yang selalu memberi semangat penulis setiap hari
10. Atif Juantoro, Fauzan Wahyu Putra, Virza Rizky Pratama, selaku grup mesin yang memberi semangat kepada penulis.
11. Umar Dani, Arfi Simaremare, Wahyu Rafadi, Rizky Prananda, Indry Efa Sari dan Novita Sari Siregar sebagai teman-teman diskusi penulis yang memberi saran dan masukan kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Manufaktur Teknik Mesin.

Medan, 7 Oktober 2024

Dwiki Chandra

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan masalah	1
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1. Defenisi dan Mekanisme Korosi	3
2.2. Jenis-Jenis Korosi	4
2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Korosi Atmoferik	10
2.4. Laju Korosi Atmosferik	10
2.5. Morfologi Korosi	11
2.6. Baja Karbon	12
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>14</b>
3.1. Tempat dan waktu	14
3.1.1. <i>Tempat penelitian</i>	14
3.1.2. <i>Waktu penelitian</i>	14
3.2. Bahan dan alat penelitian	15
3.2.1 <i>Bahan yang digunakan</i>	15
3.2.2 <i>Alat yang digunakan</i>	15
3.3. Diagram alir	17
3.4. Tahap penelitian	18
3.5. Prosedur Penelitian	18
3.5.1 <i>Studi Pustaka dan Pengumpulan Data Awal</i>	18
3.5.2 <i>Persiapan Material Uji</i>	18
3.5.3 <i>Pengujian Komposisi Material</i>	19
3.5.4 <i>Proses Pembersihan Material</i>	19
3.5.5 <i>Proses Pemaparan Material Uji</i>	19
3.5.6 <i>Proses Pengujian Scanning Electron Microscope</i>	19
3.5.7 <i>Analisis Scanning Electron Microscope</i>	19
3.5.8 <i>Hasil dan Pembahasan</i>	20
3.6. Variabel Penelitian	20



3.7.	Analisis Data	20
3.8.	Penarikan Kesimpulan	20
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>21</b>
4.1	Proses Penelitian	21
4.1.1	<i>Pemilihan dan Persiapan Material Uji</i>	21
4.1.2	<i>Pembersihan Material Uji</i>	21
4.1.3	<i>Pemaparan Material Uji</i>	22
4.1.4	<i>Pengujian Scanning Electron Microscope</i>	23
4.2	Bentuk Korosi Pada Permukaan Baja Yang Terkorosi	24
4.2.1	<i>Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Januari 2024</i>	24
4.2.2	<i>Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Februari 2024</i>	26
4.2.3	<i>Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Maret 2024</i>	28
4.2.4	<i>Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan April 2024</i>	31
4.2.5	<i>Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Mei 2024</i>	33
4.2.6	<i>Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Juni 2024</i>	35
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>38</b>
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>39</b>
<b>Lampiran 1. Hasil penelitian</b>		
<b>Lampiran 2. Lembar Asistensi</b>		
<b>Lampiran 3. SK Pembimbing</b>		
<b>Lampiran 4. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian</b>		
<b>Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Laju Korosi	11
Tabel 2.2 Produk Morfologi Korosi	12
Table 3.1 Jadwal Penelitian	14

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Material Uji	15
Gambar 3.2 Rak Pengujian	16
Gambar 3.3 <i>Scanning electron microscope</i>	16
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 4.1 Pembelian material uji	21
Gambar 4.2 Pembersihan material uji	22
Gambar 4.3 Pemaparan material uji	22
Gambar 4.4 Material uji pada proses pemaparan	23
Gambar 4.5 Pengujian <i>scanning electron microscope</i>	23
Gambar 4.6 morfologi bentuk korosi pada bulan Januari x300	24
Gambar 4.7 morfologi bentuk korosi pada bulan Januari x500	25
Gambar 4.8 morfologi bentuk korosi pada bulan Januari x800	26
Gambar 4.9 morfologi bentuk korosi pada bulan Februari x300	27
Gambar 4.10 morfologi bentuk korosi pada bulan Februari x500	27
Gambar 4.11 morfologi bentuk korosi pada bulan Februari x800	28
Gambar 4.12 morfologi bentuk korosi pada bulan Maret x300	29
Gambar 4.13 morfologi bentuk korosi pada bulan Maret x800	20
Gambar 4.14 morfologi bentuk korosi pada bulan Maret x1000	30
Gambar 4.15 morfologi bentuk korosi pada bulan April x300	31
Gambar 4.16 morfologi bentuk korosi pada bulan April x500	32
Gambar 4.17 morfologi bentuk korosi pada bulan April x1000	33
Gambar 4.18 morfologi bentuk korosi pada bulan Mei x500	34
Gambar 4.19 morfologi bentuk korosi pada bulan Mei x800	34
Gambar 4.20 morfologi bentuk korosi pada bulan Mei x1000	35
Gambar 4.21 morfologi bentuk korosi pada bulan Juni x500	36
Gambar 4.22 morfologi bentuk korosi pada bulan Juni x800	36
Gambar 4.23 morfologi bentuk korosi pada bulan Juni x1000	37

## DAFTAR NOTASI

- $K$  = Ketetapan (  $g / cm^2$  atau  $mg / cm^2$  )  
 $D$  = Kehilangan berat logam akibat korosi (  $g$  atau  $mg$  )  
 $A$  = Luas permukaan spesimen (  $cm^2$  )  
 $T$  = Periode waktu ( Jam )  
 $W$  = Pengurangan berat (  $gr$  )

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1. Latar belakang

Korosi merupakan masalah serius yang menjadi isu di Dunia, mengakibatkan penurunan mutu logam akibat interaksi logam tersebut terhadap lingkungan dan menyebabkan kerugian yang cukup besar. Diperkirakan, kerugian akibat korosi mencapai sebesar 3,1% dari GDP, atau diperkirakan mencapai sekitar 276 milyar dolar AS di suatu negara, dan jumlah ini terus meningkat setiap tahunnya (Committee et al., 2003).

Medan sebagai kota metropolitan terbesar ke-3 di Indonesia, mengalami perkembangan infrastruktur dan industri yang sangat masif. Proyek pengembangan Pelabuhan Peti Kemas Belawan, perluasan area industri, dan pengembangan properti di Kota Medan menjadi bukti nyata dari pertumbuhan ini. Namun, topografi wilayah yang berbatasan langsung dengan Selat Malaka dan iklim tropis menyebabkan rentannya infrastruktur terhadap serangan korosi akibat kondisi lingkungan atmosfer. Korosi yang terjadi pada infrastruktur berdampak negatif terhadap kemampuan konstruksi dalam memikul beban, juga mengurangi usia bangunan konstruksi dari yang telah direncanakan sebelumnya. Selain itu, jika tidak ditangani dengan antisipasi lebih awal, korosi ini berpotensi menyebabkan kerugian yang lebih besar, bahkan bisa menyebabkan kegagalan pada infrastruktur tersebut. Oleh karena itu, tindakan pencegahan korosi menjadi hal yang sangat penting untuk diimplementasikan (Affandi et al., 2019; Huzni et al., 2020).

### 1.2. Rumusan masalah

Pada penelitian sebelumnya Husni dan Affandi telah melakukan sebuah penelitian mengenai laju korosi baja struktural di kota medan yaitu pelabuhan belawan dan kawasan industri medan. Mereka melaporkan laju korosi yang terjadi dalam kategori good. Penelitian tersebut berfokus pada penyelidikan laju korosi atmosferik pada baja struktural di Kawasan Industri Medan dan di sepanjang bibir pantai Kota Medan yang juga berdekatan dengan pelabuhan peti kemas Belawan. Namun, perlu dicatat bahwa penyelidikan ini hanya sebatas menganalisis laju korosi pada baja struktural.

Dengan mempertimbangkan latar belakang tersebut, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk mengamati perkembangan bentuk korosi pada baja struktural di Kota Medan. Oleh karena itu, objektif dari penelitian ini adalah untuk mengamati perkembangan bentuk korosi pada baja struktural di Kota Medan yang akan berguna sebagai data tambahan dalam penentuan material pada pembangunan infrastruktur di Kota Medan.

### 1.3. Ruang lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah riset berfokus terhadap morfologi bentuk korosi yang terjadi pada permukaan material baja karbon rendah penyusun konstruksi melalui uji *scanning electron microscopes*.

### 1.4. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menganalisis bentuk-bentuk korosi yang terjadi pada permukaan baja yang terkorosi.

### 1.5. Manfaat

Adapun manfaat riset ini adalah untuk melakukan pengembangan dan pembaharuan data mengenai morfologi bentuk korosi pada baja karbon rendah konstruksi di lingkungan atmosfer Kota Medan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Defenisi dan Mekanisme Korosi

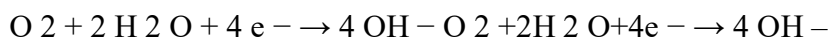
Korosi adalah proses kerusakan material, terutama logam, karena interaksi dengan lingkungannya. Fenomena ini terjadi ketika logam berinteraksi dengan elemen lingkungan seperti oksigen, air, dan polutan atmosfer. Korosi dapat menyebabkan kerusakan struktural yang signifikan, memperlemah kekuatan material, dan mengurangi umur pakai dan keandalannya dalam banyak aplikasi teknik. Korosi adalah masalah besar di banyak industri yang memerlukan perhatian khusus karena dapat menyebabkan kerugian besar dalam jumlah uang karena perbaikan dan penggantian material yang terkena dampaknya.

Korrosi logam besi (Fe) biasanya terjadi ketika logam bereaksi dengan oksigen (O<sub>2</sub>) di udara atau air. Reaksi ini menghasilkan produk korosi berupa oksida besi, seperti ferric oxide (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), yang dikenal sebagai karat. Namun, dalam beberapa situasi, lapisan oksida ini tidak melindungi permukaan logam dan malah mempercepat degradasinya. Logam menjadi rapuh dan berongga dan tidak mampu menahan beban lagi seperti sebelumnya.

Mekanisme korosi utama terdiri dari reaksi elektrokimia yang melibatkan dua proses utama: anodic dan cathodic. Dalam proses oksidasi logam di daerah anoda, atom besi (Fe) kehilangan elektronnya dan berubah menjadi ion Fe<sup>2+</sup>:

Fe berubah menjadi  $Fe^{2+} + 2e^{-}$  dan menjadi  $Fe^{2+} + 2e^{-}$ .

Dalam proses ini, elektron yang dilepaskan melalui logam menuju daerah katoda. Di daerah katoda, oksigen yang terlarut dalam air bereaksi dengan elektron yang diterima dan ion H<sup>+</sup> atau air, menghasilkan ion hidroksida (OH<sup>-</sup>):



Selanjutnya, ion hidroksida ini bereaksi dengan ion Fe<sup>2+</sup> yang terbentuk di anoda untuk membentuk senyawa besi hidroksida. Dalam lingkungan yang lembap, senyawa ini akan teroksidasi menjadi oksida besi atau karat, seperti oksida besi

(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Meskipun lapisan karat ini biasanya rapuh dan berpori, air dan oksigen dapat terus mencapai permukaan logam, mempercepat proses degradasinya.

Faktor eksternal termasuk suhu, kelembapan, polutan udara (seperti karbon dioksida dan sulfur dioksida), dan pH lingkungan. Dalam lingkungan yang sangat asam atau basa, laju korosi meningkat karena ion H<sup>+</sup> atau OH<sup>-</sup> mempercepat reaksi di anoda dan katoda. Dalam kondisi atmosferik, polutan industri seperti sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dapat bereaksi dengan air untuk membentuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Dengan menambah jumlah ion H<sup>+</sup> dalam larutan, proses korosi secara signifikan dipercepat.

Korosi juga dapat terjadi dalam berbagai bentuk, seperti korosi seragam, di mana seluruh permukaan logam menjadi tipis secara teratur, atau korosi lokal, seperti korosi sumuran, yang menyebabkan lubang kecil namun dalam pada permukaan logam. Korosi sumuran sangat berbahaya karena hanya mempengaruhi area kecil, tetapi dapat menyebabkan kerusakan yang fatal, terutama pada bagian struktur yang harus diintegrasikan.

Dalam beberapa situasi, material dapat memiliki lapisan alami yang mencegah korosi lebih lanjut, seperti lapisan oksida pasif pada aluminium. Namun, lapisan oksida yang terbentuk pada besi dan baja biasanya tidak cukup kuat untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Oleh karena itu, untuk mencegah korosi, sering kali digunakan metode tambahan, seperti pelapisan dengan bahan anti-korosi, penggunaan inhibitor, dan penggunaan proteksi katodik. Tujuan terakhir adalah untuk memperlambat atau menghentikan reaksi korosif.

