

**TUGAS AKHIR**

**PERKEMBANGAN BENTUK KOROSI PADA  
BAJA KARBON TINGGI DI KECAMATAN MEDAN TIMUR**

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

**Disusun Oleh:**

**BIMA SURYA RAFINDRA**  
**1807230030**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bima Surya Rafindra  
NPM : 1807230030  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jdul Tugas Akhir : Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon  
Tinggi diKecamatan Medan Timur  
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 Februari 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T

Dosen Penguji II



Riadini Wanty Lubis S.T.,M.T

Dosen Penguji III



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bima Surya Rafindra  
Tempat /Tanggal Lahir : Tinjowan/ 03 Maret 2000  
NPM : 1807230030  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“ Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon Tinggi diKecamatan Medan Timur”,**

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 orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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

Medan, 7 Februari 2023

Saya yang menyatakan,



  
Bima Surya Rafindra

## ABSTRAK

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang berhubungan langsung dengan udara terbuka, Lingkungan yang korosif memberikan pengaruh besar pada sifat mekanik dari sebuah material, Dalam dunia industri barang hasil produksi dibuat dan dirancang supaya memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan, terutama produk yang berbahan logam. Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dengan tingkat curah hujan dan kelembapan yang tinggi serta intensitas sinar matahari yang tinggi. Sebagai kota yang berkembang, Kota Medan juga banyak bermunculan industri-industri yang memiliki pengaruh cukup besar terhadap tingkat pencemaran pada lingkungan disekitarnya. Berkaitan dengan hal tersebut tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati perkembangan dan menganalisis perubahan bentuk korosi pada baja karbon tinggi dengan pemaparan yang dilakukan diKecamatan Medan Timur, Spesimen Baja karbon tinggi dipaparkan selama 6 bulan dengan menggunakan Rak pengujian, Bentuk dan ukuran produk korosi diidentifikasi dengan Scanning Electron Microscope (Sem). Hasil identifikasi perkembangan produk korosi baja karbon tinggi diKecamatan Medan Timur adalah diDominasi Geothite yang terlihat jelas pada periode Oktober-November, Pada awal pemaparan pada periode Agustus-September kecendrungan menyerupai Gumpalan-gumpalan kecil dikarenakan masih terlihat sisa dari pengamplasan permukaan specimen, tetapi produk korosi sudah menyelimuti permukaan pada specimen. Kemudian pada periode Oktober-November terlihat jelas perubahan bentuk korosi yang berupa gumpalan/retakan yang disebut dengan Geothite, Pada pengamatan Desember-Januari perkembangan bentuk korosi yang menyerupai gumpalan Kristal. seiring berjalannya waktu produk korosi mengalami sedikit perbesaran ukuran yang berbentuk Semicristalline Goethite.

***Kata Kunci : Morfologi Korosi, Perubahan Bentuk Korosi, Baja Karbon Tinggi***

## ABSTRACT

*Corrosion is a decrease in the quality of metal due to electrochemical reactions with its environment which are in direct contact with open air. A corrosive environment has a major influence on the mechanical properties of a material. In the industrial world, manufactured goods are made and designed so that they have good resistance to the environment, especially products that made of metal. Indonesia is a country with a tropical climate with high levels of rainfall and humidity as well as high intensity of sunshine. As a developing city, Medan City also has many industries that have a significant influence on the level of pollution in the surrounding environment. In this regard, the purpose of this study was to observe the development and analyze changes in the form of corrosion on high carbon steel by exposure in the city of Medan, High carbon steel specimens were exposed for 6 months using a test rack. The shape and size of the corrosion product was identified by Scanning Electron Microscope (Sem). The results of the identification of the development of high carbon steel corrosion products in Medan City were dominated by Geothite which was clearly visible in the October-November period. At the beginning of exposure in the August-September period, the tendency was to resemble small lumps because there was still visible residue from sanding the surface of the specimen, but the corrosion products had already covered surface on the specimen. Then in the October-November period, changes in the form of corrosion in the form of clumps/cracks which are called Geothite are clearly visible. In December-January observations, the development of corrosion forms resembles crystal clumps. As time goes by, the corrosion products experience a slight increase in size in the form of Semicrystalline Goethite.*

***Keywords: Morphology of Corrosion, Development of Corrosion Forms, High Carbon Steel***

## **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 Tugas Akhir ini yang berjudul “Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon Tinggi Di Kecamatan Medan Timur“ 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 Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Affandi S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T selaku dosen penguji I dan ibu Riadini Wanty Lubis S.T.,M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra Amirsyah Putra Siregar S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi S.T.,M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara..
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik-mesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis : Surianto dan Habibi, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi diBiro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat Penulis : Muhammad Kevin Febrian, Bayu Dharmawansyah, Muhammad Refan, Youlanda Lestari, Nidia Dwi Utami, Agiet Mutiara

Rengganis, Panji Purnama, Aulia Ferdianda. dan teman teman dari Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas Akhir 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 Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 7 Februari 2023

Bima Surya Rafindra

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</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>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Baja	4
2.1.1 Baja Karbon Tinggi	4
2.1.2 Sifat Mekanik Baja	4
2.1.3 Struktur Mikro Baja	6
2.1.4 Diagram Fasa Fe-C	6
2.2 Korosi	7
2.3 Korosi Pada Baja	8
2.4 Konsep Dasar Korosi	10
2.5 Laju Korosi	11
2.6 Jenis-Jenis Korosi	12
2.7 Perkembangan Produk Korosi	17
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1 Tempat Penelitian	21
3.1.2 Waktu Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	27
3.3 Bagan Alir Penelitian	28
3.4 Rak penelitian	29
3.5 Prosedur Penelitian	29
<b>BAB 4 HASIL DAN KESIMPULAN</b>	
4.1 Hasil	31
4.1.1 Data Pengujian Spesimen	31
4.1.2 Data Hasil Laju Korosi Baja Karbon Tinggi	32



4.2	Pembahasan	33
4.2.1	Hasil Pengujian SEM Periode Agustus-September	33
4.2.2	Hasil Pengujian SEM Periode Oktober-November	34
4.2.3	Hasil Pengujian SEM Periode Agustus-September	35
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>37</b>
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>38</b>
<b>LAMPIRAN 1</b>		<b>40</b>
<b>LAMPIRAN 2</b>		<b>42</b>
<b>LAMPIRAN 3</b>		<b>44</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>		<b>50</b>
<b>SK PEMBIMBINGAN</b>		<b>52</b>
<b>BERITA ACARA SEMINAR</b>		<b>53</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai ketetapan laju korosi (K) tiap laju korosi yang diinginkan	12
Tabel 3.1. Jadwal Waktu Pelaksanaan Penelitian	22
Tabel 3.2. Rencana specimen uji perkembangan bentuk korosi	27
Tabel. 4.1 Unsur specimen pengujian	31
Tabel 4.2 Data hasil laju korosi baja karbon tinggi	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram keseimbangan besi karbon	7
Gambar 2.2 Skematik korosi permukaan besi	9
Gambar 2.3 Komponen utama terjadinya korosi	10
Gambar 2.4 Proses terjadinya korosi	11
Gambar 2.5 Korosi Seragam Pada Pipa Ballast	13
Gambar 2.6 korosi sumur	13
Gambar 2.7 korosi erosi	14
Gambar 2.8 korosi galvanis	15
Gambar 2.9 korosi celah	15
Gambar 2.10 Korosi Mikrobiologi	16
Gambar 2.11 korosi lelah	16
Gambar 2.12 Karakteristik produk korosi yang terbentuk setelah dilakukan pemaparan, (a) lepidocrocite, (b) goethite, (c) globular, (d) semicrystalline goethite	17
Gambar 2.13 Morfologi produk korosi dalam masa pemaparan: (a) Agustus 2018 (b) Agustus 2016	18
Gambar 2.14. Morfologi produk korosi dalam masa pemaparan: (a) Agustus-September 2018 (b) Agustus-September 2016	19
Gambar 2.15 Morfologi produk korosi dalam masa pemaparan: (a) Agustus-Oktober 2018 (b) Agustus-Oktober 2016	29
Gambar 2.16 Morfologi produk korosi masa pemaparan: (a) Agustus-November 2018 (b) Agustus-November 2016	20
Gambar 2.17 Perbandingan laju korosi antara tahun 2018 dengan tahun 2016 dalam priode yang sama	21
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	22
Gambar 3.2 Timbangan Digital	23
Gambar 3.3 Sikat Baja	24
Gambar 3.4 Mesin Las Listrik	24
Gambar 3.5 Elektroda (kawat las)	25
Gambar 3.6 Mesin Bor	25
Gambar 3.7 Mesin Grinda Tangan	26
Gambar 3.8 Jangka Sorong	26
Gambar 3.9 Rolen Listrik	26
Gambar 3.10 SEM (Scanning Electron Microscope)	27
Gambar 3.11 Spesimen Uji	27
Gambar 3.12. Bagan alir penelitian	28
Gambar 3.13 Rak Specimen Uji	29
Gambar 4.1 Grafik laju korosi baja karbon tinggi	33
Gambar 4.2 Hasil Pengujian SEM Periode Agustus-September	34
Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM Periode Oktober – November	35
Gambar 4.4 Hasil Pengujian SEM Periode Desember-Januari	36

## DAFTAR NOTASI

K = konstanta  $3,45 \times 10^6$

W = kehilangan massa (gram)

A = luas specimen terkorosi ( $\text{cm}^2$ )

T = waktu expos (jam)

D = massa jenis ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang berhubungan langsung dengan udara terbuka, Lingkungan yang korosif memberikan pengaruh besar pada sifat mekanik dari sebuah material, Lingkungan yang dimaksud dapat berupa lingkungan asam, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai dan air tanah (Tanjung et al., 2020). Korosi juga merupakan masalah yang sangat serius dalam dunia material dan sangat merugikan karena dapat mengurangi kemampuan suatu konstruksi dalam hal menopang beban. Material yang terkorosi juga akan menjadi rapuh akibat proses perkaratan. Dalam dunia industri, barang hasil produksi dibuat dan dirancang supaya memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan, terutama produk yang berbahan logam. Logam merupakan salah satu jenis bahan yang banyak dimanfaatkan dalam peralatan penunjang bagi kehidupan manusia.

Dalam era globalisasi ini semua ilmu pengetahuan dan teknologi telah berkembang sangat pesat dan telah menuntut penggunaan suatu material dengan tepat, maka harus dikenali dengan baik sifat-sifat material yang mungkin akan dipilih untuk dipergunakan. Sifat-sifat material ini tentunya sangat banyak macamnya, karena sifat ini dapat ditinjau dari berbagai segi/bidang keilmuan. Salah satu sifat penting yang perlu dipertimbangkan dalam proses pemilihan material adalah sifat tahan korosi. Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C). dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1 % hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang tertinggal didalam baja seperti : mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya (Erlandhi & Ismail, 1945). Kemudian Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,60 - 1,00% dan kandungan mangan 0,30-0,90%. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong.

Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya.

Kondisi alam Indonesia yang beriklim tropis, dengan tingkat humiditasi dan dekat dengan laut adalah faktor yang dapat mempercepat proses korosi. Kota Medan mempunyai iklim tropis dengan suhu minimum berkisar antara  $23,0^{\circ}\text{C}$  -  $24,1^{\circ}\text{C}$  dan suhu maksimum berkisar antara  $30,6^{\circ}\text{C}$  -  $33,1^{\circ}\text{C}$  serta pada malam hari berkisar  $26^{\circ}\text{C}$  -  $30,8^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya mengenai kelembaban udara di wilayah Kota Medan rata-rata 78% - 82% (Affandi, et al 2020).

