

TUGAS AKHIR – TL184834

PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFER MENGGUNAKAN LOGAM UJI Fe, Cu, DAN Cr PADA WILAYAH KOTA SURABAYA

RETNO ERI SETYANINGSEH
NRP. 0251184000067

Dosen Pembimbing
Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
198205262012121002
Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D.
197801132002121003

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022



TUGAS AKHIR – TL184834

**PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFER MENGGUNAKAN
LOGAM UJI Fe, Cu, DAN Cr PADA WILAYAH KOTA
SURABAYA**

RETNO ERI SETYANINGSEH
NRP. 0251184000067

Dosen Pembimbing
Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
NIP. 19820526201212100
Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197801132002121003

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL184834

MAPPING OF ATMOSPHERIC CORROSIVENESS USING METAL TEST Fe, Cu, AND Cr IN THE SURABAYA CITY AREA

RETNO ERI SETYANINGSEH
NRP. 0251184000067

Advisor
Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
NIP. 19820526201212100
Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197801132002121003

Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(This page is intentionally left blank)

LEMBAR PENGESAHAN

PEMETAAN KOROSIVITAS ATMOSFER MENGGUNAKAN LOGAM UJI Fe, Cu, DAN Cr PADA WILAYAH KOTA SURABAYA

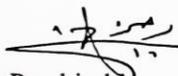
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **RETNO ERI SETYANINGSEH**
NRP. 0251184000067

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.


Pembimbing

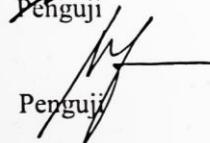
2. Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D


Ko-Pembimbing

3. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc. (Eng), PhD


Penguji

4. Mas Irfan Purbawanto Hidayat, S.T., M.Sc., PhD


Penguji



SURABAYA
Juli 2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPROVAL SHEET

MAPPING OF ATMOSPHERIC CORROSIVENESS USING METAL TEST Fe, Cu, AND Cr IN THE SURABAYA CITY AREA

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree of bachelor of engineering at
Undergraduate Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : **RETNO ERI SETYANINGSEH**
NRP. 0251184000067

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.


Advisor

2. Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D


Co-Advisor

3. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc. (Eng), PhD


Examiner

4. Mas Irfan Purbawanto Hidayat, S.T., M.Sc. PhD


Examiner



SURABAYA
July, 2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Retno Eri Setyaningseh/0251184000067
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing/NIP : Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc./
198205262012121002

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFER MENGGUNAKAN LOGAM UJI Fe, Cu, DAN Cr PADA WILAYAH KOTA SURABAYA” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 7 Juli 2022

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Mahasiswa



(Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.)
NIP. 198205262012121002

(Retno Eri Setyaningseh)
NRP.0251184000067

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student/NRP : Retno Eri Setyaningseh /0251184000067
Departement : Materials and Metallurgical Engineering FTIRS-ITS
Advisor/NIP : Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc./
198205262012121002

Hereby declare that the Final Project with the title of "MAPPING OF ATMOSPHERIC CORROSIVENESS USING METAL TEST Fe, Cu, AND Cr IN THE SURABAYA CITY AREA" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 7 Juli 2022

Acknowledged
Advisor

Student



(Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.)
NIP. 198205262012121002



(Retno Eri Setyaningseh)
NRP.0251184000067

(This page is intentionally blank)

PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFER MENGGUNAKAN LOGAM UJI Fe, Cu, DAN Cr PADA WILAYAH KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa / NRP : Retno Eri Setyaningseh / 0251184000067
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing : Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
Ko-Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D.

Abstrak

Perkembangan industri di Indonesia yang terus berkembang setiap tahunnya menyebabkan pencemaran udara yang terus meningkat. Udara yang tercemar seiring berjalannya waktu akan menjadi penyebab terjadinya korosi. Korosi merupakan kerusakan material logam karena bereaksi dengan lingkungannya. Produk korosi dari setiap logam berbeda-beda. Logam Fe ketika terkorosi akan membentuk Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 . Sedangkan pada logam Cu akan membentuk produk korosi berupa Cu^{2+} , CuO dan Cu_2O serta untuk logam Cr menghasilkan korosi berupa Cr^{2+} , Cr^{3+} , CrO_4^{2-} , dan CrO_2 . Penelitian ini akan memetakan tingkat korosifitas di empat wilayah Kota Surabaya yaitu Surabaya Timur, Selatan, Utara, dan Barat dengan mendapatkan data laju korosi sebagai upaya dalam mengurangi kerusakan yang ditimbulkan akibat korosi. Sehingga penelitian ini dilakukan dengan penyebaran material uji dalam kurun waktu 60 hari pada empat wilayah di Surabaya. Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan metode weight loss serta pengujian XRD untuk dibandingkan tingkat korosifitas antara logam Fe, Cu, dan Cr. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan laju korosi paling tinggi pada logam Fe dan Cu sebesar 12,8231 mpy dan 3,42873 mpy yang diuji pada wilayah Surabaya Barat pada kecamatan Benowo (B1). Selain itu, nilai laju korosi paling tinggi pada logam Cr adalah sebesar 4,78299 mpy yang diuji pada wilayah Surabaya Barat pada kecamatan Tandes (B2). Rata-rata laju korosi pada semua logam terjadi di Surabaya bagian Barat yang merupakan kawasan industri yang menghasilkan polutan sehingga dapat mempercepat laju korosi. Sedangkan laju korosi terendah pada Logam Fe sebesar 2,9131 mpy yang berada pada Surabaya bagian Barat Kecamatan Tandes. Pada logam Cu dan Cr, laju korosi terendah bernilai 2,0673 mpy yang berada pada Surabaya bagian Utara.

Kata Kunci: *Atmosfer, Korosi, Pemetaan, Surabaya, Weight Loss*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MAPPING OF ATMOSPHERIC CORROSIVENESS USING METAL TEST Fe, Cu, AND Cr IN THE SURABAYA CITY AREA

Student Name / NRP : Retno Eri Setyaningseh / 02511840000067
Department : Material and Metallurgical Engineering
Advisor : Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc.
Co-Advisor : Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D.

Abstract

The development of industry in Indonesia, which continues to grow every year, causes air pollution to continue to increase. Polluted air over time will be the cause of corrosion. Corrosion is the deterioration of metallic materials because they react with their environment. The corrosion products of each metal are different. When Fe metal is corroded, it will form Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 . Meanwhile, Cu metal will form corrosion products in the form of Cu^{2+} , CuO , and Cu_2O , and for Cr metal it will produce corrosion in the form of Cr^{2+} , Cr^{3+} , CrO_4^{2-} , dan CrO_2 . This study will map the level of corrosiveness in four areas of Surabaya City, namely East, South, North, and West Surabaya, by obtaining corrosion rate data in an effort to reduce the damage caused by corrosion. So this research was conducted by distributing the test material over a period of 60 days in four areas in Surabaya. Furthermore, calculations were carried out using the weight loss method and XRD testing to compare the corrosiveness of Fe, Cu, and Cr metals. Based on the results of the study, the highest corrosion rates were found for Fe and Cu metals of 12.8231 mpy and 3.42873 mpy which were tested in the West Surabaya area in Benowo sub-district (B1). In addition, the highest corrosion rate value for Cr metal is 4.78299 mpy which was tested in the West Surabaya area in the Tandes sub-district (B2). This is because West Surabaya is an industrial area that produces pollutants so that it can accelerate the corrosion rate. Meanwhile, the lowest corrosion rate for Fe is 2,9131 mpy which is located in the western part of Surabaya, Tandes District. For Cu and Cr metals, the lowest corrosion rate is 2.0673 mpy which is in the northern part of Surabaya

Keywords: *Atmospheric, Corrosion, Mapping, Surabaya, Weight Loss*

(This page is intentionally left blank)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah atas berkat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Alhasil penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir berjudul “Pemetaan Korosifitas Atmosfer Menggunakan Logam Uji Fe, Cu, dan Cr Pada Wilayah Kota Surabaya” dengan lancar tanpa halangan dan hambatan yang berarti. Hal ini tidak luput dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Tubagus Noor Rohmannudin, S.T., M.Sc. dan Bapak Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala ilmu dan bimbingan selama keberlangsungan tugas akhir hingga selesai.
2. Bapak Wikan Jatimurti, S.T.,M.Sc. , selaku dosen wali yang memberikan arahan selama masa perkuliahan.
3. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS.
4. Bapak/Ibu dosen dan tenaga pendidik yang telah membimbing, memberikan ilmu, dan memberikan bantuan selama masa perkuliahan.
5. Orang tua, keluarga, dan sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan dan do’a. Penulis menyadari bahwa penelitian tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk kehidupan manusia kedepannya.

Surabaya, 25 Juli 2022
Penulis



Retno Eri Setyaningseh
NRP. 0251184000067

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	iii
Abstrak.....	xiii
Abstract.....	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Logam-logam	3
2.1.1 Tembaga.....	3
2.1.2 Besi.....	5
2.1.3 Kromium	9
2.2 Lingkungan Atmosfer	11
2.3 Korosi.....	12
2.3.1 Korosi Atmosfer.....	13
2.3.2 Faktor Penyebab Korosi.....	14
2.4 Kondisi Geografis Surabaya.....	16
2.5 Metode Perhitungan Weight Loss	17
2.6 Penelitian Sebelumnya	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Bahan Penelitian.....	19
3.2 Alat Penelitian	19
3.3 Diagram Alir	19
3.3.1 Preparasi Material Uji	20
3.3.2 Penyebaran Material Uji di Lingkungan Atmosfer	21
3.4 Pengujian.....	21
3.4.1 Metode Visual Makro	22
3.4.2 Metode <i>Weight Loss</i>	22
3.4.3 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	22
3.5 Rancangan Penelitian	23
3.6 Jadwal Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Pengujian Visual Makro.....	25
4.2 Pengujian <i>Weight Loss</i>	27
4.3 Perhitungan Laju Korosi	27
4.4 Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	28
4.5 Data Tambahan	31
4.6 Peta Korosi Surabaya	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	43
UCAPAN TERIMA KASIH.....	59
BIODATA PENULIS.....	61

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram Pourbaix Cu.....	4
Gambar 2. 2	Pola XRD produk korosi Cu pada daerah pesisir pantai.....	5
Gambar 2. 3	Pola XRD produk korosi Cu pada daerah pedesaan dan perkotaan-industri.....	5
Gambar 2. 4	Diagram Pourbaix Fe.....	8
Gambar 2. 5	Variasi komposisi kristalinitas dari setiap lapisan korosi pada lingkungan reklamasi air tanpa perlakuan (a) dan dengan perlakuan khusus (b) (L: <i>Lepidocrocite</i> , γ -FeOOH; G: <i>Goethite</i> , α -FeOOH; C: <i>Calcite</i> , CaCO ₃ ; F: Fe (OH) ₃ ; M: <i>Magnetite</i> , Fe ₃ O ₄ ; H: <i>Hematite</i> , Fe ₂ O ₃ ; GR: <i>green rust</i> (CO ₃ , SO ₄ atau PO ₄).....	9
Gambar 2. 6	Diagram Pourbaix Cr.....	10
Gambar 2. 7	Hasil XRD logam yang mengandung kromium pada pH rendah.	11
Gambar 3. 1	Diagram Alir Percobaan	20
Gambar 3. 2	Peta Lokasi Uji Pada Wilayah Kota Surabaya.....	21
Gambar 3. 3	XRD Analytical	22
Gambar 4. 1	Laju Korosi logam Fe, Cu, dan Cr.....	28
Gambar 4. 2	Hasil XRD logam Fe sebelum dan setelah pemetaan	29
Gambar 4. 3	Hasil XRD logam Cu sebelum dan setelah uji pemetaan	30
Gambar 4. 4	Hasil XRD logam Cr sebelum dan setelah uji pemetaan	31
Gambar 4. 5	Peta Korosifitas Atmosfer logam Fe di Surabaya.....	34
Gambar 4. 6	Peta Korosifitas Atmosfer logam Cu di Surabaya.....	34
Gambar 4. 7	Peta Korosifitas Atmosfer logam Cr di Surabaya.....	35

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan laju korosi dari berbagai karakteristik daerah pengujian	18
Tabel 3. 1 Rancangan Penelitian	23
Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian	23
Tabel 4. 1 Permukaan logam Fe, Cu, dan Cr pada lingkungan atmosfer setelah 70 hari	25
Tabel 4. 2 Data Weight Loss logam Fe, Cu, dan Cr pada uji pemetaan	27
Tabel 4. 3 Data pH air hujan pada Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat	31
Tabel 4. 4 Data rata-rata suhu udara pada Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat	32
Tabel 4. 5 Jumlah intensitas hujan pada Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat	Error! Bookmark not defined.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki perkembangan industri yang cukup pesat pada setiap tahunnya. Salah satu industri yang memiliki perkembangan cukup besar adalah di bidang manufaktur. Hal ini berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2021) yang mencatat perkembangan sektor industri manufaktur mencapai 7,07% (Kementerian Perindustrian, 2020). Dampak yang ditimbulkan diantaranya yaitu pendapatan ekonomi masyarakat yang meningkat seiring dengan meningkatnya penggunaan produk dalam negeri serta nilai investasi yang terus meningkat. Selain memberikan dampak positif dari segi ekonomi, perkembangan industri ini juga dapat meningkatkan pencemaran udara dan *global warming* di daerah sekitar. Pada industri manufaktur yang menggunakan proses pembakaran biasanya menghasilkan debu atau gas sisa buangan yang dapat mencemari lingkungan atau udara. Seiring berjalannya waktu, pencemaran udara dari industri akan menjadi salah satu penyebab terjadinya korosi pada logam.

Korosi adalah kerusakan suatu material yang diakibatkan karena bereaksi dengan lingkungannya. Menurut Bagotsky (2006), korosi yang berasal dari bahasa latin *corrodere* terjadi secara spontan atau oksidatif dimana di bawah pengaruh lingkungan terjadi kerusakan logam (Bagotsky, 2008). Faktor yang sangat mempengaruhi terjadinya korosi adalah lingkungan yang diantaranya yaitu besarnya pH, tingginya temperatur, kelembaban udara, serta oksigen pada lingkungan. Pada setiap tempat memiliki kondisi lingkungan yang berbeda yang nantinya akan turut mempengaruhi besarnya laju korosi pada daerah tersebut. Laju korosi merupakan kecepatan terjadinya penurunan kualitas suatu bahan terhadap waktu (Cicek, 2014). Tingkat ketahanan suatu logam terhadap korosi berbeda-beda bergantung dengan kondisi lingkungan dan logam itu sendiri. Korosi adalah salah satu proses penting yang pasti terjadi pada suatu logam. Hal ini menjadi salah satu penyebab perlunya mengenal karakteristik suatu logam untuk meminimalisir terjadinya laju korosi.

Korosi biasanya menyerang beberapa logam diantaranya Fe, Cu, dan Cr. Ketika mengalami korosi, logam Fe akan terurai menjadi ion besi sehingga akan membentuk dua jenis produk korosi yaitu Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Apabila diamati, besi akan tampak berwarna kecoklatan atau berkarat yang merupakan hasil dari korosi. Selain itu, sifat mekanik dari besi akan mengalami penurunan terutama dari segi kekuatan (Cicek, 2014). Sedangkan Cu menghasilkan produk korosi berupa Cu^{2+} , CuO, dan Cu_2O . Sementara itu, logam Cr menghasilkan produk korosi berupa Cr^{2+} , Cr^{3+} , CrO_4^{2-} , dan $Cr_2O_7^{2-}$. Fe merupakan salah satu bagian yang penting dalam bidang teknik yang dapat digunakan sebagai paduan untuk aplikasi di bidang konstruksi, bahan kerja, dan pesawat. Berdasarkan sifatnya, Fe merupakan salah satu jenis logam ferrous. Selain itu, terdapat jenis logam nonferrous yang salah satu contohnya adalah logam Cu dan Cr. Cu memiliki sifat yang ulet, mudah dibentuk, dan berfungsi sebagai penghantar panas yang baik sehingga dapat digunakan untuk konduktor listrik, alat solder, kerajinan tangan, dan bahan dasar pembuatan kuningan. Sekitar 70% dari semua kromium digunakan dalam pembuatan baja tahan karat. Aplikasi baja tahan karat hampir tidak ada habisnya, termasuk badan mobil dan truk, penutup kapal, bagian struktural bangunan dan jembatan, suku cadang peralatan minyak dan kimia, kabel listrik, suku cadang mesin, peralatan makan dan peralatan masak, bala bantuan dan ban. Kegunaan lain dari kromium adalah elektroplating dan pembuatan batu bata tahan api.

Dalam beberapa wilayah di Indonesia, terdapat beberapa kota yang perlu diperhatikan tingkat korosinya berdasarkan curah hujan serta kualitas udara. Salah satunya adalah kota Surabaya yang memiliki indeks kualitas udara sebesar 154 pada tahun 2021 versi IQAir.

Berdasarkan data dari Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah (Bappeda), Surabaya yang terletak pada $7^{\circ}9'-7^{\circ}21'$ lintang selatan dan $112^{\circ}36'-112^{\circ}57'$ bujur timur, dengan sebagian besar wilayah Kota Surabaya merupakan dataran rendah yang memiliki ketinggian 3-6 meter di atas permukaan laut, serta sebagian lagi pada sebelah Selatan merupakan kondisi perbukitan dengan ketinggian 25-50 meter di atas permukaan laut mempengaruhi kondisi klimatologi kota Surabaya sendiri (Bappeda, 2020). Secara umum, kota Surabaya memiliki iklim tropis dengan dua musim yaitu musim kemarau (Mei-Oktober) dan musim penghujan (November-April). Berdasarkan data dari Stasiun Meteorologi Juanda, suhu rata-rata berkisar antara $27,04^{\circ}\text{C}$ hingga $29,06^{\circ}\text{C}$. Sedangkan kelembaban rata-rata antara 70,94% hingga 86%. Kondisi penyinaran matahari tahunan pada tahun 2020 berkisar antara 40,89 hingga 99%. Curah hujan yang dimiliki kota Surabaya berkisar antara 2,5 mm/tahun-655,2 mm/tahun dengan curah hujan tertinggi pada bulan Desember yaitu mencapai 655,2 mm (Badan Pusat Statistik Surabaya, 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, tingkat korosifitas yang berada di empat wilayah Surabaya yaitu Surabaya Utara, Barat, Timur, dan Selatan perlu diteliti lebih lanjut dengan menggunakan metode *Weight Loss* pada logam Fe, Cu, dan Cr agar dapat meminimalisir terjadinya korosi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang dianalisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat korosifitas logam Fe, Cu, dan Cr pada daerah Surabaya Utara, Surabaya Barat, Surabaya Timur, dan Surabaya Selatan?
2. Bagaimana cara memetakan pengaruh tingkat korosifitas logam Fe, Cu, dan Cr terhadap kondisi geografi daerah Surabaya Utara, Barat, Timur, dan Selatan

1.3 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Internal corrosion sebelum pengujian dianggap nol
2. Massa jenis diabaikan

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis tingkat korosifitas logam Fe, Cu, dan Cr pada daerah Surabaya Utara, Surabaya Barat, Surabaya Timur, dan Surabaya Selatan.
2. Memetakan pengaruh tingkat korosifitas logam Fe, Cu, dan Cr terhadap kondisi geografi daerah Surabaya Utara, Barat, Timur, dan Selatan

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mendapatkan data laju korosi dan menentukan tingkat korosifitas untuk tiap daerah Surabaya Barat, Utara, Timur, dan Selatan sebagai upaya untuk melakukan pencegahan korosi dalam rangka mengurangi dampak kerusakan yang ditimbulkan. Serta sebagai rujukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya dalam pencegahan dan pengendalian korosi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam-logam

Logam merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan aplikasinya untuk berbagai bidang seperti peralatan atau konstruksi bangunan. Material khususnya logam memiliki karakteristik dan sifat yang berbeda-beda yang ditentukan berdasarkan komposisi penyusun material tersebut. Sifat material yang penting untuk diolah menjadi berbagai macam aplikasi yaitu sifat untuk menerima beban kerja (*load*), tahan terhadap kondisi lingkungan, dan sifat mampu tempa. Lingkungan yang berubah-ubah akan mempengaruhi sifat ketahanan yang dimiliki oleh material khususnya logam (Huda, 2020).

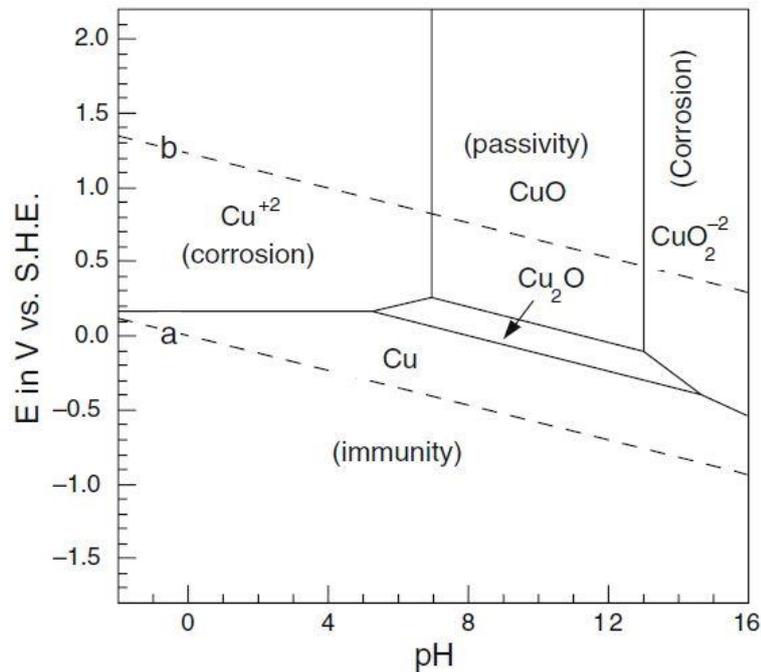
Deret volta adalah suatu urutan logam berdasarkan potensial elektrodanya. Logam-logam yang masuk dalam deret volta diantaranya Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, (H₂O), Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au. Apabila logam memiliki potensial elektroda berada di sebelah kanan, maka logam tersebut memiliki nilai yang lebih positif, sedangkan unsur logam dengan potensial elektroda yang terletak disebelah kiri memiliki nilai yang lebih negatif. Pada urutan deret volta, logam semakin ke kiri maka unsur logam tersebut akan semakin reaktif yang artinya semakin mudah dalam melepas elektron. Namun sebaliknya, jika semakin ke kanan suatu unsur logam maka akan semakin kurang reaktif atau semakin sulit dalam melepas elektron (Mubarak et al., 2020).

Bahan logam dapat dibagi menjadi dua yaitu logam ferrous dan nonferrous. Logam ferrous merupakan salah satu paduan logam atau unsur yang memiliki komposisi antara campuran karbon dan besi (Fe). Sementara itu, logam nonferrous merupakan logam yang komposisinya tidak mengandung unsur besi seperti tembaga (Cu) dan kromium (Cr) (Aswardi et al., 2019). Logam-logam tersebut akan dijelaskan bersamaan dengan kemampuannya dalam menghadapi kondisi lingkungan khususnya korosi seperti pada subbab berikut:

2.1.1 Tembaga

Pada kondisi alami, tembaga hadir bersama dengan beberapa elemen seperti timbal, nikel, perak dan seng. Secara umum, tembaga digunakan pada bidang industri sebagai logam murni dan paduannya. Ketahanan semua tingkat tembaga terhadap korosi atmosfer tergolong baik, karenanya penggunaan logam ini sangat luas untuk penggunaan atap dan benda yang memiliki kontak dengan sebagian besar air. Kemampuan untuk membentuk lapisan pelindung yang berasal dari lapisan oksida tembaga memungkinkan pengaplikasiannya pada industri yang menggunakan konsep tahan air seperti perpipaan, pengairan dan lain-lain (Francis, 2011). Tembaga memiliki ketahanan korosi yang tergantung pada beberapa aspek untuk pengaplikasiannya yaitu:

- Paparan atmosfer seperti sistem atap dan aplikasi arsitektur lainnya.
- Sistem perpipaan
- Aplikasi pada bidang kelautan yang melibatkan jalur suplai, *heat exchanger*, dan perangkat keras yang mana memiliki ketahanan terhadap air laut.
- Peralatan pada proses industri dan pabrik kimia yang melibatkan paparan untuk berbagai macam bahan kimia organik maupun anorganik.