Untuk meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi, terutama dalam aplikasi industri dan infrastruktur yang membutuhkan ketahanan jangka panjang, metode yang lebih canggih seperti monitoring korosi secara real-time dan penggunaan material berbasis nanoteknologi untuk pelapis anti-korosi telah digunakan (Jia et al., 2021; Li et al., 2013; Martínez et al., 2018).

## 2.2. Jenis-Jenis Korosi

Berdasarkan bentuk dan tempat terjadinya, korosi dapat terbagi menjadi beberapa jenis:



#### a. Korosi Atmosferik

Korosi atmosferik terjadi ketika logam rusak dan hancur karena berinteraksi dengan atmosfer. Korosi atmosferik dapat menyebabkan kerusakan pada polutan seperti gas CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, dan zat garam. Ini dapat terjadi di lingkungan tertutup maupun terbuka pada suhu udara mulai dari -18 hingga 70°C. Atmosfer memengaruhi penurunan mutu logam karena cuaca juga. Tingkat korosifitas korosi atmosferik berbeda-beda, dan pengaruh setiap lingkungan atmosfer pada korosi atmosferik berbeda-beda. Korosi atmosferik dapat diklasifikasikan menjadi satu dari beberapa kategori berikut:

1. Rural: Daerah rural kurang korosif karena mengandung sedikit polutan dan lebih banyak dipengaruhi oleh embun, oksigen, dan CO<sub>2</sub>.
2. Urban: Daerah urban memiliki bahan korosif seperti SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> yang berasal dari emisi kendaraan bermotor dan sedikit kegiatan industri.
3. Industri: Daerah industri memiliki kondisi atmosfer yang berkaitan dengan polutan dari industri seperti SO<sub>2</sub>, klorida, fosfat, dan nitrat.
4. Pantai/Laut: Daerah pantai/laut adalah yang paling korosif karena atmosfernya mengandung partikel klorida yang bersifat agresif dan mempercepat laju korosi.

Korosi merupakan ancaman yang nyata bagi negara ini, dan dampaknya lebih besar daripada bencana alam apapun. Dengan dua pertiga wilayahnya berupa laut, iklim tropis yang curah hujan tinggi, dan kadar klorida yang tinggi, Indonesia sangat rentan terhadap korosi. Mengingat iklim yang beragam di Indonesia, pembangunan infrastruktur yang menggunakan baja sebagai bahan utama sangat rentan terhadap korosi. Oleh karena itu, masalah korosi harus mendapat perhatian serius selama pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur di Indonesia (Ridha et al., 2011, 2013; Ummah et al., 2016).

Adapun cara mencegah korosi atmosferik sebagai berikut. :

- 1) menerapkan lapisan pelindung
- 2) menggunakan logam tahan korosi
- 3) mengontrol lingkungan
- 4) menerapkan program pemeliharaan
- 5) inspeksi yang tepat

Langkah-langkah ini dapat mengurangi risiko ekonomi dan keselamatan yang terkait dengan korosi dan memperpanjang masa pakai struktur logam, peralatan, dan produk lainnya.

b. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

Korosi sumuran terjadi secara lokal pada permukaan logam pada satu titik atau area kecil dan membentuk rongga. Ini adalah salah satu jenis korosi yang paling merusak karena sulit untuk dilihat tanpa alat bantu. Pada material bebas cacat, korosi sumuran terjadi karena lingkungan kimia yang mungkin mengandung unsur kimia agresif seperti klorida. Klorida sangat merusak lapisan pasif, atau oksida, sehingga terjadi *pitting* pada dudukan oksida. Lingkungan juga dapat menyebabkan sel aerasi berbeda (misalnya, tetesan air di permukaan baja) dan *pitting* dapat dimulai di lokasi anodik (Haynes, 1985; Morcillo et al., 2015).

Cara pencegahan korosi sumuran:

- 1) Hindari permukaan logam dari goresan.
- 2) Perhalus permukaan logam.
- 3) Menghindari komposisi material dari berbagai jenis logam.
- 4) Pilih bahan yang homogen.
- 5) Berikan inhibitor.
- 6) Berikan coating dari zat agresif.

c. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)

Korosi celah terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain di mana ada celah yang dapat menahan kotoran dan air. Akibatnya, bagian dalam celah menjadi lebih anodik, sedangkan mulut celah menjadi katodik. Mekanisme korosi lubang korosi ini dimulai dengan perubahan konsentrasi beberapa kandungan kimia, biasanya oksigen, yang membentuk sel elektrokimia. Dalam kasus oksigen, ini disebut sebagai perubahan konsentrasi sel aerasi. Di luar celah (katoda), kandungan klorida lebih rendah, tetapi kandungan oksigen dan pH lebih tinggi.

Cara pencegahan korosi celah adalah sebagai berikut:

- 1) Hindari penggunaan sambungan paku keling atau baut, gunakan sambungan las.

- 2) Gunakan gasket yang tidak menyerap.
- 3) Usahakan menghindari daerah dengan aliran udara terbatas.
- 4) Keringkan bagian yang basah.
- 5) Bersihkan kotoran yang ada.

#### d. Korosi Galvanik

Korosi Galvanik juga dikenal sebagai korosi bimetal merupakan korosi yang terjadi ketika dua jenis logam dengan potensial yang berbeda berinteraksi langsung dalam elektrolit yang sama. Logam yang kurang mulia (anodik) kehilangan elektron ketika elektron mengalir menuju logam yang lebih mulia (katodik). Ion-ion positif ini kemudian bereaksi dengan ion negatif yang ada di dalam elektrolit, membentuk garam logam. Hasilnya, permukaan anoda kehilangan logam, yang menyebabkan pembentukan sumur-sumur karat (juga dikenal sebagai serangan karat permukaan) atau sumur-sumur karat (Arifin, 2021).

Metode-metode yang dilakukan dalam pencegahan korosi ini adalah:

- 1) Menekan terjadinya reaksi kimia atau elektrokimianya seperti reaksi anoda dan katoda.
- 2) Mengisolasi logam dengan lapisan yang cukup tebal dari lingkungannya sehingga tidak terjadi aliran elektrolit.
- 3) Mengurangi ion hidrogen di dalam lingkungan melalui mineralisasi.
- 4) Mengurangi oksigen yang larut dalam air.
- 5) Mencegah kontak antara dua material yang tidak sejenis.
- 6) Memilih logam-logam dengan unsur-unsur yang berdekatan dalam seri galvanik.
- 7) Mencegah atau menutup celah.
- 8) Mengadakan proteksi katodik dengan menempelkan anoda korban.
- 9) Memasang proteksi katodik.
- 10) Menambahkan inhibitor anti korosi pada cairan.

#### e. Korosi Tegang (*Stress Corrosion*)

Korosi retak tegangan juga dikenal sebagai korosi retak tegangan adalah proses retak yang memerlukan aksi bersamaan dari karat (bahan perusak) dan tegangan

tarik berkelanjutan. Ini tidak mencakup korosi interkristalin atau transkristalin, yang dapat menghancurkan paduan tanpa tegangan yang diberikan atau sisa, tetapi tidak mengurangi bagian yang terkorosi akibat gagal patahan cepat. Penggetasan hidrogen dapat menyebabkan retak korosi tegangan. Hubungan antara tiga elemen, yaitu :

- 1) Bahan yang rentan terhadap korosi
- 2) Adanya larutan elektrolit (lingkungan)
- 3) Adanya tegangan seperti tembaga dan paduannya rentan terhadap senyawa amonia, baja ringan rentan terhadap larutan alkali, dan baja tahan karat rentan terhadap klorida.

#### f. Korosi Erosi

Korosi erosi adalah korosi yang terjadi akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Korosi erosi menyebabkan bagian menjadi tajam dan kasar. Hal ini juga disebabkan oleh fluida yang sangat deras, yang memiliki kemampuan untuk mengikis film pelindung logam. Pipa dan propeller biasanya mengalami korosi jenis ini. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan beberapa cara

Cara mencegah korosi jenis ini adalah:

- 1) Pilih bahan yang homogen.
- 2) Berikan coating dari zat agresif.
- 3) Gunakan inhibitor.
- 4) Hindari aliran fluida yang terlalu deras.
- 5) Hindari partikel abrasif pada fluida.

#### g. korosi seragam (*Uniform attack*)

Korosi seragam adalah korosi permukaan logam yang disebabkan oleh reaksi kimia pH air yang rendah dan udara yang lembab menyebabkan logam menipis seiring waktu. Ini biasanya terjadi pada pelat baja atau profil logam homogen. Korosi seperti ini dapat dicegah dengan beberapa cara:

- 1) Memberi lapisan pelindung yang mengandung inhibitor seperti gemuk.
- 2) Untuk jangka pemakaian yang lebih lama, disarankan menggunakan logam dengan paduan tembaga 0,4%.
- 3) Melakukan pelapisan dengan cat atau material yang lebih anodik.

4) Melakukan inhibisi dan proteksi katodik (cathodic protection).

#### h. Mikroorganisme Penyebab MIC

Sistem injeksi minyak, gas, dan air merupakan komponen penting dalam tumbuh dan perkembangan beberapa jenis mikroorganisme. Mikroorganisme memerlukan empat komponen untuk berkembang sumber karbon, air, sumber elektron, dan akseptor elektron. Hidrokarbon dan senyawa lainnya sumber makanan organik lainnya yang sangat baik untuk berbagai jenis bakteri utamanya bakteri Archaea dan Eucarya. Dari tiga mikroorganisme industri yang dikenal gas dan minyak, bakteri paling signifikan dalam penelitian MIC .

Studi terbaru menunjukkan bahwa bakteri pereduksi sulfat, juga dikenal sebagai SRB, adalah kontributor utama MIC melalui pembuatan karbon dioksida (H<sub>2</sub>S). Namun, penelitian terbaru mengungkapkan bahwa spesies yang lebih besar dengan berbagai proses yang kompleks terlibat dalam proses ini, seperti metanogen, bakteri penghasil asam atau APB bakteri, bakteri yang mengoksidasi sulfur, atau SOB (bakteri yang mengoksidasi sulfur), bakteri yang mengurangi besi atau IRB (bakteri yang mengurangi besi) dan bakteri yang mengoksidasi mangan (MOB) (bakteri yang mengoksidasi manganese). SOB, IRB, dan MOB dapat menggunakan logam dalam proses respirasi sebagai sumber atau akseptor elektron, bakteri APB terutama berpotensi berdampak pada logam dengan menghasilkan berbagai jenis asam. metanogen dan bakteri jenis lain dalam kemampuan untuk menggunakan berbagai jenis Hidrokarbon juga dianggap penting. pembentukan MIC di lapangan minyak bumi.

Dalam kenyataannya, komunitas mikroorganisme, konsorsium, dan permukaan logam ini bekerja sama untuk menghasilkan MIC. Di sisi lain, hubungan biologis yang kompleks ini membuat penyelidikan, prediksi, dan mengurangi MIC. Bakteri apa yang berhubungan dengan logam dalam sistem pipa adalah bakteri sulfat-reduksi (SRB), bakteri yang mengurangi logam (MRB), bakteri yang penghasil asam (APB), serta mikroorganisme oksigenasi logam (MOB) (Royani et al., 2022).

### 2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Korosi Atmosferik

Kondisi cuaca lokal sangat memengaruhi korosi atmosferik, sehingga tidak ada dua tempat di dunia yang memiliki karakteristik korosi atmosferik yang sama. Sementara klimatologi adalah ilmu yang mempelajari iklim, cuaca merujuk pada keadaan atmosfer pada suatu saat tertentu. Sebaliknya, meteorologi mempelajari proses fisik dan gejala cuaca di dalam atmosfer, terutama di lapisan bawahnya (Affandi et al., 2019; Huzni et al., 2019).

Faktor meteorologi seperti kelembaban relatif udara, temperatur, curah hujan, embun, arah dan kecepatan angin, serta tingkat polutan di udara sekitar adalah faktor atmosfer yang sangat mempengaruhi laju korosi atmosferik. Korrosi atmosferik dipengaruhi oleh banyak variabel, terutama yang berkaitan dengan cuaca. Kondisi iklim lokal sangat dipengaruhi oleh laju korosi atmosferik, yang dapat berubah baik secara alami, seperti perubahan musim, maupun akibat tindakan manusia.