Kota Medan dalam beberapa tahun terakhir telah berubah menjadi daerah yang sangat berpotensi untuk mengembangkan kegiatan industri dan pusat Pasar Tradisional. Tingkat mobilitas kehidupan masyarakat di kota Medan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan masyarakat yang hidup di pedesaan ataupun pinggiran kota. Oleh karena itu kebutuhan yang semakin mendorong untuk selalu melakukan pembangunan infrastruktur seperti Tol Sumatera, Menara BRI dan sejumlah lokasi pasar tradisional seperti Mall Podomoro dan plaza untuk menarik masyarakat khususnya Kota Medan dan luar Kota Medan.

Kemudian, Kota Medan memiliki penggunaan transportasi yang cukup tinggi, seperti penggunaan sepeda motor, mobil, dan angkutan umum yang setiap tahunnya selalu meningkat secara signifikan. Banyaknya polutan yang terkandung di udara juga merupakan salah satu penyebab terjadinya korosi, Kota Medan juga dekat dengan laut yang memiliki hutan hujan tropis dengan musim kemarau yang tidak jelas. Namun dengan semakin meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor serta pembangunan di Kota Medan, maka semakin perlunya dilakukan penelitian perkembangan bentuk korosi,

Penelitian perkembangan bentuk korosi di Indonesia sebelumnya telah dilakukan pada studi karakteristik produk korosi baja karbon medium akibat pemaparan yang dilakukan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Aceh. Namun, penelitian tersebut belum berhasil menunjukkan perkembangan dan perubahan bentuk morfologi produk korosi yang terjadi pada baja karbon medium.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis perkembangan bentuk korosi yang terjadi di Kota Medan, Analisis ini difokuskan untuk mengamati

perubahan bentuk morfologi korosi menggunakan baja karbon tinggi, suatu cara bagaimana menentukan perubahan bentuk korosi dari suatu material, sehingga penulis dapat menentukan perkembangan bentuk korosi yang diperoleh dan dapat mengetahui apakah material tersebut mempunyai daya tahan yang unggul terhadap korosi dilingkungan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai Penelitian.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mengamati perkembangan bentuk permukaan korosi pada baja karbon tinggi ?
2. Bagaimana menganalisis perubahan bentuk korosi pada permukaan spesimen pada baja karbon tinggi di Kecamatan Medan Timur ?

## 1.3 Ruang Lingkup

Untuk menghasilkan kapasitas penelitian yang baik, maka lingkup pembahasan yang akan diteliti adalah :

1. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon tinggi yang berbentuk Baja Plat.
2. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Medan Timur tepatnya di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji perkembangan bentuk morfologi korosi, dan menganalisis perubahan bentuk korosi pada permukaan specimen baja karbon tinggi di Kecamatan Medan Timur.

## 1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian korosi pada baja karbon tinggi di Kecamatan Medan Timur ini adalah Menambah wawasan tentang perkembangan morfologi bentuk korosi kota medan dan dapat menjadi referensi pada penelitian berikutnya tentang perkembangan bentuk korosi di Kecamatan Medan Timur.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C). dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1 % hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang tertinggal didalam baja seperti : mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya. Berdasarkan komposisi dalam prakteknya baja terdiri dari beberapa macam yaitu : Baja karbon (Carbon Steel), dan Baja paduan (Alloy Steel). Baja karbon sendiri dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu, Baja karbon rendah ( $C < 0,3\%$ ), Baja karbon sedang ( $0,3\% < C < 0,7\%$ ), Baja karbon tinggi ( $0,7\% < C < 1,7\%$ ) (Erlandhi & Ismail, 1945).

#### 2.1.1 Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara  $0,7\% < C < 1,7\%$  dan kandungan mangan 0,30-0,90%. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan lain sebagainya (Erlandhi & Ismail, 1945).

#### 2.1.2 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi. Sifat-sifat mekanik yang terpenting antara lain :

##### 1. Kekuatan (*strength*)

Kekuatan menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah.

Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.

2. Kekerasan (*hardness*)

Kekerasan dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wearresistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.

3. Keuletan (*elasticity*)

menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.

4. Kekakuan (*stiffness*)

Kekakuan menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau eflaksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting daripada kekuatan.

5. Plastisitas (*plasticity*)

Plastisitas menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti, *forging*, *rolling*, *extruding* dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan (*ductility*).

6. Ketangguhan (*toughness*)

Ketangguhan menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan

untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.

#### 7. Kelelahan (*fatigue*)

Kelelahan merupakan kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.

#### 8. Keretakan (*creep*)

Keretakan merupakan kecenderungan suatu logam mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.

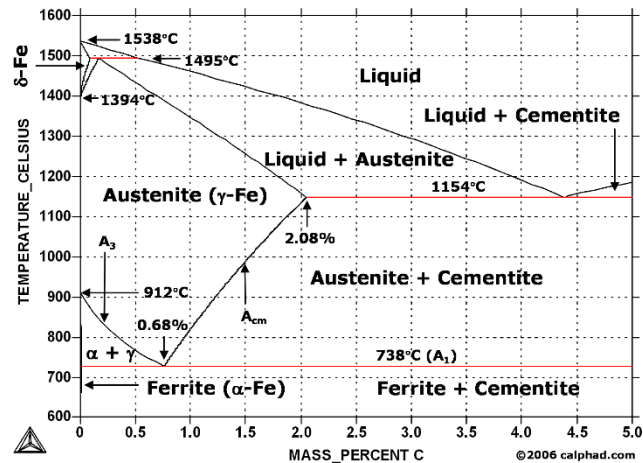
### 2.1.3 Struktur Mikro Baja

Jika baja karbon dilihat dibawah mikroskop metallurgy, maka struktur mikro dapat dikenali sebagai perlit, ferrit, sementit (karbida besi), austenit atau bainit dengan beberapa variasi tergantung dari perlakuannya. Sementit atau karbida besi merupakan struktur terkeras pada diagram karbon dengan kandungan karbon 6,67% C diagram karbon terlihat bahwa karbida besi ( $Fe_3C$ ) berada pada bagian sebelah kanan diagram. Baja yang mengalami perlakuan panas akan mengalami perubahan karakter yang berbeda-beda sesuai dengan perlakuan panasnya.

### 2.1.4 Diagram Fasa Fe-C

Diagram kesetimbangan besi karbon adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas. Dimana fungsi diagram fasa adalah

memudahkan memilih temperatur pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses anil, *normalizing* maupun proses pengerasan.



Gambar 2.1 Diagram keseimbangan besi karbon (Cahyadi, 2017).

## 2.2 Korosi

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya yang berhubungan langsung dengan udara terbuka, sering disebut juga dengan korosi atmosfer. Hampir seluruh produk korosi disebabkan oleh lingkungan atmosfer. Hal ini dikarenakan pada umumnya logam selalu berhubungan dengan udara terbuka yang kelembaban dan kandungan polutannya dapat mempengaruhi korosifitas logam. Korosi atmosferik sangat dipengaruhi oleh kondisi topografi dan iklim atau lingkungan. Faktor-faktor seperti temperatur, kelembaban dan kandungan bahan kimia dalam udara sangat menentukan laju korosi. Sementara itu, komposisi logam, struktur metalurgi, dan proses pembuatan logam juga mempercepat timbulnya korosi

Korosi merupakan 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.

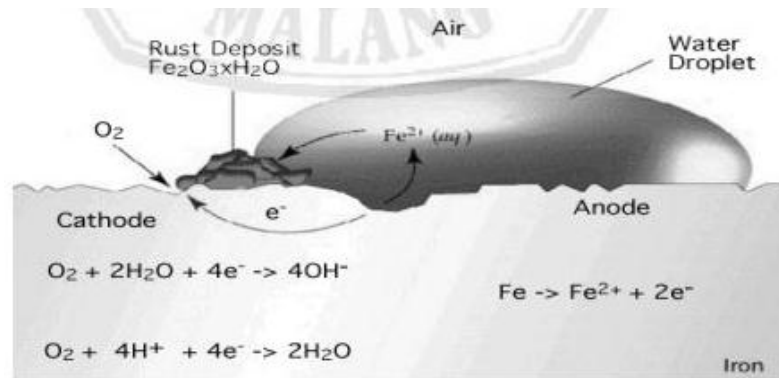
Material yang umumnya terbuat dari logam sehingga menimbulkan kerugian yang cukup besar dari segi biaya. Hal ini membuat para ahli menganggap kerusakan akibat karat sebanding dengan keuntungan yang diperoleh manusia dengan ditemukannya logam besi. Padahal sesungguhnya karat hanyalah sebagian dari produk akibat proses korosi (Cahyadi, 2017).

### 2.3 Korosi Pada Baja

Baja merupakan material yang terbentuk dari paduan dua unsur atau lebih dimana unsur besi merupakan unsur penyusun utama terbesar. Secara umum, komposisi unsur dalam baja akan menentukan sifat baja. Perbedaan ini kemudian dinotifikasi dalam bentuk penamaan tipe baja yang mengacu pada suatu lembaga standarisasi internasional. Adapun kandungan karbon di dalam baja karbon dapat berkisar dari 0.2% hingga sekitar 2.1% berat. Selain unsur karbon, terdapat unsur lainnya yang bisa ditambahkan seperti mangan, krom, vanadium, dan tungsten. Dalam paduan baja unsur-unsur ini dapat memberikan perubahan sifat dan kualitas baja. Pengaturan kandungan karbon dan unsur tambahan lainnya dapat menghasilkan baja dengan sifat dan kualitas tertentu. Baja karbon rendah dapat memiliki kandungan karbon sebesar 0,05% berat – 0,30% berat. Baja karbon sedang (medium carbon steel) mengandung unsur karbon kira-kira 0,2% berat – 0,6% berat. Baja karbon tinggi (high carbon steel) mengandung unsur karbon sekitar 0,60% berat sampai dengan 1,4% berat dan memiliki karakter keras dan kuat dengan keuletan rendah.

Penambahan unsur paduan baja dapat memperbaiki sifat kekerasan, kekuatan, ketangguhan, daya tahan terhadap gesekan, sifat magnet dan ketahanan terhadap korosi, unsur paduan yang meningkatkan kekuatan sambungan las adalah

vanadium, sirkonium, sesium, kobal, molibden, alminium, nikel, mangan, dan tungsten. Unsur mangan dapat meningkatkan ketahanan korosi, ketahanan abrasi dan kekuatan. Silicon dapat menaikkan kekerasan dan elastisitas tetapi menurunkan kekuatan Tarik dan keuletannya. Krom dapat meningkatkan ketahanan korosi dengan membentuk lapisan pasivasi berupa oksida yang bersifat protektif pada permukaan baja. Kekuatan Tarik dan batas mulur dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur vanadium. Karbida yang terbentuk dengan penambahan unsur vanadium 0,04-0,05% relative kuat dan stabil. Penambahan yang berlebihan dapat membentuk karbida yang tidak larut sehingga dapat menurunkan kekerasan baja.

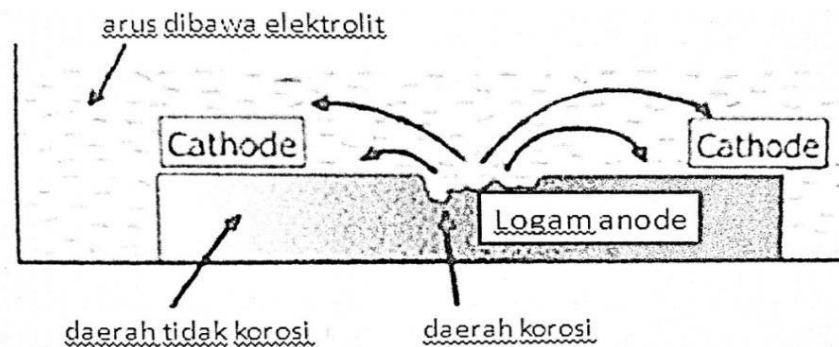


Gambar 2.2 Skematik korosi permukaan besi (Pakpahan, 2015).