Gambar 2. 1 Diagram Pourbaix Cu (McCafferty, 2010)

Diagram Pourbaix tembaga lebih mulia dan stabil jika dibandingkan dengan diagram Pourbaix besi. Tembaga tidak pasif atau membentuk lapisan pasif pada larutan asam. Lapisan oksida dari tembaga, Cu^+ dan Cu^{2+} hanya akan terbentuk dan melindungi pada larutan asam lemah dan elektrolit basa. Daerah imun diperluas diatas garis (a) pada Gambar 2.1 menunjukkan evolusi oksigen. Jika potensial tembaga dibuat lebih mulia, maka akan terkorosi pada kondisi asam menengah atau asam kuat. Tembaga juga akan terkorosi pada basa kuat jika potensial oksidasinya tinggi (Ahmad, 2006).

Reaksi oksidasi terjadi pada potensial elektroda di atas garis (a) untuk evolusi hidrogen. Reaksi spesifik yang terjadi pada kondisi tersebut:



atau



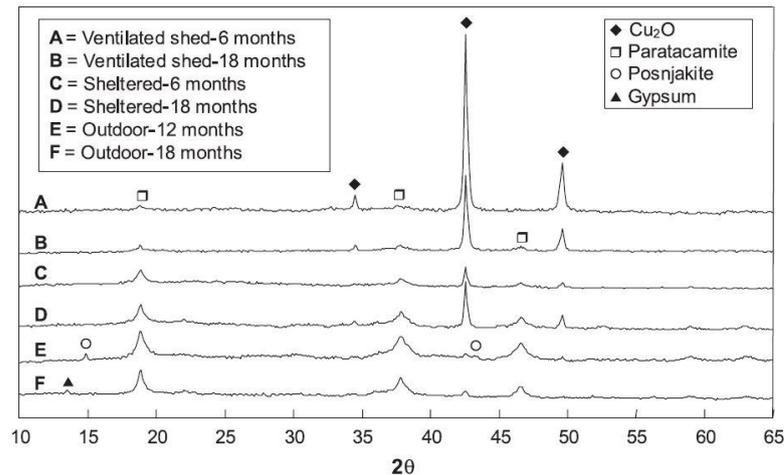
Akan tetapi, reaksi tersebut sulit terjadi karena tembaga tidak dapat dioksidasi oleh ion hidrogen atau molekul air untuk memproduksi gas H_2 (hal tersebut karena produk H_2 tidak stabil pada daerah dimana Cu^{2+} atau Cu_2O berada). Sehingga reaksi yang mungkin terjadi yaitu:



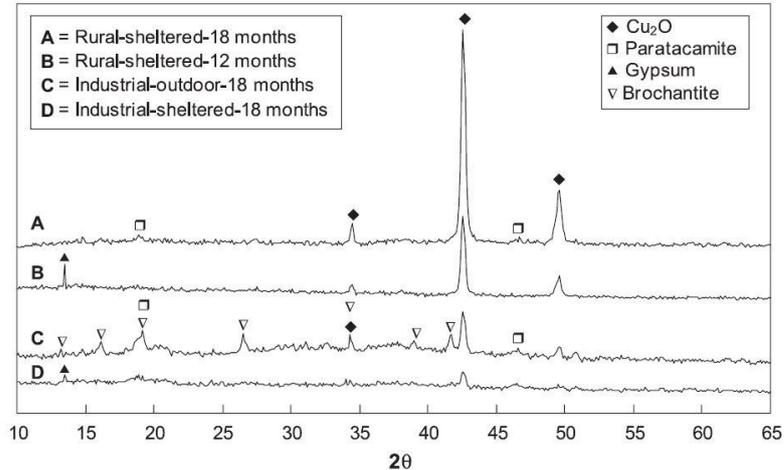
Tembaga memiliki produk korosi yang cenderung melindungi dari pengaruh korosi. Karakteristik yang dimiliki oleh tembaga salah satunya adalah memiliki konduktivitas dan ketahanan listrik yang baik sehingga sangat stabil pada kondisi atmosfer dan banyak digunakan pada industri bidang kelistrikan. Kelajuan korosi atmosfer dipengaruhi oleh polutan dan kelembaban udara (baik frekuensi atau lama terpaparannya dengan air) pada permukaan logam. Produk korosi yang muncul pada tembaga dipengaruhi oleh korosi atmosfer, komposisi pembentuk logam, derajat kristalinitas, serta higroskopisitas sehingga akan mempengaruhi morfologi dan komposisi produk korosi yang terbentuk baik di dalam atau di luar ruangan (Mendoza et al., 2004).

Secara umum produk korosi dari tembaga yang pertama kali muncul pada lapisan yang terpapar udara langsung adalah *cuprite* (Cu_2O). *Cuprite* terbentuk dari reaksi lambat dengan

polutan di udara seperti SO_2 dan CO_2 . Pada penelitian yang dilakukan untuk mengidentifikasi produk korosi dari fasa yang terbentuk pada tembaga di bawah atmosfer yang berbeda pada iklim tropis Cuban negara bagian Cuba. Kondisi atmosferik dibagi menjadi 3 daerah dan sistem yang berbeda yaitu pedesaan, perkotaan-industri, dan pesisir pantai serta sistem luar ruangan, shelter, dan gedung berventilasi. Ditemukan beberapa fasa utama yang muncul yaitu *cuprite* (Cu_2O), *paratacamite* ($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$), *posnjakite* ($\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and *brochantite* ($\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$) seperti pada **Gambar 2.2** dan **Gambar 2.3**:



Gambar 2. 2 Pola XRD produk korosi Cu pada daerah pesisir pantai(Mendoza et al., 2004)



Gambar 2. 3 Pola XRD produk korosi Cu pada daerah pedesaan dan perkotaan-industri(Mendoza et al., 2004)

2.1.2 Besi

Besi merupakan logam termasuk mineral dalam ukuran makro yang terdapat pada kerak bumi. Besi dapat larut dalam air dan membentuk ion Fe^{2+} atau Fe^{3+} . Di dalam air, pada keadaan tereduksi ion besi akan membentuk fero (memiliki valensi II). Jika terdapat oksigen sebagai bahan reduktor yang diperoleh dari udara maka bentuk fero akan teroksidasi menjadi feri (memiliki valensi III) sehingga dapat bereaksi menjadi oksida yang tidak larut(Purwoto & Nugroho, 2013). Secara umum, logam dapat menjadi katoda dan mengalami reaksi katodik. Hal tersebut karena logam mengalami reaksi reduksi sehingga memiliki potensial yang lebih positif. Berikut merupakan reaksi katodik pada korosi logam yaitu:

- a. Reduksi oksigen (asam) $O_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$ (2.4)
- b. Reduksi oksigen (basa) $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ (2.5)
- c. Evolusi hidrogen (asam) $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (2.6)
- d. Evolusi hydrogen (basa) $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (2.7)
- e. Deposisi logam $M^{2+} + 2e^- \rightarrow M$ (2.8)
- f. Reduksi ion logam $M^{3+} + e^- \rightarrow M^{2+}$ (2.9)

Sebaliknya ketika logam mengalami reaksi oksidasi, logam akan bertindak sebagai anoda dan mengalami reaksi anodik. Logam juga akan memiliki nilai potensial yang lebih negatif. Berikut merupakan reaksi anodik pada korosi logam yaitu:

- a. Korosi logam $M \rightarrow Mn^+ + ne^-$ (2.10)
- b. Oksidasi ion ferrous $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$ (2.11)
- c. Evolusi oksigen $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ (2.12)

Jika sebuah batang besi terpapar udara yang lembab dimana udara bertindak sebagai elektrolit, ion Fe^{2+} akan dilepaskan dari anoda melalui proses oksodasi dan ion OH^- akan dilepaskan dari katoda dari katoda pada permukaan logam. Kedua ion positif dan negatif tersebut akan bergabung membentuk $Fe(OH)_2$ yang dikenal dengan karat. Sifat dari $Fe(OH)_2$ ini yaitu tidak larut dalam air dan terpisah dari larutan elektrolit. Pembentukan $Fe(OH)_2$ dapat dilihat pada persamaan berikut:



Untuk detail reaksi yang terjadi pada korosi berbasis material besi dapat dilihat pada persamaan berikut (Fontana, 1986):

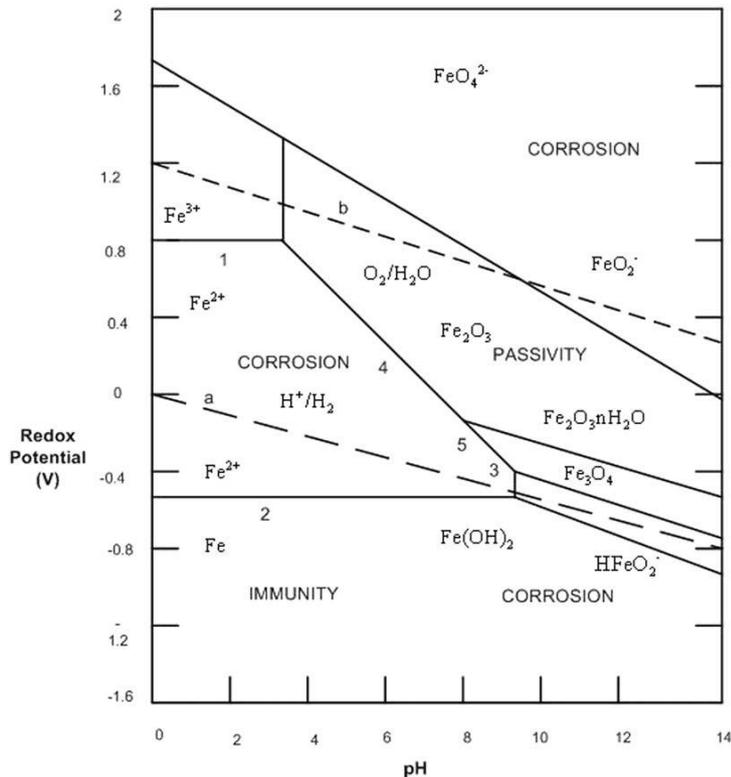
- (1) $Fe + H_2O \rightarrow FeO + 2H^+ + 2e^-$ [membentuk satu lapisan daerah FeO]
- (2) $Fe + 2H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e^-$
- (3) $3FeO$ [berwarna hitam] + $H_2O \rightarrow Fe_3O_4$ [magnetit] + $2H^+ + 2e^-$
- (4) $2Fe_3O_4 + H_2O \rightarrow 3(\gamma\text{-}Fe_2O_3)$ [berwarna coklat] + $2H^+ + 2e^-$
- (5) $2(\gamma\text{-}Fe_2O_3)$ [berwarna coklat] + $3H_2O \rightarrow 6(\gamma\text{-}FeOOH)$ (oksida kekuningan)

Diagram potensial vs pH atau yang disebut dengan diagram Pourbaix menunjukkan tingkat kestabilan logam sebagai fungsi dari potensial dan pH. Diagram ini dapat dianalogikan sebagai diagram kestabilan fasa dimana berbagai fasa ditunjukkan sebagai fungsi temperatur dan komposisi material penyusun logam. Pada temperatur dan komposisi logam tertentu, fasa stabil dapat ditentukan dengan mudah. Dan juga pada kombinasi pH dan potensial, fasa stabil pada kesetimbangan dapat ditentukan dari diagram Pourbaix. Pada diagram Pourbaix, potensial redoks dari sistem korosi diplot sebagai garis vertikal dan pH sebagai garis horizontal. Diagram ini dibentuk berdasarkan persamaan Nernst dan data kelarutan dari logam dan spesiesnya pada kesetimbangannya seperti Fe, Fe_2O_3 , $Fe(OH)_2$, Fe_3O_4 dan lain-lain (Ahmad, 2006).

Diagram Pourbaix dapat dibuat untuk semua elemen. Pembagian daerah untuk plottingan pH-potensial pada diagram ini dibagi menjadi daerah imun, korosif dan pasivasi. Kegunaan dari diagram untuk memprediksi dari kecenderungan logam untuk terkorosi. Karakteristik dari diagram Pourbaix ini yaitu:

1. pH diplot sebagai garis horizontal dan potensial redoks E vs SHE diplot sebagai garis vertikal
2. Garis horizontal menunjukkan reaksi transfer elektron, bergantung pada potensial namun tidak bergantung pada pH.
3. Garis vertikal bergantung pada pH dan tidak menunjukkan transfer elektron, namun tidak bergantung pada potensial.
4. Slop atau garis miring menunjukkan potensial reduksi dari larutan pada kesetimbangan bersamaan dengan hidrogen dan oksigen, kesetimbangan tersebut menunjukkan transfer elektron dan perubahan pH.
5. Konsentrasi dari ion logam diasumsikan menjadi 10^{-6} mol per liter larutan.
6. Diagram dihitung pada kondisi kesetimbangan 25°C
7. Ujung atas sumbu potensial redoks adalah bagian awal dan bagian bawah, serta bagian aktif yang menunjukkan meningkatnya daya pengoksidasi dengan meningkatnya potensial.
8. Garis hidrogen dan oksigen ditunjukkan dengan garis putus-putus.

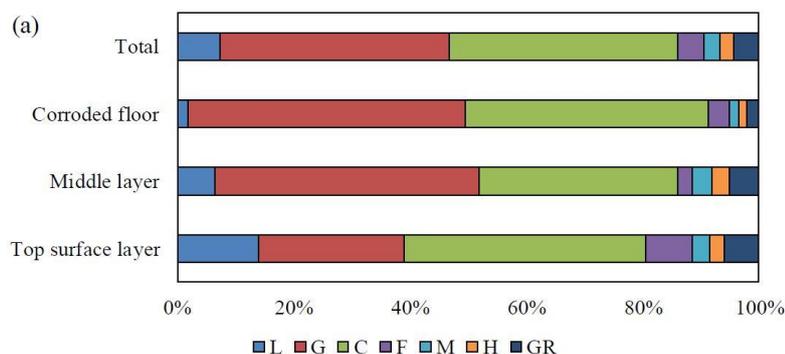
Daerah imun untuk diagram Pourbaix Fe seperti terlihat pada Gambar 2.4 ditunjukkan ketika berada pada fasa Fe murni. Pada daerah ini, korosi tidak akan terjadi. Selanjutnya untuk daerah korosif berada pada fasa dimana logam Fe berubah menjadi spesies terlarutnya yaitu pada fasa Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Korosi sangat mungkin terjadi pada daerah tersebut. Untuk bagian yang terakhir yaitu daerah pasivasi ditunjukkan pada spesies yang kontak langsung dengan larutan disepanjang batas dimana korosi tidak dapat terus berlanjut jika tahan dan melekat kuat. Lapisan oksida yang terbentuk pada permukaan logam seperti Fe_2O_3 atau Fe_3O_4 yang akan melindungi permukaan logam pada kondisi tersebut. Terbentuknya lapisan oksida ini akan melindungi logam dan menciptakan ketahanan logam terhadap korosi.

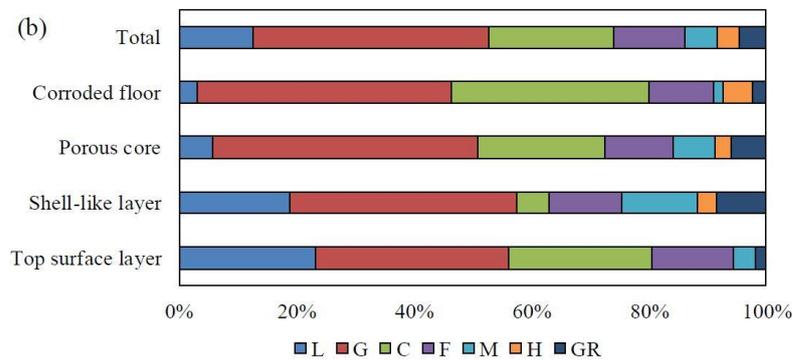


Gambar 2. 4 Diagram Pourbaix Fe(Ahmad, 2006)

Metode pengujian XRD banyak digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal yang terbentuk pada kemungkinan produk korosi di permukaan logam seperti besi atau baja. Yang termasuk oksida besi yaitu *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), *maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) and *ferrous oxide* (FeO), and *iron hydroxides* termasuk *goethite* ($\alpha\text{-FeOOH}$), *lepidocrocite* ($\gamma\text{-FeOOH}$), *ferrous hydroxide* ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) and *ferric hydroxide* ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) menunjukkan sebagian besar dari produk korosi. Produk korosi lain dari besi yang dapat ditemukan namun dalam jumlah sedikit sekali yaitu karat hijau tipe I (mengandung Cl) dan karat tipe II (mengandung S) bersamaan dengan *siderite* (FeCO_3).

Pada percobaan yang dilakukan oleh Jin (2015) menggunakan besi cor untuk mengetahui morfologi dan karakteristik korosi yang terjadi pada besi cor di lingkungan air reklamasi dari limbah industri(Jin et al., 2015). Besi cor yang digunakan mengandung Fe murni dengan konsentrasi 94-95% dan lainnya merupakan unsur campuran seperti unsur C (3,15-3,30%), Si (2.1-2.6%), Mn (0.5-0.8%), P (0.3%), dan S (0.15%). Untuk mendapatkan data terkait hasil produk korosi, pada percobaan ini dilakukan pengujian XRD dengan parameter tertentu.





Gambar 2. 5 Variasi komposisi kristalinitas dari setiap lapisan korosi pada lingkungan reklamasi air tanpa perlakuan (a) dan dengan perlakuan khusus (b) (L: *Lepidocrocite*, γ -FeOOH; G: *Goethite*, α -FeOOH; C: *Calcite*, CaCO_3 ; F: $\text{Fe}(\text{OH})_3$; M: *Magnetite*, Fe_3O_4 ; H: *Hematite*, Fe_2O_3 ; GR: *green rust* (CO_3 , SO_4 atau PO_4)(Jin et al., 2015)

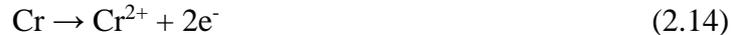
Pada Gambar 2.5 menunjukkan variasi komposisi kristal dari setiap lapisan korosi pada air reklamasi yang telah diberi perlakuan dan air reklamasi biasa. Pada lapisan korosi dalam air reklamasi yang diberi perlakuan, lapisan atas utama terdiri dari CaCO_3 (41,6%), α -FeOOH (25,0%), dan γ -FeOOH (14%). Lapisan tengah terdiri dari α -FeOOH (45,4%), CaCO_3 (34,0%), dan sejumlah kecil γ -FeOOH (6,5%), sedangkan lapisan yang terkorosi terdiri dari α -FeOOH (47,5%), CaCO_3 (41,7 %), dan sejumlah kecil $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (3,7%). Dalam tuberkel korosi dalam air reklamasi biasa, γ -FeOOH (33,1%), CaCO_3 (24,2%) dan α -FeOOH (25,1%) ditemukan sebagai produk utama pada lapisan atas. Lapisan mirip cangkang mengandung α -FeOOH (38,7%), γ -FeOOH (18,9%), Fe_3O_4 (15,9%), dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (12,4%). Inti lapisan berpori terdiri dari α -FeOOH (45,3%), CaCO_3 (18,5%), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (11,60%), dan sejumlah kecil γ -FeOOH, Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , dan karat hijau (GR). Lapisan yang terkorosi terdiri dari α -FeOOH (43,3%), CaCO_3 (33,7%), dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (11,10%). Dapat dilihat secara umum lapisan korosi yang terbentuk pada kedua perlakuan sama-sama mengandung mineral besi (α -FeOOH dan γ -FeOOH) dan CaCO_3 , serta pada bentuk poros memiliki bagian Fe_3O_4 yang lebih dominan(Jin et al., 2015).

2.1.3 Kromium

Kromium merupakan salah satu logam urutan ke 24 pada tabel periodik yang memiliki sifat toksik dan memiliki ukuran atom rata-rata sebesar 52(Barnhart, 1997). Kromium terdapat pada lingkungan dan hadir sebagai spesies khususnya dalam bentuk kromium (III) dan kromium (IV) yang dibedakan berdasarkan tingkat toksisitasnya(Kimbrough et al., 1999). Kromium yang berada di lingkungan sebagai Cr(III) atau Cr(VI) memiliki toksisitas berdasarkan konsentrasi air dan mobilitas di lingkungan geologi yang berbeda bergantung pada keadaan oksidasinya. Karena toksisitas adalah fungsi dari keadaan oksidasi kromium dan konsentrasi airnya, sangat penting bahwa reaksi yang mengontrol keadaan oksidasi dan konsentrasi air harus dipahami(Guffie, 1989).

Karakteristik kimia yang dimiliki oleh kromium yang sangat penting untuk aplikasinya pada lingkungan yaitu bentuk dominan yang sering muncul secara alami dari kromium adalah bentuk oksida dengan tiga elektron valensi (oksida trivalen). Bentuk lain selain oksida trivalen akan berubah jika mengalami kontak langsung dengan lingkungan. Meskipun diletakkan pada lingkungan terbuka dimana secara termodinamika tidak stabil, kromium oksida trivalen sangat lambat untuk bereaksi(Barnhart, 1997).

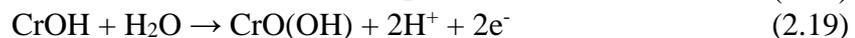
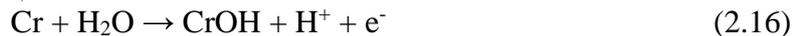
Kromium murni terpasivasi secara spontan di udara dan larutan yang berair. Pemisahan kromium secara sederhana yang terjadi pada kromium di dalam larutan asam sulfat dapat dilihat pada persamaan berikut:



Passivasi pada kromium dapat terjadi seperti persamaan berikut

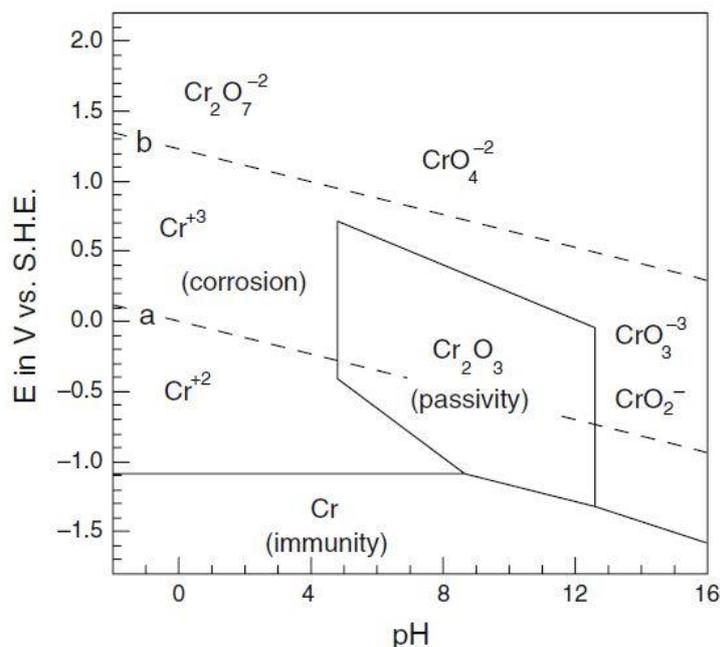


Pada pH yang berbeda secara melebar, pemisahan kromium tidak tergantung pada kecepatan disolusi dimana mekanisme passivasinya dapat terjadi sesuai dengan persamaan berikut (Dobbelaar & de Wit, 1990):



Baja paduan yang mengandung unsur kromium cenderung membentuk paduan bertipe *ferritic* karena kromium yang pada dasarnya merupakan *ferrite former*. Kandungan Cr yang tinggi dapat meningkatkan kemampuan ketahanan korosi dari baja paduan seperti pada proses pembuatan *stainless steel*. Ketahanan korosi tersebut disebabkan oleh terbentuknya lapisan oksida (Cr_2O_3) tipis pada permukaan baja sehingga dapat menurunkan laju korosi (Lumley, 2010).