Oleh karena itu, pemahaman dan pengamatan tentang kondisi cuaca dan iklim lokal sangat penting untuk mencegah dan mengatasi korosi atmosferik karena perubahan cuaca dan iklim dapat menyebabkan perubahan dalam laju korosi, dan manusia juga dapat mempengaruhi komponen yang dapat mempercepat atau memperlambat proses korosi (Roberge, 2019).

### 2.4. Laju Korosi Atmosferik

Laju korosi adalah kecepatan ketika kualitas bahan menurun seiring waktu. Nilai laju korosi suatu material biasanya antara 1 sampai 200 *mpy* menurut standar internasional (mm/tahun) atau standar *British* (mill/tahun) (Fontana, 1986). Menurut ASTM (*American Society of Testing and Material*), persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung laju korosi dengan metode kehilangan berat:

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T}$$

Di mana:

K = konstanta konversi satuan laju korosi ( $g/cm^2$  atau  $mg/cm^2$ )

W = kehilangan massa (gram atau miligram)

A = luas permukaan, ( $cm^2$ )

T = waktu eksposur (jam atau hari)

D = massa jenis ( $g/cm^3$ )

Satuan laju korosi yang diinginkan Nilai K

Mils per tahun (mpy)  $3.45 \times 10^6$

Milimeter per tahun (mm/y)  $8.76 \times 10^4$

Gram per meter kuadrat per jam ( $g/m^2 \cdot h$ )  $1,00 \times 10^4 \times D^A$

Tabel 2.1 Klasifikasi Laju Korosi

Tingkat ketahanan korosi	mpy	Mm/tahun
Luar biasa ( <i>outstanding</i> )	<1	<0.002
<i>Excelent</i>	1 - 5	0,02 - 0,1
Baik ( <i>good</i> )	5 - 20	0,1 - 0,5
Cukup ( <i>fair</i> )	20 - 50	0,5 - 1
Kurang ( <i>poor</i> )	50 - 200	1 - 5
Sangat kurang ( <i>unacceptable</i> )	>200	>5

## 2.5. Morfologi Korosi

Morfologi karat, atau penampilan karat yang dihasilkan oleh korosi atmosferik, bervariasi tergantung pada lingkungan dan jenis logam yang terkorosi. Secara umum, korosi atmosferik menciptakan lapisan tipis karat pada permukaan logam, yang dapat berwarna dari coklat muda hingga hitam, dan sering muncul dalam bentuk bubuk atau bersisik (Santa et al., 2024; Vera et al., 2023; Wang et al., 2001).

Morfologi korosi yang terjadi pada baja karbon rendah pada periode awal pemaparan biasanya *lepidocrocite* lalu berubah menjadi *goethite*. Pada umumnya, hampir semua *iron oxide*, *hydroxides*, dan *oxide hydroxides* terlihat seperti kristal-kristal. Kondisi lingkungan merupakan faktor yang mempengaruhi struktur dan ukuran kristal. Korosi atmosferik dipengaruhi banyak faktor lingkungan dan kondisi permukaan baja itu sendiri (Fonna et al., 2021).

Tabel 2.2 Produk Morfologi Korosi

Iron oxide	Chemical	Crystal	Morphology
------------	----------	---------	------------

		structure	principal	other		
Goethite	$\alpha$ -FeOOH	Orthorhombic	Acicular	Star (twin), hexagons, bipyramids, cubes, thin rods	Cloud-like, thin and flat sheet, cotton balls, tiny rods, nest-like honeycomb	Needle-shaped, filiform, whiskers, star-like, prismatic
Akageneite	$\beta$ -FeOOH	Monoclinic	Somatoids, Rods	Stars, crosses (twin), hexagons, prisms		cylinder, tube, cigar-shaped
Lepidocrocite	$\gamma$ -FeOOH	Orthorhombic	Laths	Tablets, plates, diamonds, cubes	Thick plates, sandy, thick sheet	Laminar, globular, sandy grain, worm nest, bird's nest, feather or broken glass
Feroxyhyte	$\delta$ -FeOOH	Hexagonal	Plates	Needles	Flowery, bent plates	Blackish circular rings
Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Cubic	Octahedra	Intergrown octahedral (twins), rhombic dodecahedra, cubes, spheres, bullets	Flat and dark layer, circular grain, donuts Needle-shaped, filiform, whiskers, star-like, prismatic cylinder, tube, cigar-shaped	Laminar, globular, sandy grain, worm nest, bird's nest, feather or broken glass Blackish circular rings
Hematite	$\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hexagonal	Hexagonal plates	Spindles, rods, ellipsoid, cubes, discs, spheres, double ellipsoids, stars, bipyramids, peanut		
Maghemite	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cubic	Laths or cubes	Plates, spindles		

## 2.6. Baja Karbon

Baja karbon adalah jenis baja paduan yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C), dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utama. Untuk mencapai sifat baja yang diinginkan, biasanya ditambahkan unsur kimia lain, seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan lainnya. Kandungan karbon besi baja berkisar antara 0,2% dan 2,14%, dan berfungsi sebagai komponen penguat dalam struktur baja.

Baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Menurut



ASM Handbook vol.1:148 (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan persentase kandungan karbonnya, sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*): Baja ini memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang rendah, tetapi memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi. Baja ini memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Mereka biasanya digunakan untuk komponen struktur bangunan, seperti pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan komponen lainnya.
2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*): Baja ini memiliki kandungan karbon antara 0,3% dan 0,59%, dan memiliki kekuatan mekanis yang lebih besar dan kekerasan yang lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya. Baja ini dapat dikeraskan dengan perlakuan panas.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*): Baja ini tahan panas, memiliki kekerasan dan kekuatan tarik yang sangat tinggi, dan memiliki kandungan karbon antara 0,6% dan 1,4%. Namun, keuletannya lebih rendah sehingga lebih getas, dan sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasannya karena mengandung martensit yang tinggi. Perkakas seperti gergaji, palu, kikir, pisau cukur, dan lainnya terbuat dari baja karbon tinggi.

### BAB 3

#### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan waktu

##### 3.1.1. Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Medan yaitu di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk proses pemaparan baja struktural. Proses penelitian ini juga dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sumatera Utara untuk proses pengujian *SEM*.

##### 3.1.2. Waktu penelitian

Waktu Penerapan tugas akhir ini direncanakan selama 6 bulan dari disetujuinya penulisan proposal tugas akhir, pembersihan material, proses pemaparan, proses uji *SEM*, seminar proposal, seminar hasil sampai sidang akhir.

Table 3.1 Jadwal Penelitian

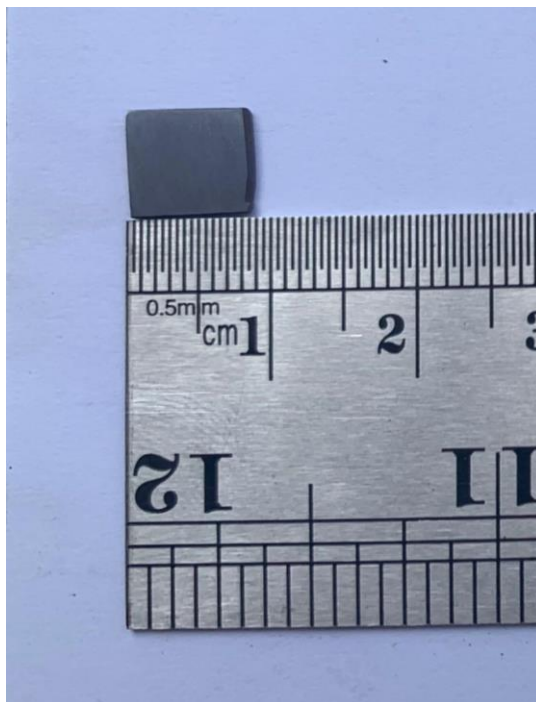
No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur dan Pengumpulan Data	█					
2	Persiapan Material Uji	█					
3	Pengujian Komposisi Material Uji	█					
4	Proses Pembersihan Material Uji	█					
5	Proses Pemaparan Sinar Matahari	█	█	█	█	█	█
6	Pengujian Scanning Electron Microscope	█	█	█	█	█	█
7	Analisa Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i>	█	█	█	█	█	█
8	Penulisan Laporan Akhir	█	█	█	█	█	█
9	Sidang Sarjana	█	█	█	█	█	█

### 3.2. Bahan dan alat penelitian

#### 3.2.1 Bahan yang digunakan

##### 1) Baja carbon rendah

Material yang digunakan pada penelitian ini berjenis baja karbon rendah. Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi, namun kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Umumnya digunakan untuk komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lain. Pemilihan material uji berdasarkan persentase penggunaan baja pada infrastruktur saat ini. Material uji yang digunakan dalam penyelidikan ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Material Uji

#### 3.2.2 Alat yang digunakan

##### 1) Rak pengujian

rak pengujian yang digunakan pada penyelidikan ini merujuk kepada ASTM G-50. Rak pengujian dilengkapi dengan isolator yang bertujuan agar material uji tidak berkontak langsung terhadap material uji. Rak pengujian yang digunakan dalam penyelidikan ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rak Pengujian

## 2) *Scanning Electron Microscope (SEM)*

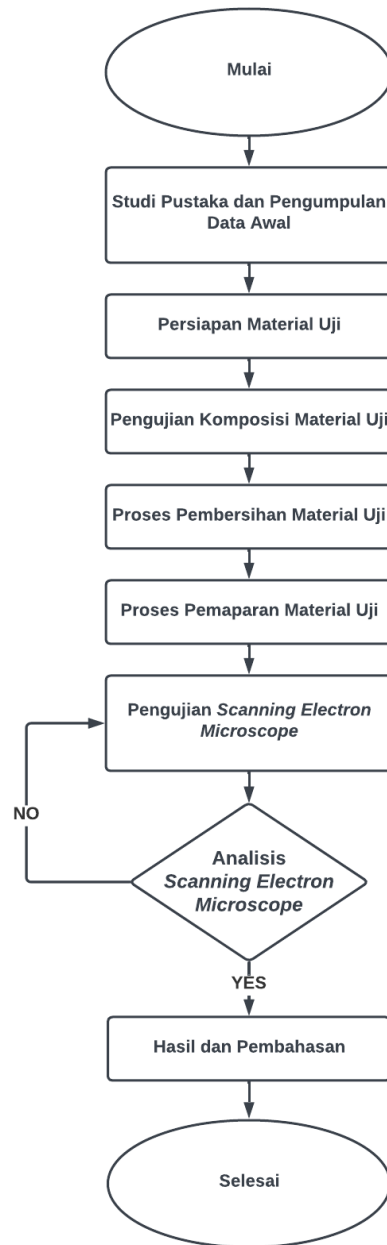
*Scanning electron microscope* merupakan salah satu mikroskop elektron yang digunakan untuk menyelidiki permukaan dari sebuah objek solid secara langsung. Proses pengujian *scanning electron microscope* dilakukan di laboratorium terpadu Universitas Sumatera Utara. *Scanning electron microscope* yang digunakan dalam penyelidikan ini ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Scanning electron microscope*

### 3.3. Diagram alir

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan studi pustaka dan data awal, pemilihan material, pembersihan material uji, pemaparan material uji, proses uji *scanning electron microscope* hingga analisis morfologi korosi yang terjadi pada pada permukaan material uji.



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

### 3.4. Tahap penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai morfologi korosi atmosferik, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi atmosferik, bahaya dan kerugian yang dapat ditimbulkannya. Kemudian pemilihan material uji berdasarkan persentase penggunaan material yang paling banyak digunakan pada infrastruktur saat ini. Penggunaan rak uji berdasarkan standar yang diakui secara internasional (ASTM G – 50). Pemilihan lokasi riset (Kota Medan) didasari oleh pembangunan infrastruktur yang masif saat ini. Sebelum dilakukan proses pemaparan, terlebih dahulu material uji dibersihkan untuk memastikan material uji bebas dari karat dan material lain yang masih menempel pada material uji.

Proses pemaparan dilakukan selama 1 bulan di area terbuka dan terpapar sinar matahari langsung. Setelah proses pemaparan, dilakukan proses pengujian *scanning electron microscope (SEM)* pada material uji untuk melihat fenomena morfologi korosi yang terjadi pada permukaan material uji. Fenomena morfologi korosi yang diambil pada uji *scanning electron microscope* adalah bentuk morfologi korosi yang paling umum terjadi pada material uji. Bentuk morfologi korosi yang dianalisis berdasarkan produk morfologi korosi pada riset-riset sebelumnya untuk mengetahui *iron oxide* dan *chemical* (Fonna et al., 2021).