Korosi logam dalam lingkungan ber'air hampir selalu merupakan proses elektrokimia. Hal ini terjadi ketika dua atau lebih reaksi elektrokimia berlangsung pada permukaan logam. akibatnya, beberapa elemen logam atau paduan logam berubah dari logam menjadi non-logam. Hasil korosi dapat berupa larutan atau padatan.

Karena sifat baja sangat tergantung pada unsur-unsur yang terkandung dalam baja, baja karbon biasanya mempunyai beberapa kekurangan. Telah diketahui bahwa, baja dapat mengalami korosi dan lingkungan sekitar yang dapat menyebabkan korosi terdiri atas asam dan garam, seperti larutan asam klorida (HCl). Korosi dijelaskan sebagai berkurangnya kualitas suatu material sebagai akibat adanya interaksi dengan lingkungan korosif yang berlangsung dalam waktu tertentu.

## 2.4 Kosep Dasar Korosi



Gambar 2.3 Komponen utama terjadinya korosi (Cahyadi, 2017).

Korosi berdasarkan proses elektro-kimia (*electrochemical process*) terdiri dari 4 komponen utama yaitu:

### 1. Anoda

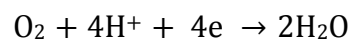
Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Contoh reaksi pada anoda adalah



Banyak elektron yang diambil dari masing-masing atom ditentukan oleh valensi logam bersangkutan.

### 2. Katoda

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin terjadi kerusakan. Reaksi yang terjadi pada katoda berupa reaksi reduksi. Reaksi pada katoda tergantung pada pH larutan yang bersangkutan, seperti:



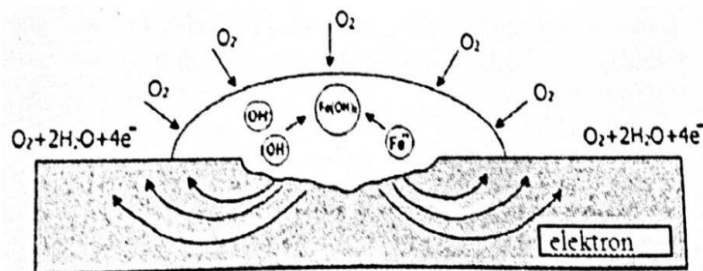
Persyaratan dalam reaksi katoda adalah bahwa reaksi harus mengkonsumsi elektron-elektron yang dihasilkan oleh proses anoda.

### 3. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang mempunyai sifat menghantar listrik. Elektrolit dapat berupa larutan asam, larutan basa, dan larutangaram. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda.

### 4. Lintasan logam

Anoda dan katoda harus terhubung secara elektris agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Hubungan secara fisik tidak diperlukan jika anoda dan katoda merupakan bagian dari logam yang sama. Agar korosi dapat terjadi, keempat komponen di atas harus ada, maka dapat dikatakan bahwa menghilangkan salah satu dari keempat komponen sel korosi basah sederhana akan menghentikan reaksi korosi. Pada Gambar 2.3 memperlihatkan proses terjadinya korosi.



Gambar 2.4 Proses terjadinya korosi (Sumarji, 2012).

### 2.5 Laju korosi

Laju korosi adalah banyaknya material yang hilang (teroksidasi) tiap satuan waktu. Laju korosi dapat dihitung dengan metode kehilangan berat atau weight gain loss (WGL), pengujian ini sesuai dengan standar ASTM G 31-72. Laju korosi dinyatakan dalam mpy (milli inch per year). Dengan menghitung massa logam yang telah dibersihkan dari oksida dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa awal lalu dilakukan selama waktu tertentu. Setelah itu dilakukan penghitungan massa kembali dari suatu logam setelah dibersihkan logam tersebut dari hasil korosi yang terbentuk dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa akhir. Dengan mengambil beberapa data seperti luas permukaan, waktu dan



massa jenis logam yang diuji maka dihasilkan suatu laju korosi. parameter yang digunakan untuk mengukur tingkatan rata-rata laju korosi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

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

Dengan :

K = konstanta  $3,45 \times 10^6$

W = kehilangan massa (gram)

A = luas specimen terkorosi ( $\text{cm}^2$ )

T = waktu expos (jam)

D = massa jenis ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

Tabel 2.1. Nilai ketetapan laju korosi (K) tiap laju korosi yang diinginkan (Fonna et al., 2020) .

Unit laju korosi yang diinginkan	Nilai ketetapan laju korosi(K)
Mil per tahun (mpy)	$3,45 \times 10^6$
Milimeter pertahun (mm/y)	$8,76 \times 10^4$
Gram permeter kuadrat perjam ( $\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$ )	$1,00 \times 10^4 \times D$

## 2.6 Jenis-Jenis Korosi

Ada beberapa jenis korosi yang umum terjadi pada logam sebagai berikut:

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

Adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, 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. Korosi ini biasa terjadi pada baja karbon yang berada dalam lingkungan atmosfer maupun korosif, Sedangkan pada tembaga terjadi laju korosi yang rendah karena adanya

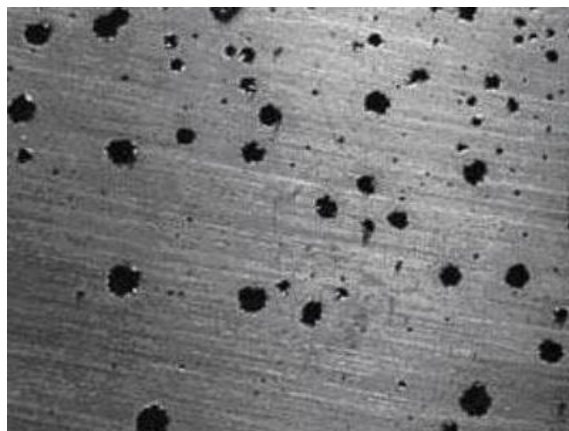
lapisan film pelindung pada permukaannya sehingga tembaga memiliki ketahanan korosi yang tinggi.



Gambar 2.5 Korosi Seragam Pada Pipa Ballast (Pattireuw Kevin J,2013)

b. *Pitting corrosion* ( korosi sumur )

Adalah 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*), karena 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 2.6 korosi sumur (Pattireuw Kevin J, 2013)

c. *Errosion Corrosion* ( korosi erosi )

Korosi yang terjadi karena keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. 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 2.7 korosi erosi (Pattireuw Kevin J, 2013)

d. *Galvanis corrosion* (korosi galvanis )

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.

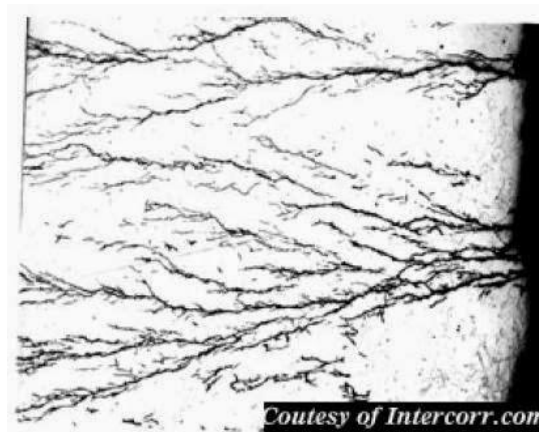
Perbedaan potensial elektroda antara kedua logam yang membentuk sel gavanik merupakan penentu daya dorong untuk terjadinya korosi.



Gambar 2.8 korosi galvanis (Pattireuw Kevin J, 2013)

e. *Crevice corrosion* ( korosi celah )

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 2.9 korosi celah (Pattireuw Kevin J, 2013)

f. Korosi Mikrobiologi

Korosi yang terjadi karena mikroba. Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan *protozoa*. 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.



Gambar 2.10 Korosi Mikrobiologi (Pattireuw Kevin J, 2013)

g. *Fatigue corrosion* ( korosi lelah )

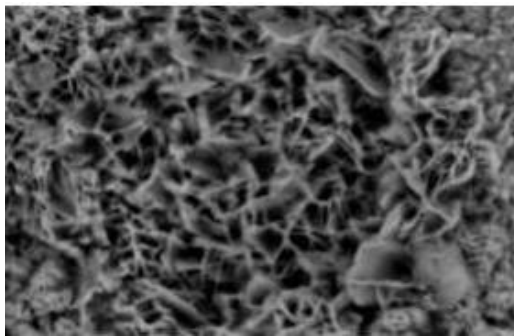
Korosi ini terjadi karena logam mendapatkan beban siklus yang terus berulang sehingga semakin lama logam akan mengalami patah. Korosi ini biasanya terjadi pada turbin uap, pengeboran minyak dan propeller kapal.



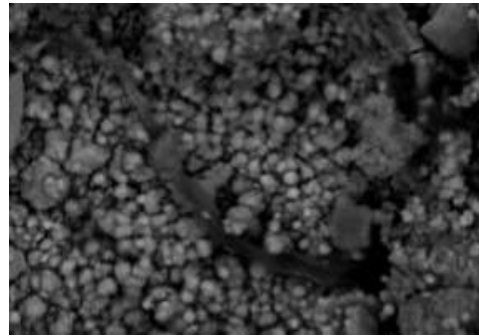
Gambar 2.11 korosi lelah (Pattireuw Kevin J, 2013)

## 2.7 Perkembangan Produk Korosi

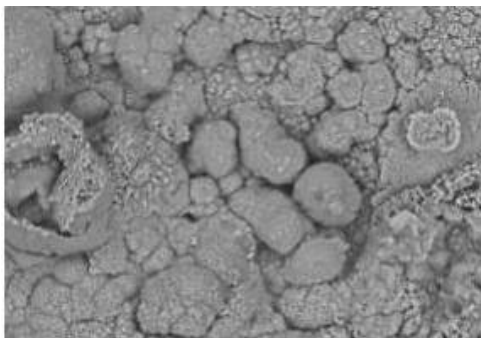
Perkembangan industri yang semakin pesat mengakibatkan penggunaan logam yang semakin banyak, sehingga masalah korosipun akan semakin meningkat. Dengan meningkatnya masalah korosi, maka akan meningkat pula biaya yang harus dikeluarkan untuk mengendalikannya. Secara umum, biaya pengendalian korosi di suatu negara berkisar antara 2-5 % GNP (Fonna et al., 2020). Pengamatan produk korosi diidentifikasi menggunakan SEM dengan cara mengamati permukaan spesimen pada titik yang sama. Penamaan produk korosi seperti :



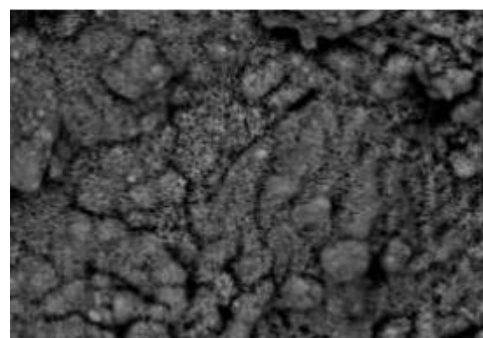
a. Lepidocrocite



b. Goethite



c. Globular

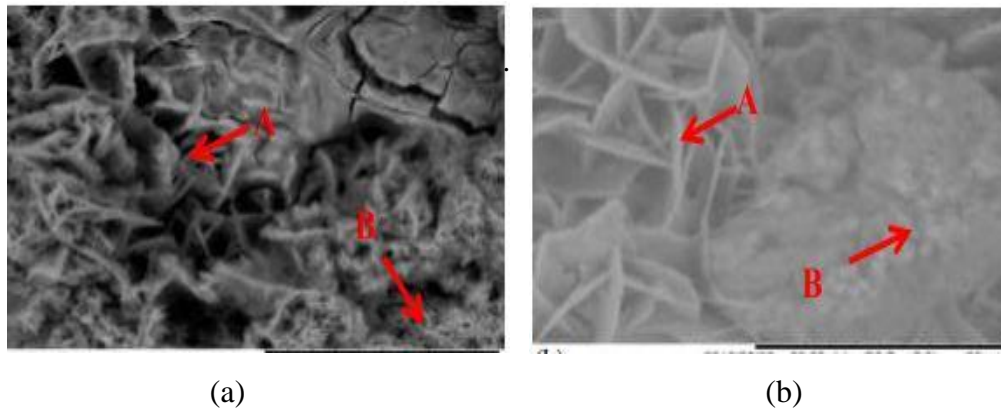


d. Semicrystalline goethite

Gambar 2.12 Karakteristik produk korosi yang terbentuk setelah dilakukan pemaparan, (a) lepidocrocite, (b) goethite, (c) globular, (d) semicrystalline goethite (Fonna et al., 2020).

