



TUGAS AKHIR – TL184834

**PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFERIK DENGAN
MENGUNAKAN VARIASI LOGAM ZINC, ALUMINIUM,
DAN MAGNESIUM DI WILAYAH KOTA SURABAYA**

**ALIFAH MAULIDA WIDIARAHMA
NRP. 0251184000005**

Dosen Pembimbing
Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc.
NIP. 198205262012121002
Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc.Eng.PhD.
NIP. 197703132003121001

**PROGRAM STUDI TEKNIK MATERIAL
DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



TUGAS AKHIR – TL 184834

**PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFERIK DENGAN
MENGUNAKAN VARIASI LOGAM ZINC,
ALUMINIUM, DAN MAGNESIUM DI WILAYAH KOTA
SURABAYA**

ALIFAH MAULIDA WIDIARAHMA
NRP. 0251184000005

Dosen Pembimbing
Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc.
NIP. 198205262012121002
Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc.Eng.PhD.
NIP. 197703132003121001

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 – TL 184834

**MAPPING ATMOSPHERIC CORROSION USING
VARIATION OF ZINC, ALUMINIUM, AND
MAGNESIUM METALS IN THE CITY OF SURABAYA**

ALIFAH MAULIDA WIDIARAHMA
NRP. 02511840000005

Supervisor
Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc.
NIP. 198205262012121002
Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc.Eng.PhD.
NIP. 197703132003121001

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

(This page is intentionally left blank)

LEMBAR PENGESAHAN

PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFERIK DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI LOGAM ZINC, ALUMINIUM, DAN MAGNESIUM DI WILAYAH KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

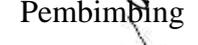
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **ALIFAH MAULIDA WIDIARAHMA**
NRP. 02511840000005

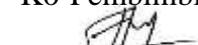
Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc
2. Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc.Eng.PhD
3. Sigit Tri Wicaksono, S.Si. M.Si. PhD
4. Mas Irfan P. Hidayat, S.T., M.Sc.,PhD.


Pembimbing


Ko-Pembimbing


Penguji


Penguji

SURABAYA
Juli, 2022



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPROVAL SHEET

MAPPING ATMOSPHERIC CORROSION USING VARIATION OF ZINC, ALUMINIUM, AND MAGNESIUM METALS IN THE CITY OF SURABAYA

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 : **ALIFAH MAULIDA WIDIARAHMA**
NRP. 0251184000005

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc
2. Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc.Eng.PhD
3. Sigit Tri Wicaksono, S.Si. M.Si. PhD
4. Mas Irfan P. Hidayat, S.T., M.Sc.,PhD.


Advisor

Co-Advisor

Examiner

Examiner

SURABAYA
July, 2022



(This page is intentionally left blank)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Alifah Maulida Widiarahma/02511840000005
Departemen : Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing/NIP : Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc./ NIP. 198205262012121002

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFERIK DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI LOGAM ZINC, ALUMINIUM, DAN MAGNESIUM DI 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.

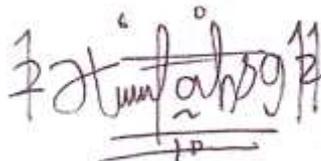
Surabaya, 15 July 2022

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Mahasiswa



Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc.
NIP. 198205262012121002



(Alifah Maulida Widiarahma)
NRP. 02511840000005

(halaman ini sengaja dikosongkan)

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student/NRP : Alifah Maulida Widiarahma/02511840000005
Departement : Materials and Metallurgical Engineering
Advisor/NIP : Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc./ NIP. 198205262012121002

Hereby declare that the Final Project with the title of “MAPPING ATMOSPHERIC CORROSION USING VARIATION OF ZINC, ALUMINIUM, AND MAGNESIUM METALS IN THE CITY OF SURABAYA” 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.

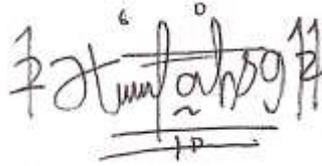
Surabaya, 15 July 2022

Acknowledged
Advisor



Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc.
NIP. 198205262012121002

Student



(Alifah Maulida Widiarahma)

NRP. 02511840000005

(halaman ini sengaja dikosongkan)

PEMETAAN KOROSIFITAS ATMOSFERIK DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI LOGAM ZINC, ALUMINIUM, DAN MAGNESIUM DI WILAYAH KOTA SURABAYA

Nama : Alifah Maulida Widiarahma
NRP : 0251184000005
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing I : Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc.
Pembimbing II : Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc.Eng.PhD.