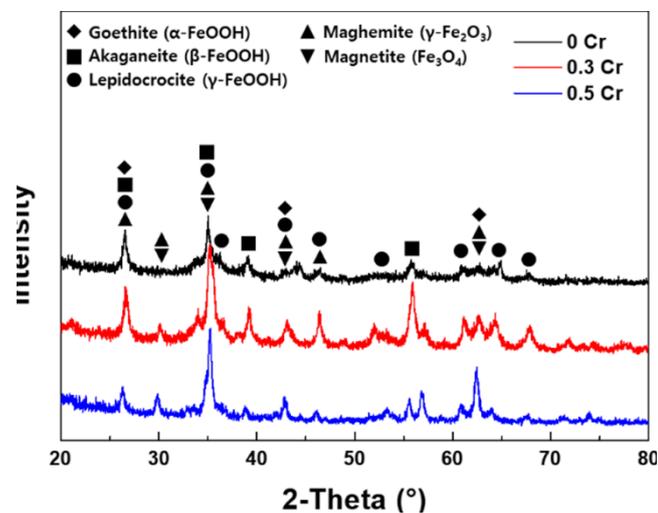
Namun, meskipun namanya *stainless steel* atau baja tahan karat dapat terjadi korosi pada baja jenis ini. Jenis korosi yang dapat terjadi pada *stainless steel* yaitu intergranular corrosion dimana baja paduan tersebut diekspos pada temperature $500-850^\circ\text{C}$ pada waktu yang cukup lama sehingga membuat kromium dan karbon akan berdifusi dan membentuk senyawa kromium karbida (Cr_{23}C_6) pada daerah batas butir. Jumlah kromium yang terdapat pada butir akan berkurang seiring dengan pembentukan kromium karbida tersebut, karbida akan terpresipitasi pada batas butir dan meningkatkan tegangan pada batas butir sehingga dapat menimbulkan *crack*. Inisiasi *crack* pada batas butir ini akan merambat di sepanjang batas butir yang akan menyebabkan kegagalan atau *fatigue* pada baja tersebut (Lumley, 2010).



Gambar 2. 6 Diagram Pourbaix Cr (McCafferty, 2010)

Pada diagram Pourbaix Cr, tingkat kepasifan atau kemampuan passivasi kromium dapat dihilangkan dengan meningkatkan potensial elektroda (pada pH tertentu). Misalnya, pada pH 7 dan potensial vs SHE 0,4 elektroda berada di daerah pasif. Namun, dengan meningkatkan nilai potensialnya, elektroda dapat digeser menjadi daerah korosif (sebagai ion kromat). Fenomena dimana korosi terjadi pada potensial elektroda tinggi (diluar passivasi) disebut *transpassive dissolution* atau pemisahan transpasif.

Baja yang mengandung kromium yang diletakkan pada kondisi atmosferik seperti lautan dalam hal ini direkayasa dengan menggunakan ion klorin sebagai pembuat pH rendah. Pada pH yang rendah, baja ini akan mengandung berbagai oksida logam seperti α -FeOOH (*goethite*), β -FeOOH (*akaganeite*), γ -FeOOH (*lepidocrocite*), γ -Fe₂O₃ (*maghemite*), dan Fe₃O₄ (*magnetite*). *Akaganeite* selalu mengandung ion Cl⁻ karena sebagai penstabil struktur laticenya. Oksida logam yang terbentuk teridentifikasi pada pengujian XRD seperti pada **Gambar 2.7**:



Gambar 2. 7 Hasil XRD logam yang mengandung kromium pada pH rendah(Cho, 2021).

2.2 Lingkungan Atmosfer

Lingkungan memegang peranan penting pada proses terjadinya korosi. Korosi dapat terjadi karena material khususnya logam bereaksi dengan lingkungannya. Lingkungan atmosfer memiliki beberapa parameter untuk memicu terjadinya korosi yaitu temperatur, kelembaban, curah hujan, radiasi matahari, kecepatan angin dan lain-lain. Selain itu, polutan di udara juga memiliki pengaruh besar terhadap terjadinya korosi seperti sulfur dioksida, hidrogen sulfida, nitrogen oksida, dan klorida(Syed, 2006).

Korosi atmosfer adalah degradasi material oleh udara dan polutan di udara. Secara khusus didefinisikan sebagai proses elektrokimia yang bergantung pada keberadaan elektrolit dapat disebabkan oleh: hujan, embun, kelembapan, atau salju yang mencair. Elektrolit yang umum adalah air adalah pelarut universal. Korosi atmosfer terjadi pada kondisi lembab di mana kelembaban relatif atmosfer melebihi kelembaban relatif keseimbangan di atas larutan saturasi pada permukaan logam(Schweitzer, 2006). Atmosfer dapat ditentukan dalam kategori berikut:

1. Lingkungan Pedesaan

Kategori ini biasanya paling bebas dari agen korosi yang agresif dan tidak mengandung kontaminan kimia, tetapi mengandung partikel organik dan anorganik. Ini karena penyebab utama korosi adalah kelembaban, oksigen, dan kadar karbon oksida yang rendah sehingga memungkinkan terjadinya korosi atmosferik(Salensky, 1987). Prinsip terjadinya korosi pada lingkungan ini secara umum yaitu disebabkan kelembaban,

sebagian kecil sulfur oksida (SO_x), karbon dioksida, dan amonia (NH_3). Karat menjadi jelas ketika kelembaban relatif melebihi nilai tertentu. Untuk udara bersih nilainya sekitar 70 persen. Lingkungan pedesaan umumnya tidak agresif terhadap logam. Daerah tropis pada umumnya sangat rentan terhadap korosi (Syed, 2006).

2. Lingkungan Industri

Terkait dengan industri berat, atmosfer industri ini mengandung konsentrasi belerang teroksidasi, klorida, fosfat, dan nitrat. Lingkungan ini sangat berpotensi untuk terjadinya korosi (Tullmin & Roberge, 2000). Hasil pembakaran kendaraan dan pabrik industri akan menghasilkan sulfur oksida (SO_x) dan nitrogen oksida (NO_x). Polutan udara ini mengendap di permukaan logam dan dapat menurunkan kelembaban relatif kritis (KRK) menjadi 60%, dimana titik KRK merupakan saat logam terkorosi. Lingkungan atmosfer ini didalamnya juga terkandung konsentrasi dari klorida, fosfat, hidrogen sulfat, amonia, dan garamnya (Syed, 2006).

3. Lingkungan Pantai

Atmosfer laut sangat korosif, dan tingkat erosi umumnya tergantung pada arah dan kecepatan angin serta jarak dari pantai (Ahmad, 2006). Tingkat korosifitas menurun dengan semakin jauhnya jarak dari pantai. Hal tersebut karena adanya garam yang terdapat di pantai. Garam yang terdeposit pada permukaan logam logam disebabkan oleh kabut laut dan hembusan angin. Kontaminasinya dapat membuat korosi pada lingkungan ini mencapai persentase sebesar 55% lebih. Lingkungan ini dicirikan oleh kedekatannya dengan laut dan udara sarat garam yang dapat menghasilkan kerusakan korosi yang sangat parah pada banyak bahan struktural, meningkatkan korosi galvanik, dan mempercepat kerusakan sistem lapisan pelindung. Atmosfer laut biasanya sangat korosif. Penyebab utama di atmosfer laut adalah ion klorida (Cl^-) yang berasal dari natrium klorida (Syed, 2006).

2.3 Korosi

Jika bagian tertentu dari logam berwarna kecoklatan dan kehilangan kilau, itu menunjukkan bahwa logam tersebut terkena karat. Produk korosi tidak hanya coklat, tetapi juga lainnya seperti seng putih dan belerang hijau. Ini lebih kasar saat disentuh daripada permukaan sebelumnya dan memiliki bintik-bintik di beberapa tempat. Situasi ini menunjukkan kerusakan material atau kualitas optik logam yang buruk. Penurunan kualitas bahan ini disebut korosi. Korosi dapat terjadi karena logam berkontak dengan lingkungan sekitarnya. Jika melihat pelat baja yang baru saja diletakkan di luar ruangan terkorosi. Karena udara mengandung oksigen, reaksi reduksi oksigen dimungkinkan. Logam selalu berusaha beradaptasi dengan lingkungannya untuk mencapai stabilitas, sehingga di luar ruangan, logam memancarkan elektron, yang ditangkap dan bereaksi dengan uap air (pengurangan oksigen). Reaksi oksidasi yang terjadi pada logam dan reaksi reduksi oksigen di udara terbuka menghasilkan pembentukan oksida logam berwarna coklat. Oksida logam ini biasa disebut korosi. Proses ini biasanya terjadi pada logam yang terendam air (Gapsari, 2017).

Korosi terjadi lebih cepat pada logam di mana cat terkelupas. Logam yang dicat dirancang untuk melindungi logam agar tidak bereaksi terhadap lingkungan dengan mencegah kontak langsung. Korosi dapat digambarkan sebagai kerusakan material karena tidak murni mekanis. Ini bukan fenomena mekanis murni, karena dapat dilihat bahwa logam yang ditinggalkan di luar ruangan dapat menimbulkan korosi. Oleh karena itu korosi memiliki tiga aspek: material, reaksi dan lingkungan. Korosi dapat terjadi dari sisi manapun. Ada perbedaan potensial dari sudut pandang material. Dislokasi terjadi pada batas butir pada butir yang berbeda, pada arah yang berbeda, sehingga batas butir lebih mudah terkorosi. Arah yang dimaksud adalah orientasi

atom. Fase yang berbeda memiliki komposisi yang berbeda, yang juga dapat menyebabkan korosi. Demikian juga adanya pengotor, presipitasi dan pengerjaan logam. Pengaruh komposisi kimia material mempengaruhi korosi (Shreir, 2013).

Semua logam, termasuk baja tahan karat dan aluminium, rentan terhadap korosi di lingkungan yang agresif. Struktur kristal juga mempengaruhi korosi. Kurangnya keseragaman struktural dapat menyebabkan serangan mikrogalvanik pada bahan korosif. Ketika baja ditempatkan dalam larutan elektrolit, perbedaan potensial menyebabkan aliran elektron. Di daerah di mana material telah mengalami deformasi, korosi lebih mungkin terjadi karena partikel dalam material berubah bentuk dan posisinya. Proses korosi terjadi ketika dua logam dengan potensi yang berbeda bergabung dan menjadi satu dengan elektrolit. Permukaan logam yang mempunyai bentuk menyebabkan terjadinya korosi. Adanya kotoran pada permukaan material akan menyebabkan korosi karena terperangkapnya oksigen dalam material (Shreir, 2013).

Sejumlah kecil atau besar lingkungan air atau uap air mempengaruhi laju korosi logam. Reaksi ini tidak hanya terjadi antara logam dan oksigen, tetapi juga dengan uap air, sehingga terjadi reaksi elektrokimia. Udara sekitar juga mempengaruhi terjadinya korosi. Partikel padat yang terbawa aliran atau gas dapat mengikis cat yang membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Bagian yang rusak akibat erosi ini cenderung mengalami korosi terlebih dahulu ketika elektrolit terbentuk di permukaan. Suhu, kelembaban relatif, partikel abrasif, dan ion agresif di udara sekitar memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju korosi. Di udara bersih, *stainless steel* sangat rentan terhadap korosi (Gapsari, 2017).

2.3.1 Korosi Atmosfer

Korosi atmosfer dapat didefinisikan sebagai korosi material yang disebabkan karena berkontak dengan udara dan polutannya, daripada direndam dalam cairan. Korosi atmosfer selanjutnya dapat diklasifikasikan menjadi kering, lembab, dan kategori basah (Tullmin & Roberge, 2000). Lapisan kelembaban udara dibuat pada suhu tertentu dengan tingkat kelembaban kritis (sebagian besar oleh adsorpsi molekul air), sedangkan lapisan basah diasosiasikan dengan embun, semburan laut, air hujan, dan bentuk percikan air lainnya.

Korosi atmosfer terjadi pada dua logam yang disebabkan oleh proses elektrokimia karena terdapat perbedaan potensial diantara keduanya pada lingkungan yang mudah terpapar udara bebas. Indonesia berada pada garis khatulistiwa sehingga memiliki iklim yang tropis dengan kelembaban tinggi sehingga memiliki tingkat korosifitas yang tinggi dibandingkan dengan belahan bumi lainnya (Trethewey & Roberget, 1995). Logam dan paduan memiliki pengotor akibat proses pembuatan ataupun bereaksi dengan lingkungannya sehingga dapat menyebabkan terjadinya perbedaan struktur dan tegangan yang terdapat di dalam logam tersebut (Graedel, 2001).

Korosi atmosfer dapat terjadi pada lingkungan terbuka atau tertutup pada temperatur -18 hingga 70^oC dan memiliki tingkat korosifitas yang berbeda pada lingkungan yang berbeda. Jenis korosi ini dapat mempengaruhi penurunan kualitas logam akibat adanya pengaruh perubahan tekanan dan temperatur pada atmosfer (Trethewey & Roberget, 1995).

Terdapatnya banyak gas pencemar yang ada di lingkungan tergantung karakteristik lingkungan tersebut seperti lingkungan air laut banyak mengandung NaCl, lingkungan industri mengandung zat H₂S, NH₃, NO₂, dan lingkungan pedesaan yang banyak mengandung *Carbonyl Sulfida* (COS). Daerah-daerah tersebut dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis yaitu *Marine, Industrial, Tropical, Arctic, Urban, Rural*. Ketahanan masing-masing logam berbeda tergantung pada jenis material penyusunnya (Trethewey & Roberget, 1995).

2.3.2 Faktor Penyebab Korosi

1. Temperature

Dengan meningkatnya suhu, laju reaksi korosi meningkat. Hal ini karena semakin tinggi suhu, semakin tinggi energi kinetik partikel. Reaksi akan meningkat melebihi nilai energi aktivasi. Akibatnya, laju reaksi (korosi) juga lebih cepat dan ini juga berlaku sebaliknya (Rajahram et al., 2010). Temperatur memiliki peranan penting dalam terjadinya korosi atmosfer. Pengaruh yang diberikan oleh temperatur menyangkut dua aspek yaitu pengaruhnya terhadap kecepatan reaksi korosi secara langsung dan pengaruhnya terhadap pembentukan lapisan elektrolit (Cai et al., 2018).

Pada lingkungan atmosfer yang dinamis terjadi ketidakseragaman efek lingkungan yang berpengaruh pada laju korosi. Distribusi temperatur merupakan distribusi temperatur normal dan kelembaban relatif campuran. Kelembaban relatif tergantung pada perubahan temperatur dimana dikontrol oleh proses penguapan dan kondensasi uap air. Temperatur udara menentukan berapa kilogram uap air dapat dikandung oleh satu kilogram udara. Jika kelembaban mutlak konstan dan temperatur meningkat, kelembaban relatif menurun. Di satu sisi, lebih banyak uap air akan menguap dan meningkatkan kelembaban mutlak (Cai et al., 2018).

Logam atau baja memiliki tingkat ketahanan korosi yang berbeda-beda terhadap kelembaban udara di suatu lingkungan. Pada daerah yang memiliki tingkat pencemaran rendah dengan suhu yang stabil akan memiliki tingkat kelembaban yang relatif dibawah 100% sehingga baja dengan kemurnian yang tinggi akan sulit terkorosi. Tingkat kelembaban bergantung pada temperatur dan pengotor baik di udara maupun di dalam logam. Sifat higroskopis yang dimiliki logam menentukan kemampuan untuk mengkondensasi zat yang ada disekitarnya. Untuk meminimalisir terkondensasinya zat yang ada di udara untuk masuk kedalam logam maka diperlukan kontrol untuk menurunkan nilai tingkat kelembaban relatif dibawah 100% (Graedel, 2001).

Tingkat kelembaban dimana sulit terjadi korosi disebut Kelembaban Relatif Kritis (KRK). Nilai KRK untuk baja, tembaga, dan nikel antara 50-70% namun tidak akan berpengaruh apabila daerah dimana logam diletakkan memiliki tingkat pencemaran yang tinggi. Faktor lingkungan sangat mempengaruhi kepekaan suatu logam untuk terkorosi dimana iklim tropis sangat rentan untuk mengalami korosi karena kelembaban tinggi dan tekanan atmosfer besar serta faktor polusi dari luar (Graedel, 2001).

2. Oksigen

Oksigen dapat diserap dengan mudah dari udara ke dalam lapisan permukaan logam pada lingkungan yang bertindak sebagai elektrolit semisal lapisan air hingga jenuh. Kaitan antara oksigen dengan korosi atmosferik menjadi material yang terdeposisi ke dalam lapisan permukaan logam atau elektrolit penyebab terjadinya korosi. Beberapa senyawa yang termasuk material deposisi tersebut yaitu SO_x , NO_x , klorida, CO_2 , dan spesies lain dari elektrolit ataupun logam (Schweitzer, 2006).

Gas-gas yang terdapat di dalam atmosfer seperti CO_2 , SO_2 , NO_2 , HCl , dan lain-lain dapat menginisiasi dan mempercepat terjadinya korosi. Prosesnya yaitu gas tersebut akan terlarut dan terdeposisi ke dalam logam membentuk ion dengan jumlah tertentu dan spesies ion seperti H^+ , Cl^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , SO_4^{2-} dan lainnya (Saha, 2013).

3. Kecepatan alir fluida

Laju korosi cenderung meningkat dengan laju atau laju aliran fluida tumbuh besar. Hal ini terjadi karena adanya kontak antara reaktan dan logam. Itu semakin besar dan memancarkan lebih banyak ion logam. Logam menjadi rapuh atau terkorosi (Kim et al., 2003).

Fluida yang mengalir pada sebuah sistem seperti perpipaan memiliki kecepatan atau laju aliran yang akan mempengaruhi laju korosi dari material pipa tersebut. Laju korosi yang meningkat diakibatkan oleh turbulensi fluida dan perpindahan massa (dalam hal ini ion logam) dari aliran fluida di atas permukaan logam. Selain itu, aliran fluida dapat membawa partikel yang terdapat pada permukaan logam dan dapat bertabrakan secara fisik dengan material logam sehingga menyebabkan korosi (Sidiq, 2002).

Pada korosi atmosferik, fluida yang paling sering kontak langsung dengan logam yaitu angin. Kecepatan angin tipe dari aliran angin memberikan dampak yang nyata terhadap laju korosi atmosferik. Dimana kelajuan pengendapan kering didefinisikan sebagai perbandingan dari pengendapan senyawa gas dan konsentrasi senyawa di atmosfer (Schweitzer, 2006).

4. Waktu kontak

Aksi inhibitor diperlukan bisa menciptakan ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Ketika inhibitor ditambahkan ke dalam larutan. Akibatnya, laju reaksi akan berkurang sehingga inhibitor yang melindungi logam dari korosi akan bekerja lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam berdasarkan korosi akan hilang atau habis dalam saat tertentu, hal itu dikarenakan semakin usang waktunya maka inhibitor akan semakin habis bereaksi dengan larutan (Behpour et al., 2008). Laju korosi atmosfer berlangsung melalui tiga tahap atau periode yaitu periode induksi, periode transisi, dan periode stasioner. Selama periode induksi, logam ditutupi dengan lapisan oksida dan air yang terbentuk secara spontan. Oksida ini memberikan beberapa tingkat perlindungan, tergantung pada logam dan agresivitas atmosfer. Selama periode transisi, lapisan oksida berubah menjadi lapisan produk korosi yang berkembang penuh. Periode akhir atau stasioner dicirikan oleh permukaan yang sepenuhnya tertutup oleh produk korosi dan akhirnya mencapai sifat konstan sehubungan dengan komposisi kimia dan laju korosinya (Schweitzer, 2006).

Inhibitor di udara seperti kandungan debu akan berdampak pada ketahanan korosi suatu logam. Di kota-kota besar yang memiliki tingkat kepadatan yang tinggi memiliki kandungan debu sebesar 2 mg/m^3 dengan pada lingkungan industri hingga mencapai 1000 mg/m^3 atau bahkan lebih. Contoh dari debu yang menjadi inhibitor adalah butir-butir/paduan arang, oksida metal, H_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, dan NaCl . Gas hidrogen sulfida yang terkandung di udara yang tercemar dapat menyebabkan karat tarnish pada perak atau tembaga (Trethewey & Roberget, 1995).

5. pH

Hal ini berkaitan dengan pH atau keasaman dan kebasaan suatu zat larutan. Larutan asam sangat korosif terhadap logam, sehingga apabila logam dalam larutan asam akan menimbulkan korosi yang lebih cepat karena merupakan reaksi anoda. Sementara larutan yang bersifat basa bisa menyebabkan korosi pada reaksi katoda karena reaksi katoda selalu terjadi bersama dengan reaksi anoda (Davis, 2000).

Nilai pH menentukan sifat dari suatu material atau larutan. Material akan bersifat netral saat pHnya bernilai 7. Kemudian akan bersifat asam jika $\text{pH} < 7$ dan bersifat basa jika $\text{pH} > 7$. Pada logam besi, laju korosi akan rendah saat nilai pHnya berada di antara 7 dan 13. Namun, logam besi akan mengalami peningkatan laju korosi saat nilai $\text{pH} < 7$ dan $\text{pH} > 13$ (Donnez, 2007).

Korosi atmosferik berkaitan dengan perubahan kondisi lingkungan. Hujan merupakan salah satu faktor pengubah kondisi lingkungan karena bagian dari bentuk presipitasi dimana butiran air atau kristal es jatuh ke permukaan bumi (Djoko, 2019). Nilai pH air hujan normal berkisar antara 5 hingga 7 dan nilainya lebih besar dari pH saat terjadi hujan asam. Nilai pH dari hujan asam mencapai 2-3 karena pengaruh tingginya kadar gas sulfur oksida (SO_x) dan nitrogen

oksida (NO_x) di udara. Gas-gas tersebut berasal dari hasil emisi kegiatan industri, kendaraan bermotor, pembakaran batubara. Keberadaan gas NO_x (kadar sekitar 50%) dan SO_x (kadar sekitar 90%) dapat menghasilkan H_2S , HSO_3^- , H_2SO_4 , dan HNO_3 yang bersifat asam kuat sehingga dapat membuat pH dari air hujan menjadi turun nilainya (Dessy Gusnita, Tuti Budiwati, 2001).

2.4 Kondisi Geografis Surabaya

Posisi geografi sebagai permukiman pantai menjadikan Surabaya berpotensi sebagai tempat persinggahan dan permukiman. Mengingat peranan Surabaya yang sedemikian penting, gangguan genangan banjir yang melanda Surabaya pada setiap musim hujan sangatlah berdampak luas terhadap kelancaran roda perekonomian, kesehatan dan kenyamanan hidup masyarakat Kota Surabaya dan sekitarnya (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2001).

Topografi Kota Surabaya meliputi kota pantai dan dataran rendah antara 3-6 m di atas permukaan laut. Daerah perbukitan di Surabaya bagian selatan 20-30 m di atas permukaan laut. Temperatur Kota Surabaya cukup panas, yaitu rata-rata antara 22,60-34,10, dengan tekanan udara rata-rata antara 1005,2-1013,9 milibar dan kelembaban antara 42% - 97%. Kecepatan angin rata-rata perjam mencapai 12-23 km, curah hujan rata-rata antara 120-190 mm (Badan Pusat Statistik Surabaya, 2021).

Sementara itu pembangunan fasilitas perdagangan ritel dalam bentuk pertokoan dan perpasaran secara formal terlihat ditingkatkan pada saat pemerintahan Gemeente Soerabaia berjalan hingga tahun 1940 dan Surabaya mulai diperluas ke arah selatan. Fasilitas perdagangan yang tampak terbangun pada masa Gemeente Soerabaia antara lain, Tunjungan (*shopping street*), Pasar Pabean, Pasar Pegirian, Pasar Genteng, Pasar Tunjungan, Pasar Blauran. Memasuki tahun 2000, pemerintah mulai merancang dan menetapkan *Central Business District* (CBD) (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2001).