Produk-produk korosi yang ditemukan adalah lepidocrocite, acicular, goethite, semicrystalline goethite. Hasil pengamatan tersebut sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya (Fonna et al., 2020).

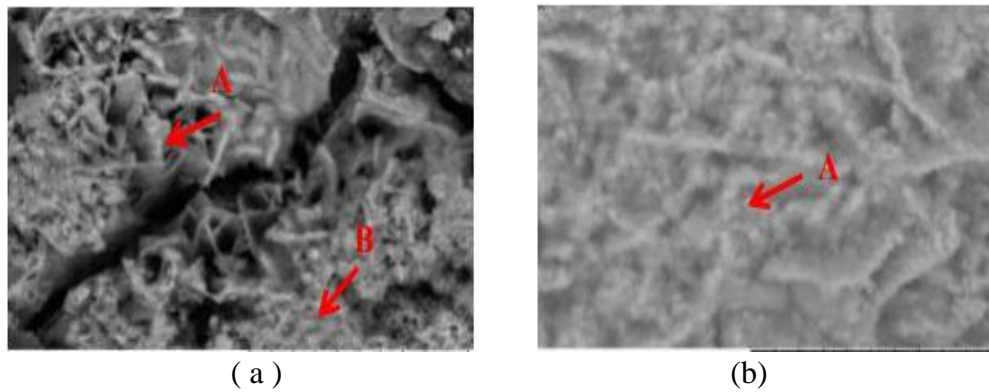
Gambar 2.13 (a) menunjukkan hasil pengamatan yang dilakukan setelah satu bulan pemaparan yaitu Agustus 2018. Produk korosi yang terbentuk adalah lepidocrocite dan acicular masing-masing ditunjukkan dengan label A dan B. Sedangkan pada Gambar 2.13 (b) merupakan hasil pengamatan tahun 2016 dalam periode bulan yang sama. Produk korosi yang terbentuk adalah lepidocrocite dan goethite seperti diperlihatkan dengan label A dan B.



Gambar 2.13 Morfologi produk korosi dalam masa pemaparan: (a) Agustus 2018 (b) Agustus 2016 (Fonna et al., 2020).

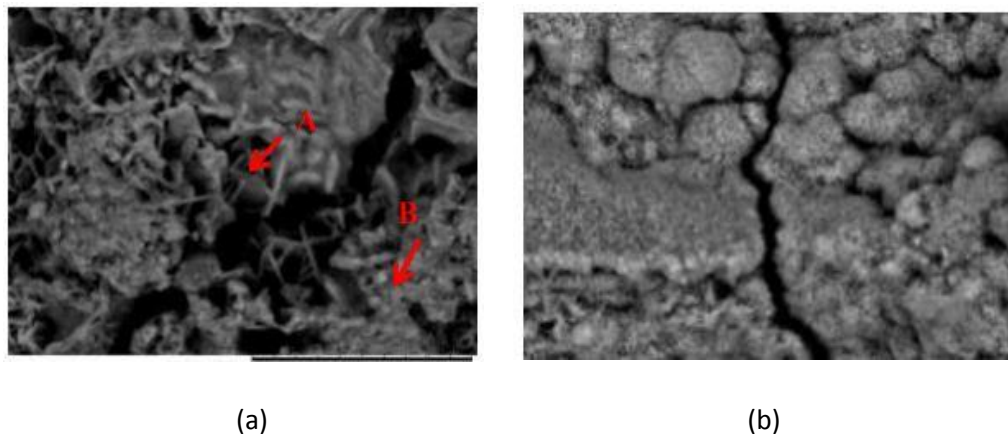
Gambar 2.14 (a). Label A menunjukkan produk korosi lepidocrocite yang masih tampak di beberapa bagian permukaan. sementara label B merupakan produk korosi berupa bongkahan-bongkahan kecil yang dinamakan goethite. produk korosi goethite ini tampak sudah mulai menyelimuti bagian produk korosi yang semulanya berbentuk acicular. Sedangkan pada Gambar 2.14 (b) merupakan hasil pengamatan produk korosi pada tahun 2016 dalam periode yang sama. Pada gambar ini, label A merupakan produk korosi yang berbentuk goethite dengan ukuran bervariasi sekitar 1  $\mu\text{m}$ .

Pengamatan produk korosi atmosferik dengan menggunakan SEM pada periode Agustus-Oktober dapat dilihat pada Gambar 2.14. Banyak faktor yang mengakibatkan perubahan morfologi, baik itu bentuk maupun ukuran produk korosi dan bisa saja hasil yang didapatkan itu sama dengan hasil pengamatan sebelumnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi seperti faktor cuaca, curah hujan dan waktu pemaparan.



Gambar 2.14. Morfologi produk korosi dalam masa pemaparan: (a) Agustus-September 2018 (b) Agustus-September 2016 (Fonna et al., 2020).

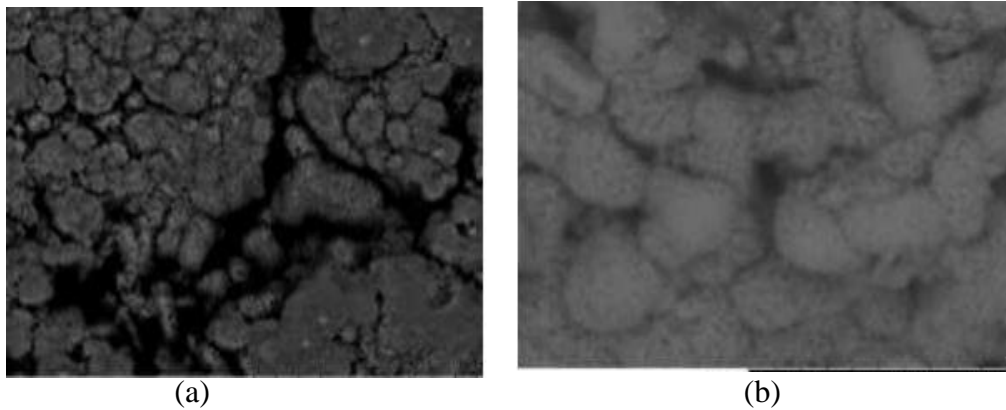
Produk korosi yang terbentuk pada Gambar 2.14 (a) adalah sama dengan hasil pengamatan produk korosi pada periode sebelumnya yaitu lepidocrocite dan goethite yang ditunjukkan dengan label A dan B. Sedangkan Gambar 2.14 (b) menunjukkan produk korosi yang terbentuk secara keseluruhan adalah semicrystalline goethite. Morfologi produk korosi setelah pemaparan dalam periode Agustus-November ditunjukkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.15 Morfologi produk korosi dalam masa pemaparan: (a) Agustus-Oktober 2018 (b) Agustus-Oktober 2016 (Fonna et al., 2020).

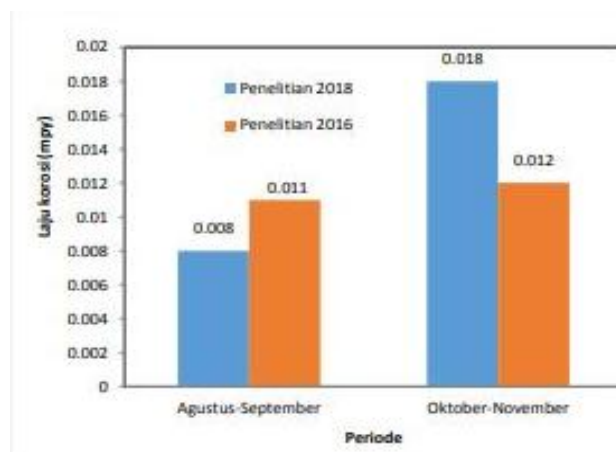
Gambar 2.16 (a) memperlihatkan produk korosi yang terbentuk pada tahun 2018 adalah semicrystalline goethite yang tampak di keseluruhan permukaan. Perkembangan produk korosi dari periode sebelumnya tampak dengan jelas baik itu bentuk maupun ukuran dari produk tersebut. Sementara, Gambar 2.16 (b) memperlihatkan hasil pengamatan pada tahun 2016 yang mana produk korosi yang terbentuk adalah globular dengan ukuran 5-8  $\mu\text{m}$ .





Gambar 2.16 Morfologi produk korosi masa pemaparan: (a) Agustus-November 2018 (b) Agustus-November 2016 (Fonna et al., 2020).

Kemudian, laju korosi dari baja karbon medium akibat pemaparan di lingkungan kota Banda Aceh diberikan dalam Gambar 2.17 Pada gambar terlihat rata-rata nilai laju korosi pada periode Agustus-September 2018 sebesar 0,008 mpy yang memiliki selisih sebesar 0,003 mpy lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian tahun 2016. Pada periode Oktober-November, nilai rata-rata laju korosi untuk tahun 2018 sebesar 0,018 mpy yang mana sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata yang didapatkan pada tahun 2016. Namun, perbedaan hasil laju korosi antara tahun 2018 dan 2016 masih dapat diterima. Hal karena ketahanan korosi bagi baja karbon medium antara tahun 2018 dan 2016 masih dalam level yang sama yaitu outstanding.



Gambar 2.17 Perbandingan laju korosi antara tahun 2018 dengan tahun 2016 dalam periode yang sama (Fonna et al., 2020).

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

##### 3.1.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian merupakan objek penelitian dimana kegiatan penelitian dilakukan. Penentuan lokasi penelitian dimaksudkan untuk mempermudah atau memperjelas lokasi yang menjadi sasaran dalam penelitian. Penelitian dilaksanakan di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muctar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec.Medan Timur. Kota Medan., Sumatera Utara.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

Titik penelitian ditempatkan pada atap lantai 2 gedung LP2M Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muctar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec.Medan Timur. Kota Medan., Sumatera Utara.

### 3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu, Universitas Sumatera Utara dan Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Universitas Sumatera Utara. Waktu penelitian ini dilakukan selama 6 bulan dimulai dari bulan Agustus 2022 - Januari 2023.