Abstrak

Perbedaan curah hujan di setiap tempat menyebabkan kelembaban lingkungan yang berbeda, sehingga dalam aplikasinya penggunaan logam pada setiap daerah akan mengalami laju korosi yang berbeda, maka dari itu akan ada perbedaan tingkat korosifitas di setiap wilayah. Penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui tingkat korosi pada logam di wilayah Surabaya. Logam yang digunakan adalah logam aluminium, seng, dan Magnesium. Pengambilan data pada penelitian ini yaitu memetakan tingkat korosifitas di empat wilayah Kota Surabaya yaitu Surabaya Timur, Selatan, Utara, dan Barat yang terbagi dalam 16 kecamatan. Setelah memiliki data laju korosi pada wilayah Kota Surabaya, maka tahap selanjutnya adalah membuat buku berisi peta pemetaan korosifitas pada Kota Surabaya. Pengujian pertama hasil pengamatan visual makro menunjukkan bahwa pada permukaan plat logam aluminium dan zinc terlihat adanya perubahan warna menjadi lebih gelap, kemudian untuk logam magnesium korosi yang timbul ditunjukkan dengan adanya perubahan pada warna menjadi gelap dan juga adanya lubang kecil yang terbentuk pada permukaan plat. Untuk pengujian weightloss logam magnesium wilayah utara bagian 3 memiliki nilai weightloss tertinggi yaitu 2,753 gram yang berarti logam Mg seri U3 tersebut mengalami penurunan massa paling banyak. Kemudian logam aluminium wilayah utara bagian 3 memiliki nilai weighthloss paling rendah yaitu 0,019 gram yang artinya logam Al seri U3 mengalami penurunan massa paling sedikit. Nilai laju korosi pada logam aluminium yang tertinggi yaitu 0,293 mpy pada Al seri U2 sedangkan laju korosi dengan nilai terendahnya yaitu 0,1472 mpy pada Al seri U3. Kemudian untuk logam zinc, laju korosi tertingginya memiliki nilai 0,3847 mpy pada logam Zn seri T1 sedangkan nilai terendahnya yaitu 0,225 mpy pada logam Zn seri B2. Lalu untuk logam magnesium, laju korosi dengan nilai tertingginya yaitu 33,8885 mpy pada logam Mg seri U3 sedangkan nilai terendahnya yaitu 22,087 mpy pada logam Zn seri B2. Logam yang baik digunakan pada wilayah utara kota Surabaya yaitu aluminium dikarenakan logam aluminium memiliki nilai laju korosi yang rendah pada wilayah tersebut. Kemudian selanjutnya logam yang baik digunakan pada wilayah timur kota Surabaya yaitu magnesium. Lalu logam yang cocok digunakan pada wilayah barat kota Surabaya yaitu zinc. Untuk wilayah kota Surabaya bagian selatan logam yang cocok digunakan yaitu aluminium dan magnesium, dikarenakan dua logam tersebut tidak memiliki nilai laju korosi yang tinggi di daerah itu.

Kata Kunci: *Atmosfer, Kelembaban, Korosifitas, Laju Korosi, Logam.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MAPPING ATMOSPHERIC CORROSION USING VARIATION OF ZINC, ALUMINUM, AND MAGNESIUM METALS IN THE CITY OF SURABAYA

Student Name : Alifah Maulida Widiarahma
NRP : 02511840000005
Department : Material and Metallurgical Engineering
Supervisor : Tubagus Noor R, S.T.,M.Sc.
Co-Supervisor : Lukman Noerochim, S.T.,M.Sc.Eng.PhD.