Surabaya adalah kota metropolitan kedua setelah Jakarta, Surabaya secara pola ruang perkembangannya terbagi menjadi:

1. Area permukiman vertikal baik berupa rumah susun (sederhana) maupun apartemen atau kondominium tersebar di hampir seluruh penjuru Kota Surabaya, sedangkan area permukiman diarahkan berkembang ke arah barat, timur dan selatan kota.
2. Area untuk kegiatan jasa dan perdagangan yang dipusatkan di kawasan pusat kota dan pusat-pusat sub kota dan unit pengembangan serta di kawasan yang ditetapkan menjadi kawasan strategis ekonomi antara lain di kawasan kaki Jembatan Suramadu dan kawasan Teluk Lamong.
3. Area untuk kegiatan industri dan pergudangan terkonsentrasi di kawasan pesisir utara di kawasan sekitar Pelabuhan Tanjung Perak dan Terminal Multipurpose Teluk Lamong, dan kawasan selatan kota yang berbatasan dengan wilayah Kabupaten Gresik dan Sidoarjo
4. Wilayah pesisir khususnya ruang darat dimanfaatkan untuk berbagai fungsi antara lain permukiman nelayan, tambak garam dan ikan, pergudangan, militer, industri kapal, pelabuhan, wisata pesisir sampai dengan fungsi kawasan lindung di Pantai Timur Surabaya serta terdapat aksesibilitas berupa jalan dan jembatan yang menghubungkan Kota Surabaya dan Pulau Madura (Jembatan Suramadu) dan Jembatan Sukolilo Lor – THP Kenjeran yang membuka akses di kawasan sisi timur laut Kota Surabaya.
5. Wilayah Ruang laut Surabaya selain dimanfaatkan untuk kegiatan pelayaran baik interinsulair maupun internasional, juga dikembangkan untuk kegiatan penangkapan ikan tradisional, wisata pantai di Kenjeran dan sekitarnya dan kawasan lindung laut di sekitar Pantai Timur Surabaya (Surabaya, 2000).

2.5 Metode Perhitungan Weight Loss

Logam dan nonlogam akan dibandingkan berdasarkan ketahanan korosinya. Untuk membuat perbandingan tersebut bermakna, laju serangan untuk setiap bahan harus dinyatakan secara kuantitatif. Laju korosi telah dinyatakan dalam berbagai cara dalam literatur: seperti persentase *weight loss*, miligram per sentimeter persegi per hari, dan gram per inci persegi per jam. ini tidak menunjukkan ketahanan korosi dalam hal penetrasi. Dari sudut pandang teknik, penipisan bagian struktural dapat digunakan untuk memprediksi umur komponen tertentu. Ekspresi mils per year adalah cara yang paling sering digunakan untuk menyatakan laju korosi. Metode *weight loss* ini mudah dihitung dari kehilangan berat spesimen logam selama dilakukannya uji korosi dengan rumus yang diberikan di bawah ini (Fontana, 1986):

$$mpy = \frac{534W}{DAT}$$

Dimana: W = weight loss (g)
D = density of specimen (g/cm^2)
A = area of specimen (cm^2)
T = exposure time (hr)

2.6 Penelitian Sebelumnya

Telah dilakukan beberapa penelitian dengan menggunakan berbagai metode untuk mengetahui laju korosi dan tingkat korosifitas dari berbagai daerah dan sampel seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sawitri dkk (2006) dengan menggunakan pelat logam (Fe 98,98%) yang dilapisi Sealants pada lingkungan garam dan asam dalam fog chamber (Sawitri & Budiono, 2006). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh tebal sealants terhadap laju korosi pada lingkungan asam sulfat dan garam (NaCl). Dilakukan pendekatan untuk sistem dengan menerapkan pH lingkungan asam (H_2SO_4) pada derajat keasaman 2,75; 3,00; dan 3,25 sesuai dengan cuplikan di daerah air hujan berpolutan tinggi. Laju korosi yang didapatkan yang paling rendah yaitu pada spesimen dengan tebal lapisan sealants 7 mils selama 534 jam pada lingkungan garam yaitu 0,012 mpy dan selama 420 jam pada lingkungan asam pH 3,00 yaitu 0,037 mpy.

Pada penelitian Sumarji dkk (2012) dilakukan perhitungan laju korosi pada baja karbon rendah ASTM A36 di daerah Jember yaitu tepatnya pada daerah Watu Ulo (tepi pantai), Gajah Mada (perkotaan), dan Rembangan (pegunungan) (Sumarji, 2012). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui laju korosi di lingkungan atmosfer pada kabupaten Jember. Laju korosi yang telah diketahui dapat dijadikan acuan untuk memperkirakan umur baja, proses pembuatan dan proteksi yang tepat guna mengurangi dampak kerugian akibat korosi. Pendekatan yang dilakukan dengan membuat sistem rak sesuai ASTM G50-76, penimbangan spesimen sesuai ASTM G1-90, dan pengeetsaan sesuai ASTM E 407-70. Hasil yang didapatkan yaitu diperoleh laju korosi tertinggi untuk masing-masing daerah yaitu pada Watu Ulo sebesar 2,62 mpy, daerah Gajah Mada sebesar 0,919 mpy, dan daerah Rembangan sebesar 0,844 mpy.

Selanjutnya pada penelitian Ridha dkk (2012) dilakukan perhitungan laju korosi pada logam ferrous dan non ferrous pada daerah yang terdampak tsunami Aceh 2004 yaitu pada Peukan Bada, Uleulheu, Lampulo dan Lingke (Ridha et al., 2012). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melakukan pemetaan korosi infrastruktur di kawasan sekitar pantai barat Aceh sebagai acuan pemilihan material konstruksi untuk infrastruktur. Bentuk spesimen yang digunakan untuk logam ferrous yaitu plat, strip, siku, segi empat, dan tulangan. Sementara untuk logam non ferrous berbentuk plat dan siku berjenis aluminium dan tulangan berjenis tembaga. Sistem dibuat dengan pendekatan seperti pembuatan rak menggunakan ASTM G-50,

proses pembersihan mekanik pada produk korosi, serta perhitungan laju korosi menggunakan ASTM G-1. Dari hasil penelitian yang diperoleh yaitu untuk laju korosi pada logam ferrous berada pada kisaran 0,035-0,714 mpy dan logam non ferrous berada pada kisaran 0,004-0,118 mpy. Kategori ketahanan korosi pada kedua jenis material tersebut berada pada daerah baik dan sangat baik sehingga dapat dikatakan aman untuk konstruksi infrastruktur.

Kemudian dilakukan penelitian oleh Nasoetion dkk (2012) dalam rangka memetakan tingkat korosifitas di daerah DKI Jakarta menggunakan perhitungan laju korosi (Nasoetion, 2012). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat korosifitas yang ada di DKI Jakarta dan dibandingkan dengan pengujian skala laboratorium. Pengujian dilakukan dengan menggunakan baja karbon merujuk pada struktur bangunan yang sering digunakan pada daerah tersebut. Untuk pengujian di skala laboratorium yaitu dengan pengujian kabut garam, pengujian kelembaban, dan pengujian sinar ultraviolet. Hasil yang didapatkan untuk daerah tepi pantai laju korosinya sebesar 3,66 mpy, daerah industri sebesar 2,01 mpy, daerah perkotaan sebesar 0,87 mpy, dan yang terakhir daerah pemukiman sebesar 0,99 mpy.

Tabel 2. 1 Perbandingan laju korosi dari berbagai karakteristik daerah pengujian (Nasoetion, 2012; Ridha et al., 2012; Sawitri & Budiono, 2006; Sumarji, 2012)

Material	Laju Korosi (mpy)	Lama Pengujian (jam)	Karakteristik Daerah Pengujian	Peneliti
Pelat Logam yang dilapisi Sealants	0,012 (garam), 0,037 (asam)	534 (garam), 420 (asam)	Lingkungan garam dan asam pH 3,00	Sawitri, dkk (2006)
Baja Karbon Rendah	2,62 (Watu Ulo), 0,919 (Gajah Mada), 0,844 (Rembangan)	4.032	Daerah Kabupaten Jember yaitu Watu Ulo (Tepi Pantai), Gajah Mada (Perkotaan), Rembangan (Pegunungan)	Sumarji, dkk (2012)
Logam Ferrous dan NonFerrous (Aluminium dan Tembaga)	0,247 (Ferrous), 0,048 (Nonferrous)	2.160	Daerah Tepi Pantai di Sekitar Aceh	M. Ridha, dkk (2012)
Pelat Baja Karbon Rendah	3,66 (Tepi Pantai), 2,01 (Industri), 0,87 (Perkotaan), 0,99 (Pemukiman)	504	Daerah Tepi Pantai, Industri, Perkotaan, dan Pemukiman di DKI Jakarta	Nasoetion, dkk (2012)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Adapun beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- | | |
|----------------------|---------|
| 1. Plat Besi (Fe) | 12 buah |
| 2. Plat Tembaga (Cu) | 12 buah |
| 3. Plat Kromium (Cr) | 12 buah |
| 4. Karton Plastik | 12 buah |
| 5. Isolasi | 1 buah |
| 6. Cat Besi | 50 cc |

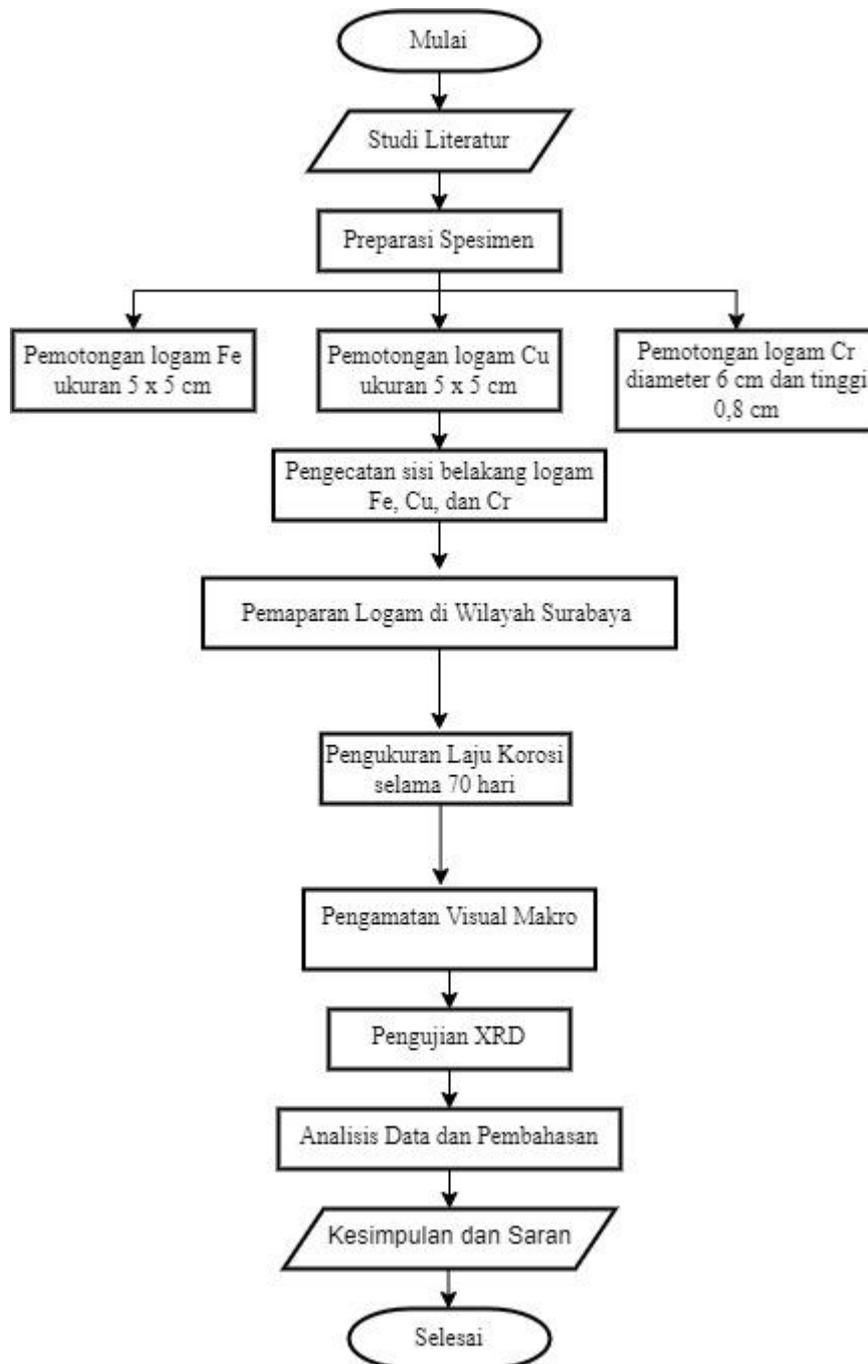
3.2 Alat Penelitian

Adapun beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- | | |
|----------------------|--------|
| 1. Gerinda | 1 buah |
| 2. Gunting | 1 buah |
| 3. Penggaris | 1 buah |
| 4. Spidol | 1 buah |
| 5. Kuas | 1 buah |
| 6. Sikat Gigi | 1 buah |
| 7. Timbangan Digital | 1 buah |

3.3 Diagram Alir

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

3.3.1 Preparasi Material Uji

Material uji dipersiapkan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pemotongan logam Fe dan Cu dengan ukuran panjang dan lebar 5x5 cm dengan masing masing logam sebanyak 12 buah. Sedangkan logam Cr dipotong dengan diameter 6 cm dengan tinggi 8 mm

2. Pada sisi belakang setiap logam dilapisi menggunakan cat besi yang bertujuan agar tidak terkorosi pada saat proses penelitian berlangsung.
3. Setiap logam ditimbang untuk memudahkan perhitungan laju korosi dengan metode weightloss.
4. Dari ke dua belas buah masing-masing jenis logam, digolongkan kedalam 12 grup. Setiap grup terdiri dari plat besi, plat tembaga, dan plat kromium masing-masing 1 buah.
5. Logam yang telah dikelompokkan kemudian ditempel pada karton plastik menggunakan isolasi.

3.3.2 Penyebaran Material Uji di Lingkungan Atmosfer

Pengujian dilakukan di empat wilayah Kota Surabaya, dengan masing-masing wilayah dipisah menjadi 3 tempat yang berbeda.

1. Pada wilayah Surabaya Utara spesimen diletakan di Kenjeran, Pabean, Semampir
2. Pada wilayah Surabaya Timur spesimen diletakan di Sukolilo, Gunung Anyar, Gubeng
3. Pada wilayah Surabaya Barat spesimen diletakan di Benowo, Tandes, Asemrowo
4. Pada wilayah Surabaya Selatan spesimen diletakan di Wonocolo, Gayungan, Wiyung



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Uji Pada Wilayah Kota Surabaya

3.4 Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan proses karakterisasi untuk mendukung penelitian ini sehingga dapat dikatakan berhasil atau tidak. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan akan dijelaskan pada subbab berikut:

3.4.1 Metode Visual Makro

Metode ini dilakukan dengan cara mengamati logam Fe, Cu, dan Cr secara visual agar dapat diketahui secara langsung perubahan permukaan logam sebelum dilakukan penyebaran dan setelah dilakukan penyebaran di wilayah Kota Surabaya.

3.4.2 Metode *Weight Loss*

Metode *Weight Loss* adalah metode yang dapat digunakan untuk menentukan laju korosi. Prinsip dari metode ini adalah menghitung massa material yang hilang setelah dilakukan pengujian sesuai dengan ASTM G 31-72. Dengan menghitung massa akhir logam yang telah dibersihkan dari oksida dan massa massa awal logam yang diambil dalam lingkungan korosif untuk jangka waktu tertentu. Dengan mengambil data tertentu seperti luas permukaan yang terpapar, waktu pemaparan, dan selisih massa logam yang diuji hingga laju korosi yang dapat dihasilkan.

3.4.3 *X-Ray Diffraction (XRD)*

Sinar-X adalah radiasi elektromagnetik berenergi tinggi yang menempatkan mereka di antara sinar- γ dan radiasi ultraviolet (UV) dalam spektrum elektromagnetik. Sinar gamma dan sinar-x pada dasarnya identik, sinar- γ agak lebih energik dan panjang gelombangnya lebih pendek daripada sinar-x. Sinar gamma dan sinar-x berbeda terutama dalam cara mereka dihasilkan dalam atom. Sinar-x dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dan elektron dalam kulit atom.

Pengujian *X-Ray Diffraction (XRD)* adalah metode pengujian untuk mengetahui senyawa atau unsur yang terbentuk dengan cara memanfaatkan difraksi sinar-X. Atom-atom penyusun senyawa menciptakan bidang menggunakan sudut eksklusif dan akan berinteraksi menggunakan sinar-X menciptakan pola pantulan atau pembiasan dampak pantulan partikel cahaya (foton) menggunakan sistem kristalnya. Sinar-X adalah galat satu bentuk radiasi elektromagnetik menggunakan panjang gelombang antara 0,5 hingga 2,5 Å serta mempunyai tenaga antara 200 eV-1 MeV. Panjang gelombang yg dimiliki sinar-X hampir sama menggunakan jeda antar atom pada kristal sebagai akibatnya membuatnya sebagai galat satu metode untuk menganalisis material. Sinar-X berdasarkan *x-ray tube* ditembakkan melalui lead screen ke sampel yg sudah dipreparasi. Berkas sinar-X akan terdifraksi & ditangkap sang detector & diterjemahkan pada bentuk kurva. Berikut merupakan mesin pengujian XRD.



Gambar 3. 3 XRD Analytical

3.5 Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian dan pengujian yang akan dilakukan pada masing-masing sampel ditunjukkan pada **Tabel 3.1** sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Persebaran di Surabaya	Logam	Pengujian		
		Visual Makro	Weight Loss	XRD
Timur	Fe (Besi)			
	Cu (Tembaga)	✓	✓	✓
	Cr (Kromium)			
Barat	Fe (Besi)			
	Cu (Tembaga)	✓	✓	✓
	Cr (Kromium)			
Selatan	Fe (Besi)			
	Cu (Tembaga)	✓	✓	✓
	Cr (Kromium)			
Utara	Fe (Besi)			
	Cu (Tembaga)	✓	✓	✓
	Cr (Kromium)			

3.6 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian pada percobaan kali ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

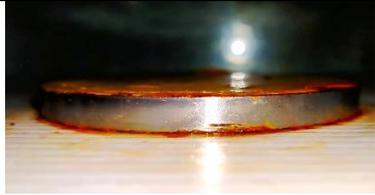
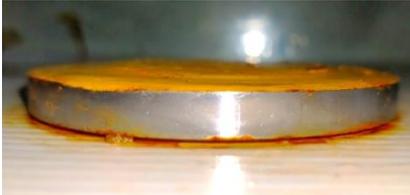
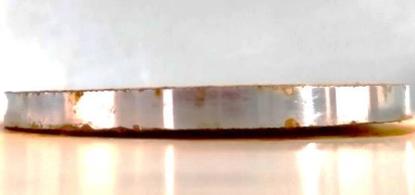
Kegiatan	Bulan																			
	Februari				Maret				April				Mei				Juni			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Asistensi	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Penyusunan Proposal	█	█	█	█																
Persiapan Alat dan Bahan	█	█	█	█																
Pemotongan Logam			█	█	█	█														
Pengecatan Logam			█	█	█	█														
Pengujian laju korosi									█	█	█	█	█	█	█	█				
Pengujian XRD																	█	█		
Penyusunan Laporan Akhir																	█	█	█	█

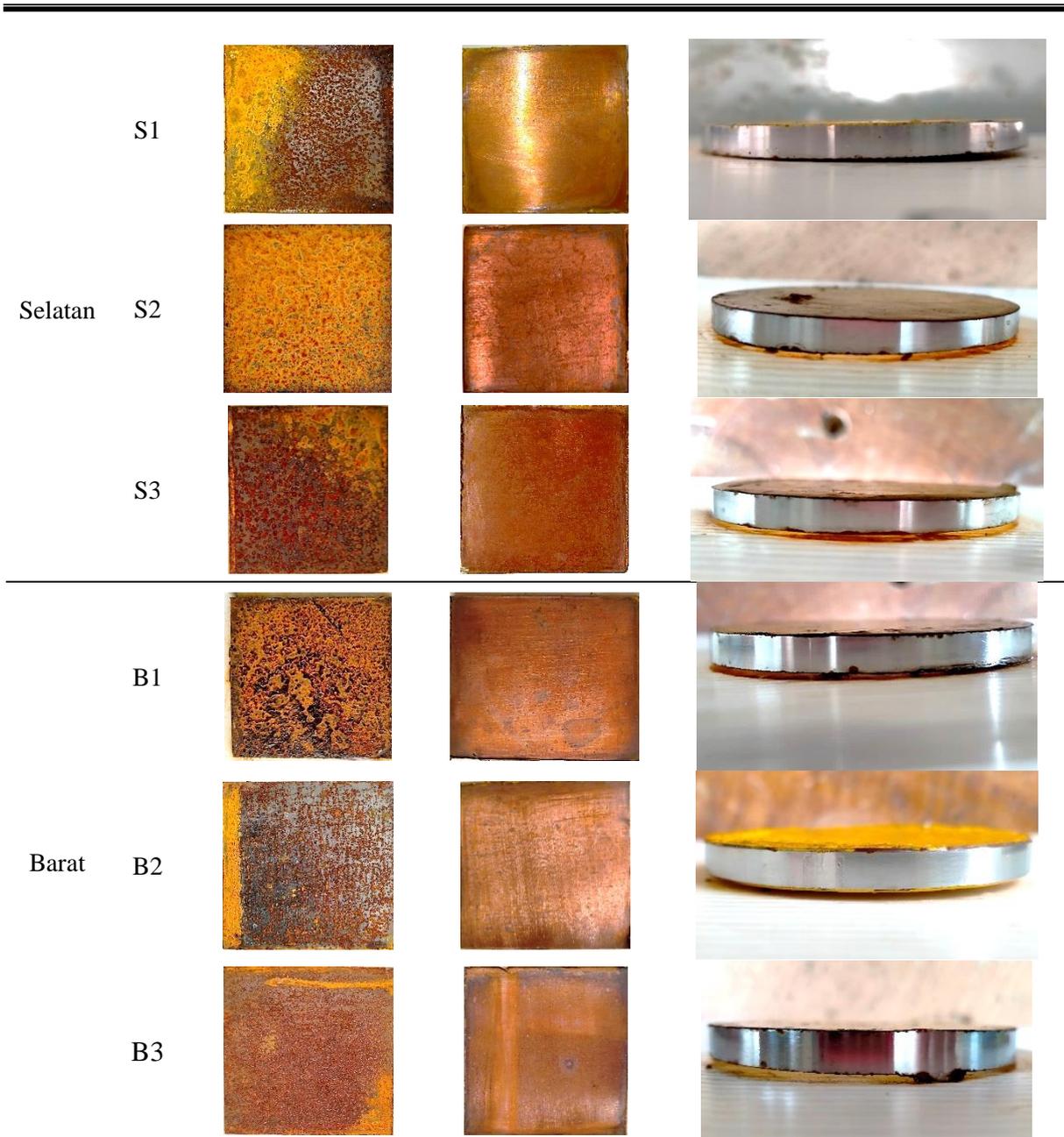
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Visual Makro

Pengujian visual makro dilakukan untuk mengamati perubahan pada permukaan logam yang mengalami korosi. Pengujian ini dilakukan setelah logam Fe, Cu, dan Cr dipaparkan selama 70 hari pada lingkungan atmosferik. Adapun hasil pengujian visual makro ditunjukkan pada **Tabel 4.1** sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Permukaan logam Fe, Cu, dan Cr pada lingkungan atmosfer setelah 70 hari

Lokasi	Fe	Cu	Cr	
Utara	U1			
	U2			
	U3			
Timur	T1			
	T2			
	T3			



Berdasarkan hasil pengujian visual makro, didapatkan bahwa logam Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) mengalami serangan korosi secara merata pada permukaannya. Korosi terjadi karena adanya suatu lapisan yang tipis nyaris tak terlihat yang terbentuk di permukaan suatu logam dengan kondisi atmosferic corrosion ketika level kristis kelembaban-nya telah tercapai (Utomo, 2015). Pada pengujian visual makro, dapat diamati perubahan permukaan dari masing-masing logam Fe, Cu, dan Cr. Pada logam Fe, korosi yang terjadi di alam dapat menghasilkan oksida besi Fe_3O_4 (Ma'rufah et al., 2019). Pada gambar 4.1 terdapat perubahan warna dan tekstur yang terjadi secara merata pada permukaan logam Fe. Tekstur logam Fe yang sebelumnya halus berubah menjadi kasar serta berwarna kuning kecoklatan pada permukaannya (Leonard, 2015). Sedangkan pada logam Cu terdapat perubahan warna pada permukaannya dari yang sebelumnya cerah dan mengkilap menjadi berwarna gelap serta terdapat bintik kecil. Hal ini terjadi karena pembentukan produk oksida Cu yang berupa CuO

dan Cu₂O (Setiawan et al., 2017). Pada logam Cr, perubahan warna akibat terjadinya korosi tidak terlalu nampak seperti pada logam Fe maupun Cu. Namun, permukaan logam Cr terlihat menjadi lebih kusam serta tidak nampak bersinar seperti saat sebelum dilakukan pemetaan korosi. Terjadinya perubahan warna ini adalah sebagai bentuk suatu produk korosi (karat).