Tabel 3.1. Jadwal Waktu Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Study literature	■					
2	Survei lapangan	■	■				
3	Pengujian komposisi specimen dan SEM	■	■	■			
4	Penulisan proposal	■	■	■			
5	Seminar proposal				■	■	
6	Pengujian /Analisis data				■	■	■
7	Penulisan Skripsi				■	■	■
8	Seminar Hasil / Sidang						■

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1. Alat

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### 1. Timbangan Digital

Timbangan digital memiliki akurasi 000.1gr dan 0.01gr, timbangan digital memiliki Power Supply: AC 220 V  $\pm$ 1 0%, 50 Hz  $\pm$ 1 Hz / DC 9 V, Max Power Consumption: 3 W.



Gambar 3.2. Timbangan Digital

## 2. Sikat Baja

Sikat Baja digunakan untuk membersihkan specimen. Metode pembersihan specimen setelah di exposure menggunakan metode mekanik (ASTM G 1).



Gambar 3.3. Sikat Baja

## 3. Mesin Las Listrik

Mesin las Krisbow Teknologi inverter IGBT, LED display, Proteksi IP21, Voltase Input : 220/1/50 V/Ph/Hz, Voltase output : 24.8 V, Tegangan tanpa beban : 70 V, Pengaturan arus : 10-120 A. Mesin Las Listrik digunakan untuk

menyambung pipa. Pipa digunakan untuk membuat rak sebagai tempat meletakkan specimen di atasnya.



Gambar 3.4. Mesin Las Listrik

#### 4. Elektroda (kawat las)

Elektroda (kawat las) digunakan sebagai material logam pengisi pada proses pengelasan pipa dalam pembuatan rak pengujian.



Gambar 3.5. Elektroda (kawat las)

#### 5. Mesin Bor

Mesin Bor digunakan untuk melubangi plat yang terletak pada rak pengujian korosi untuk menempatkan rolen di atasnya sebagai pengikat specimen.



Gambar 3.6. Mesin Bor

#### 6. Mesin Gerinda Tangan

Kapasitas daya yang digunakan 600 watt, Ukuran batu 4 inch, Kecepatan tanpa beban 11.000 RPM, Dilengkapi dengan heat resistane untuk ketahana mesin terhadap panas Mesin Gerinda Tangan digunakan untuk menghilangkan sisa-sisa las pada pipa galvanis yang sudah disambung menggunakan metode pengelasan.



Gambar 3.7. Mesin Gerinda Tangan

#### 7. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi ukuran specimen dalam satuan centimeter dan milimeter.



Gambar 3.8. Jangka Sorong

#### 8. Rolan listrik

Rolan listrik digunakan sebagai media untuk mencegah kontak langsung specimen uji dengan rak pengujian (pemegang dari bahan plastik).



Gambar 3.9. Rolan Listrik

#### 9. SEM ( scanning electron microscope )

Laboratorium Terpadu, Universitas Sumatera Utara menerima karakterisasi sampel dengan menggunakan alat Hitachi Flexsem 100 yang dilengkapi dengan EDS ( *Energy Dispersive X – Ray Spectroscopy* ) untuk analisa unsur. HITACHI FLEXSEM 100 merupakan generasi terbaru dengan Ultra Variable Pressure

Detector yang lebih mumpuni dalam analisa material baik non konduktif maupun konduktif.



Gambar 3.10 SEM ( Scanning Electron Microscope) (Fonna et al., 2020).

### 3.2.2 Bahan

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan plat baja karbon tinggi dengan ukuran 20 x 20 x 2 mm.



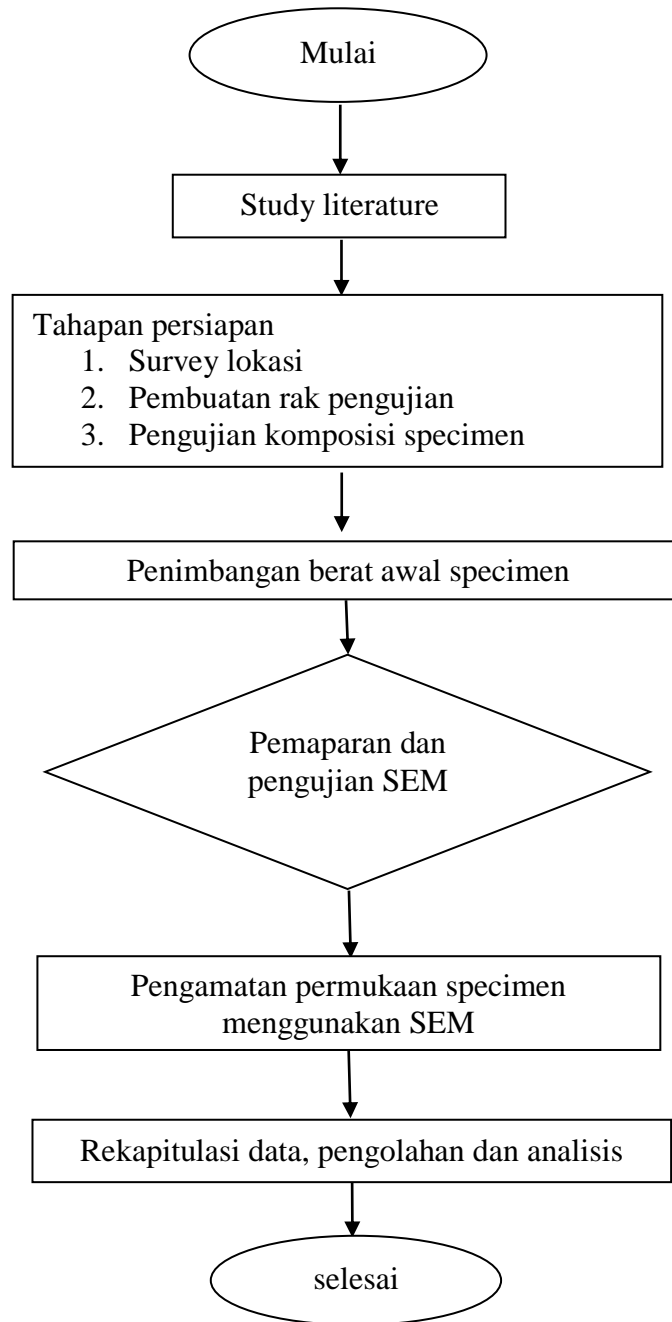
Gambar 3.11 Specimen Uji

Tabel 3.2. Rencana spesimen uji korosi baja karbon tinggi

No	Penggunaan	P ( mm )	L ( mm )	T ( mm )	Jumlah
1	Pengamatan SEM	20	20	2	1 pcs



### 3.3 Bagan alir penelitian



Gambar 3.12. Bagan alir penelitian

### 3.4 Rancangan Rak Penelitian

Rancangan Rak penelitian untuk melihat perkembangan bentuk dan menganalisis perubahan bentuk korosi di Kota Medan. Spesimen dibersihkan setelah di exposure dengan menggunakan mekanik (ASTM G-1), kemudian specimen diletakan di Rak pengujian (ASTM G-50) Lokasi penempatan rak dan specimen uji yang menjadi Titik penelitian difokuskan pada atap lantai 2 gedung LP2M Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kapten Muctar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec.Medan Timur. Kota Medan., Sumatera Utara.



Gambar.3.13 Rak Specimen Uji dilokasi Penelitian

### 3.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam pelaksanaan penelitian ini adalah menggunakan baja karbon tinggi dengan komposisi material dapat di lihat Table 3.2, Pengukuran laju korosi atmosferik dilakukan dengan menggunakan metode exposure ( pemaparan) kemudian untuk nilai laju korosi di hitung dengan berdasarkan astm G1. Bentuk ukuran specimen berdasarkan ASTM G50, sedangkan be tuk dan ukuran produk korosi di identiffikasikan menggunakan SEM dengan ukuran specimen 20 x 20 x2 mm.

Lokasi pemaparan specimen adalah diarea terbuka dalam lingkungan fakultas teknik , universitas muhammadiyah sumatera utara, kemudian rak pengujian digunakan untuk meletakkan specimen selama pemaparan dengan merujuk ASTM G50. Dalam proses penimbangan specimen digunakan timbangan digital dengan spesifikasi memiliki Power Supply: AC 220 V  $\pm$ 1 0%,

50 Hz  $\pm$ 1 Hz / DC 9 V, Max Power Consumption: 3 W dan memiliki nilai akurasi 000.1 gr, untuk mengukur kehilangan berat specimen akibat korosi selama pengujian, pengamatan bentuk dan produk korosi baja karbon tinggi dilakukan dalam jangka waktu 1 bulan sekali. Pengukuran data kehilangan berat dilakukan 2 minggu sekali dan laju korosi specimen dilakukan dengan persamaan :  $(K \times W)/(A \times T \times D)$ .

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Pada bab ini ditampilkan hasil pengujian specimen yang akan dibahas sesuai dengan data yang diperoleh. Data yang ditampilkan meliputi pengujian komposisi specimen, dan laju korosi yang merupakan hasil dari penelitian.

##### 4.1.1 Hasil pengujian komposisi specimen

Pengujian komposisi specimen uji dilakukan di Laboratorium Balai Riset Dan Standardisasi Industry Medan, Jl.Sisimangaraja No.24, Medan Amplas, Sumatera Utara. Hasil uji komposisi didapatkan besaran nilai unsur utama **Fe, C, Mn, Si, Ni, V, Mo** dan lain sebagainya. Maka hasil pengujian komposisi kimia bahan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel. 4.1 Unsur specimen pengujian

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1	Aluminium ( Al )	%	0,0052	ASTM E 415-99A
2	Belerang ( S )	%	0,0038	ASTM E 415-99A
3	Besi ( F )	%	98,31	ASTM E 415-99A
4	Fospor ( P )	%	< 0,002	ASTM E 415-99A
5	Karbon ( C )	%	1,090	ASTM E 415-99A
6	Mangan ( Mn )	%	0,255	ASTM E 415-99A
7	Seng ( Zn )	%	Tidak terbaca alat	ASTM E 415-99A
8	Silikon ( Si )	%	< 0.0100	ASTM E 415-99A
9	Kromium ( Cr )	%	0,0747	ASTM E 415-99A
10	Molibdenum (Mo)	%	0,0204	ASTM E 415-99A
11	Tembaga ( Cu )	%	0,1413	ASTM E 415-99A
12	Nikel ( Ni )	%	0,0050	ASTM E 415-99A

Dalam pengujian struktur baja ini dapat disimpulkan bahwa material jenis ini di kelompokkan dari baja karbon tinggi ( *High Carbon Stell* )

dikarenakan memiliki kadar karbon yang tinggi, kadar karbon memiliki pengaruh yang sangat tinggi terhadap nilai suatu bahan. hasil dari pengujian dan pembahasan dapat dilihat pada lampiran 2.