Abstract

The difference in rainfall in each place causes different environmental humidity, so that in its application the use of metal in each area will experience a different corrosion rate, therefore there will be differences in the level of corrosiveness in each region. This study aims to determine the level of corrosion of metals in the Surabaya area. The metals used are aluminum, zinc, and magnesium. Data retrieval in this study is to map the level of corrosiveness in four areas of the city of Surabaya, namely East, South, North, and West Surabaya which is divided into 16 districts. After having data on the corrosion rate in the Surabaya City area, the next step is to make a book containing a map of the corrosiveness mapping in the City of Surabaya. The first test, the results of macro visual observations showed that on the surface of the aluminum and zinc metal plates a change in color became darker, then for magnesium metal the corrosion that occurred was indicated by a change in color to darken and also small holes formed on the surface of the plate. For the weight loss test, the northern region of section 3 magnesium metal has the highest weight loss value, which is 2.753 grams, which means that the U3 series Mg metal experienced the most mass loss. Then the aluminum metal in the northern region of section 3 has the lowest weight loss value of 0.019 grams, which means that the U3 series Al metal has the least mass decrease. The highest corrosion rate value for aluminum metal is 0.293 mpy in the U2 series Al, while the lowest corrosion rate is 0.1472 mpy in the U3 series Al. Then for zinc metal, the highest corrosion rate is 0.3847 mpy for T1 series Zn metal, while the lowest value is 0.225 mpy for B2 series Zn metal. Then for magnesium metal, the corrosion rate with the highest value is 33.8885 mpy in the U3 series Mg metal while the lowest value is 22.087 mpy in the B2 series Zn metal. A good metal to use in the northern area of the city of Surabaya is aluminum because aluminum metal has a low corrosion rate in that area. Then furthermore, a good metal to use in the eastern area of the city of Surabaya is magnesium. Then the metal that is suitable for use in the western region of the city of Surabaya is zinc. For the southern part of the city of Surabaya, the suitable metals to use are aluminum and magnesium, because these two metals do not have a high corrosion rate value in that area.

Keywords: *Atmosphere, Humidity, Corrosion, Corrosion Rate, Metal.*

(This page intentionally left blank)

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul **“PEMETAAN KOROSI ATMOSFERIK DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI LOGAM ZINC, ALUMINIUM, DAN MAGNESIUM DI WILAYAH KOTA SURABAYA”** untuk memenuhi mata kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan di Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses penelitian, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan memberi dukungan kepada penulis, diantaranya adalah:

1. Orang tua penulis (Lukita Andrias Wijaya A.md dan Intan Safitri S.P) yang memberikan motivasi dan dukungan selama proses penyusunan laporan ini, serta selalu mendoakan yang terbaik untuk terselesaikannya laporan Penelitian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tubagus Noor R S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama yang selalu mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis agar penulis lebih terpacu untuk menyelesaikan laporan.
3. Bapak Lukman Noerochim S.T.,M.Sc.Eng.PhD.selaku dosen pembimbing kedua yang selalu mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis agar penulis lebih terpacu untuk menyelesaikan laporan.
4. Bapak Lukman Noerochim S.T.,M.Sc.Eng.PhD. selaku dosen wali yang selalu memberikan saran pada saat penulis akan melakukan proses pengambilan mata kuliah.
5. Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyananta, ST., M.Sc selaku Ketua Prodi S-1 Departemen Teknik Material yang tidak pernah berhenti untuk memberikan informasi terbaru seputar tugas akhir kepada penulis.
6. Kepada teman-teman departemen teknik material angkatan 2018 yang selalu menemani dalam proses pengerjaan laporan tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan.

Surabaya, 15 Juli 2022
Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
Abstrak.....	xiii
Abstract.....	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	ii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Korosi.....	3
2.1.1 Definisi Korosi.....	3
2.1.2 Jenis-Jenis Korosi.....	3
2.2 Korosi Atmosferik.....	4
2.2.1 Faktor Yang Mempengaruhi Korosi Atmosferik.....	5
2.2.2 Aspek Elektrokimia Korosi.....	6
2.2.3 Elektrokimia Korosi Atmosferik.....	7
2.3 Logam-Logam.....	8
2.3.1 Zinc.....	8
2.3.2 Aluminium.....	8
2.3.3 Magnesium.....	9
2.4 Laju Korosi.....	9
2.5 Penyusunan Peta Korosivitas Atmosfer.....	10
2.6 Penelitian yang Pernah Dilakukan.....	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Bahan Penelitian.....	13
3.2 Alat Penelitian.....	13
3.3 Diagram Alir.....	13
3.4 Prosedur Penelitian.....	14
3.4.1 Preparasi Material Uji.....	15
3.4.2 Penyebaran Material Uji di Lingkungan Atmosfer.....	15
3.4.3 Pengukuran Massa Logam dan pH Air Hujan.....	16
3.5 Pengujian.....	16
3.5.1 Visual Makro.....	16
3.5.2 Weight Loss.....	16
3.5.3 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	16
3.6 Rancangan Penelitian.....	17
3.7 Jadwal Penelitian.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Analisis Data.....	19
4.1.1 Hasil Pengamatan Visual.....	19
4.1.2 Hasil Pengujian XRD.....	23
4.1.3 Hasil Pengujian Weight Loss.....	26
4.1.4 Perhitungan Laju Korosi.....	29
4.1.5 Data pH Air Hujan, Jumlah Hujan, dan Suhu Kelembaban Selama Penelitian.....	31
4.2 Pembahasan.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35