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Studi Pustaka dan Pengumpulan Data Awal

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur mengenai morfologi korosi atmosferik, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi atmosferik, bahaya dan kerugian yang dapat ditimbulkannya.

#### 3.5.2 Persiapan Material Uji

Material uji yang telah dipilih selanjutnya dibeli di toko material terdekat. Pemilihan material uji yang digunakan berdasarkan persentase penggunaan material pada infrastruktur saat ini seperti jembatan, bangunan, dan fasilitas industri. Hasil penelitian ini diharapkan akan berguna sebagai data tambahan dalam penentuan material pada pembangunan infrastruktur di Kota Medan.

### 3.5.3 Pengujian Komposisi Material

Material uji yang digunakan dalam penyelidikan ini berjenis baja karbon rendah. Jenis baja didapat berdasarkan hasil uji komposisi material baja yang digunakan. Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%.

### 3.5.4 Proses Pembersihan Material

Material uji yang telah dipilih dan diuji komposisi selanjutnya dibersihkan. Ini bertujuan untuk menghilangkan perlindungan korosi dan memastikan tidak ada material lain yang menempel pada material uji.

### 3.5.5 Proses Pemaparan Material Uji

Proses pemaparan dilakukan di Kecamatan Medan Timur, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Penelitian dilakukan pada lokasi terbuka dan terpapar cahaya matahari langsung. Pada proses pemaparan material uji diletakkan di rak pengujian yang dilapisi dengan isolator. Ini bertujuan untuk menghindari interaksi langsung antara material uji dengan rak pengujian. Proses pemaparan dan rak pengujian yang digunakan pada penyelidikan ini merujuk kepada ASTM G-50 (ASTM, 2003).

### 3.5.6 Proses Pengujian *Scanning Electron Microscope*

Proses pengujian *scanning electron microscope* dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sumatera Utara selama 6 bulan. Proses pengujian *scanning electron microscope* ini bertujuan untuk mengamati morfologi korosi yang terjadi pada permukaan material uji yang terkorosi. Pada pengujian *scanning electron microscope* di Universitas Sumatera Utara dapat dilakukan pembesaran hingga 5.000 kali pembesaran.

### 3.5.7 Analisis *Scanning Electron Microscope*

Hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* selanjutnya dianalisis berdasarkan bentuk yang umumnya terjadi pada material uji untuk mengetahui iron oxide dan chemical yang terjadi pada material uji pada proses *Scanning Electron Microscope*.

### 3.5.8 Hasil dan Pembahasan

Bagian akhir dari penelitian ini adalah hasil dan pembahasan. Hasil dan pembahasan diperoleh dari morfologi bentuk korosi yang umum terjadi pada material uji.

### 3.6. Variabel Penelitian

Adapun Variabel bebas pada Penelitian ini adalah waktu pemaparan yang dilaksanakan dan lingkungan atmosfer Kota Medan seperti kontaminan udara, curah hujan, kelembapan udara, dan temperatur udara terhadap morfologi. Untuk variabel kontrol pada penelitian ini adalah material uji yang digunakan berjenis baja karbon rendah dan variabel terikat pada penelitian ini adalah hasil morfologi korosi setelah dilakukan uji *scanning electron microscope* dan korosi yang terjadi pada permukaan material uji.

### 3.7. Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengujian *scanning electron microscope* akan dianalisis berdasarkan bentuk morfologi korosi yang terjadi. Fenomena morfologi korosi yang terjadi akan dianalisis berdasarkan bentuknya untuk mengetahui *chemical* dan *iron oxide*. Pengamatan ini mengacu pada penelitian sebelumnya tentang produk morfologi korosi.

### 3.8. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah analisis morfologi korosi yang terjadi pada permukaan material uji telah selesai dilakukan. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan morfologi bentuk korosi yang paling umum terjadi yang dipengaruhi oleh lingkungan atmosferik Kota Medan. Selanjutnya data tersebut di-*deploy* ke *web* sebagai data base morfologi korosi atmosferik Kota Medan.



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Proses Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi 4 tahapan mulai dari pemilihan dan persiapan material uji, pembersihan material, pemaparan material uji dan pengujian *scanning electron microscopes*.

##### 4.1.1 Pemilihan dan Persiapan Material Uji

Pemilihan material uji didasari persentase penggunaan material pada infrastruktur saat ini. Setelah material dipilih, selanjutnya material uji dibeli. Material uji yang telah dibeli selanjutnya dilakukan uji komposisi material untuk mengetahui komposisi material uji tersebut. Adapun hasil uji komposisi material terdapat di lampiran. Adapun pembelian material uji ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Pembelian material uji

##### 4.1.2 Pembersihan Material Uji

Material yang telah dipilih selanjutnya dibersihkan, proses pembersihan ini bertujuan untuk menghilangkan perlindungan korosi dan memastikan tidak ada material lain yang menempel pada material uji. Material yang digunakan merupakan baja karbon rendah penyusun konstruksi. Material uji tersebut berukuran 10 x 10 mm. Adapun proses pembersihan material uji ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.2 Pembersihan material uji

#### 4.1.3 Pemaparan Material Uji

Material uji yang telah dibersihkan selanjutnya dipapar sinar matahari langsung di area terbuka. Proses pemaparan dilakukan selama 6 bulan. Setiap 1 bulan material uji akan diambil untuk dilakukan uji *scanning electron microscopes*. Pemaparan dilakukan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun proses pemaparan material uji ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Pemaparan material uji



Gambar 4.4 Material uji pada proses pemaparan

#### 4.1.4 Pengujian Scanning Electron Microscope

Material uji yang telah dipapar selanjutnya dilakukan uji *scanning electron microscopes*. Proses uji *scanning electron microscope* bertujuan untuk melihat permukaan material uji yang telah terkorosi. Proses uji *scanning electron microscope* dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sumatera Utara dengan menggunakan SEM Hitachi TM3000. Proses uji *scanning electron microscope* ditunjukkan pada gambar berikut.

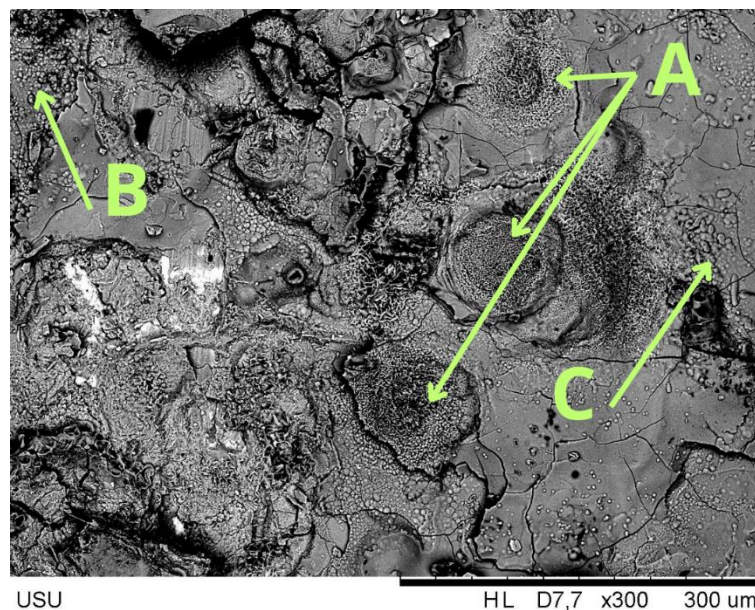


Gambar 4.5 Pengujian *scanning electron microscope*

## 4.2 Bentuk Korosi Pada Permukaan Baja Yang Terkorosi

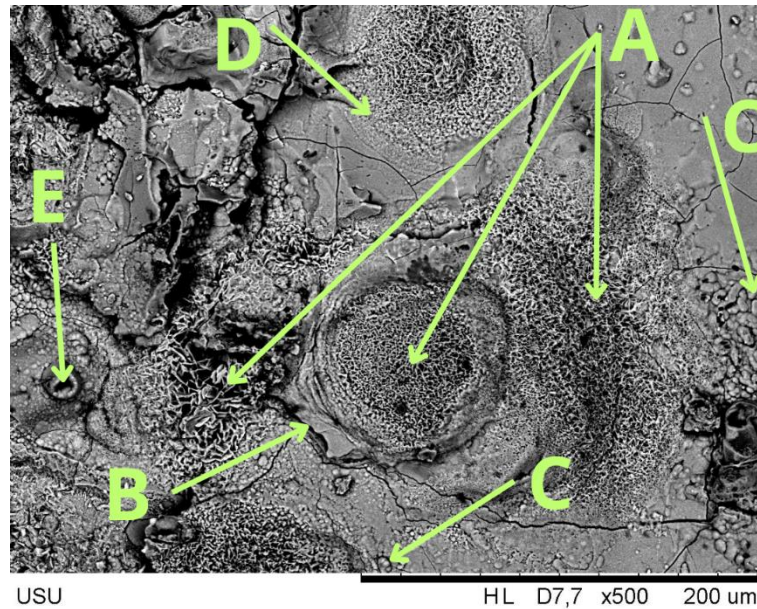
### 4.2.1 Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Januari 2024

Setelah dilakukan proses pemaparan selama 1 bulan. Dilakukan pengujian scanning electron microscopes di laboratorium terpadu USU. Pada proses pengujian *scanning electron microscopes*, pembesaran yang digunakan adalah 300, 500, dan 800. Morfologi produk korosi dianalisis berdasarkan bentuk yang ada berdasarkan Tabel 2.2 Produk morfologi korosi. Bentuk morfologi korosi yang diperoleh dari uji *scanning electron microscopes* sangat bervariasi. Berikut merupakan bentuk yang diperoleh dari hasil pengujian *scanning electron microscopes*:



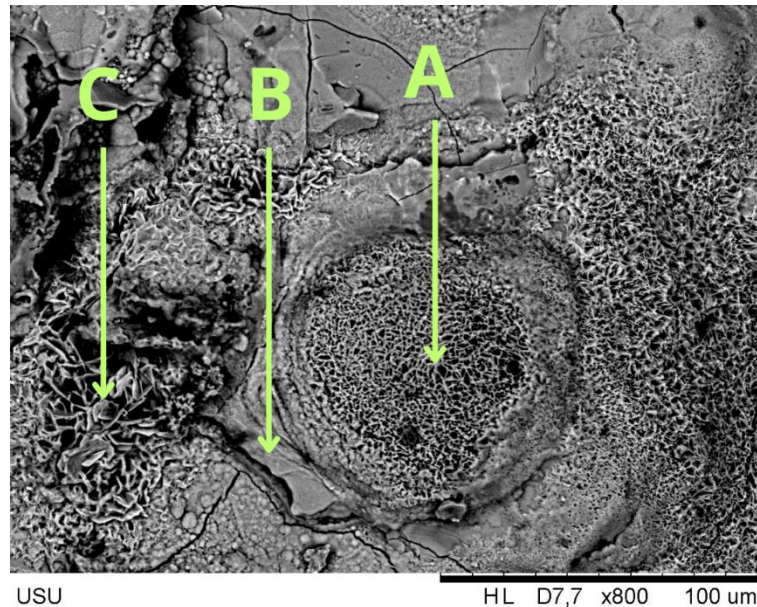
Gambar 4.6 morfologi bentuk korosi pada bulan Januari dengan pembesaran x300

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 300 dan skala 300 um, ada beberapa morfologi yang dapat dianalisis. Produk korosi yang terjadi umumnya *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) yang terjadi pada titik A dan titik C. Pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*bird's nest*) dengan ukuran yang berbeda pada beberapa titik. Pada titik C menunjukkan bentuk bulat (*globular*). Adapun bentuk lainnya adalah *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH) yang terjadi pada titik B. Pada titik B menunjukkan bentuk *cotton ball*.



Gambar 4.7 morfologi bentuk korosi pada bulan Januari dengan pembesaran x500

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 500 dan skala 200 um, ada 5 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) yang terjadi pada titik A, B, C, D dan E. Pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*bird's nest*), pada pembesaran 500 bentuk sarang burung terlihat lebih jelas pada 3 titik. Pada titik B menunjukkan bentuk *plate* yang terjadi pada sekeliling *bird's nest*. Pada titik C dapat dilihat bentuk *Globular* pada beberapa titik. Pada titik D menunjukkan bentuk berpasir (*sandy*) yang terjadi di dekat *bird's nest*. Pada titik E menunjukkan bentuk *flowery plate* yang berbentuk melingkar.