#### 4.1.2 Data Hasil Laju Korosi Baja Karbon Tinggi

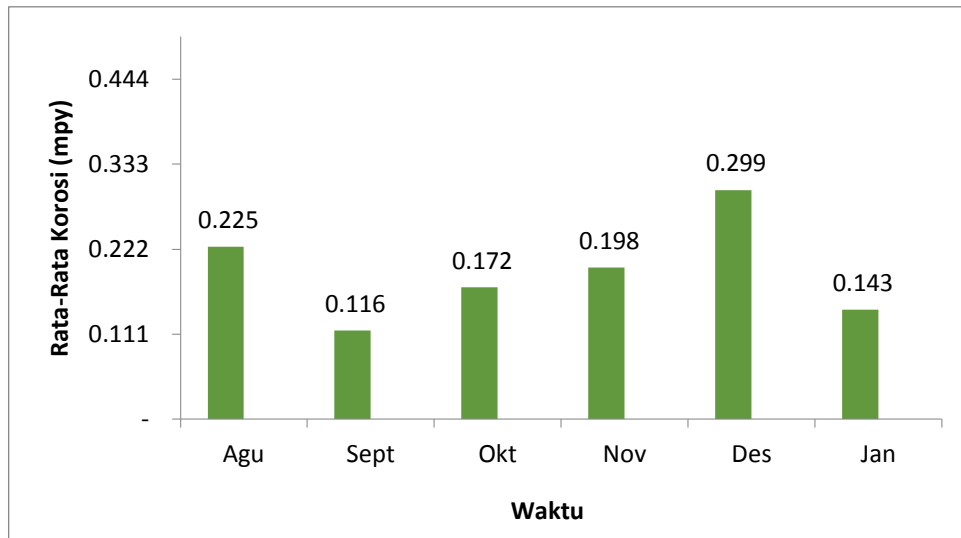
Pengujian laju korosi dilakukan dengan cara memaparkan permukaan specimen dengan udara kota Medan untuk menentukan massa yang hilang. Sebelum sampel terkena paparan udara terlebih dahulu sampel dihitung luas permukaan dan massa jenisnya, dan didapatkan nilai luas permukaan sampel baja karbon tinggi adalah  $20 \text{ cm}^2$ , masa jenis dari specimen  $48,677 \text{ g/cm}^3$ . Laju korosi dari baja karbon tinggi dilakukan dengan perlakuan pemaparan 14 hari, 28 hari, 42 hari, 56 hari, 70 hari dan seterusnya selama 6 bulan waktu pemaparan. Perhitungan laju korosi dengan metode kehilangan massa adalah menghitung massa awal dan akhir dari nilai rata-rata.

Tabel. 4.2 Data hasil laju korosi baja karbon tinggi

Spesimen Uji	Bulan					
	Rata-Rata korosi (mpy)					
	Agu	Sept	Okt	Nov	Des	Jan
Persegi panjang	0,225	0,116	0,172	0,198	0,299	0,143

Hasil perhitungan kehilangan massa pada specimen dilakukan dengan cara menghitung berat specimen sebelum dan sesudah pemaparan dengan neraca digital dengan menghitung nilai rata-rata laju korosi pada karbon tinggi yang diteliti selama enam bulan, laju korosi tertinggi sebesar 0,299 mpy terjadi pada periode November-Desember, diduga bahwa hujan menjadi factor utama terjadinya peningkatan laju korosi pada baja karbon tinggi. Laju korosi pada baja karbon tinggi selama 6 bulan telah mendapatkan hasil nilai rata-rata dan di tampilkan dalam bentuk grafik di bawah ini.

Grafik laju korosi di bawah ini merupakan hasil dari penelitian di lingkungan fakultas teknik umsu.



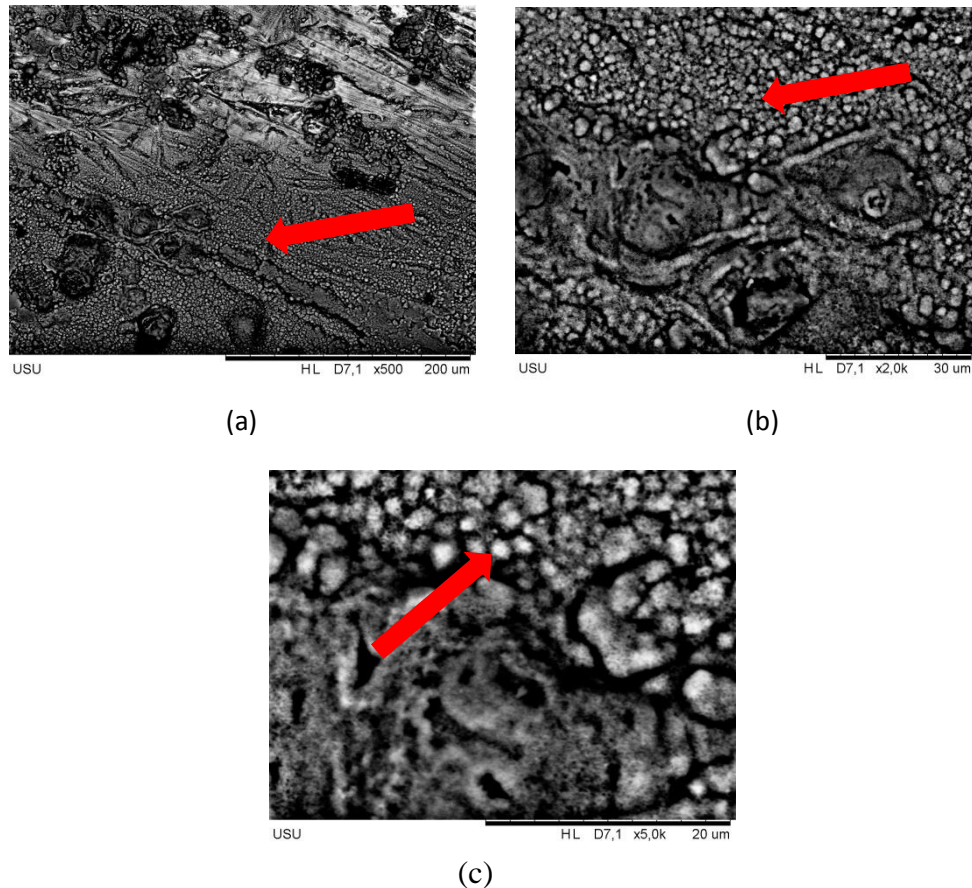
Gambar 4.1 grafik laju korosi baja karbon tinggi

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Hasil Pengujian SEM Periode Agustus-September

Pengamatan produk korosi diidentifikasi menggunakan SEM dengan cara mengamati permukaan specimen pada titik yang sama baik itu mengamati bentuk maupun ukuran dari produk korosi yang terbentuk. Perkembangan bentuk korosi yang terbentuk pada permukaan baja karbon Tinggi pada periode September-Oktober seperti pada gambar dibawah ini dengan ukuran perbesaran 500x, 2000x, dan 5000x.

Penamaan produk korosi seperti lepidocrite, geothite, globular, semicrystalline geothite, acicular dan lain-lain itu dapat dilihat dari penelitian sebelumnya (Antunes et al., 2003). Hasil Pengamatan produk korosi menggunakan SEM pada periode Agustus-September dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini. produk korosi pada pengamatan menggunakan SEM belum terlihat dengan jelas dapat dilihat pada gambar 4.2(a) pada perbesaran 500x dikarenakan masih terdapat sisa pengamplasan pada permukaan specimen, tetapi produk korosi sudah menyelimuti permukaan specimen yang menyerupai Gumpalan-gumpalan kecil yang disebut dengan Geothite.

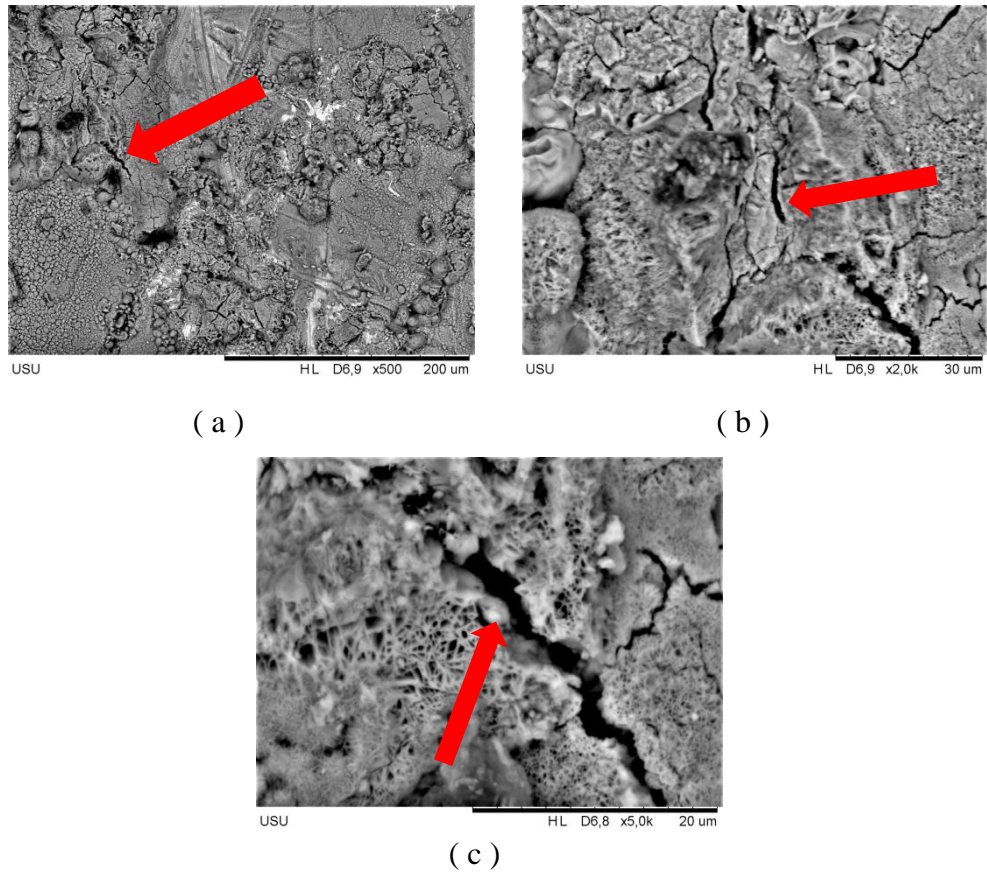


Gambar 4.2 Hasil Pengujian SEM Periode Agustus-September

#### 4.2.2 Hasil Pengujian SEM Periode Oktober-November

Perkembangan produk korosi pada periode Agustus-September belum terlihat jelas namun sudah menyelimuti permukaan specimen,. Sedangkan penelitian yang dilakukan pada periode Oktober-November memperlihatkan perkembangan dan pertumbuhan produk korosi yang terlihat dengan jelas.

Hasil pengamatan perkembangan bentuk korosi periode oktober-November yang dilihat dari gambar 4.3, secara keseluruhan produk korosi yang terbentuk sudah sangat jelas terlihat. Pengamatan produk korosi Pada perbesaran 500x, 2000x, 5000x terlihat pada gambar 4.3. Hasil pengamatan menggunakan SEM pada Periode Oktober-November produk korosi terlihat jelas seperti gumpalan/Retakan yang disebut Geothite dapat dilihat pada gambar 4.2 (c) dengan perbesaran 5000x.