4.2 Pengujian *Weight Loss*

Pengujian *weight loss* digunakan untuk mengukur perubahan massa logam selama 70 hari. Pengujian ini dilakukan dengan cara menimbang massa awal logam hingga massa akhir logam sehingga akan didapatkan selisih massa pada tiap-tiap logam. Data massa logam disajikan pada **Tabel 4.2** sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Data *Weight Loss* logam Fe, Cu, dan Cr pada uji pemetaan

Lokasi		Weight Loss (gram)		
		Besi	Tembaga	Kromium
Utara	U1	0.2945	0.0902	0.2130
	U2	0.3201	0.0919	0.1743
	U3	0.2093	0.0979	0.2612
Timur	T1	0.1560	0.1227	0.2390
	T2	0.3181	0.1319	0.1977
	T3	0.1797	0.1054	0.2711
Selatan	S1	0.2109	0.0908	0.2073
	S2	0.2129	0.1174	0.2359
	S3	0.1750	0.1238	0.2356
Barat	B1	0.4908	0.1496	0.2524
	B2	0.1115	0.0914	0.4202
	B3	0.2756	0.1102	0.2253

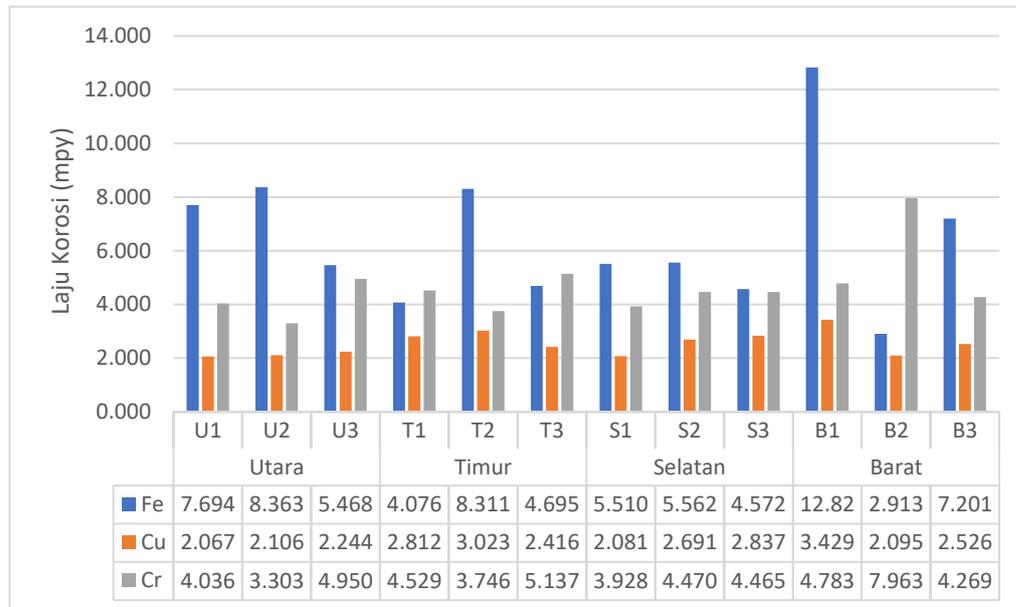
Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa logam yang kehilangan massa paling besar adalah logam Fe. Sedangkan logam yang memiliki nilai kehilangan massa terkecil adalah logam Cu. Selain itu, dari tabel tersebut juga dapat disimpulkan bahwa nilai *weight loss* paling tinggi adalah ketika logam Fe dan Cu berada pada Surabaya bagian Barat kecamatan Benowo yang masing-masing nilainya sebesar 0.4908 gram dan 0.1496 gram. Sedangkan nilai *weight loss* paling tinggi pada logam Cr sebesar 0.4202 gram yang diletakkan di Surabaya bagian Barat kecamatan Tandes. Sedangkan nilai *weight loss* paling rendah adalah ketika logam Fe diletakkan pada Surabaya bagian Barat kecamatan Tandes yang nilainya sebesar 0.1115 gram. Sedangkan logam Cu dan Cr memiliki nilai *weight loss* paling kecil sebesar 0.0914 gram dan 0.1743 gram yang diletakkan di Surabaya bagian Utara.

4.3 Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi ini didapatkan dengan cara menghitung *weight loss* yang merupakan metode sederhana dalam mendapatkan nilai laju korosi (Supardi & Susanto, 2020). Metode ini dilakukan dengan menghitung jumlah banyaknya material yang terlepas atau hilang selama masa pengujian yang mengikuti standar ASTM G 31-72. Perhitungan laju korosi memiliki persamaan sebagai berikut:

$$Corrosion\ Rate = \frac{K \times W}{D \times A \times T}$$

Dimana K merupakan konstanta yang bernilai $3,45 \times 10^6$, lalu T adalah waktu selama pengujian, A adalah besarnya luas permukaan benda yang diuji, D merupakan densitas suatu logam yang mengalami korosi, dan W adalah nilai dari weight loss masing-masing logam. Setelah semua data dikumpulkan dan dihitung, maka didapatkan laju korosi pada tiap-tiap logam sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Laju Korosi logam Fe, Cu, dan Cr

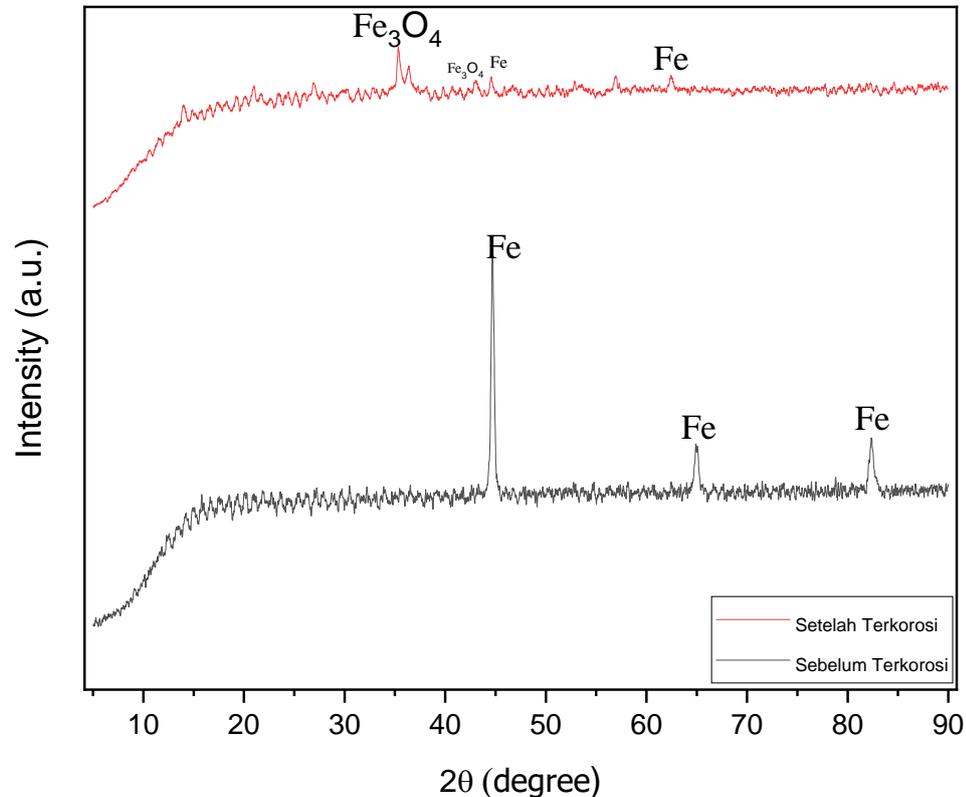
Setelah nilai weight loss pada masing-masing logam didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung laju korosi. Pada tabel 4.8 data laju korosi menunjukkan bahwa nilai laju korosi paling tinggi pada logam Fe adalah 12,82 mpy yang diuji pada wilayah Surabaya Barat pada kecamatan Benowo (B1). Sedangkan pada logam Cu menunjukkan bahwa nilai laju korosi paling tinggi yaitu sebesar 3.429 mpy yang diuji pada wilayah Surabaya Barat pada kecamatan Benowo (B1). Selain itu, nilai laju korosi paling tinggi pada logam Cr adalah sebesar 4.783 yang diuji pada wilayah Surabaya Barat pada kecamatan Tandes (B2).

Laju korosi paling tinggi berada pada Surabaya Barat yang merupakan area industri dimana terdapat 123 Gudang yang berasal dari komoditas Bapokting (Barang Kebutuhan Pokok dan Barang Penting) maupun Non Bahuja-pokting yang berada pada Kecamatan Bonowo, Tandes, dan Asemrowo. Sedangkan pada Surabaya Timur, Surabaya Utara, dan Surabaya Selatan hanya terdapat 6, 9, dan 2 gudang. Lingkungan industri ini mengandung konsentrasi belerang teroksidasi, klorida, fosfat, dan nitrat. Lingkungan ini sangat berpotensi untuk terjadinya korosi (Tullmin & Roberge, 2000). Hasil pembakaran kendaraan dan pabrik industri akan menghasilkan sulfur oksida (SO_x) dan nitrogen oksida (NO_x) yang merupakan polutan udara yang mengendap di permukaan logam serta dapat menurunkan kelembaban relatif kritis (KRK) menjadi 60%, dimana titik KRK merupakan saat logam mulai terkorosi. Lingkungan atmosfer ini didalamnya juga terkandung konsentrasi dari klorida, fosfat, hidrogen sulfat, amonia, dan garamnya (Syed, 2006).

4.4 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD ini dilakukan untuk mengetahui adanya daerah yang diduga merupakan tempat terjadinya reaksi yang mengakibatkan korosi pada suatu logam. Pengujian ini dilakukan

sebelum dan sesudah logam diuji pada lingkungan atmosfer sehingga nantinya terdapat data perbandingan sebelum dan sesudah logam mengalami korosi. Data XRD logam Fe, Cu, dan Cr disajikan pada **Gambar 4.2** sebagai berikut:

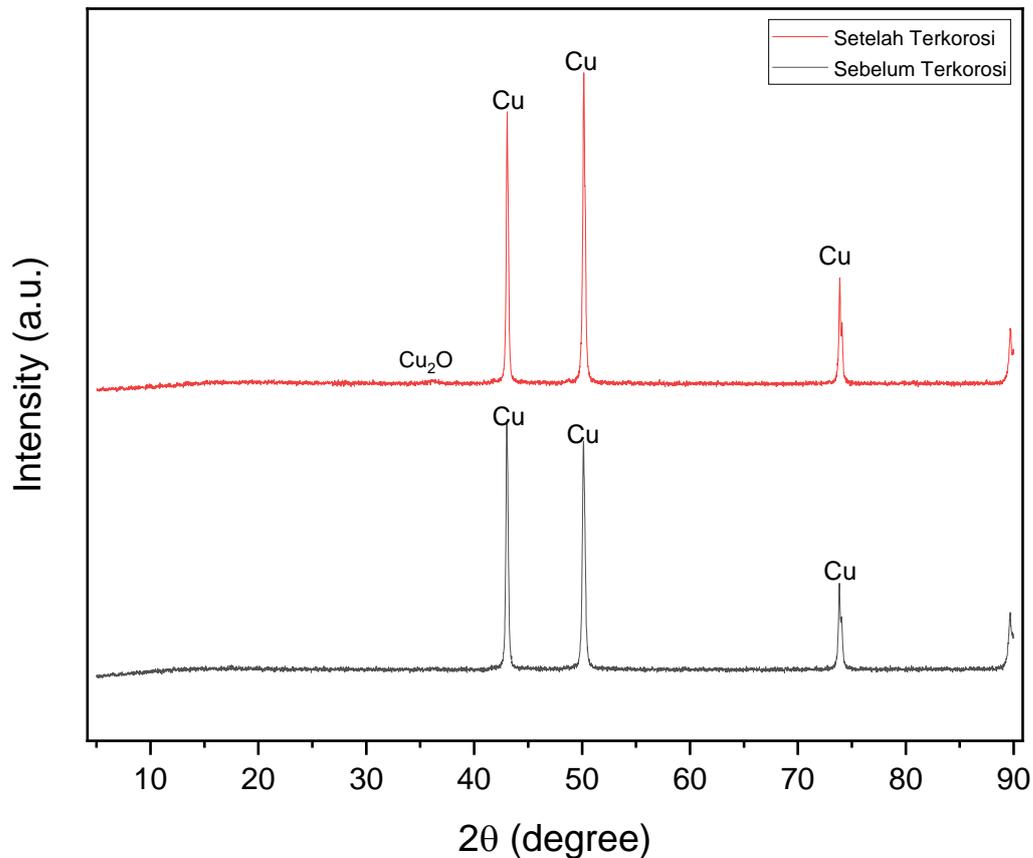


Gambar 4. 2 Hasil XRD logam Fe sebelum dan setelah pemetaan

Hasil uji XRD pada gambar 4.2 pada bagian sebelum terkorosi menunjukkan bahwa pada peak yang terbentuk pada sudut 44.6946, 65.0005, 82.3723 derajat merupakan logam Fe murni. Hal ini menandakan bahwa Fe telah bersih dari pengotor serta tidak adanya produk korosi sebelum dilakukan uji pemetaan selama 1680 jam. Dikarenakan Fe bereaksi dengan oksigen yang ada di lingkungan atmosfer, maka produk korosi mulai terbentuk dengan reaksi berikut:

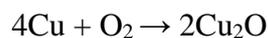


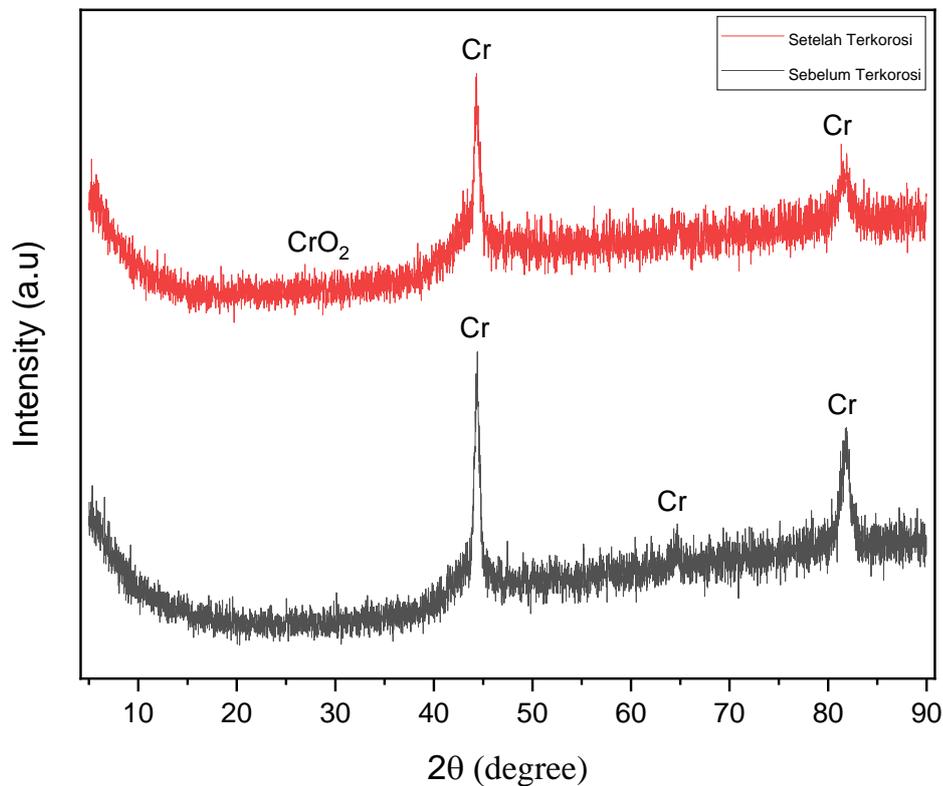
Terbentuknya produk korosi berupa Fe_3O_4 dapat diamati melalui hasil XRD pada gambar 4. 2 pada bagian setelah terkorosi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hani dkk pada tahun 2019 yang menunjukkan bahwa senyawa Fe_3O_4 terbentuk pada puncak dengan sudut spesifik yang terbentuk yaitu pada sudut 35.3370 dan 43.0723 derajat yang sesuai dengan database dari Software HighScore yang menunjukkan orientasi kristal Fe_3O_4 pada masing-masing peak adalah [113] dan [004] (Ma'rufah et al., 2019).



Gambar 4. 3 Hasil XRD logam Cu sebelum dan setelah uji pemetaan

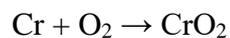
Hasil uji XRD menunjukkan bahwa pada gambar 4.3 grafik sebelum terkorosi merupakan logam Cu murni yang ditunjukkan pada sudut 43.0151, 50.2581, dan 73.8443. Setelah dilakukan uji pemetaan, nampak bahwa sudut yang terbentuk hampir sama ketika logam Cu sebelum penelitian. Namun, selain sudut yang menunjukkan adanya unsur Cu pada logam, juga terbentuk sudut 36.0590 pada gambar 4.3 grafik setelah terkorosi yang merupakan hasil XRD setelah dilakukan uji pemetaan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh ye Wan pada tahun 2012 menunjukkan bahwa pada sudut 36.0590 terbentuk senyawa Cu_2O yang merupakan produk korosi dari Cu yang memiliki orientasi kristal [111] pada database #ICCD 00-001-1261. Hal ini terjadi karena logam Cu bereaksi dengan oksigen yang ada pada lingkungan atmosfer(Wan et al., 2012). Mekanisme korosi pada tembaga dapat dijelaskan sebagai berikut:





Gambar 4. 4 Hasil XRD logam Cr sebelum dan setelah uji pemetaan

Pada gambar 4.4 grafik sebelum terkorosi menunjukkan bahwa hasil uji XRD membentuk sudut 2θ sebesar 44.3760, 64.6942, dan 81.8634 yang merupakan unsur Cr murni dimana tiga puncak tersebut sesuai dengan #ICCD 00-001-1261 yang menunjukkan bahwa tiga puncak Cr dengan 2θ terbentuk pada sudut 44.600, 64.678, dan 82.532 derajat dengan orientasi kristal masing-masing peak [001], [002], dan [112]. Hal ini menunjukkan bahwa sebelum dilakukan uji pemetaan, permukaan logam Cr bersih dari pengotor serta belum terdapat permukaan yang terkorosi. Sedangkan grafik setelah terkorosi pada gambar 4.4, selain unsur Cr juga terbentuk sudut sebesar 28.6897 dengan orientasi kristal [110] yang merupakan senyawa CrO_2 yang merupakan hasil reaksi Cr dengan oksigen (Dai et al., 2000). Mekanisme korosi pada kromium dapat dijelaskan sebagai berikut:



4.5 Data Tambahan

Didapatkan beberapa data yang diharapkan dapat menjadi factor terjadinya korosi pada suatu logam. Berikut ini merupakan data pH air hujan, rata-rata temperature udara, jumlah hujan, dan rata-rata kelembaban udara pada Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Utara.

Tabel 4. 3 Data pH air hujan pada Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat

Lokasi	pH Air Hujan							
	9-4-2022	16-04-2022	23-04-2022	14-05-2022	21-05-2022	30-05-2022	6-6-2022	11-6-2022
Utara	6.1	4.6	4.9	4.7	6	5.8	6.1	5
Timur	6.7	4.8	6.1	6	6.2	6.3	6	5.8
Selatan	5.5	4.8	5	5.2	5.1	4	5.2	5
Barat	5.3	4.7	3.8	4.9	4.8	6	5.8	5

Lingkungan atmosfer sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen, temperatur, pH, serta kelembaban yang merupakan salah satu factor terjadinya korosi. pH 7 merupakan pH netral pada lingkungan, namun apabila pH kurang dari 7 akan bersifat asam serta korosif. Sedangkan apabila lingkungan memiliki pH lebih dari 7 maka akan bersifat basa dan juga korosif. Tetapi untuk logam Fe atau besi, nilai laju korosi cukup rendah apabila berada pada pH antara 7 hingga 13. Laju korosi cenderung akan meningkat pada $pH < 7$ dan pada $pH > 13$ (Sidiq, 2013). Menurut tabel tersebut menyatakan bahwa rata-rata pH paling rendah berada pada lokasi Surabaya bagian Barat.

Tabel 4. 4 Data rata-rata suhu udara pada Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat

Lokasi		Minggu Ke -							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Utara	Kenjeran (U1)	27.93	28.64	28.07	28.36	28.07	27.64	27.79	27.57
	Semampir (U2)	27.93	28.64	28.07	28.36	28.07	27.64	27.79	27.57
	Pabean (U3)	27.93	28.64	28.07	28.36	28.07	27.64	27.79	27.57
Timur	Sukolilo (T1)	28.00	28.64	27.86	28.43	28.43	27.57	27.86	27.79
	Gunung Anyar (T2)	28.07	28.21	27.71	28.36	27.93	27.86	27.86	27.00
	Tambaksari (T3)	28.00	28.43	27.64	28.36	27.71	27.79	27.86	26.36
Selatan	Wonocolo (S1)	28.00	28.64	27.86	28.43	28.43	27.57	27.86	27.79
	Wiyung (S2)	28.00	28.64	27.86	28.43	28.43	27.57	27.86	27.79
	Gayungan (S3)	28.00	28.64	27.86	28.43	28.43	27.57	27.86	27.79
Barat	Benowo (B1)	27.79	28.36	27.93	27.93	28.50	27.71	27.71	26.07
	Tandes (B2)	27.93	28.64	28.07	28.36	28.07	27.64	27.79	27.57
	Asemrowo (B3)	27.93	28.64	28.07	28.36	28.07	27.64	27.79	27.57

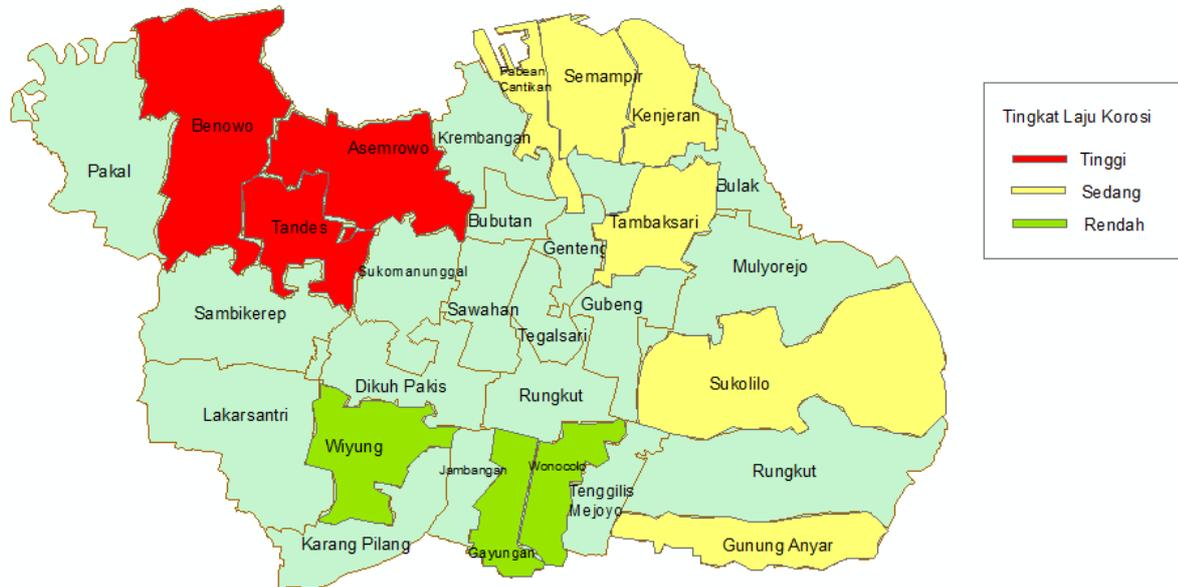
Tabel 4. 5 Jumlah intensitas hujan pada Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat

	Lokasi	Bulan April	Bulan Mei	Bulan Juni
Utara	Kenjeran (U1)	4	4	2
	Semampir (U2)	4	4	2
	Pabean (U3)	4	4	2
Timur	Sukolilo (T1)	6	6	2
	Gunung Anyar (T2)	6	6	2
	Tambaksari (T3)	4	4	1
Selatan	Wonocolo (S1)	7	5	2
	Wiyung (S2)	7	5	2
	Gayungan (S3)	6	4	4
Barat	Benowo (B1)	4	2	5
	Tandes (B2)	4	4	2
	Sambikerep (B3)	4	4	2

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa temperature udara rata-rata yang paling tinggi pada wilayah kota Surabaya terdapat di daerah Surabaya bagian Utara. Hal ini dikarenakan pada wilayah Surabaya Utara mayoritas merupakan permukiman nelayan, tambak garam dan ikan, pergudangan, militer, industri kapal, pelabuhan, wisata pesisir sampai dengan fungsi kawasan lindung di Pantai Timur Surabaya serta terdapat aksesibilitas berupa jalan dan jembatan yang menghubungkan Kota Surabaya dan Pulau Madura (Jembatan Suramadu) dan Jembatan Sukolilo Lor – THP Kenjeran yang membuka akses di kawasan sisi timur laut Kota Surabaya (Surabaya, 2000). Selain dipengaruhi oleh pH, laju korosi juga dapat dipengaruhi oleh temperatur yang diterima oleh logam yang pada penelitian ini menggunakan temperature pada udara terbuka atau lingkungan atmosfer sehingga logam tersebut dapat menerima udara bebas sehingga laju korosi yang diterima semakin besar (Mesin et al., 2021) . Hal ini dapat terlihat dari data laju korosi pada penelitian diatas yang ditampilkan pada gambar 4.1 yang menunjukkan bahwa laju korosi pada daerah Surabaya bagian Utara relative tinggi apabila dibandingkan dengan Surabaya bagian Timur dan Selatan. Namun laju korosi pada Surabaya Utara tidak lebih tinggi apabila dibandingkan dengan Surabaya Barat.