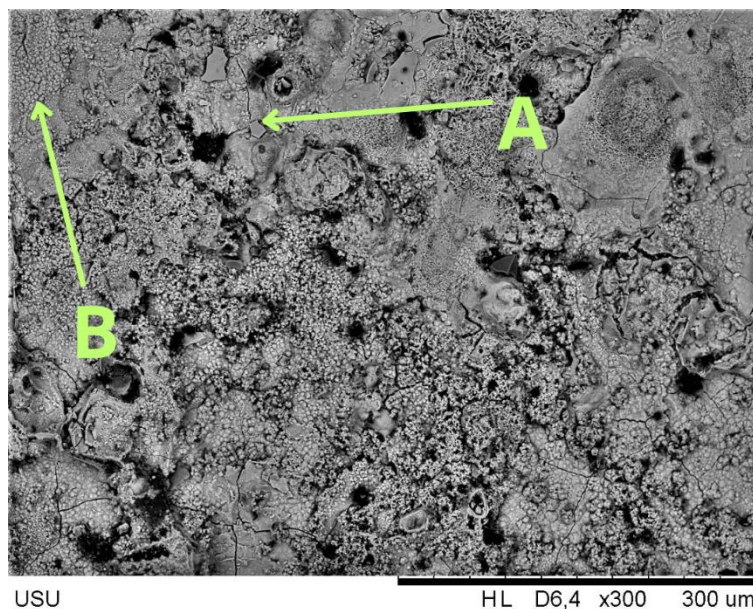


Gambar 4.8 morfologi bentuk korosi pada bulan Januari dengan pembesaran x800

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 800 dan skala 100 um, ada 3 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma\text{-FeOOH}$ ) yang terjadi pada titik A, B dan C. Pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*bird's nest*). Pada titik B menunjukkan bentuk *plate* yang terjadi pada sekeliling *bird's nest*. Pada titik C menunjukkan piringan sarang burung (*plate of bird's nest*). Pada pembesaran 800, bentuk sarang burung (*bird's nest*) dan piringan sarang burung (*plate of bird's nest*) dapat terlihat dengan jelas.

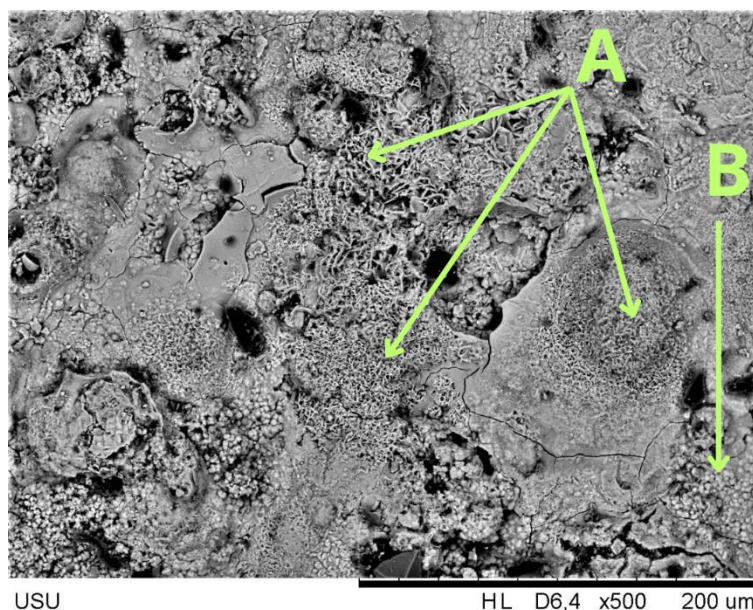
#### 4.2.2 Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Februari 2024

Setelah proses pemaparan selama 2 bulan, morfologi produk korosi dianalisis berdasarkan bentuk yang ada berdasarkan Tabel 2.2 Produk morfologi korosi. Pada pengujian *scanning electron*, dilakukan pembesaran 300, 500, dan 800. Ada beberapa bentuk yang diperoleh dari hasil pengujian *scanning electron microscope*. Adapun bentuk-bentuk morfologi korosi pada bulan Februari sebagai berikut :



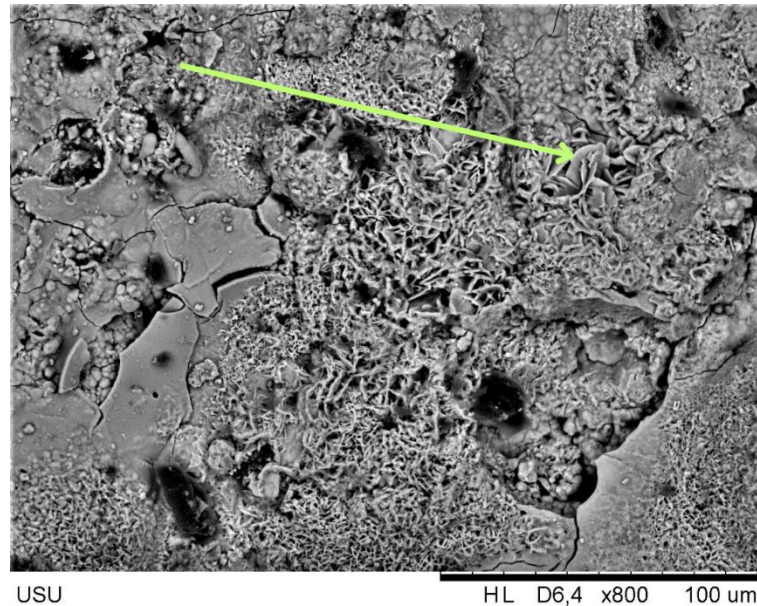
Gambar 4.9 morfologi bentuk korosi pada bulan Februari dengan pembesaran x300

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 300 dan skala 300 um pada bulan ke-2, ada 2 morfologi yang dapat diidentifikasi. Pada pembesaran 300 bentuk yang terjadi didominasi bentuk *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH). Ini dapat dilihat pada titik A menunjukkan bentuk hexagon dan pada titik B menunjukkan bentuk *cotton ball* yang dapat terlihat dengan jelas.



Gambar 4.10 morfologi bentuk korosi pada bulan Februari dengan pembesaran x500

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 500 dan skala 200 um pada bulan ke-2, ada 2 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH). Pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*bird's nest*) yang telah berkembang dan memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan *bird's nest* yang ada pada bulan Januari. Pada titik B menunjukkan bentuk *globular* yang memiliki variasi ukuran dan bertumpuk.



Gambar 4.11 morfologi bentuk korosi pada bulan Februari dengan pembesaran x800

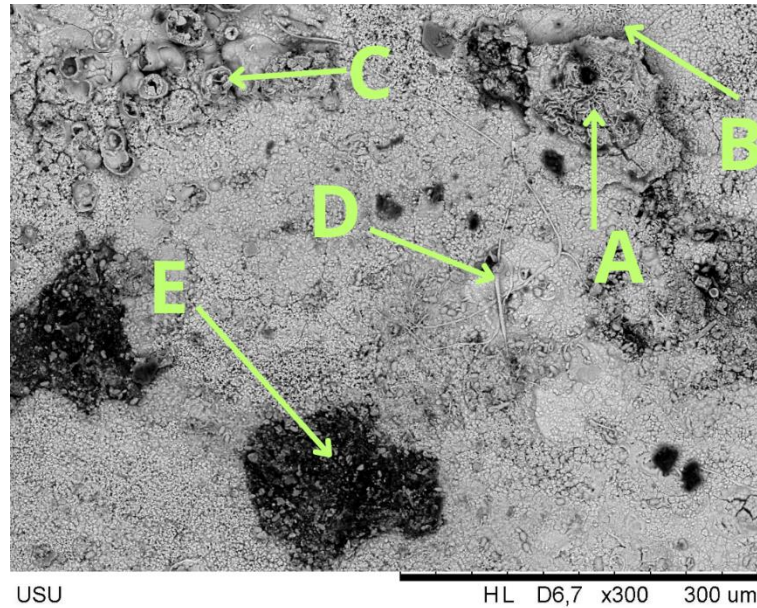
Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 800 dan skala 100 um pada bulan ke-2, ada 1 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH). Pada petunjuk panah merupakan piringan sarang burung (*plate of bird's nest*) yang tampak pada bulan ke-2 terlihat sangat jelas dan merupakan perkembangan dari bentuk *bird's nest* pada bulan Januari (ke-1).

#### 4.2.3 Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Maret 2024

Pengamatan produk korosi menggunakan *SEM* setelah 3 bulan pemaparan, dilakukan pembesaran 300, 500, dan 1000. Bentuk yang terjadi masih didominasi oleh *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH). Akan tetapi bentuk lain juga diperoleh seperti

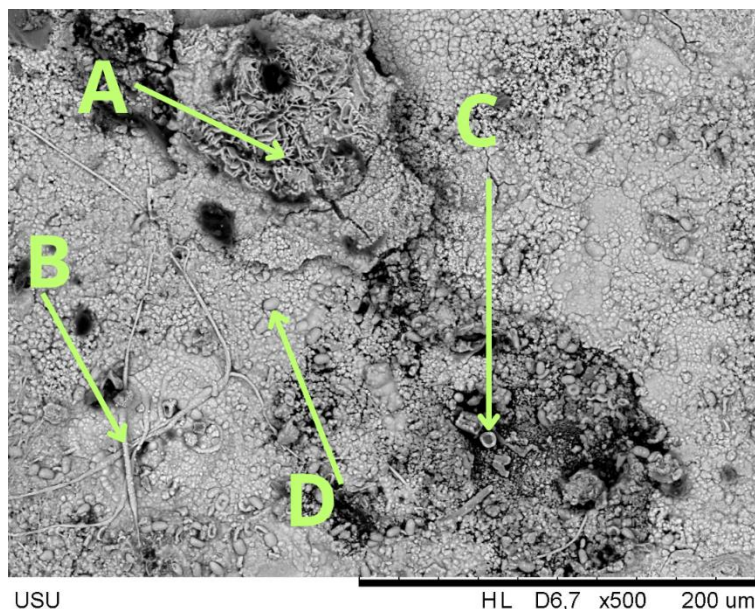


*Magnetite*(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) dan *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH). Bentuk-bentuk produk korosi pada bulan Maret ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



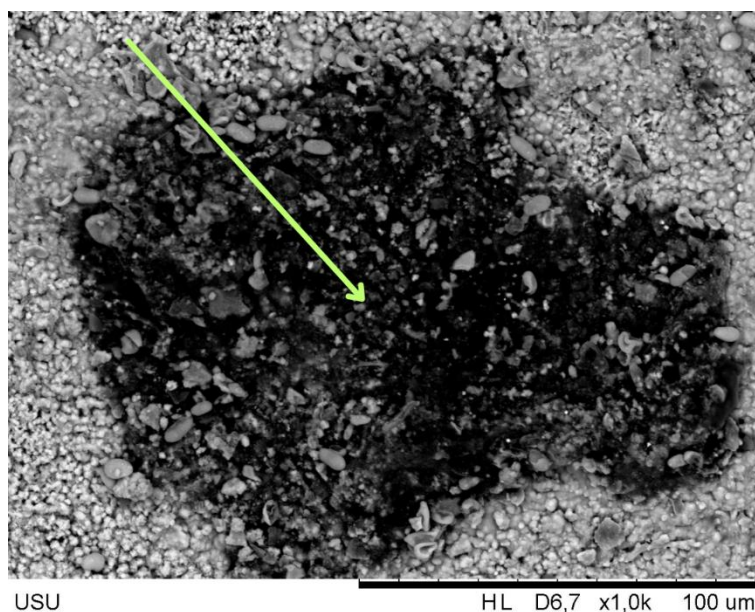
Gambar 4.12 morfologi bentuk korosi pada bulan Maret dengan pembesaran x300

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 300 dan skala 300 um pada bulan ke-3, ada 5 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi umumnya didominasi oleh *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) yang terjadi pada titik A, B, dan C. Pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*bird's nest*). Pada titik B menunjukkan bentuk sarang cacing (*worm nest*) yang ditemukan berdekatan dengan sarang burung (*bird's nest*). Pada titik C menunjukkan bentuk *flowery (plate)*. Bentuk lain juga ditemukan pada pembesaran ini yaitu *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH) pada titik D yang berbentuk *thin rod* dan *Magnetite* (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) pada titik E yang berbentuk *flat and dark layer*.