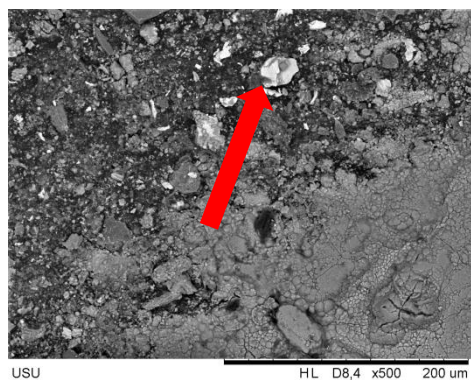


Gambar 4.3 Hasil Pengujian SEM Periode Oktober-November

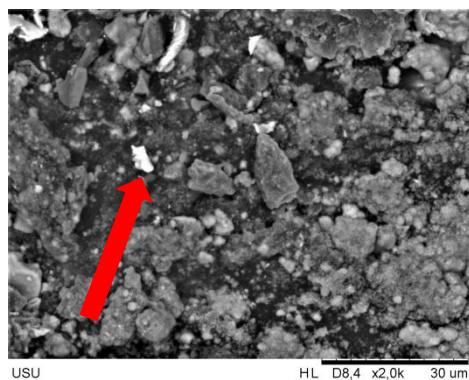
#### 4.2.3 Hasil Pengujian SEM Periode Desember-Januari

Pada pengamatan periode Desember-Januari pada baja karbon tinggi menggunakan SEM, terdapat perbedaan antara pengamatan pada periode Agustus-September dan periode Oktober-November. Terlihat pada Gambar 4.4, keseluruhan jenis korosi yang terjadi yaitu produk korosi yang berbentuk Gumpalan-Gumpalan yang menyerupai cristal atau yang disebut dengan Semicristalline geothite yang terlihat pada gambar4.4 (c) dengan perbesaran 5000x, dimana produk korosi yang terbentuk terlihat seperti menyerupai gumpalan cristal jika dibandingkan penelitian pada periode Oktober-November yang terlihat seperti Geothite.

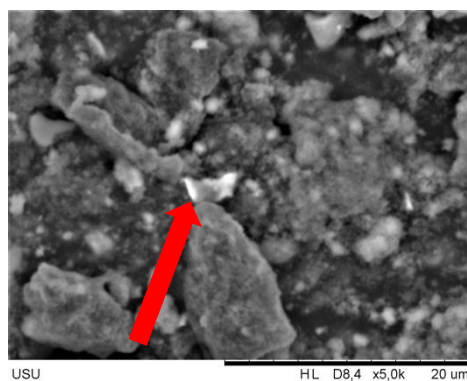




(a)



(b)



(c)

Gambar 4.4 Hasil Pengujian SEM Periode Desember-Januari

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis perkembangan bentuk korosi dari baja karbon tinggi di Kecamatan Medan Timur. Pengamatan perkembangan bentuk korosi menggunakan Sem menggunakan perbesaran 500 ×, 2000 ×, 5000 ×, Hasil pengamatan menggunakan SEM memperlihatkan bahwa pada periode Agustus-September belum terlihat jelas perubahan bentuk korosi dikarenakan masih terlihat sisa pengamplasan pada permukaan spesimen, tetapi produk korosi sudah menyelimuti permukaan specimen seperti Gumpalan-gumpalan kecil yang menyerupai produk korosi Geothite.

pengamatan produk korosi pada periode Oktober-November menggunakan Sem dengan perbesaran yang sama terlihat jelas perkembangan produk korosi yang berupa gumpalan/retakan yang disebut Geothite. Kemudian pada pengamatan produk korosi menggunakan SEM pada periode Desember-Januari bentuk dari produk korosi yang berupa gumpalan yang menyerupai Kristal atau disebut dengan semicristalline geothite, tetapi dimensi produk korosi mengalami sedikit perbesaran ukuran.

Sehingga hasil dari penelitian perkembangan bentuk korosi menggunakan SEM menunjukkan bahwa secara umum produk korosi pada baja karbon tinggi berupa gumpalan/retakan kecil, seiring berjalannya waktu pada periode Desember-Januari terjadi perubahan, tetapi dimensi produk korosi mengalami sedikit perbesaran ukuran yang berbentuk semicristalline geothite.

#### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian perkembangan bentuk korosi baja karbon tinggi dengan memperluas/ memperbanyak titik loasi penelitian yang serupa di wilayah Sumatera Utara terkhusus di Kota Medan, kemudian waktu penelitian juga harus diperpanjang dengan masa waktu penelitian 1 tahun atau lebih sehingga jelas terlihat perkembangan bentuk korosinya.

## DAFTAR PUTAKA

- Affandi, Ahmad Marabdi Siregar, Chandra A Siregar, Arya Rudi Nasution, Iqbal Tanjung, Syarizal Fonna, S. H. (2020). Analisa Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Di Kecamatan Medan Belawan. *Multitek Indonesia*, 6223(2), 80–88.
- Antunes, R. A., Costa, I., & Faria, D. L. A. de. (2003). Characterization of corrosion products formed on steels in the first months of atmospheric exposure. *Materials Research*, 6(3), 403–408. <https://doi.org/10.1590/s1516-14392003000300015>
- Cahyadi, A. B. (2017). *Pengaruh Lingkungan Pantai Terhadap Laju Korosi Dan Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Sedang Dengan Perlakuan Quenching*. 5.
- Erlandhi, D., & Ismail, I. (1945). Analisis Laju Korosi Pada Permukaan Material Baja Komersil Dan Aluminium Dalam Media Air Laut Yang Agitasi. *Analisis Laju Korosi Pada Permukaan Material Baja Komersil Dan Aluminium Dalam Media Air Laut Yang Agitasi*.
- Fonna, S., Willyo, W., Thalib, S., & Huzni, S. (2020). Perkembangan Produk Korosi Atmosferik pada Baja Karbon Medium Selama Empat Bulan Pemaparan diLingkungan Kota Banda Aceh. *Mesin*, 11(2), 8–13. <https://doi.org/10.25105/ms.v11i2.7449>
- Pakpahan. (2015). Inhibisi Korosi Baja Karbon Rendah C-Mn Steel oleh Ekstrak Daun teh (*Camelia Sinensis*) dalam Medium Korosif. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 3(2), 195–201.
- Pattireuw Kevin J, Rauf F. A, L. R. (2013). Analisis Laju Korosi Pada Baja Karbon Dengan Menggunakan Air Laut Dan H<sub>2</sub> So<sub>4</sub>. *Universitas Sam Ratulangi Manado*, 10.
- Sumarji. (2012). Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM A36 pada Lingkungan Atmosferik di Kabupaten Jember. *Rotor*, 5, 44–51.
- Tanjung, I., Nasution, A. R., Fonna, S., & Huzni, S. (2020). Investigasi Laju Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Profil Segiempat Di Kawasan Industri Medan. *Jurnal Teknologika*, 10(1), 1–4.
- J. Alcántara, B. Chico, J. Simancas, I. Díaz, D. de la Fuente, M. Morcillo,

An attempt to classify the morphologies presented by different rust phases formed during the exposure of carbon steel to marine atmospheres, *Materials Characterization*, Volume 118, 2016, Pages 65-78, ISSN 1044-5803

D. de la Fuente, J. Alcántara, B. Chico, I. Díaz, J.A. Jiménez, M. Morcillo, Characterisation of rust surfaces formed on mild steel exposed to marine atmospheres using XRD and SEM/Micro-Raman techniques, *Corrosion Science*, Volume 110, 2016, Pages 253-264, ISSN 0010-938X,

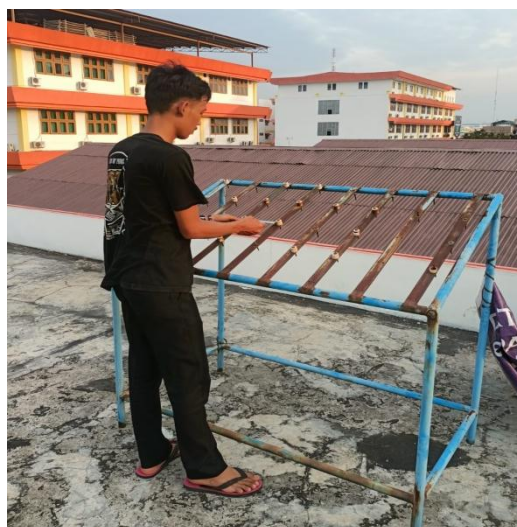
## LAMPIRAN 1



Gambar penimbangan massa specimen



Gambar peletakan specimen di Rak pengujian



Gambar pengambilan specimen setelah pemaparan



Gambar pengamatan specimen menggunakan Sem

## LAMPIRAN 2



Kementerian  
Perindustrian  
REPUBLIK INDONESIA

BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI  
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI MEDAN  
LABORATORIUM PENGUJI  
The Testing Laboratory The Institute for Industrial Research and Standardization of Medan  
Jl. Sisingamangaraja No.24, Telp. (061) 7867495, 7363471 Fax. (061) 7362830  
e-mail: bind\_medan@kemenperin.go.id



Dok.No.: F-LP-016/2-1-02/20

### SERTIFIKAT HASIL UJI Certificate of Test Results

Nomor Sertifikat : 1256/BSKJI/Baristand-  
Certificate Number : Medan/MS-P/X/2022

Kepada Yth.  
To

Nomor Pengujian : PL-0080  
Testing Number

Bima Surya Rafindra  
Jl. Kapten Muchtar Basri, Glugur  
Darat

Nomor SPCC : 0620/BSKJI/BSPJI-  
Requestation Number : Medan/LP/IX/2022

Halaman : 1 dari 2  
Page

yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan, bahwa hasil pengujian dari :  
The undersigned certifies that the examination of

Nama / Jenis Contoh : Baja / Logam  
Samples

Etiket / Merk :  
Trade Mark

Kode :  
Code

Pengambil Contoh : Diantar Langsung  
Sampler

Prosedur Pengambilan  
Contoh :  
Sampling Procedure

Keterangan Contoh : Tidak Disegel  
Description of Sample

Tanggal Diterima : 05 Oktober 2022  
Date of Received

Tanggal Pengujian : 05 Oktober 2022  
Date of Testing

Sertifikat hasil uji ini hanya berlaku terhadap contoh yang diterima

This Test Result certificate only applies to the samples received

Sertifikat hasil uji hanya bisa diproduksi ulang secara keseluruhan dengan persetujuan manajemen LP-BIM  
This Test Result certificate is only reproduced in its entirety with the approval of LP-BIM Management

**LABORATORIUM PENGUJI BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI MEDAN**  
The Testing Laboratory The Institute for Industrial Research and Standardization of Medan

Nomor Sertifikat  
Certificate Number : 1256/BSKJI/Baristand-Medan/MS-P/X/2022

Halaman  
Page : 2 dari 2  
2 of 2

Validasi  
Validity 

**HASIL UJI**  
**THE TEST RESULT**

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1	Aluminium (Al)	%	0,0052	ASTM E 415-99a
2	Belerang (S)	%	0,0038	ASTM E 415-99a
3	Besi (Fe)	%	98,31	ASTM E 415-99a
4	Fosfor (P)	%	< 0,0020	ASTM E 415-99a
5	Karbon (C)	%	1,090	ASTM E 415-99a
6	Mangan (Mn)	%	0,255	ASTM E 415-99a
7	Seng (Zn)	%	Tidak terbaca alat	ASTM E 415-99a
8	Silikon (Si)	%	<0,0100	ASTM E 415-99a
9	Kromium (Cr)	%	0,0747	ASTM E 415-99a
10	Molibdenum (Mo)	%	0,0204	ASTM E 415-99a
11	Tembaga (Cu)	%	0,1413	ASTM E 415-99a
12	Nikel (Ni)	%	< 0,0050	ASTM E 415-99a

Medan, 28 Oktober 2022

  
Rossi Evana, ST  
NIR 198207112005022001  
Technical Manager of Testing Laboratory

Sertifikat hasil uji ini hanya berlaku terhadap contoh yang diterima  
*This Test Result certificate only applies to the samples received*  
Sertifikat hasil uji hanya bisa diproduksi ulang secara keseluruhan dengan persetujuan manajemen LP-BIM  
*This Test Result certificate is only reproduced in its entirety with the approval of LP-BIM Management*



# LAMPIRAN 3



**UNIT PELAKSANA TEKNIS**  
**LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU**  
**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**  
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155  
Laman: lpterpada.usu.ac.id Email: lpterpada@usu.ac.id