5.2. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	39
UCAPAN TERIMA KASIH.....	63
BIODATA PENULIS	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses korosi atmosferik pada baja (Revie, 2008).....	3
Gambar 2. 2 Serangan korosi atmosferik yang bersifat (a) merata, (b) lokal.....	5
Gambar 2. 3 Korosi pada besi (Fe) (a) di dalam larutan asam klorida, (b) akibat.....	7
Gambar 2. 4 Peta Pembagian Wilayah Kota Surabaya (Pengadilan Negeri Surabaya)	11
Gambar 4. 1 a) Hasil XRD Al sebelum dilakukan pemetaan; b) Hasil XRD Al sesudah dilakukan pemetaan.....	28
Gambar 4. 2 a) Hasil XRD Zn sebelum dilakukan pemetaan; b) Hasil XRD Zn sesudah dilakukan pemetaan.....	29
Gambar 4. 3 Hasil XRD Mg setelah dilakukan pemetaan.....	30
Gambar 4.4 Grafik laju korosi Al.....	33
Gambar 4.5 Grafik laju korosi Zn.....	33
Gambar 4.6 Grafik laju korosi Mg.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2	Rancangan Penelitian.....	27
Tabel 3.3	Jadwal Penelitian	28
Tabel 4. 1	Hasil pengamatan visual logam Al.....	19
Tabel 4. 2	Hasil pengamatan visual logam Zn.....	20
Tabel 4. 3	Hasil pengamatan visual logam Mg	22
Tabel 4. 4	Data massa tiap logam hasil uji pemetaan.....	26
Tabel 4. 5	Data massa tiap logam hasil uji pemetaan.....	27
Tabel 4. 6	Data massa tiap logam hasil uji pemetaan.....	27
Tabel 4. 7	Data massa tiap logam hasil uji pemetaan.....	27
Tabel 4. 8	Data massa tiap logam hasil uji pemetaan.....	28
Tabel 4. 9	Nilai weightloss dari tiap jenis logam	28
Tabel 4. 10	Nilai laju korosi	29
Tabel 4. 11	Data pH Air Hujan Selama Penelitian	31
Tabel 4. 12	Data jumlah hujan wilayah Kota Surabaya	32
Tabel 4. 13	Data suhu kelembaban Kota Surabaya (°C).....	32

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya merupakan salah satu kota industri terbesar di Indonesia. Industri merupakan Surabaya merupakan salah satu kota industri terbesar di Indonesia. Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi di Kota Surabaya dari tahun ketahun semakin meningkat. Hal tersebut mempengaruhi kontribusi sektor industri pengolahan ikut meningkat. Industri merupakan kontributor terbesar bagi perekonomian nasional Indonesia. Salah satu langkah strategis pemerintah untuk mendorong perkenomian Indonesia dibidang manufaktur adalah penguatan strategi industri hulu. Dalam proses industri hulu tentunya dibutuhkan material logam. Dan seiring berjalannya waktu logam akan mengalami korosi. Logam yang paling sering digunakan dalam dunia industri adalah logam zinc, aluminium, dan magnesium. Ibu kota dengan perkembangan industri ini membuat adanya penggunaan logam pada kota ini cukup pesat sehingga diperlukan data mengenai tingkat korosifitas di setiap wilayahnya. Setiap daerah memiliki laju korosi yang berbeda. Dampak kerusakan akibat korosi sangat merugikan sehingga perlu adanya penanganan lebih lanjut.

Korosi merupakan kerusakan pada logam yang diakibatkan oleh adanya reaksi kimia dan elektrokimia dengan lingkungan. Kerusakan tersebut terjadi secara alami dan tidak dapat dicegah akan tetapi dapat dikontrol. Kerusakan yang disebabkan oleh korosi memiliki nilai yang tidak kecil. Di Amerika Serikat (U.S), kerugian yang disebabkan oleh korosi mencapai \$276 miliar yang mana nilai tersebut merupakan 3,1% total pendapatan ekonomi suatu Negara atau biasa dikenal sebagai Gross National Product / GNP (Roberge, 2008). Bahkan di negara-negara seperti Inggris, Jepang, Australia, India, dan Jerman mengalami kerugian 1-5% dari GNP yang disebabkan oleh korosi (Koch, 2001).