Gambar 4.13 morfologi bentuk korosi pada bulan Maret dengan pembesaran x800

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 500 dan skala 200 um pada bulan ke-3, ada 4 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi bervariasi mulai dari *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*Bird's nest*) dan pada titik D menunjukkan bentuk *globular*. Bentuk lain juga ditemukan seperti *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH) pada titik B yang berbentuk *thin rod* dan *Magnetite*(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) pada titik C yang berbentuk *donut*.

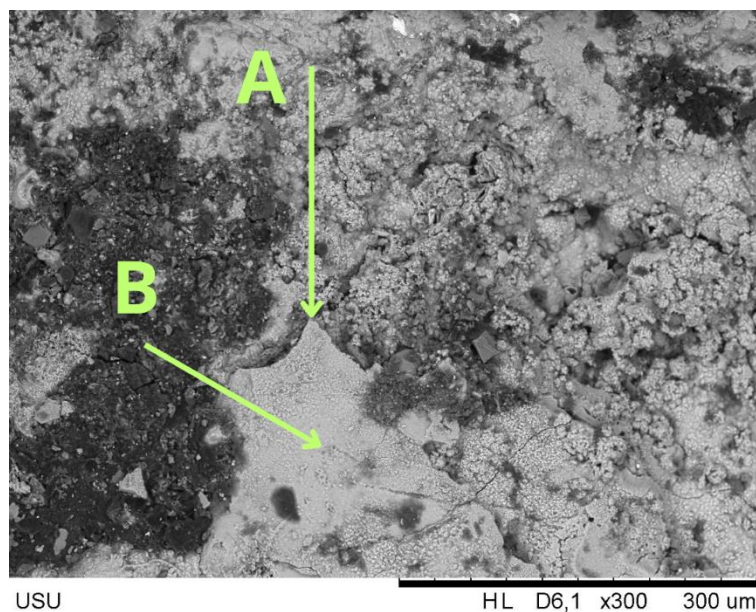


Gambar 4.14 morfologi bentuk korosi pada bulan Maret dengan pembesaran x1000

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 1000 dan skala 100 um pada bulan ke-3 terdapat 1 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Pada penunjuk panah merupakan *Magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang berbentuk lapisan datar dan gelap (*Flat and Dark Layer*)

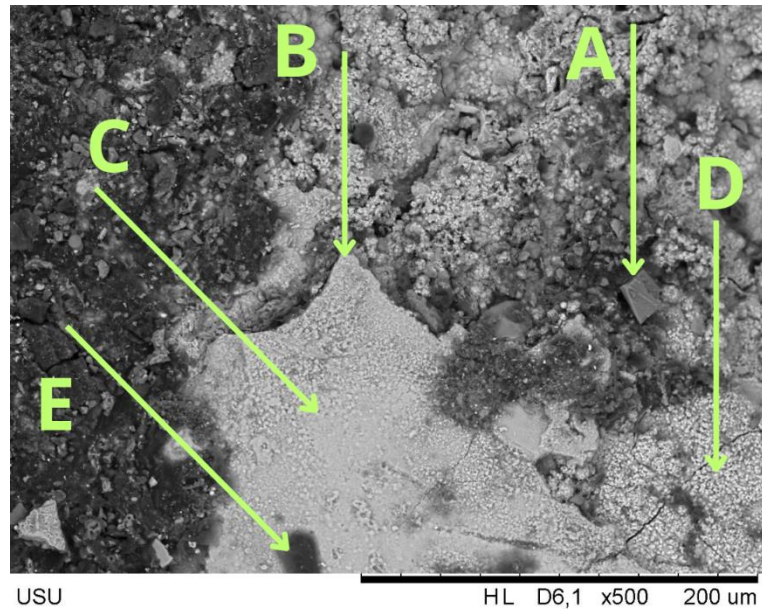
#### 4.2.4 Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan April 2024

Setelah proses pemaparan selama 4 bulan, morfologi produk korosi dianalisis berdasarkan bentuk yang ada berdasarkan Tabel 2.2 Produk morfologi korosi. Pada pengujian *scanning electron microscope* bulan April (ke-4), dilakukan pembesaran 300, 500, dan 1000. Ada beberapa bentuk yang diperoleh dari hasil pengujian *scanning electron microscope*. Adapun bentuk-bentuk morfologi korosi pada bulan April sebagai berikut :



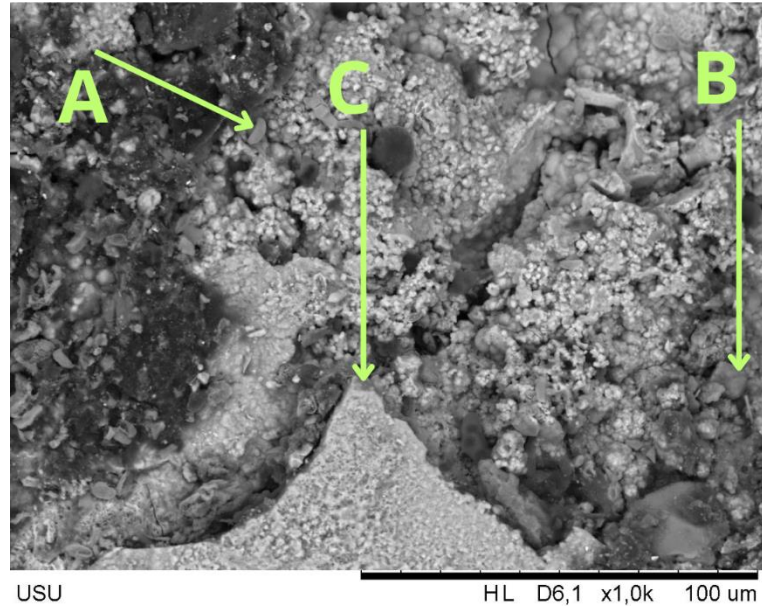
Gambar 4.15 morfologi bentuk korosi pada bulan April dengan pembesaran x300

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 300 dan skala 300 um pada bulan ke-4, ada 2 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) pada titik A menunjukkan bentuk *Bipyramid*. Bentuk *Lepidocrocite* ( $\gamma\text{-FeOOH}$ ) juga ditemukan pada titik B yang berbentuk *Sandy*.



Gambar 4.16 morfologi bentuk korosi pada bulan April dengan pembesaran x500

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 500 dan skala 200 um pada bulan ke-4, ada 5 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi bervariasi mulai dari *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) pada titik C menunjukkan bentuk berpasir (*Sandy*) dan pada titik D menunjukkan bentuk *globular*. Bentuk lain juga ditemukan seperti *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH) pada titik A yang berbentuk *Prismatic*, *Hematite* ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pada titik B yang menunjukkan bentuk *Bipyramid* dan *Magnetite* (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) pada titik E yang berbentuk *Flat and dark layer*.

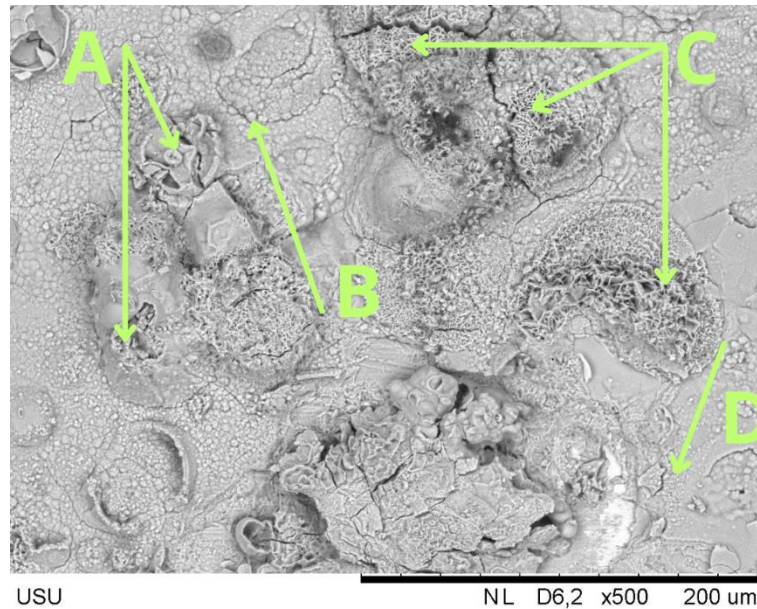


Gambar 4.17 morfologi bentuk korosi pada bulan April dengan pembesaran x1000

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 1000 dan skala 100 um pada bulan ke-4, ada 3 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Ada 2 bentuk *iron oxide* yang dapat dianalisis yaitu *Hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) pada titik A menunjukkan bentuk *Peanut* dan pada titik C menunjukkan bentuk *Bipyramid*. Adapun bentuk lain juga ditemukan yaitu *Magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) pada titik B yang berbentuk *Cube*.

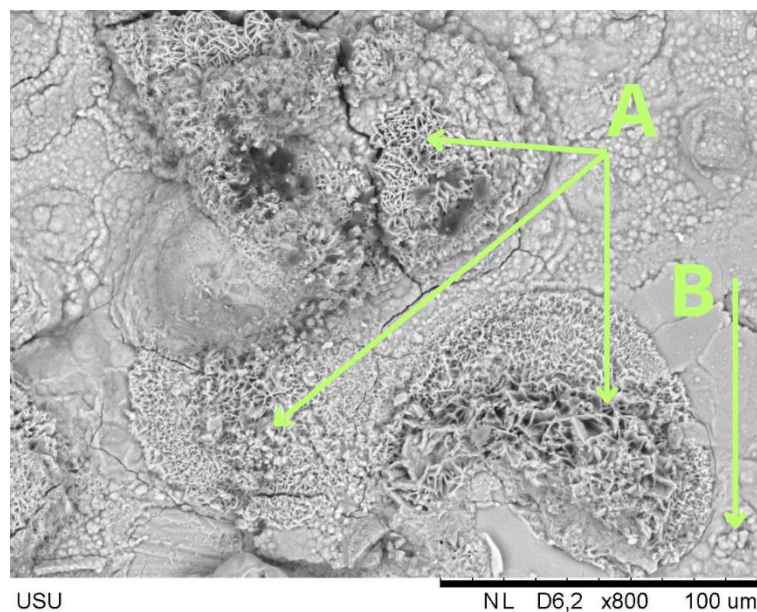
#### 4.2.5 Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Mei 2024

Setelah proses pemaparan selama 5 bulan, morfologi produk korosi dianalisis berdasarkan bentuk yang ada berdasarkan Tabel 2.2 Produk morfologi korosi. Pada pengujian *scanning electron microscope* bulan Mei, dilakukan pembesaran 500, 800, dan 1000. Ada beberapa bentuk yang diperoleh dari hasil pengujian *scanning electron microscope*. Adapun bentuk-bentuk morfologi korosi pada bulan Mei sebagai berikut:



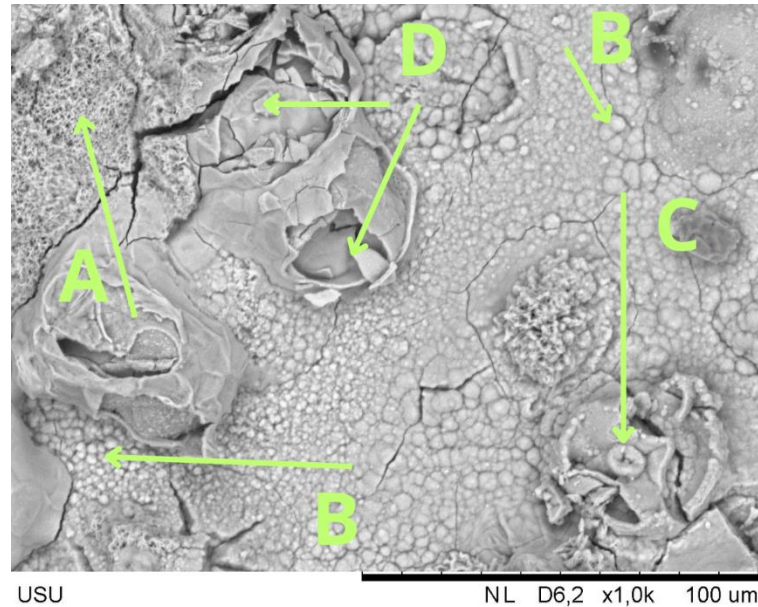
Gambar 4.18 morfologi bentuk korosi pada bulan Mei dengan pembesaran x500

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 500 dan skala 200 um pada bulan ke-5, ada 4 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Semua bentuk yang dapat dianalisis merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) pada titik A menunjukkan bentuk *Flowery plate*. Pada titik B menunjukkan bentuk *globular*. Pada titik C menunjukkan bentuk sarang burung (*Bird's nest*). Pada titik D menunjukkan bentuk *Sandy*.