No. Dokumen : FM-PP-03-06  
Revisi : 00  
Tanggal Efektif : 25 Oktober 2021

## LAPORAN HASIL UJI

Report of Analysis

Halaman: 1 dari 2  
Page

<b>Tanggal Penerbitan:</b> 13 September 2022 <i>Date of time</i>	<b>Nomor Laporan:</b> 1043 /UN5.4.4.1/KPM/2022 <i>Report Number</i>
<b>Kepada:</b> Bima Surya Rafindra <i>To</i>	<b>Nomor Order:</b> KSB.SEM.22.08.32 <i>Order Number</i>

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

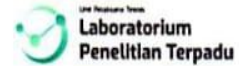
<b>Nama Sampel:</b> <i>Name of the Sample(s)</i> - Plat baja	<b>Untuk Parameter Uji: Uji SEM</b> <i>For Analysis</i>
<b>Tanggal Analisis:</b> 13 September 2022 <i>Date of Analysis</i>	<b>Tanggal Penerimaan:</b> 09 September 2022 <i>Received on</i>
<b>Hasil:</b> Terlampir <i>Results</i>	

4/13/2022  
Kepala UPT Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara  
  
Ir. Rani Karolina, ST., MT., IPM  
NIP. 198203182008122001

Laporan Hasil Uji ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.  
*Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.*  
**Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini tanpa persetujuan tertulis dari UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU.**  
*Do not reproduce this certificate without a valid written approval from UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU*



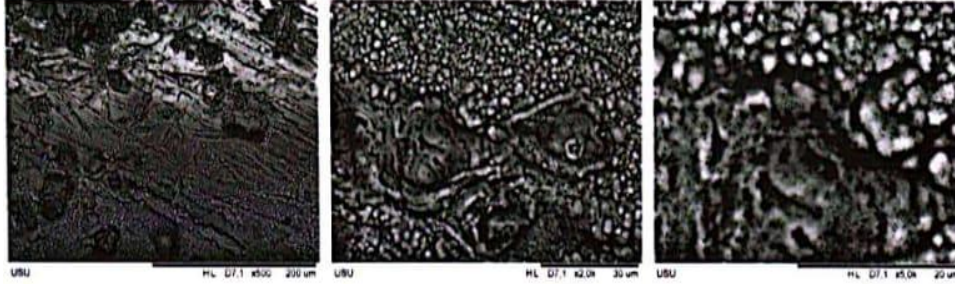
**UNIT PELAKSANA TEKNIS**  
**LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU**  
**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**  
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155  
Laman: [lpterpadu.usu.ac.id](http://lpterpadu.usu.ac.id) Email: [lpterpadu@usu.ac.id](mailto:lpterpadu@usu.ac.id)



No. Dokumen : FM-PP-03-06  
Revisi : 00  
Tanggal Efektif : 25 Oktober 2021

Halaman: 2 dari 2  
Page

Lampiran Hasil Uji No. Laporan: 1013 /UN5.4.4.1/KPM/2022:




15/09/22  
Kepala UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara  
  
Ir. Rahmi Carolina, ST., MT., IPM  
NIP. 198203182008122001

Laporan Hasil Uji ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.  
*Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.*  
Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini tanpa persetujuan tertulis dari UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU.  
*Do not reproduce this certificate without a valid written approval from UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU*



UNIT PELAKSANA TEKNIS  
LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155  
Laman: lpterpadu.usu.ac.id Email: lpterpadu@usu.ac.id

 Laboratorium  
Penelitian Terpadu  
No. Dokumen : FM-PP-03-06  
Revisi : 00  
Tanggal Efektif : 25 Oktober 2021

LAPORAN HASIL UJI  
Report of Analysis

Halaman: 1 dari 2  
Page

Tanggal Penerbitan: 10 November 2022 Date of time	Nomor Laporan: 296 /UN5.4.4.1/KPM/2022 Report Number
Kepada: Bima Surya Rafindra To	Nomor Order: KSB.SEM.22.10.35 Order Number

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

Nama Sampel: Name of the Sample(s)  -Baja Karbon Rendah	Untuk Parameter Uji: UJI SEM For Analysis
Tanggal Analisis: 10 November 2022 Date of Analysis	Tanggal Penerimaan: 08 November 2022 Received on
Hasil: Terlampir Results	

Kepala UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara

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

Laporan Hasil Uji ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.  
Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.  
Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini tanpa persetujuan tertulis dari UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu USU.  
Do not reproduce this certificate without a valid written approval from UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu USU



UNIT PELAKSANA TEKNIS  
LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155  
Laman: lpterpadu.usu.ac.id Email: lpterpadu@usu.ac.id

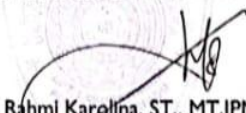


Halaman 2 dari 2  
Page

Lampiran Hasil Uji No. Laporan: 1236 /UNS.4.4.1/KPM/2022:



Kepala UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara

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



UNIT PELAKSANA TEKNIS  
LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155  
Laman: lpterpadu.usu.ac.id Email: lpterpadu@usu.ac.id



Unit Pelaksana Teknis  
**Laboratorium  
Penelitian Terpadu**

No. Dokumen : FM-PP-03-06  
Revisi : 00  
Tanggal Efektif : 25 Oktober 2021

## LAPORAN HASIL UJI

Report of Analysis

Halaman: 1 dari 2  
Page

Tanggal Penerbitan: 13 September 2022 Date of time	Nomor Laporan: 1643 /UN5.4.4.1/KPM/2022 Report Number
Kepada: Bima Surya Rafindra To	Nomor Order: KSB.SEM.22.08.32 Order Number

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa:

The undersigned certifies that examination

Nama Sampel: Name of the Sample(s) - Plat baja	Untuk Parameter Uji: Uji SEM For Analysis
Tanggal Analisis: 12 Januari 2023 Date of Analysis Hasil: Terlampir Results	Tanggal Penerimaan: 17 Januari 2023 Received on

4/13/23  
Kepala UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara  
  
Ir. Rahmi Carolina, ST., MT., IPM  
NIP. 198203182008122001

Laporan Hasil Uji ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.  
Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.  
Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini tanpa persetujuan tertulis dari UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu USU.  
Do not reproduce this certificate without a valid written approval from UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu USU

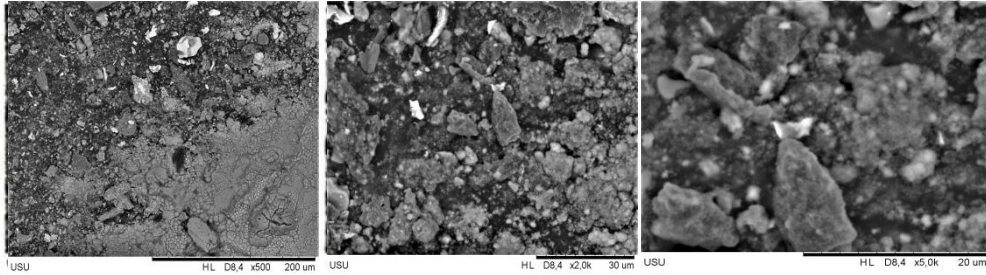


UNIT PELAKSANA TEKNIS  
LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155  
Laman: lpterpadu.usu.ac.id Email: lpterpadu@usu.ac.id

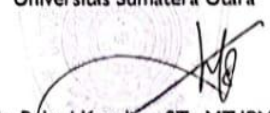


Halaman 2 dari 2  
Page

Lampiran Hasil Uji No. Laporan: 1236/UNS.4.4.1/KPM/2022:



Kepala UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara

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

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

“ Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon Rendah Di Kota Medan ”

Nama : Bima Surya Rafindra  
NPM : 1807230030

Dosen Pembimbing : Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	5 November 2021	Perubahan Surat kepada Dosen pembimbing	q
2.	12 Januari 2022	Perbaikan latar belakang, Rumusan masalah, melisankan sumber dari Jurnal	q
3.	29 maret 2022	Perbaikan pada daftar isi, Diagram alir, dan prosedur Penelitian.	q
4.	31 maret 2022	Perbaikan pada Bab III waktu penelitian.	q

Ace Simpro qh.  
Affandi

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

"Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon Tinggi di Kota Medan"

Nama : Bima Surya Rafindra

Npm : 1807230030

Dosen Pembimbing : Affandi S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	26 Agustus 2022	Perbaiki BAB 4 menambah kan laju korosi	q
2	11 November 2022	Perbaiki nilai grafik laju korosi	q
3	17 November 2022	Perbaiki Hitungan laju korosi	q
4	20 Desember 2022	Perbaiki Marasi Pada Pembahasan	q
5	10 Januari 2023	Perbaiki Gambar Perubahan bentuk spesimen (Sem)	q
6	25 Januari 2023	Perbaiki BAB 5 kesimpulan	q
7	Ace	Seminar Hasil	q



## SK PEMBIMBINGAN



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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 83/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631001  
<https://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

### PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGIHJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 116/IL.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 27 Januari 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : BIMA SURYA PRATAMA  
Npm : 1807230030  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : 1X ( Sembilan )  
Judul Tugas Akhir : PERKEMBANGAN BENTUK KOROSI PADA BAJA KARBON TINGGI  
DI KOTA MEDAN .  
Pembimbing : AFFANDI 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 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.

27 Januari 2023 M  
1444 H



Munawar Alfansury Siregar, ST, MT  
NIDN: 0101017202

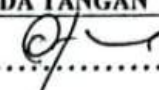

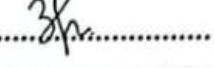






## BERITA ACARA SEMINAR

<b>DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK – UMSU TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023</b>

Peserta seminar

Nama : Bima Surya Rafindra  
 NPM : 1807230070  
 Judul Tugas Akhir : Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon Tinggi Di kota Medan .

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – : Affandi ST. MT	:  .....
Pembanding 1 : Ahmad Marabdi Siregar ST.MT	:  .....
Pembanding 11 : Riadini Wanty LubiS ST. MT	:  .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1707230040	ELGA NABHAWATI	
2	1807230064	M. FAYI Sanubai HPP	
3	1807230145	ARBIHD	
4	1807230059	Hayya Dastanta Pinem	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 09 Rajab H  
31 Januari 2023 M

Ketua Prodi. T.Mesin

  
 Chandra A Siregar.S.T.M.T

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

---

Nama : Bima Surya Rafindra  
NPM : 1807230070  
Judul T.Akhir : Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon Tinggi Di Kota Medan.

Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar ST. MT  
Dosen Pembanding - II : Riadini Wanty Lubis ST. MT  
Dosen Pembimbing : Affandi ST. MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - *tambahkan prosedur* .....
  - *tambahkan kesimpulan* .....
  - .....
  - .....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 09 Rajab H  
31 Januari 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I



Ahmad Marabdi Siregar ST.MT

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

---

Nama : Bima Surya Rafindra  
NPM : 1807230070  
Judul T.Akhir : Perkembangan Bentuk Korosi Pada Baja Karbon Tinggi Di Kota Medan.


Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar ST. MT  
Dosen Pembanding - II : Riadini Wanty Lubis ST. MT  
Dosen Pembimbing : Affandi ST. MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - Perbaiki standar Baja Karbon tinggi: .....*Chandra A*
  - Perbaiki Judul Penelitian: .....
  - Catatan Dosen Penguji II Judul Penelitian lebih di Perbaiki.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

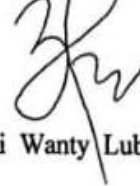
Medan 09 Rajab H  
31 Januari 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II



Riadini Wanty Lubis ST. MT