4.6 Peta Korosi Surabaya

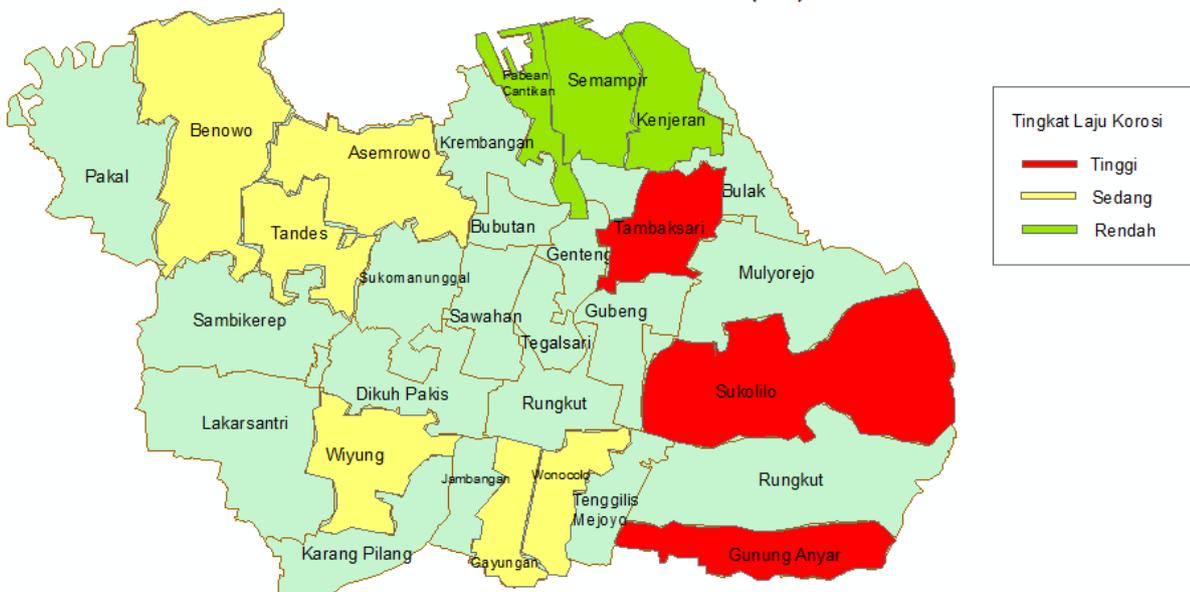
PETA KOROSIFITAS ATMOSFER LOGAM BESI (Fe) PADA KOTA SURABAYA



Gambar 4. 5 Peta Korosifitas Atmosfer logam Fe di Surabaya

Berdasarkan gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa tingkat laju korosi paling tinggi terjadi ketika logam Fe berada di Kecamatan Benowo, Tandes, dan Asemrowo yang merupakan bagian dari Surabaya Barat. Sedangkan laju korosi dengan tingkat sedang terjadi ketika Logam Fe diuji pada Surabaya bagian Utara dan Surabaya Timur masing-masing pada Kecamatan Pabean, Kenjeran, Semampir, Sukolilo, Rungkut, dan Tambaksari. Serta tingkat korosifitas paling rendah pada logam Fe berada pada Surabaya Selatan Kecamatan Wonocolo, Gayungan, dan Wiyung.

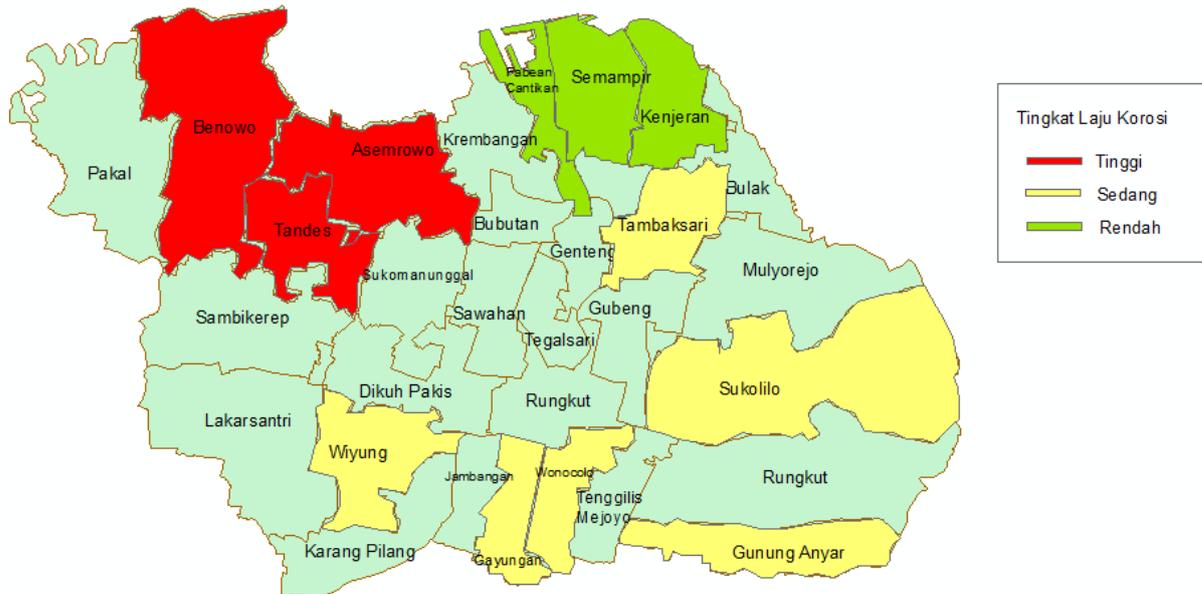
PETA KOROSIFITAS ATMOSFER LOGAM TEMBAGA (Cu) PADA KOTA SURABAYA



Gambar 4. 6 Peta Korosifitas Atmosfer logam Cu di Surabaya

Berdasarkan gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa tingkat laju korosi paling tinggi terjadi ketika logam Cu berada di Kecamatan Sukolilo, Gunung Anyar, dan Tambaksari yang merupakan bagian dari Surabaya Timur. Sedangkan laju korosi dengan tingkat sedang terjadi ketika Logam Cu diuji pada Surabaya bagian Barat dan Surabaya Selatan yang masing-masing ditempatkan pada Kecamatan Benowo, Tandes, Asemrowo, Wonocolo, Wiyung, dan Gayungan. Serta tingkat korosifitas paling rendah pada logam Cu berada pada Surabaya Utara pada Kecamatan Kenjeran, Semampir, dan Pabean.

PETA KOROSIFITAS ATMOSFER LOGAM KROMIUM (Cr) PADA KOTA SURABAYA



Gambar 4. 7 Peta Korosifitas Atmosfer logam Cr di Surabaya

Berdasarkan gambar 4.7 dapat disimpulkan bahwa tingkat laju korosi paling tinggi terjadi ketika logam Cr berada di Kecamatan Benowo, Tandes, dan Asemrowo yang merupakan bagian dari Surabaya Barat. Sedangkan laju korosi dengan tingkat sedang terjadi ketika Logam Fe diuji pada Surabaya bagian Selatan dan Surabaya Timur masing-masing pada Kecamatan Wonocolo, Gayungan, Wiyung, Sukolilo, Rungkut, dan Tambaksari. Serta tingkat korosifitas paling rendah pada logam Cr berada pada Surabaya Utara Kecamatan Pabean, Kenjeran, dan Semampir.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan pembahasan di atas, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat korosifitas paling tinggi diantara logam Fe, Cu, dan Cr pada Surabaya bagian Utara, Timur, Selatan, dan Barat adalah logam Fe yang memiliki rata-rata laju korosi sebesar 6.432 mpy. Sedangkan tingkat korosifitas paling rendah adalah logam Cu yang memiliki laju korosi rata-rata sebesar 2.527 mpy.
2. Laju korosi paling tinggi berdasarkan lokasi uji logam Fe, Cu, dan Cr adalah pada wilayah Surabaya Barat yang merupakan Kawasan Industri yang di sekitarnya terdapat lebih dari 120 Gudang. Apabila dibandingkan pada Surabaya Timur, Surabaya Utara, dan Surabaya Selatan yang masing-masing hanya terdapat sekitar 6, 9, dan 2 Gudang menunjukkan bahwa potensi terjadinya laju korosi paling tinggi terjadi ketika logam Fe, Cu, dan Cr berada pada Surabaya Barat. Laju korosi terjadi karena hasil pembakaran dari kendaraan serta pabrik akan menghasilkan polutan yang dapat menurunkan kelembaban relative kritis yang merupakan saat logam menjadi mudah terkorosi. Laju korosi dipetakan berdasarkan tinggi rendahnya korosifitas pada tiap logam dapat dipengaruhi oleh factor geografi maupun ketahanan korosi pada suatu logam.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Penelitian diadakan dalam waktu minimal 6 bulan agar dapat yang didapatkan lebih akurat
2. Menggunakan logam paduan agar penelitian lebih bervariasi
3. Memastikan alat dan bahan sesuai dengan prosedur

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z. (2006). Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control. In *Butterworth-Heinemann* (Vol. 1).
- Aswardi, Candra, O., & Saputra, Z. (2019). Sistem Pemanas Logam dengan Induction Heater Berbasis Atmega32. *Seminar FORTEI*, 5(1), 151–157.
- Badan Pusat Statistik Surabaya. (2021). Kota Surabaya Dalam Angka (Surabaya Municipality In Figures) 2021. *BPS Kota Surabaya*, 1–290.
- Bagotsky, V. S. (2008). Fundamentals of electrochemistry. In *Piezoelectric Transducers and Applications*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77508-9_8
- Bappeda. (2020). Kota Surabaya. *Bappeda Potensi Wilayah*, 4(1), 1–27. <http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/potensi-kab-kota-2013/kota-surabaya-2013.pdf>
- Barnhart, J. (1997). Occurrences, Uses, and Properties of Chromium. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 26(1 I), 3–7. <https://doi.org/10.1006/rtp.1997.1132>
- Behpour, M., Ghoreishi, S. M., Soltani, N., Salavati-Niasari, M., Hamadani, M., & Gandomi, A. (2008). Electrochemical and theoretical investigation on the corrosion inhibition of mild steel by thiosalicylaldehyde derivatives in hydrochloric acid solution. *Corrosion Science*, 50(8), 2172–2181. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2008.06.020>
- Cai, Y., Zhao, Y., Ma, X., Zhou, K., & Chen, Y. (2018). Influence of environmental factors on atmospheric corrosion in dynamic environment. *Corrosion Science*, 137(March), 163–175. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2018.03.042>
- Cho, S. W. (2021). Automotive Carbon Steel. *Materials*, 14, 1–15.
- Cicek, V. (2014). Corrosion Engineering. In *Corrosion Engineering* (Vol. 9781118720, pp. 1–266). <https://doi.org/10.1002/9781118720837>
- Dai, J., Tang, J., Xu, H., Spinu, L., Wang, W., Wang, K., Kumbhar, A., Li, M., & Diebold, U. (2000). Characterization of the natural barriers of intergranular tunnel junctions: Cr₂O₃ surface layers on CrO₂ nanoparticles. *Applied Physics Letters*, 77(18), 2840–2842. <https://doi.org/10.1063/1.1320845>
- Davis, J. R. (2000). Corrosion: understanding the basics. In *Choice Reviews Online* (Vol. 37, Issue 11). <https://doi.org/10.5860/choice.37-6294>
- Dessy Gusnita, Tuti Budiwati, I. S. dan W. S. (2001). *Measuremen of rain chemical composition at basin site of bandung*. 1–11.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, K. P. (2001). *Profil Kabupaten/Kota: Kota Surabaya, Jawa Timur*. 18.
- Djoko, G. dkk. (2019). *Klimatologi Pertanian*.
- Dobbelaar, J. A. L., & de Wit, J. H. W. (1990). Impedance Measurements and Analysis of the Corrosion of Chromium. *Journal of The Electrochemical Society*, 137(7), 2038–2046. <https://doi.org/10.1149/1.2086861>
- Donnez, P. (2007). *Essentials of Reservoir Engineering*. TECHNIP.
- Fontana, M. (1986). *Mars Fontana - Corrosion Engineering (Mcgraw-Hill International Editions) (1986, McGraw-Hill Companies).pdf* (p. 576). McGraw-Hill Book Company.
- Francis, R. (2011). The Corrosion of Copper and its Alloys: a Practical Guide for Engineers. In *Corrosion Engineering, Science and Technology* (Vol. 46, Issue 3). <https://doi.org/10.1179/147842211x13019063143766>
- Gapsari, F. (2017). *Pengantar Korosi*. UB Press.
- Graedel, T. E. (2001). Scenarios for Atmospheric Corrosion in the 21st Century. *Office*, 2010, 1–30.

- Guffie, R. K. (1989). Hard chromium plating. *Products Finishing (Cincinnati)*, 53(4), 74–80. [https://doi.org/10.1016/0261-3069\(84\)90080-3](https://doi.org/10.1016/0261-3069(84)90080-3)
- Huda, Z. (2020). *Metallurgy for Physicists and Engineers*. CRC Press Francis & Taylor.
- Jin, J., Wu, G., & Guan, Y. (2015). Effect of bacterial communities on the formation of cast iron corrosion tubercles in reclaimed water. *Water Research*, 71, 207–218. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.12.056>
- Kementrian Perindustrian. (2020). *Analisis Perkembangan*. 58.
- Kim, J. G., Choi, Y. S., Lee, H. D., & Chung, W. S. (2003). Effects of flow velocity, pH, and temperature on galvanic corrosion in alkaline-chloride solutions. *Corrosion*, 59(2), 121–129. <https://doi.org/10.5006/1.3277541>
- Kimbrough, D. E., Cohen, Y., Winer, A. M., Creelman, L., & Mabuni, C. (1999). A critical assessment of chromium in the environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29(1), 1–46. <https://doi.org/10.1080/10643389991259164>
- Leonard, J. (2015). Distribusi Tingkat Karat dan Laju Korosi Baja St 37 dalam Lingkungan Air Laut dan Air Tanah. *Jurnal Mekanikal*, 6(1), 564–568. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mekanikal/article/view/5261>
- Lumley, R. N. (2010). Fundamentals of aluminium metallurgy: Production, processing and applications. In *Fundamentals of Aluminium Metallurgy: Production, Processing and Applications*. <https://doi.org/10.1533/9780857090256>
- Ma'rufah, H., Rohmaniah, S., Aripin, M., & Sutanto, H. (2019). Sintesis Material Nano Fe₃O₄ Dari Karat Besi Yang Berpotensi Diaplikasikan Sebagai Solar Absorber Pada Quantum Dot Sensitized Solar Cell (Qdssc). *Berkala Fisika*, 22(3), 117–122.
- McCafferty, E. (2010). Introduction to corrosion science. *Introduction to Corrosion Science*, 1–575. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0455-3>
- Mendoza, A. R., Corvo, F., Gómez, A., & Gómez, J. (2004). Influence of the corrosion products of copper on its atmospheric corrosion kinetics in tropical climate. *Corrosion Science*, 46(5), 1189–1200. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2003.09.014>
- Mesin, J. T., Teknik, F., Padang, U. N., & Korosi, L. (2021). Pengaruh Temperatur Dan Kelembaban Udara Terhadap Laju Korosi Pada Baja St 37 Effect of Temperature and Humidity Air To Own Corrosion on St 37 Steel. 3(1), 99–104.
- Mubarak, S., Jokosiswor, S., & Mulyatno, I. P. (2020). Pengaruh Penambahan Inhibitor CaCO₃ Terhadap Laju Korosi Baja SS 400 dalam Larutan Air Laut Buatan Syahrul. *Teknik Perkapalan*, 8(3), 339–346.
- Nasoetion, R. (2012). Pemetaan tingkat korosifitas di daerah dki jakarta. *Majalah Metalurgi*, 151–164.
- Purwoto, S., & Nugroho, W. (2013). Removal Klorida, Tds Dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 11(1), 47–59. <https://doi.org/10.36456/waktu.v11i1.861>
- Rajahram, S. S., Harvey, T. J., & Wood, R. J. K. (2010). Full factorial investigation on the erosion-corrosion resistance of UNS S31603. *Tribology International*, 43(11), 2072–2083. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2010.05.012>
- Ridha, M., Supardi, J., Huzni, S., & Fonna, S. (2012). Pemetaan Korosi Atmosferik Logam Struktural di Kawasan Landaan Tsunami Aceh 2004. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV, Snttm Xi*, 16–17.
- Saha, J. K. (2013). *Corrosion of Constructional Steels in Marine and Industrial Environment*. Springer US. <https://doi.org/10.4324/9780080962146-5>
- Salensky, G. (1987). *Corrosion inhibitors*. 1–24.
- Sawitri, D., & Budiono, A. (2006). Pengaruh Tebal Lapisan Sealants Terhadap Laju Pada

- Pelat Logam Badan Mobil*. 8(1), 12–17.
- Schweitzer, P. A. (2006). *Fundamentals of Metallic Corrosion_ Atmospheric and Media Corrosion of Metals* (p. 750). CRC Press Francis & Taylor.
- Setiawan, A., Novitrie, N. A., & Ashari, L. (2017). Analisis Korosi Logam Tembaga dan Aluminium pada Biodiesel yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas. *Seminar MASTER 2017 PPNS, 1509*, 149–154.
- Shreir, L. L. (2013). Shreir's Corrosion Volume 2. *Shreir's Corrosion*, 1341–1373.
- Sidiq, M. F. (2002). Electrochemical process. *Metal Finishing*, 100(2), 123. [https://doi.org/10.1016/s0026-0576\(02\)80201-x](https://doi.org/10.1016/s0026-0576(02)80201-x)
- Sumarji. (2012). Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM A36 pada Lingkungan Atmosferik di Kabupaten Jember. *Rotor*, 5, 44–51.
- Supardi, J., & Susanto, H. (2020). Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi di Area Pabrik PT. Karya Tanah Subur. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan ...*, 6(2), 126–137. <http://www.jurnal.utu.ac.id/jmekanova/article/view/2759>
- Surabaya, P. K. (2000). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Surabaya 2016 – 2021*. 1–12.
- Syed, S. (2006). Atmospheric corrosion of materials. *Emirates Journal for Engineering Research*, 11(1), 1–24.
- Trethewey, K. R., & Roberget, P. R. (1995). Corrosion management in the twenty-first century. *British Corrosion Journal*, 30(3), 192–197. <https://doi.org/10.1179/000705995798113925>
- Tullmin, M., & Roberge, P. R. (2000). *Ao Atmospheric Corrosion*.
- Utomo, S. (2015). PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN NaNO₂ SEBAGAI INHIBITOR TERHADAP LAJU KOROSI BESI DALAM MEDIA AIR LAUT. *Teknologi*, 7(2), 93–103.
- Wan, Y., Wang, X., Sun, H., Li, Y., Zhang, K., & Wu, Y. (2012). Corrosion behavior of copper at elevated temperature. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(9), 7902–7914.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

1. Data Massa Logam Fe, Cu, dan Cr Setiap Minggu

Tabel 4.1 Data Massa Logam Fe Hasil Uji Pemetaan

Lokasi		2 April 2022	9 April 2022	16 April 2022	23 April 2022	14 Mei 2022
Utara	U1	20.056	20.0142	20.0027	19.9843	19.9469
	U2	18.8377	18.8024	18.7954	18.7906	18.6652
	U3	18.8024	18.7645	18.7497	18.7422	18.7112
Timur	T1	19.321	19.2602	19.249	19.2482	19.2248
	T2	19.0674	19.014	18.996	18.9894	18.8853
	T3	18.4036	18.3976	18.3595	18.3559	18.3164
Selatan	S1	18.6969	18.6623	18.6476	18.6297	18.5901
	S2	18.6803	18.6537	18.6132	18.5813	18.5563
	S3	17.9263	17.8871	17.876	17.8638	17.8299
Barat	B1	18.264	18.2297	18.2154	18.1437	18.0646
	B2	18.5952	18.5514	18.5385	18.5329	18.5265
	B3	18.6495	18.6382	18.5998	18.5902	18.5012

Tabel 4.2 Data Massa Logam Fe Hasil Uji Pemetaan

Lokasi		21 Mei 2022	28 Mei 2022	4 Juni 2022	11 Juni 2022
Utara	U1	19.8564	19.8371	19.8004	19.7615
	U2	18.6330	18.5888	18.5509	18.5176
	U3	18.6888	18.6707	18.6332	18.5931
Timur	T1	19.2072	19.2007	19.1830	19.1650
	T2	18.8433	18.8289	18.7938	18.7493
	T3	18.2899	18.2786	18.2625	18.2239
Selatan	S1	18.5655	18.5311	18.5056	18.4860
	S2	18.5252	18.5115	18.4883	18.4674
	S3	17.8154	17.7948	17.7762	17.7513
Barat	B1	18.0364	18.0137	17.9743	17.7732
	B2	18.5249	18.5110	18.5004	18.4837
	B3	18.4827	18.4624	18.4230	18.3739

Tabel 4.3 Data Massa Logam Cu Hasil Uji Pemetaan

Lokasi		2 April 2022	9 April 2022	16 April 2022	23 April 2022	14 Mei 2022
Utara	U1	15.2911	15.2601	15.2509	15.2442	15.2361
	U2	15.4369	15.4039	15.3939	15.3895	15.3739
	U3	15.4384	15.4054	15.3974	15.3936	15.3798
Timur	T1	15.6052	15.5567	15.5466	15.5439	15.5266
	T2	15.7991	15.7637	15.7552	15.7453	15.7231

	T3	15.7794	15.7728	15.7389	15.7323	15.7153
Selatan	S1	15.1478	15.1201	15.1115	15.1086	15.0936
	S2	15.6947	15.6756	15.6345	15.6174	15.6094
	S3	15.6177	15.5830	15.5706	15.5664	15.5423
Barat	B1	15.1561	15.0918	15.0818	15.0643	15.0548
	B2	15.5895	15.5598	15.5548	15.5385	15.5314
	B3	15.4062	15.3982	15.3686	15.3600	15.3356