Gambar 4.19 morfologi bentuk korosi pada bulan Mei dengan pembesaran x800

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 800 dan skala 100 um pada bulan ke-5, ada 2 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*Bird's nest*) dan pada titik B menunjukkan bentuk *globular*.



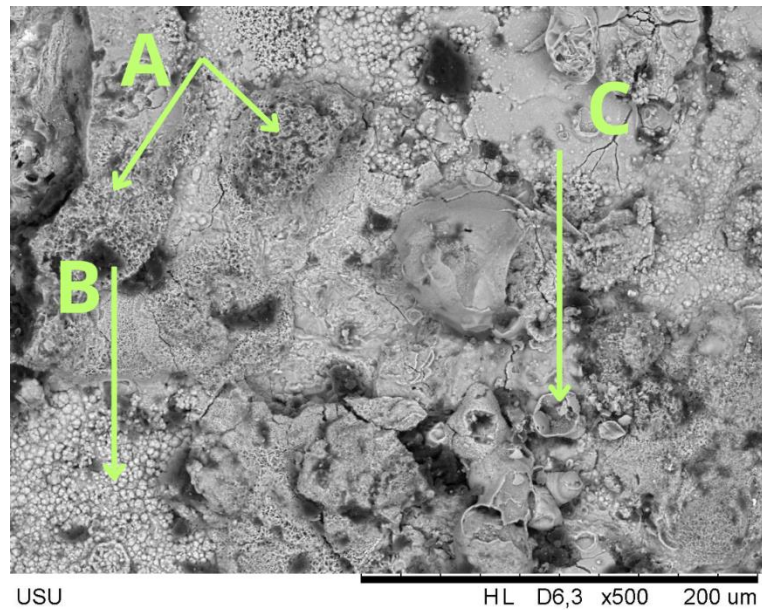
Gambar 4.120 morfologi bentuk korosi pada bulan Mei dengan pembesaran x1000

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 1000 dan skala 100 um pada bulan ke-5, ada 4 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH). Pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*Bird's nest*). Pada titik B menunjukkan bentuk *globular*. Pada titik C menunjukkan bentuk berbunga (*flowery*). Pada titik D menunjukkan bentuk *Broken Glass*.

#### 4.2.6 Morfologi Bentuk Korosi Pada Bulan Juni 2024

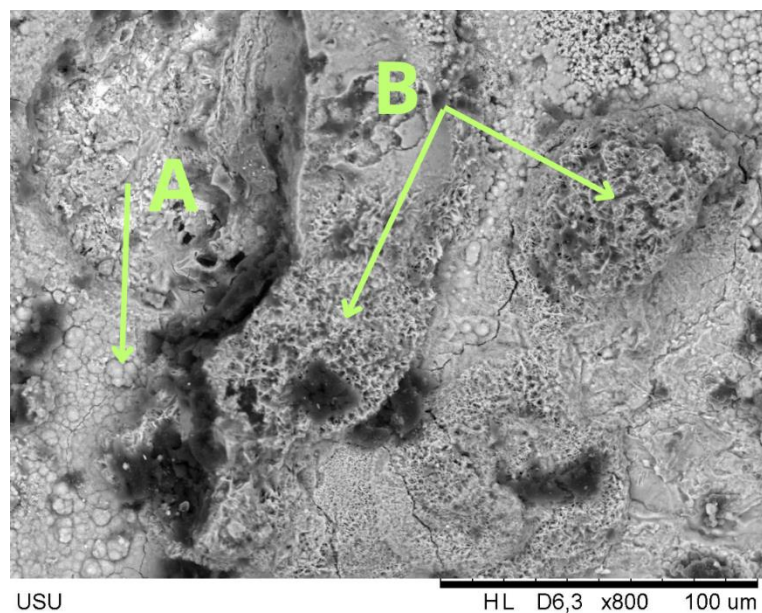
Setelah proses pemaparan selama 6 bulan, morfologi produk korosi dianalisis berdasarkan bentuk yang ada berdasarkan Tabel 2.2 Produk morfologi korosi. Pada pengujian *scanning electron microscope* bulan Juni, dilakukan pembesaran 500, 800, dan 1000. Ada beberapa bentuk yang diperoleh dari hasil pengujian *scanning*

*electron microscope*. Adapun bentuk-bentuk morfologi korosi pada bulan Juni sebagai berikut :



Gambar 4.21 morfologi bentuk korosi pada bulan Juni dengan pembesaran x500

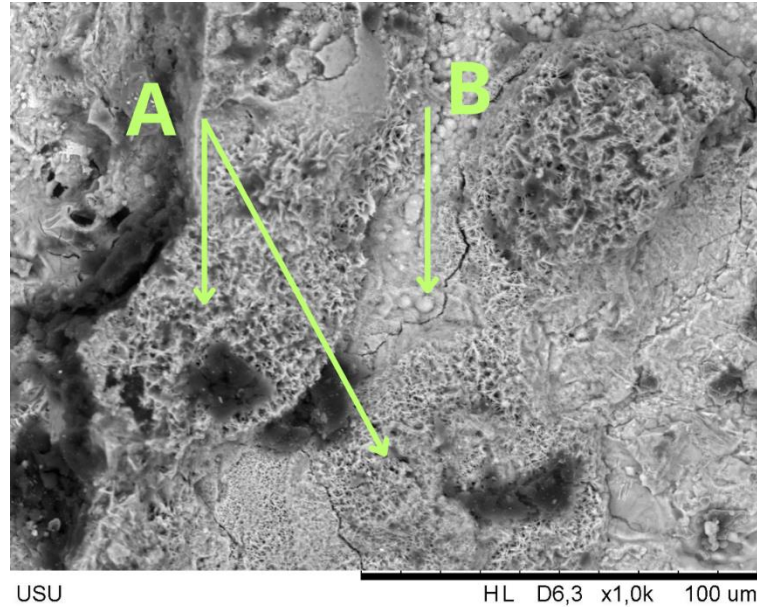
Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 500 dan skala 200 um pada bulan ke-6, ada 3 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*Bird's nest*). Pada titik B menunjukkan bentuk *globular*. Pada titik C menunjukkan bentuk berbunga (*Flowery*).



Gambar 4.22 morfologi bentuk korosi pada bulan Juni dengan pembesaran x800



Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 800 dan skala 100 um pada bulan ke-6, ada 2 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) pada titik A menunjukkan bentuk *globular* dan pada titik B menunjukkan bentuk sarang burung (*Bird's nest*).



Gambar 4.23 morfologi bentuk korosi pada bulan Juni dengan pembesaran x1000

Hasil pengujian *scanning electron microscope* dengan pembesaran 1000 dan skala 100 um pada bulan ke-6, ada 2 bentuk morfologi yang dapat diidentifikasi. Produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* ( $\gamma$ -FeOOH) pada titik A menunjukkan bentuk sarang burung (*Bird's nest*) dan pada titik B menunjukkan bentuk *globular*.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Penelitian mengenai morfologi bentuk korosi atmosferik pada baja struktural di lingkungan atmosferik Kota Medan telah berhasil dilaksanakan. Pada penelitian tersebut menunjukkan berbagai bentuk produk korosi yang terjadi. Pada dua bulan pertama, produk korosi yang terjadi didominasi oleh *lepidocrocite* dengan sedikit *goethite*. Morfologi yang terbentuk meliputi sarang cacing, sarang burung, dan bola kapas. Pada bulan ketiga, produk korosi masih didominasi oleh *lepidocrocite* berupa sarang burung dan sarang cacing. Sarang cacing ditemukan berdekatan dengan sarang burung. *Goethite* juga ditemukan pada bulan ketiga berbentuk *thin rod* dan *Magnetite* juga ditemukan dengan bentuk *donut* dan *flat and dark layer*. Berdasarkan laporan BMKG curah hujan tertinggi selama periode paparan terjadi pada bulan maret yang menyebabkan penurunan keberadaan morfologi seperti sarang cacing dan sarang burung disebabkan oleh pengaruh hujan lebat yang membersihkan permukaan material uji. Pada bulan keempat produk korosi yang terjadi beragam mulai dari *Hematite* yang berbentuk *Bipyramid* dan *Peanut*, *Lepidocrocite* yang berbentuk *Sandy* dan *globular*, *Goethite* yang berbentuk *Prismatic*, dan *Magnetite* yang berbentuk *Cube* dan *Flat and dark layer*. Pada bulan kelima produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* dengan berbagai macam bentuk mulai dari sarang burung, berpasir, *flowery*, *globular* dan *broken glass*. Pada bulan keenam (bulan terakhir paparan) produk korosi yang terjadi merupakan *Lepidocrocite* dengan bentuk sarang burung, *globular* dan *Flowery*.

#### 5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut mengenai morfologi bentuk korosi diperlukan sehingga dapat mempelajari bentuk fase selanjutnya sampai satu tahun dan struktur kristal sehingga produk korosi dapat diverifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

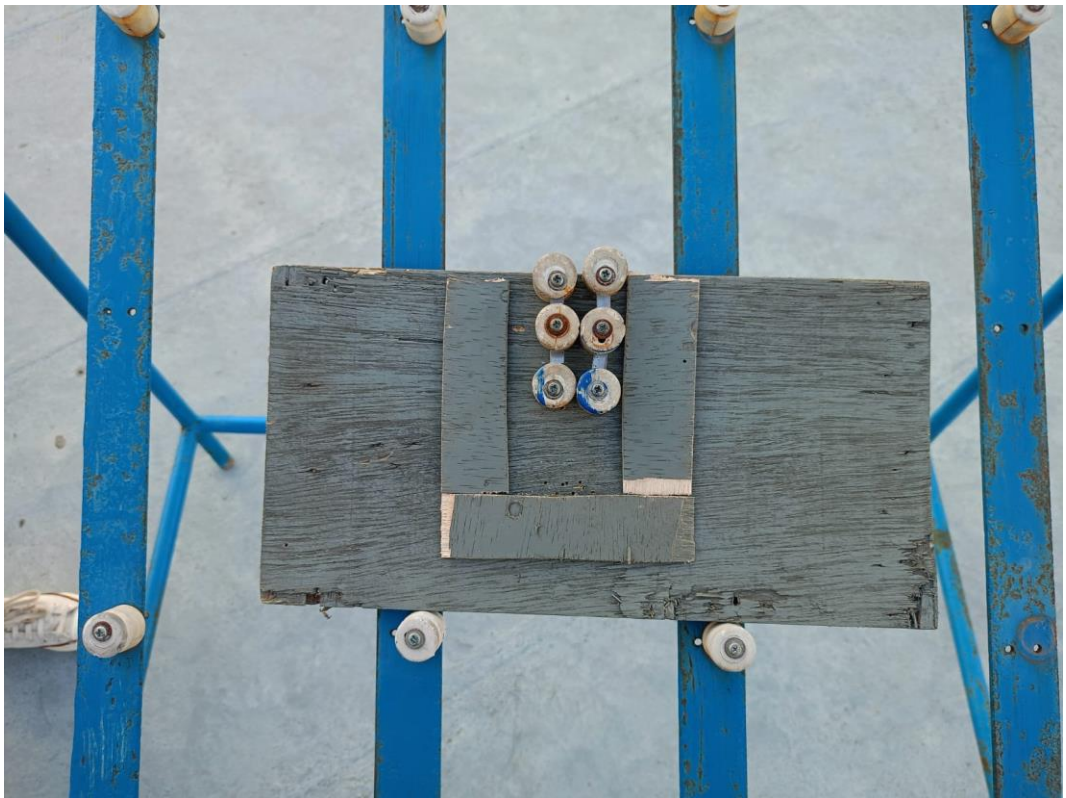
- Affandi, A. R., Fonna, S., & Huzni, S. (2019). Atmospheric Corrosion Analysis on Carbon Steel Low Profile Strip and Reinforcing steel in Industrial Area. *Prosiding SNTTM XVIII., RM17.*
- Arifin, Z. (2021). *ANALISI PENGARUH TEGANGAN TERHADAP KETEBALAN DAN LAJU KOROSI PELAPISAN TIMBAL PADA BAJA ASTM A36.* Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri Bojonegoro.
- ASTM, G. (2003). G 50-76. Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Test on Metals. *Annual Book of ASTM Standards. ASTM International: Pennsylvania.*
- Committee, A. S. M. I. H., Cramer, S. D., & Covino, B. S. (2003). *Fundamentals, Testing, and Protection.* ASM International.
- Fonna, S., Ibrahim, I. B. M., Huzni, S., Ikhsan, M., & Thalib, S. (2021). Investigation of corrosion products formed on the surface of carbon steel exposed in Banda Aceh's atmosphere. *Heliyon, 7(4).*
- Fontana, M. G. (1986). *Corrosion Engineering.*
- Haynes, G. S. (1985). *Laboratory corrosion tests and standards: a symposium by ASTM Committee G-1 on Corrosion of Metals, Bal Harbour, FL, 14-16 Nov. 1983 (Issue 866).* ASTM International.
- Huzni, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., Nasution, A. R., Tanjung, I., & Fonna, S. (2020). Analisa Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Di Kecamatan Medan Belawan. *Multitek Indonesia, 14(2), 80–88.*
- Huzni, S., Tanjung, I., & Fonna, S. (2019). Atmospheric corrosion map of structural steel in industrial area: a preliminary investigation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 602(1), 12075.*
- Jia, J., Liu, Z., Cheng, X., Du, C., & Li, X. (2021). Development and optimization of Ni-advanced weathering steel: A review. *Corrosion Communications, 2, 82–90.*
- Li, Y., Fang, Y., Seeley, N., Jungwirth, S., Jackson, E., & Shi, X. (2013). Corrosion by chloride deicers on highway maintenance equipment: Renewed perspective and laboratory investigation. *Transportation Research Record, 2361(1), 106–*

113.