Tabel 4.4 Data Massa Logam Cu Hasil Uji Pemetaan

Lokasi		21 Mei 2022	28 Mei 2022	4 Juni 2022	11 Juni 2022
Utara	U1	15.2212	15.2110	15.2013	15.2009
	U2	15.3715	15.3607	15.3463	15.3450
	U3	15.3690	15.3630	15.3469	15.3405
Timur	T1	15.5118	15.5035	15.4909	15.4825
	T2	15.7047	15.6932	15.6761	15.6672
	T3	15.7006	15.691	15.6818	15.6740
Selatan	S1	15.0882	15.0826	15.0625	15.0570
	S2	15.5993	15.5975	15.5819	15.5773
	S3	15.5335	15.5225	15.5091	15.4939
Barat	B1	15.0425	15.0305	15.0124	15.0065
	B2	15.5246	15.5171	15.5070	15.4981
	B3	15.3312	15.3293	15.3116	15.2960

Tabel 4.5 Data Massa Logam Cr Hasil Uji Pemetaan

Lokasi		2 April 2022	9 April 2022	16 April 2022	23 April 2022	14 Mei 2022
Utara	U1	102.5441	102.4197	102.3817	102.3778	102.3927
	U2	88.0354	87.9267	87.9091	87.9046	87.8968
	U3	134.2738	134.0785	134.0560	134.0527	134.0472
Timur	T1	117.7017	117.5283	117.498	117.4919	117.4908
	T2	100.2442	100.1222	100.0769	100.0745	100.0701
	T3	131.0496	131.0449	130.8292	130.8241	130.8194
Selatan	S1	96.6164	96.476	96.4648	96.4628	96.4552
	S2	104.4946	104.4706	104.3063	104.2888	104.2846
	S3	104.8211	104.6509	104.6333	104.6324	104.6191
Barat	B1	119.2701	119.0866	119.0794	119.0647	119.0603
	B2	137.6734	137.3767	137.3747	137.3087	137.3018
	B3	118.7990	118.7862	118.5998	118.604	118.5846

Tabel 4.6 Data Massa Logam Cr Hasil Uji Pemetaan

Lokasi		21 Mei 2022	28 Mei 2022	4 Juni 2022	11 Juni 2022
Utara	U1	102.3548	102.3501	102.3332	102.3311
	U2	87.8953	87.8885	87.8782	87.8611

	U3	134.0407	134.0393	134.0188	134.0126
	T1	117.4788	117.4670	117.4655	117.4627
Timur	T2	100.0660	100.0639	100.0480	100.0465
	T3	130.8140	130.8111	130.7996	130.7785
	S1	96.4515	96.4477	96.4294	96.4091
Selatan	S2	104.2797	104.2795	104.2698	104.2587
	S3	104.6187	104.6128	104.6089	104.5855
	B1	119.0580	119.0515	119.0476	119.0177
Barat	B2	137.2872	137.2792	137.2691	137.2532
	B3	118.5837	118.5832	118.5770	118.5737

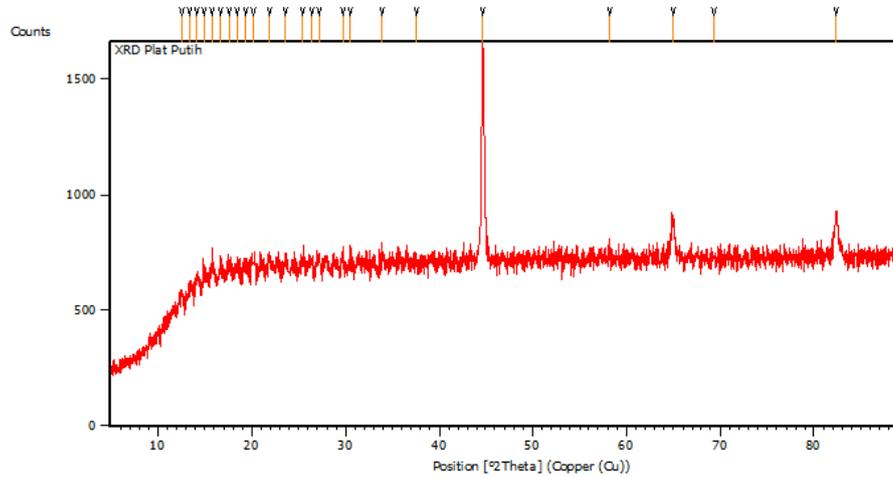
2. Data Laju Korosi

Tabel 4.7 Data Laju Korosi Logam Cr Hasil Uji Pemetaan Data Laju Korosi Logam Fe, Cu, dan Cr

Lokasi		Laju Korosi		
		Fe	Cu	Cr
Utara	U1	7.69436	2.06732	4.03636
	U2	8.36321	2.10629	3.30299
	U3	5.46835	2.24380	4.94975
Timur	T1	4.07579	2.81220	4.52906
	T2	8.31096	3.02306	3.74642
	T3	4.69500	2.41570	5.13735
Selatan	S1	5.51016	2.08107	3.92834
	S2	5.56241	2.69073	4.47031
	S3	4.57220	2.83741	4.46463
Barat	B1	12.82306	3.42873	4.78299
	B2	2.91315	2.09483	7.96281
	B3	7.20056	2.52571	4.26944

3. Hasil Pengujian XRD

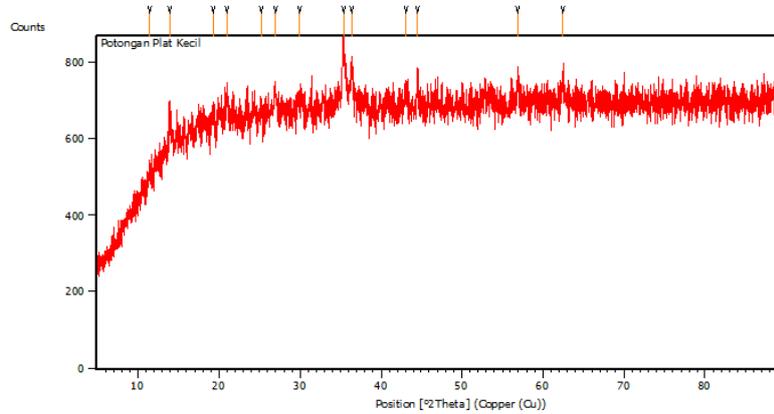
a. Logam Fe Sebelum Pemetaan



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
12.5622	98.44	0.3346	7.04656	10.61
13.3629	117.14	0.4015	6.62605	12.62
14.1339	147.74	0.3346	6.26632	15.92
14.9410	169.81	0.3346	5.92956	18.29
15.8147	251.15	0.1004	5.60389	27.06
16.6743	178.81	0.2676	5.31689	19.26
17.6145	167.23	0.4015	5.03516	18.02
18.4769	160.97	0.2676	4.80205	17.34
19.3667	152.40	0.4015	4.58337	16.42
20.1759	143.50	0.4015	4.40134	15.46
21.8908	141.72	0.4015	4.06027	15.27
23.6508	110.41	0.3346	3.76196	11.90
25.4316	89.12	0.4015	3.50242	9.60
26.3947	77.41	0.4015	3.37677	8.34
27.2155	90.39	0.4015	3.27677	9.74
29.7371	54.05	0.2676	3.00441	5.82
30.5260	40.05	0.4015	2.92853	4.31
33.8895	29.95	0.4015	2.64518	3.23
37.5705	15.30	0.4684	2.39405	1.65
44.6946	928.20	0.1171	2.02761	100.00
58.2158	18.45	0.2007	1.58480	1.99
65.0005	161.89	0.4015	1.43483	17.44
69.3100	13.89	0.4684	1.35577	1.50
82.3723	202.17	0.2007	1.17073	21.78

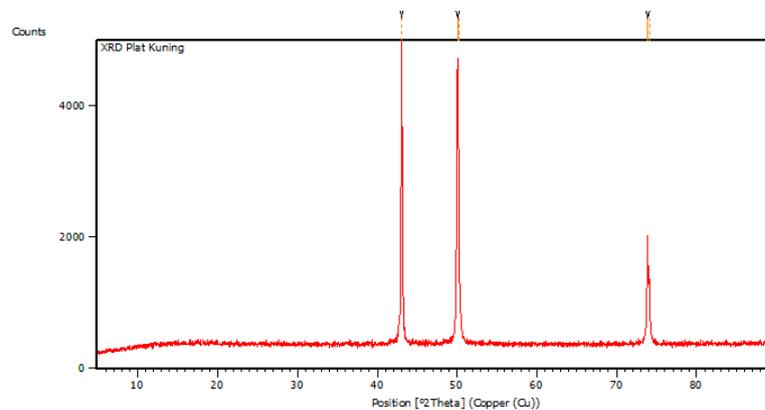
b. Logam Fe Setelah Pemetaan



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\text{Th}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
11.4766	31.72	0.4015	7.71051	19.88
13.9394	77.68	0.3346	6.35328	48.68
19.3178	34.86	0.3346	4.59488	21.84
20.9974	72.65	0.2007	4.23095	45.52
25.1948	35.55	0.3346	3.53480	22.27
26.9943	61.25	0.4015	3.30312	38.38
29.9686	32.63	0.5353	2.98172	20.45
35.3370	159.59	0.2007	2.54008	100.00
36.3670	96.02	0.2676	2.47047	60.17
43.0723	52.25	0.4015	2.10014	32.74
44.5418	64.07	0.2676	2.03421	40.14
56.9097	61.83	0.4015	1.61803	38.74
62.4390	52.17	0.4015	1.48738	32.69

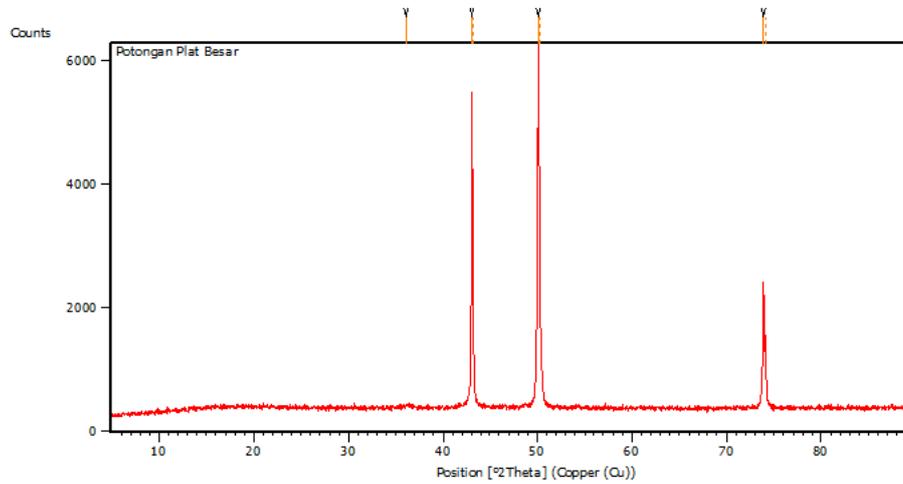
c. Logam Cu sebelum Pemetaan



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\text{Th}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
43.0151	4597.57	0.1428	2.10106	100.00
43.1310	3303.84	0.0816	2.10089	71.86
50.1136	4238.50	0.1632	1.81882	92.19
50.2581	2952.47	0.0816	1.81843	64.22
73.8443	1644.80	0.1224	1.28227	35.78
74.0763	915.89	0.1428	1.28201	19.92
89.6837	1079.96	0.0816	1.09239	23.49

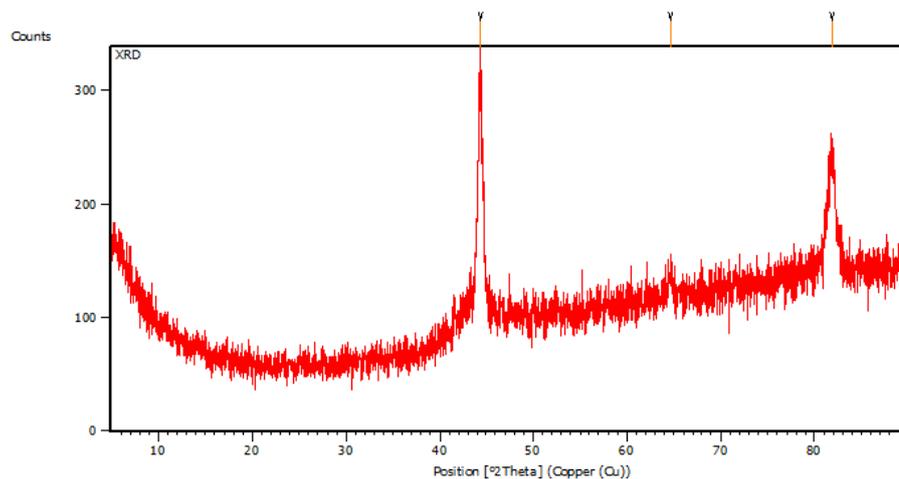
d. Logam Cu setelah Pemetaan



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}$ 2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}$ 2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
36.0590	44.63	0.5353	2.49086	0.76
43.0473	5021.76	0.1224	2.09956	85.70
43.1568	3480.24	0.0816	2.09970	59.40
50.1551	5859.45	0.1428	1.81741	100.00
50.3028	3332.90	0.0612	1.81692	56.88
73.8865	1952.10	0.1224	1.28164	33.32
74.1035	1142.31	0.0612	1.28161	19.50
89.7377	1013.49	0.1632	1.09187	17.30

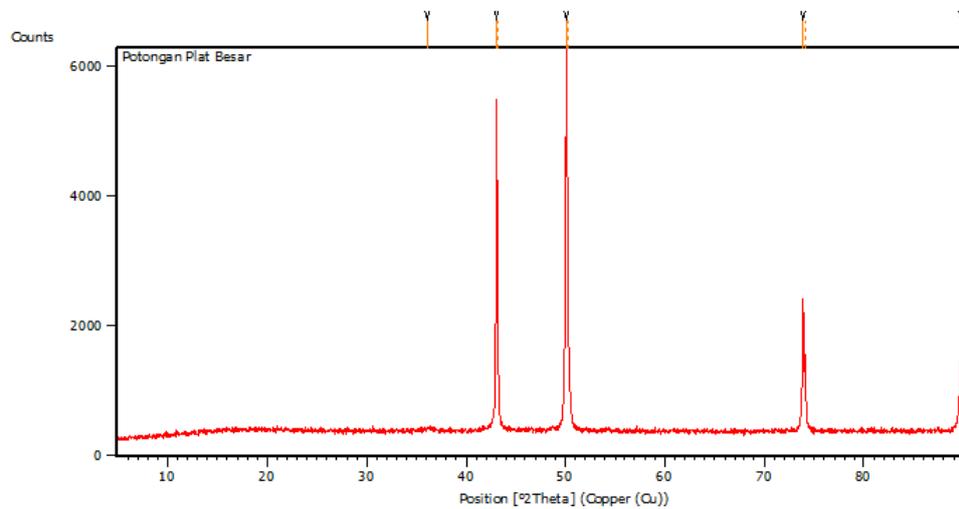
e. Logam Cr sebelum Pemetaan



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
44.3760	203.63	0.3346	2.04142	100.00
64.6942	21.35	0.5353	1.44088	10.48
81.8634	95.81	0.4015	1.17672	47.05

f. Logam Cr setelah Pemetaam



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
28.6897	6.03	0.1171	3.11166	4.61
44.3109	130.64	0.2342	2.04427	100.00
64.6140	11.43	0.8029	1.44247	8.75
82.0252	29.48	0.9368	1.17481	22.57

4. Suhu Daerah Surabaya

Gambar Cuaca Daerah Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, dan Surabaya Barat

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Kenjeran, Jawa Timur
Per 1.47 WIB

< Mar Apr ▼ 2022 Lihat Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 32° 24°	29 ☁️ 32° 25°	30 ☁️ 31° 25°	31 ☁️ 31° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 24°
3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 24°	8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 33° 24°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 33° 25°	15 ☁️ 33° 24°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 24°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 25°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 25°	25 ☁️ 32° 25°	26 ☁️ 30° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 31° 25°	29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Kenjeran, Jawa Timur
Per 1.47 WIB

< Apr Mei ▼ 2022 Lihat Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️ 32° 25°	2 ☁️ 33° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°	10 ☁️ 31° 26°	11 ☁️ 31° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°
15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 32° 26°	17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 25°	19 ☁️ 30° 25°	20 ☁️ 30° 25°	21 ☁️ 30° 24°
22 ☁️ 31° 24°	23 ☁️ 32° 26°	24 ☁️ 32° 26°	25 ☁️ 31° 25°	26 ☁️ 28° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 31° 24°
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Kenjeran, Jawa Timur
Per 1.47 WIB

< Mei Jun ▼ 2022 Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°
5 ☁️ 30° 24°	6 ☁️ 30° 25°	7 ☁️ 31° 24°	8 ☁️ 32° 24°	9 ☁️ 31° 24°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 31° 24°
12 ☁️ 32° 24°	13 ☁️ 31° 23°	14 ☁️ 30° 23°	15 ☁️ 30° 25°	16 ☁️ 30° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 23°
19 ☁️ 32° 24°	20 ☁️ 31° 24°	21 ☁️ 32° 23°	22 ☁️ 32° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 32° 23°
26 ☁️ 32° 24°	27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 33° 23°	1 ☁️ 32° 23°	2 ☁️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Semampir, Jawa Timur
Per 1.49 WIB

< Mei Jun ▼ 2022 Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°
5 ☁️ 30° 24°	6 ☁️ 30° 25°	7 ☁️ 31° 24°	8 ☁️ 32° 24°	9 ☁️ 31° 24°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 31° 24°
12 ☁️ 32° 24°	13 ☁️ 31° 24°	14 ☁️ 30° 23°	15 ☁️ 30° 25°	16 ☁️ 30° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 23°
19 ☁️ 32° 24°	20 ☁️ 31° 24°	21 ☁️ 32° 23°	22 ☁️ 32° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 32° 23°
26 ☁️ 32° 24°	27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 31° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 33° 23°	1 ☁️ 32° 23°	2 ☁️ 32° 24°

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Semampir, Jawa Timur
Per 1.49 WIB

< Apr Mei 2022 > [Lihat](#) [Jun >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️ 32° 25°	2 ☁️ 33° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°	10 ☁️ 31° 26°	11 ☁️ 31° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°
15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 32° 26°	17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 25°	19 ☁️ 30° 25°	20 ☁️ 30° 25°	21 ☁️ 30° 24°
22 ☁️ 31° 24°	23 ☁️ 32° 26°	24 ☁️ 32° 26°	25 ☁️ 31° 25°	26 ☁️ 28° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 31° 24°
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Semampir, Jawa Timur
Per 1.49 WIB

< Mar Apr 2022 > [Lihat](#) [Mei >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 32° 24°	29 ☁️ 32° 25°	30 ☁️ 31° 25°	31 ☁️ 31° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 24°
3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 24°	8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 33° 24°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 33° 25°	15 ☁️ 33° 24°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 24°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 25°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 25°	25 ☁️ 32° 25°	26 ☁️ 30° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 31° 25°	29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Pabean Cantian, Jawa Timur
Per 1.52 WIB

< Mar Apr 2022 > [Lihat](#) [Mei >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 32° 24°	29 ☁️ 32° 25°	30 ☁️ 31° 25°	31 ☁️ 31° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 24°
3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 24°	8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 33° 24°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 33° 25°	15 ☁️ 33° 24°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 24°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 25°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 25°	25 ☁️ 32° 25°	26 ☁️ 30° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 31° 25°	29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Pabean Cantian, Jawa Timur
Per 1.52 WIB

< Apr Mei 2022 > [Lihat](#) [Jun >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️ 32° 25°	2 ☁️ 33° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°	10 ☁️ 31° 26°	11 ☁️ 31° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°
15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 32° 26°	17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 25°	19 ☁️ 30° 25°	20 ☁️ 30° 25°	21 ☁️ 30° 24°
22 ☁️ 31° 24°	23 ☁️ 32° 26°	24 ☁️ 32° 26°	25 ☁️ 31° 25°	26 ☁️ 28° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 31° 24°
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Pabean Cantian, Jawa Timur
Per 1.52 WIB

< Mei Jun ▼ 2022 Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°
5 ☁️ 30° 24°	6 ☁️ 30° 25°	7 ☁️ 31° 24°	8 ☁️ 32° 24°	9 ☁️ 31° 23°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 31° 24°
12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 23°	14 ☁️ 30° 23°	15 ☁️ 30° 24°	16 ☁️ 31° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 23°
19 ☁️ 32° 23°	20 ☁️ 32° 23°	21 ☁️ 32° 23°	22 ☁️ 32° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 33° 23°
26 ☁️ 32° 24°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 33° 23°	1 ☁️ 33° 23°	2 ☁️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Sukolilo, Jawa Timur
Per 1.39 WIB

< Mar Apr ▼ 2022 Lihat Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 32° 25°	29 ☁️ 32° 24°	30 ☁️ 32° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 23°
3 ☁️ 32° 23°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°	8 ☁️ 32° 26°	9 ☁️ 32° 26°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 32° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°	15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 23°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 32° 23°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 24°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 26°	25 ☁️ 32° 26°	26 ☁️ 31° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Sukolilo, Jawa Timur
Per 1.39 WIB

< Apr Mei ▼ 2022 Lihat Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️ 32° 26°	2 ☁️ 32° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 26°	9 ☁️ 30° 26°	10 ☁️ 31° 25°	11 ☁️ 32° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°
15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 32° 26°	17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 26°	20 ☁️ 31° 25°	21 ☁️ 31° 23°
22 ☁️ 31° 23°	23 ☁️ 32° 26°	24 ☁️ 32° 26°	25 ☁️ 32° 25°	26 ☁️ 28° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 31° 24°
29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 31° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 30° 25°	2 ☁️ 31° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 23°

Cuaca Bulanan - Sukolilo, Jawa Timur
Per 1.39 WIB

< Mei Jun ▼ 2022 Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 31° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 30° 25°	2 ☁️ 31° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 23°
5 ☁️ 31° 25°	6 ☁️ 31° 25°	7 ☁️ 31° 24°	8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 24°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 31° 24°
12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 31° 24°	14 ☁️ 30° 24°	15 ☁️ 30° 25°	16 ☁️ 30° 24°	17 ☁️ 31° 25°	18 ☁️ 31° 23°
19 ☁️ 31° 24°	20 ☁️ 31° 24°	21 ☁️ 31° 23°	22 ☁️ 32° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 24°	25 ☁️ 32° 24°
26 ☁️ 32° 24°	27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 31° 23°	29 ☁️ 31° 23°	30 ☁️ 32° 23°	1 ☁️ 32° 23°	2 ☁️ 32° 24°

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Gunung Anyar, Jawa Timur

Per 1.41 WIB

< Mar Apr ▼ 2022 Lihat Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 32° 25°	29 ☁️ 32° 24°	30 ☁️ 32° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 23°
3 ☁️ 32° 23°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°	8 ☁️ 32° 26°	9 ☁️ 32° 26°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 32° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°	15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 23°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 32° 23°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 24°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 26°	25 ☁️ 32° 26°	26 ☁️ 31° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Gunung Anyar, Jawa Timur

Per 1.41 WIB

< Apr Mei ▼ 2022 Lihat Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️ 32° 26°	2 ☁️ 32° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 26°	9 ☁️ 30° 26°	10 ☁️ 31° 25°	11 ☁️ 32° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°
15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 32° 26°	17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 26°	20 ☁️ 31° 25°	21 ☁️ 31° 23°
22 ☁️ 31° 23°	23 ☁️ 32° 26°	24 ☁️ 32° 26°	25 ☁️ 31° 25°	26 ☁️ 28° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 31° 24°
29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 31° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 30° 25°	2 ☁️ 31° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 23°

Cuaca Bulanan - Gunung Anyar, Jawa Timur

Per 1.41 WIB

< Mei Jun ▼ 2022 Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 31° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 30° 25°	2 ☁️ 31° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 23°
5 ☁️ 31° 25°	6 ☁️ 31° 25°	7 ☁️ 31° 24°	8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 24°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 31° 24°
12 ☁️ 32° 24°	13 ☁️ 31° 24°	14 ☁️ 30° 24°	15 ☁️ 30° 25°	16 ☁️ 30° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 23°
19 ☁️ 32° 24°	20 ☁️ 31° 24°	21 ☁️ 31° 23°	22 ☁️ 31° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 32° 23°
26 ☁️ 32° 24°	27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 31° 23°	29 ☁️ 31° 23°	30 ☁️ 32° 23°	1 ☁️ 32° 23°	2 ☁️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Tambaksari, Jawa Timur

Per 1.44 WIB

< Mar Apr ▼ 2022 Lihat Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 32° 24°	29 ☁️ 32° 25°	30 ☁️ 31° 25°	31 ☁️ 31° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 24°
3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 24°	8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 33° 24°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 33° 25°	15 ☁️ 33° 24°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 24°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 25°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 25°	25 ☁️ 32° 25°	26 ☁️ 30° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 31° 25°	29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Tambaksari, Jawa Timur
Per 1.44 WIB

< Apr Mei 2022 > Lihat Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☀️ 32° 25°	2 ☀️ 33° 25°	3 ☀️ 32° 25°	4 ☀️ 32° 25°	5 ☀️ 32° 25°	6 ☀️ 32° 25°	7 ☀️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 25°	9 ☀️ 31° 25°	10 ☀️ 31° 26°	11 ☀️ 31° 25°	12 ☀️ 32° 25°	13 ☀️ 32° 25°	14 ☀️ 32° 25°
15 ☀️ 32° 25°	16 ☀️ 32° 26°	17 ☀️ 32° 25°	18 ☀️ 31° 25°	19 ☀️ 30° 25°	20 ☀️ 30° 25°	21 ☀️ 30° 24°
22 ☀️ 31° 24°	23 ☀️ 32° 26°	24 ☀️ 32° 26°	25 ☀️ 31° 25°	26 ☀️ 28° 23°	27 ☀️ 31° 23°	28 ☀️ 31° 24°
29 ☀️ 31° 25°	30 ☀️ 31° 24°	31 ☀️ 32° 24°	1 ☀️ 30° 24°	2 ☀️ 32° 24°	3 ☀️ 32° 24°	4 ☀️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Tambaksari, Jawa Timur
Per 1.44 WIB

< Mei Jun 2022 > Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☀️ 31° 25°	30 ☀️ 31° 24°	31 ☀️ 32° 24°	1 ☀️ 30° 24°	2 ☀️ 32° 24°	3 ☀️ 32° 24°	4 ☀️ 32° 24°
5 ☀️ 30° 24°	6 ☀️ 30° 25°	7 ☀️ 31° 24°	8 ☀️ 32° 25°	9 ☀️ 31° 24°	10 ☀️ 31° 24°	11 ☀️ 31° 24°
12 ☀️ 32° 24°	13 ☀️ 31° 24°	14 ☀️ 30° 24°	15 ☀️ 30° 25°	16 ☀️ 30° 24°	17 ☀️ 31° 24°	18 ☀️ 31° 23°
19 ☀️ 32° 24°	20 ☀️ 31° 24°	21 ☀️ 32° 23°	22 ☀️ 32° 23°	23 ☀️ 32° 23°	24 ☀️ 32° 24°	25 ☀️ 32° 24°
26 ☀️ 32° 24°	27 ☀️ 31° 24°	28 ☀️ 31° 23°	29 ☀️ 32° 23°	30 ☀️ 33° 23°	1 ☀️ 32° 23°	2 ☀️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Wonocolo, Jawa Timur
Per 1.55 WIB

< Mar Apr Mei 2022 > Lihat Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☀️ 31° 23°	28 ☀️ 32° 25°	29 ☀️ 32° 24°	30 ☀️ 32° 23°	31 ☀️ 32° 25°	1 ☀️ 31° 25°	2 ☀️ 32° 23°
3 ☀️ 32° 23°	4 ☀️ 31° 23°	5 ☀️ 32° 24°	6 ☀️ 32° 25°	7 ☀️ 32° 25°	8 ☀️ 32° 26°	9 ☀️ 32° 26°
10 ☀️ 32° 25°	11 ☀️ 32° 25°	12 ☀️ 32° 25°	13 ☀️ 32° 25°	14 ☀️ 32° 25°	15 ☀️ 32° 25°	16 ☀️ 33° 25°
17 ☀️ 32° 23°	18 ☀️ 31° 26°	19 ☀️ 32° 23°	20 ☀️ 30° 24°	21 ☀️ 31° 25°	22 ☀️ 32° 24°	23 ☀️ 32° 25°
24 ☀️ 31° 26°	25 ☀️ 32° 26°	26 ☀️ 31° 25°	27 ☀️ 31° 25°	28 ☀️ 32° 23°	29 ☀️ 32° 23°	30 ☀️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Wonocolo, Jawa Timur
Per 1.55 WIB

< Apr Mei 2022 > Lihat Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☀️ 32° 26°	2 ☀️ 32° 25°	3 ☀️ 32° 25°	4 ☀️ 32° 25°	5 ☀️ 32° 25°	6 ☀️ 32° 25°	7 ☀️ 32° 25°
8 ☀️ 32° 26°	9 ☀️ 30° 26°	10 ☀️ 31° 25°	11 ☀️ 32° 25°	12 ☀️ 32° 25°	13 ☀️ 32° 25°	14 ☀️ 32° 25°
15 ☀️ 32° 25°	16 ☀️ 32° 26°	17 ☀️ 32° 25°	18 ☀️ 31° 26°	19 ☀️ 31° 26°	20 ☀️ 31° 25°	21 ☀️ 31° 23°
22 ☀️ 31° 23°	23 ☀️ 32° 26°	24 ☀️ 32° 26°	25 ☀️ 32° 25°	26 ☀️ 28° 23°	27 ☀️ 31° 23°	28 ☀️ 31° 24°
29 ☀️ 31° 24°	30 ☀️ 31° 23°	31 ☀️ 32° 25°	1 ☀️ 30° 25°	2 ☀️ 31° 25°	3 ☀️ 32° 25°	4 ☀️ 32° 23°

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Wonocolo, Jawa Timur
Per 1.55 WIB

< Mei Jun 2022 > Lihat > Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 31° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 30° 25°	2 ☁️ 31° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 23°
5 ☁️ 31° 25°	6 ☁️ 31° 25°	7 ☁️ 31° 24°	8 ☁️ 32° 24°	9 ☁️ 31° 23°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 32° 24°
12 ☁️ 32° 24°	13 ☁️ 31° 23°	14 ☁️ 30° 23°	15 ☁️ 30° 25°	16 ☁️ 30° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 23°
19 ☁️ 32° 24°	20 ☁️ 31° 24°	21 ☁️ 32° 23°	22 ☁️ 32° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 33° 23°
26 ☁️ 32° 24°	27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 31° 23°	29 ☁️ 31° 23°	30 ☁️ 33° 22°	1 ☁️ 32° 23°	2 ☁️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Wiyung, Jawa Timur
Per 1.56 WIB

< Mar Apr 2022 > Lihat > Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 32° 25°	29 ☁️ 32° 24°	30 ☁️ 32° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 23°
3 ☁️ 32° 23°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°	8 ☁️ 32° 26°	9 ☁️ 32° 26°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 32° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°	15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 23°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 32° 23°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 24°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 26°	25 ☁️ 32° 26°	26 ☁️ 31° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Wiyung, Jawa Timur
Per 1.56 WIB

< Apr Mei 2022 > Lihat > Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️ 32° 26°	2 ☁️ 32° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 26°	9 ☁️ 30° 26°	10 ☁️ 31° 25°	11 ☁️ 32° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°
15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 32° 26°	17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 26°	20 ☁️ 31° 25°	21 ☁️ 31° 23°
22 ☁️ 31° 23°	23 ☁️ 32° 26°	24 ☁️ 32° 26°	25 ☁️ 32° 25°	26 ☁️ 28° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 31° 24°
29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 31° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 30° 25°	2 ☁️ 31° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 23°

Cuaca Bulanan - Wiyung, Jawa Timur
Per 1.56 WIB

< Mei Jun 2022 > Lihat > Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 31° 23°	31 ☁️ 32° 25°	1 ☁️ 30° 25°	2 ☁️ 31° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 23°
5 ☁️ 31° 25°	6 ☁️ 31° 25°	7 ☁️ 31° 23°	8 ☁️ 32° 24°	9 ☁️ 31° 23°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 32° 23°
12 ☁️ 32° 24°	13 ☁️ 32° 23°	14 ☁️ 30° 23°	15 ☁️ 30° 24°	16 ☁️ 31° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 22°
19 ☁️ 32° 23°	20 ☁️ 32° 23°	21 ☁️ 32° 23°	22 ☁️ 33° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 33° 23°
26 ☁️ 32° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 33° 22°	1 ☁️ 33° 22°	2 ☁️ 33° 23°

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Gayungan, Jawa Timur
Per 2.01 WIB

[< Mei](#) Apr ▼ 2022 ▼ [Lihat](#) [Mei >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 31° 23°	28 32° 25°	29 32° 24°	30 32° 23°	31 32° 25°	1 31° 25°	2 32° 23°
3 32° 23°	4 31° 23°	5 32° 24°	6 32° 25°	7 32° 25°	8 32° 26°	9 32° 26°
10 32° 25°	11 32° 25°	12 32° 25°	13 32° 25°	14 32° 25°	15 32° 25°	16 33° 25°
17 32° 23°	18 31° 26°	19 32° 23°	20 30° 24°	21 31° 25°	22 32° 24°	23 32° 25°
24 31° 26°	25 32° 26°	26 31° 25°	27 31° 25°	28 32° 23°	29 32° 23°	30 30° 25°

Cuaca Bulanan - Gayungan, Jawa Timur
Per 2.01 WIB

[< Apr](#) Mei ▼ 2022 ▼ [Lihat](#) [Jun >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 32° 26°	2 32° 25°	3 32° 25°	4 32° 25°	5 32° 25°	6 32° 25°	7 32° 25°
8 32° 26°	9 30° 26°	10 31° 25°	11 32° 25°	12 32° 25°	13 32° 25°	14 32° 25°
15 32° 25°	16 32° 26°	17 32° 25°	18 31° 26°	19 31° 26°	20 31° 25°	21 31° 23°
22 31° 23°	23 32° 26°	24 32° 26°	25 32° 25°	26 28° 23°	27 31° 23°	28 31° 24°
29 31° 24°	30 31° 23°	31 32° 25°	1 30° 25°	2 31° 25°	3 32° 25°	4 32° 23°

Cuaca Bulanan - Gayungan, Jawa Timur
Per 2.01 WIB

[< Mei](#) Jun ▼ 2022 ▼ [Lihat](#) [Jul >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 31° 24°	30 31° 23°	31 32° 25°	1 30° 25°	2 31° 25°	3 32° 25°	4 32° 23°
5 31° 25°	6 31° 25°	7 31° 23°	8 32° 24°	9 31° 23°	10 31° 24°	11 32° 24°
12 32° 24°	13 32° 23°	14 30° 23°	15 30° 24°	16 30° 23°	17 31° 24°	18 31° 23°
19 32° 23°	20 32° 23°	21 32° 23°	22 32° 23°	23 32° 23°	24 32° 23°	25 33° 23°
26 32° 24°	27 32° 23°	28 32° 23°	29 32° 23°	30 33° 22°	1 32° 23°	2 32° 24°

Cuaca Bulanan - Benowo, JT
Per 1.24 WIB

[< Mar](#) Apr ▼ 2022 ▼ [Lihat](#) [Mei >](#)

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 31° 26°	28 31° 26°	29 31° 24°	30 32° 25°	31 32° 23°	1 32° 23°	2 32° 24°
3 32° 24°	4 31° 24°	5 31° 25°	6 33° 23°	7 31° 25°	8 31° 25°	9 31° 25°
10 31° 25°	11 32° 22°	12 31° 23°	13 33° 25°	14 32° 25°	15 33° 25°	16 32° 26°
17 32° 23°	18 32° 25°	19 31° 24°	20 31° 23°	21 28° 24°	22 31° 23°	23 32° 23°
24 31° 23°	25 32° 24°	26 30° 23°	27 30° 25°	28 31° 24°	29 31° 25°	30 32° 25°

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Benowo, JT
Per 1.24 WIB

< Apr Mei 2022 > [Lihat](#) Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁ 32° 26°	2 ☁ 33° 25°	3 ☁ 33° 26°	4 ☁ 32° 25°	5 ☁ 32° 26°	6 ☁ 33° 26°	7 ☁ 33° 23°
8 ☁ 32° 25°	9 ☁ 32° 25°	10 ☁ 32° 25°	11 ☁ 31° 26°	12 ☁ 31° 26°	13 ☁ 32° 26°	14 ☁ 31° 25°
15 ☁ 33° 26°	16 ☁ 31° 25°	17 ☁ 33° 23°	18 ☁ 32° 25°	19 ☁ 32° 24°	20 ☁ 31° 23°	21 ☁ 31° 25°
22 ☁ 32° 25°	23 ☁ 32° 26°	24 ☁ 33° 26°	25 ☁ 31° 25°	26 ☁ 28° 23°	27 ☁ 30° 23°	28 ☁ 31° 25°
29 ☁ 31° 25°	30 ☁ 31° 23°	31 ☁ 31° 24°	1 ☁ 31° 25°	2 ☁ 32° 24°	3 ☁ 31° 25°	4 ☁ 32° 23°

Cuaca Bulanan - Benowo, JT
Per 1.24 WIB

< Mei Jun 2022 > [Lihat](#) Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁ 31° 25°	30 ☁ 31° 23°	31 ☁ 31° 24°	1 ☁ 31° 25°	2 ☁ 32° 24°	3 ☁ 31° 25°	4 ☁ 32° 23°
5 ☁ 31° 23°	6 ☁ 31° 23°	7 ☁ 26° 18°	8 ☁ 28° 18°	9 ☁ 27° 18°	10 ☁ 27° 18°	11 ☁ 27° 18°
12 ☁ 27° 18°	13 ☁ 26° 18°	14 ☁ 26° 18°	15 ☁ 26° 18°	16 ☁ 27° 18°	17 ☁ 27° 18°	18 ☁ 26° 18°
19 ☁ 26° 18°	20 ☁ 27° 18°	21 ☁ 27° 18°	22 ☁ 27° 18°	23 ☁ 27° 17°	24 ☁ 27° 18°	25 ☁ 26° 18°
26 ☁ 26° 18°	27 ☁ 25° 18°	28 ☁ 24° 17°	29 ☁ 25° 17°	30 ☁ 26° 15°	1 ☁ 27° 17°	2 ☁ 27° 18°

Cuaca Bulanan - Tandes, Jawa Timur
Per 1.32 WIB

< Mar Apr 2022 > [Lihat](#) Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁ 31° 24°	28 ☁ 32° 24°	29 ☁ 32° 25°	30 ☁ 31° 25°	31 ☁ 31° 25°	1 ☁ 31° 25°	2 ☁ 32° 24°
3 ☁ 32° 24°	4 ☁ 31° 23°	5 ☁ 32° 24°	6 ☁ 32° 25°	7 ☁ 32° 24°	8 ☁ 32° 25°	9 ☁ 31° 25°
10 ☁ 32° 25°	11 ☁ 33° 24°	12 ☁ 32° 25°	13 ☁ 32° 25°	14 ☁ 33° 25°	15 ☁ 33° 24°	16 ☁ 33° 25°
17 ☁ 32° 25°	18 ☁ 31° 26°	19 ☁ 31° 24°	20 ☁ 30° 24°	21 ☁ 31° 25°	22 ☁ 32° 25°	23 ☁ 32° 25°
24 ☁ 31° 25°	25 ☁ 32° 25°	26 ☁ 30° 25°	27 ☁ 31° 25°	28 ☁ 31° 25°	29 ☁ 31° 24°	30 ☁ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Tandes, Jawa Timur
Per 1.32 WIB

< Apr Mei 2022 > [Lihat](#) Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁ 32° 25°	2 ☁ 33° 25°	3 ☁ 32° 25°	4 ☁ 32° 25°	5 ☁ 32° 25°	6 ☁ 32° 25°	7 ☁ 32° 25°
8 ☁ 32° 25°	9 ☁ 31° 25°	10 ☁ 31° 26°	11 ☁ 31° 25°	12 ☁ 32° 25°	13 ☁ 32° 25°	14 ☁ 32° 25°
15 ☁ 32° 25°	16 ☁ 32° 26°	17 ☁ 32° 25°	18 ☁ 31° 25°	19 ☁ 30° 25°	20 ☁ 30° 25°	21 ☁ 30° 24°
22 ☁ 31° 24°	23 ☁ 32° 26°	24 ☁ 32° 26°	25 ☁ 31° 25°	26 ☁ 28° 23°	27 ☁ 31° 23°	28 ☁ 31° 24°
29 ☁ 31° 25°	30 ☁ 31° 24°	31 ☁ 32° 24°	1 ☁ 30° 24°	2 ☁ 32° 24°	3 ☁ 32° 24°	4 ☁ 32° 24°

LAPORAN TUGAS AKHIR TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

Cuaca Bulanan - Tandes, Jawa Timur
Per 1.32 WIB

< Mei Jun ▼ 2022 > Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°
5 ☁️ 30° 24°	6 ☁️ 30° 25°	7 ☁️ 31° 23°	8 ☁️ 33° 24°	9 ☁️ 31° 23°	10 ☁️ 31° 23°	11 ☁️ 32° 23°
12 ☁️ 32° 24°	13 ☁️ 32° 23°	14 ☁️ 30° 23°	15 ☁️ 30° 24°	16 ☁️ 31° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 22°
19 ☁️ 32° 23°	20 ☁️ 32° 23°	21 ☁️ 32° 23°	22 ☁️ 32° 22°	23 ☁️ 33° 22°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 33° 23°
26 ☁️ 32° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 33° 22°	1 ☁️ 33° 22°	2 ☁️ 33° 23°

Cuaca Bulanan - Asemrowo, Jawa Timur
Per 1.36 WIB

< Mar Apr ▼ 2022 > Lihat Mei >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
27 ☁️ 31° 24°	28 ☁️ 32° 24°	29 ☁️ 32° 25°	30 ☁️ 31° 25°	31 ☁️ 31° 25°	1 ☁️ 31° 25°	2 ☁️ 32° 24°
3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 31° 23°	5 ☁️ 32° 24°	6 ☁️ 32° 24°	7 ☁️ 32° 24°	8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°
10 ☁️ 32° 25°	11 ☁️ 33° 24°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 33° 25°	15 ☁️ 33° 24°	16 ☁️ 33° 25°
17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 26°	19 ☁️ 31° 24°	20 ☁️ 30° 24°	21 ☁️ 31° 25°	22 ☁️ 32° 25°	23 ☁️ 32° 25°
24 ☁️ 31° 25°	25 ☁️ 32° 25°	26 ☁️ 30° 25°	27 ☁️ 31° 25°	28 ☁️ 31° 25°	29 ☁️ 31° 24°	30 ☁️ 30° 25°

Cuaca Bulanan - Asemrowo, Jawa Timur
Per 1.36 WIB

< Apr Mei ▼ 2022 > Lihat Jun >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️ 32° 25°	2 ☁️ 33° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°
8 ☁️ 32° 25°	9 ☁️ 31° 25°	10 ☁️ 31° 26°	11 ☁️ 31° 25°	12 ☁️ 32° 25°	13 ☁️ 32° 25°	14 ☁️ 32° 25°
15 ☁️ 32° 25°	16 ☁️ 32° 26°	17 ☁️ 32° 25°	18 ☁️ 31° 25°	19 ☁️ 30° 25°	20 ☁️ 30° 25°	21 ☁️ 30° 24°
22 ☁️ 31° 24°	23 ☁️ 32° 26°	24 ☁️ 32° 26°	25 ☁️ 31° 25°	26 ☁️ 28° 23°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 31° 24°
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°

Cuaca Bulanan - Asemrowo, Jawa Timur
Per 1.36 WIB

< Mei Jun ▼ 2022 > Lihat Jul >

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
29 ☁️ 31° 25°	30 ☁️ 31° 24°	31 ☁️ 32° 24°	1 ☁️ 30° 24°	2 ☁️ 32° 24°	3 ☁️ 32° 24°	4 ☁️ 32° 24°
5 ☁️ 30° 24°	6 ☁️ 30° 25°	7 ☁️ 31° 23°	8 ☁️ 32° 24°	9 ☁️ 31° 23°	10 ☁️ 31° 24°	11 ☁️ 32° 24°
12 ☁️ 32° 24°	13 ☁️ 32° 23°	14 ☁️ 30° 23°	15 ☁️ 30° 24°	16 ☁️ 31° 24°	17 ☁️ 31° 24°	18 ☁️ 31° 23°
19 ☁️ 32° 23°	20 ☁️ 32° 23°	21 ☁️ 32° 23°	22 ☁️ 32° 23°	23 ☁️ 32° 23°	24 ☁️ 32° 23°	25 ☁️ 33° 23°
26 ☁️ 32° 24°	27 ☁️ 31° 23°	28 ☁️ 32° 23°	29 ☁️ 32° 23°	30 ☁️ 33° 22°	1 ☁️ 33° 23°	2 ☁️ 33° 24°

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih dalam pengerjaan laporan penelitian tugas akhir ini, penulis mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Sumarko dan Ibu Munawati, serta Bude Uripah dan saudara serta keluarga penulis yang senantiasa memberikan do'a terbaik, motivasi, dan semangat selama masa perkuliahan.
2. Seluruh dosen Departemen Teknik Material dan Metalurgi yang telah memberikan ilmu dan nasihat selama masa perkuliahan berlangsung.
3. Sahabat penulis diantaranya Andyfa Gama, Meinar Lutfiah, Wenny yang menjadi tempat mencurahkan isi hati serta senantiasa memberikan do'a terbaik dan semangat.
4. Sahabat penulis selama perkuliahan yaitu "Alles" diantaranya Elok, Yulindarika, Nurin, dan Khollilah yang memberikan bantuan dan support serta sebagai tempat bercerita, bercanda, serta menghabiskan waktu bersama selama masa perkuliahan hingga saat ini.
5. Adityo Nugroho dan Mahardika Ari selaku sahabat penulis yang turut membantu dan memberi support selama masa perkuliahan
6. Alifah Maulida selaku partner TA, Dyah Maharani, dan Adelia Sukma yang turut memberi motivasi kepada penulis
7. Keluarga besar MT20 yang selalu ada menemani selama proses perkuliahan ini.
8. Teman-teman KESMA yang turut serta memberi support dan sebagai tempat bertukar pikiran
9. Serta Cak Bas yang sangat membantu dalam pemotongan material selama penelitian tugas akhir.

Pada akhirnya, kebaikan akan terbalas lebih baik dengan kebaikan yang lain. Oleh karena itu, penulis hanya dapat berdoa agar kebaikan kalian dibalas dengan hal lebih baik oleh Allah. Akhir kata, semoga penelitian tugas akhir ini dapat membawa manfaat untuk kehidupan manusia kedepannya.

Surabaya, 25 Juli 2022
Penulis

Retno Eri Setyaningseh

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Retno Eri Setyaningseh. Penulis merupakan tunggal dari Alm. Bapak Sumarko dan Ibu Munawati. Dilahirkan di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur pada tanggal 2 Desember 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 2 Sawotratap (2006-20012), SMPN 1 Sedati (2012-2015), dan SMAN 3 Sidoarjo (2015-2018). Kemudian melanjutkan studi sarjana di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS, Surabaya pada tahun 2018. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan non-akademik sebagai salah satu Fungsi Kesejahteraan Mahasiswa HMMT FTIRS-ITS 2021 dan Wakil Badan Khusus Kemuslimahan Ash-Habul Kahfi 2021. Sebagai persiapan dalam bekerja, penulis melaksanakan kerja praktik selama sebulan di Departemen NDT pada PT. Merpati Maintenance Facility. Sementara itu, untuk menyelesaikan studi sarjana, penulis melakukan penelitian tugas akhir dalam bidang keprofesian Korosi dan Kegagalan Material dengan judul “Pemetaan Korosifitas Atmosfer menggunakan Logam Uji Fe, Cu, dan Cr Pada Wilayah Kota Surabaya”. Apabila terdapat hal yang ingin ditanyakan, penulis dapat dihubungi melalui alamat email: retnoeris2@gmail.com.