- Martínez, C., Briones, F., Villarroel, M., & Vera, R. (2018). Effect of atmospheric corrosion on the mechanical properties of SAE 1020 structural steel. *Materials*, *11*(4), 591.
- Morcillo, M., Chico, B., Alcántara, J., Díaz, I., Simancas, J., & De la Fuente, D. (2015). Atmospheric corrosion of mild steel in chloride-rich environments. Questions to be answered. *Materials and Corrosion*, *66*(9), 882–892.
- Ridha, M., Fonna, S., Huzni, S., Israr, J. M., & Ariffin, A. K. (2011). Atmospheric Corrosion of Carbon Steel in Tsunami Affected Area of Banda Aceh and Aceh Besar District after Six Months Exposure. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin X (SNTTM X)*.
- Ridha, M., Fonna, S., Supardi, J., Suvera, R., & Huzni, S. (2013). Pengaruh Lokasi Eksposur dari Garis Pantai terhadap Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)*.
- Roberge, P. R. (2019). *Handbook of corrosion engineering*. McGraw-Hill Education.
- Royani, A., Hanafi, M., Julistiono, H., & Manaf, A. (2022). Biokorosi dan teknologi pencegahannya di industri minyak dan gas. *Metalurgi*, *36*(3), 135–150.
- Santa, A. C., Montoya, D. A., Tamayo, J. A., Gómez, M. A., Castaño, J. G., & Baena, L. M. (2024). Atmospheric corrosion of carbon steel: Results of one-year exposure in an andean tropical atmosphere in Colombia. *Heliyon*, *10*(8).
- Ummah, K., Muslim, A. A., & Sukmana, I. (2016). Atmospheric Corrosion of Galvanized Low-Carbon Steel at Rural, City, and Industrial area in Bandar Lampung. *Jurnal Energi Dan Manufaktur Vol*, *9*(1), 109–113.
- Vera, R., Valverde, B., Olave, E., Sánchez, R., Díaz-Gómez, A., Muñoz, L., & Rojas, P. (2023). Atmospheric corrosion and impact toughness of steels: Case study in steels with and without galvanizing, exposed for 3 years in Rapa Nui Island. *Heliyon*, *9*(7).
- Wang, Z., Moore, R. C., Felmy, A. R., Mason, M. J., & Kukkadapu, R. K. (2001). A study of the corrosion products of mild steel in high ionic strength brines. *Waste Management*, *21*(4), 335–341.

## LAMPIRAN







LABORATORIUM/WORKSHOP TEKNIK MESIN  
 UNIVERSITAS NEGERI MEDAN  
 Jl. Willem Iskandar Par. V Medan Estate 20221  
 Medan - Sumatera Utara  
 Telp. (061) 4625971/085206008181

WORDLWIDE ANALYTICAL SYSTEMS AG  
 WAS Sampel Testing of Different Qualities



Chemical Result

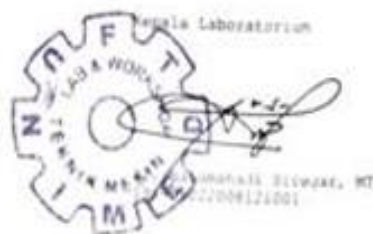
Sample ID	173	Material	Best. Plat ST37
Customer	Andri Irfandi	Dimension	62 mm x 254 mm x 4 mm
Institution	FT Mesin USMU	Filler Metal	-
Lab No	-	Heat Treatment	-
PTG No	0	Heat No	-

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	96.1	0.190	0.0452	1.24	0.0133	0.0120	0.0459	0.0474
2	96.2	0.199	0.0425	1.16	0.0140	0.0154	0.0461	0.0641
3	97.1	0.178	0.0506	1.14	0.0292	0.0125	0.0426	0.0428
<b>Ave</b>	<b>96.5</b>	<b>0.189</b>	<b>0.0461</b>	<b>1.18</b>	<b>0.0188</b>	<b>0.0133</b>	<b>0.0449</b>	<b>0.0514</b>

	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
1	1.98	0.0508	< 0.0010	0.0272	0.0447	0.0067	0.0158	0.0489
2	1.98	0.0462	< 0.0010	0.0276	0.0432	0.0060	0.0096	0.0455
3	1.15	0.0453	< 0.0010	0.0269	0.0429	0.0062	0.0117	0.0517
<b>Ave</b>	<b>1.70</b>	<b>0.0474</b>	<b>&lt; 0.0010</b>	<b>0.0272</b>	<b>0.0436</b>	<b>0.0063</b>	<b>0.0124</b>	<b>0.0487</b>

	Pb
1	0.0208
2	0.0200
3	0.0273
<b>Ave</b>	<b>0.0227</b>

Tester  
 Engineer Mhd. Agus Salim, S.T.  
 University State University of Medan  
 Foundry Master Grade 1,0421 0552,05







**LAPORAN HASIL UJI**  
Report of Analysis

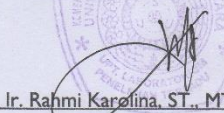
Halaman: 1 dari 2  
Page

<b>Tanggal Penerbitan: 26 Maret 2024</b> Date of time	<b>Nomor Laporan: 177 /UN5.4.6.K/KPM/2024</b> Report Number
<b>Kepada: Dwiki Chandra</b> To	<b>Nomor Order: KSB.SEM.24.03.25</b> Order Number

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa:  
The undersigned certifies that examination

<b>Nama Sampel:</b> Name of the Sample(s)  I. Low Carbon Steel	<b>Untuk Parameter Uji: UJI SEM</b> For Analysis
<b>Tanggal Analisis: 26 Maret 2024</b> Date of Analysis	<b>Tanggal Penerimaan: 25 Maret 2024</b> Received on
<b>Hasil: Terlampir</b> Results	

Kepala Laboratorium Terpadu  
Universitas Sumatera Utara

  
Dr. Ir. Rahmi Karolina, ST., MT., IPM., GP  
NIP. 198203182008122001



**LAPORAN HASIL UJI**  
*Report of Analysis*

Halaman: 1 dari 2  
Page

<b>Tanggal Penerbitan: 20 Mei 2024</b> <i>Date of time</i>	<b>Nomor Laporan: 2024UN5.4.6.K/KPM/2024</b> <i>Report Number</i>
<b>Kepada: Dwiki Chandra</b>	<b>Nomor Order: KSB.SEM.24.05.08</b> <i>Order Number</i>

**Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa:**  
*The undersigned certifies that examination*

<b>Nama Sampel:</b> <i>Name of the Sample(s)</i> - Low carbon steel	<b>Untuk Parameter Uji: UJI SEM</b> <i>For Analysis</i>
<b>Tanggal Analisis: 16 Mei 2024</b> <i>Date of Analysis</i>	<b>Tanggal Penerimaan: 14 Mei 2024</b> <i>Received on</i>
<b>Hasil: Terlampir</b> <i>Results</i>	

Kepala Laboratorium Terpadu  
Universitas Sumatera Utara

**Dr. Ir. Rahmi Karolina, ST., MT., IPM., GP**  
NRP. 198203182008122001

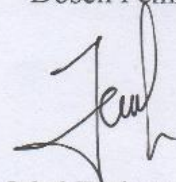
## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Morfologi Bentuk Korosi Atmosferik Baja Struktural  
di Kawasan Kota Medan  
Nama : Dwiki Chandra  
NPM : 2207230160P  
Dosen Pembimbing : Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	23/09/2024	Tambahkan Prosedur Penelitian	f
2.	25/09/2024	Perbaiki Diagram Alir	f
3.	27/09/2024	Perbaiki warna arah Gambar	f
4.	30/09/2024	Lengkapi lampiran	f
5.	3/10/2024	Tambahkan Proses Penelitian	f
6.	5/10/2024	Lihat Catatan Revisi	f
7.	7/10/2024	Lengkapi Gambar	f

Del SIMANG

Dosen Pembimbing



Iqbal Tanjung, S.T., M.T.



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya  
Bila merajut surat ini agar diakhiri  
sencor dan tergelitik

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KP/PT/UK/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](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor :1188/3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 22 November 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : DWIKI CHANDRA  
NPM : 2207230160 p  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : V111 (DELAPAN )  
Judul Tugas Akhir : MARFOLOGI BENTUK KORASI ATMOSFERIK BAJA .  
STRUKTURAL DI KAWASAN KOTA MEDAN .

Dosen Pembimbing : IQBAL TANJUNG ST.MT.

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 Elektro
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, 09 Jum Awal 1445 H  
23 November 2023 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202



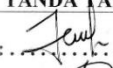

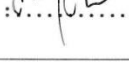

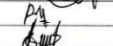


**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

Peserta seminar

Nama : Dwiki Chandra

NPM : 2207230160P

Judul Tugas Akhir : Morfologi Bentuk Korosi Atmosferik Baja Struktural Di Kawasan Kota Medan

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
<b>Pembimbing – I</b>	<b>: Iqbal Tanjung, ST, MT</b>		
<b>Pembanding – I</b>	<b>: Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT</b>		
<b>Pembanding – II</b>	<b>: M. Yani, ST, MT</b>		
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230090	M Rendy Ansyah	
2	2007230099	REESA INDRYAN	
3	2007230119	AFDAWI MUSA HASIBUAN	
4	2007230131	Mhd Karim AL Dimes	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 15 Rabi'ul Awal 1446 H  
19 September 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Dwiki Chandra  
NPM : 2207230160P  
Judul Tugas Akhir : Morfologi Bentuk Korosi Atmosferik Baja Struktural Di Kawasan Kota Medan

Dosen Pembanding – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - Lengkapi prosedur (Rincian dari Diagram Alir)
  - Lengkapi pengujian & hasil terlampir dokumentasi
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan, 15 Rabi'ul Awal 1446 H  
19 September 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi, T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Dwiki Chandra  
NPM : 2207230160P  
Judul Tugas Akhir : Morfologi Bentuk Korosi Atmosferik Baja Struktural Di Kawasan Kota Medan

Dosen Pembanding – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung, ST, MT

**KEPUTUSAN**

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

antara lain :  
*ada pd draft skripsi bagian yg harus direvisi*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

Medan 15 Rabi'ul Awal 1446 H  
19 September 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



M. Yani, ST, MT

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Dwiki Chandra  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 08 Desember 1999  
Alamat : Dusun II Jl.Karya II Gg.Swadya No.31  
Agama : Islam  
E-mail : [dwickichandra1999@gmail.com](mailto:dwickichandra1999@gmail.com)  
No. Handphone : 087766144872

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. SD Swasta PAB 13                        | Tahun 2005-2011 |
| 2. SMP Negeri 1 Labuhan Deli               | Tahun 2011-2014 |
| 3. SMK Raksana 1 Medan                     | Tahun 2014-2017 |
| 4. Politeknik Negeri Medan                 | Tahun 2017-2020 |
| 5. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | Tahun 2022-2024 |