Dari pemaparan masalah di atas penelitian ini dirasa perlu dilakukan. Pemetaan korosi yang akan dilakukan adalah dalam upaya untuk mengetahui tingkat korosifitas yang ada di suatu wilayah tertentu. Penelitian mengenai pemetaan korosi atmosferik pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya sesuai dengan jurnal yang berjudul “Pemetaan Tingkat Korosifitas di Daerah DKI Jakarta”. Pada penelitian tersebut material uji yang digunakan yaitu sampel plat baja karbon. Namun dalam penelitian saya ini dilakukan dengan variasi logam yaitu zinc, aluminium, dan magnesium dan juga adanya variasi wilayah pemetaan yaitu pada Surabaya Utara pada kecamatan Kenjeran, Semampir, dan Pabean; Surabaya Timur pada kecamatan Sukolilo, Tambaksari, dan Gununganyar; Surabaya Barat pada kecamatan Benowo, Tandes, dan Asemrowo; serta Surabaya Selatan pada kecamatan Wonocolo, Wiyung, dan Gayungan. Pengamatan korosi dilakukan pada beberapa lokasi yang ada di wilayah Kota Surabaya dan juga pengujian skala laboratorium sebagai bahan perbandingan. Untuk mengetahui tingkat korosifitas dari suatu daerah dilakukan penelitian dengan mengekspos logam dengan waktu tertentu dan laju korosi dihitung dengan metoda kehilangan berat. Sedangkan untuk pengujian skala laboratorium akan dilakukan uji XRD (X-Ray Diffraction). Hasil dari logam yang diekspos udara luar dikarakterisasi dengan menggunakan XRD (X-Ray Diffraction). Dari hasil perhitungan laju korosi, kategori tingkat korosifitas di beberapa daerah di Surabaya dapat ditentukan.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengetahui perbedaan tingkat laju korosi atmosferik di wilayah di Kota Surabaya?
2. Bagaimana cara mengetahui pengaruh lokasi geografis terhadap laju korosi atmosferik material di Kota Surabaya?

3. Bagaimana cara mendapatkan data laju korosi logam zinc, aluminium, dan magnesium pada lingkungan udara di wilayah Kota Surabaya?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Melakukan penelitian di empat titik wilayah di Kota Surabaya dengan menggunakan tiga spesimen yaitu zinc, aluminium, dan magnesium.
2. Spesimen dilakukan pengujian di wilayah Kota Surabaya selama 2 bulan.
3. Hasil pemetaan laju korosi atmosferik di wilayah Kota Surabaya di uji dengan menggunakan uji XRD.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan pemetaan tingkat laju korosi atmosferik di wilayah di Kota Surabaya menggunakan logam aluminium, zinc, dan magnesium.
2. Menganalisis pengaruh lokasi geografis terhadap laju korosi atmosferik material di Kota Surabaya.
3. Mendapatkan data laju korosi logam zinc, aluminium, dan magnesium pada lingkungan udara di wilayah Kota Surabaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat laju korosi atmosferik di beberapa wilayah Kota Surabaya.
2. Memahami lebih dalam tentang pengaruh laju korosi pada lingkungan udara.
3. Data penelitian ini dapat menjadi sumber referensi bagi penelitian selanjutnya tentang korosi atmosferik.

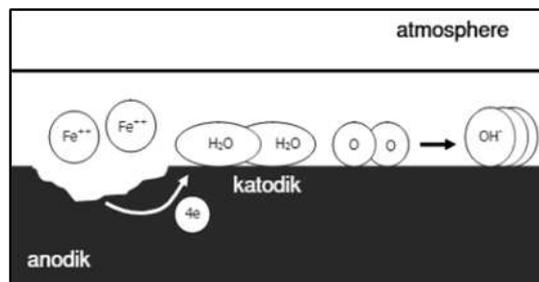
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

2.1.1 Definisi Korosi

Korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu suatu bahan terutama logam yang disebabkan oleh reaksi antara bahan tersebut dengan lingkungan sekitarnya (Fontana, 1983). Korosi merupakan peristiwa penurunan mutu logam akibat berinteraksi dengan lingkungannya, Secara kimiawi korosi merupakan suatu proses elektrokimia (Suratman, 1990).

Korosi merupakan proses elektrokimia dimana proses ini terjadi apabila adanya daerah anoda, katoda, elektrolit dan hubungan tertutup seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Bila udara mempunyai kelembaban yang cukup tinggi (>60%), maka akan terjadi lapisan air pada permukaan logam yang bertindak sebagai elektrolit. Korosi atmosferik terjadi bila ada kesetimbangan antara reaksi anodik dan katodik (Revie, 2008).



Gambar 2.1 Proses korosi atmosferik pada baja (Revie, 2008).

2.1.2 Jenis-Jenis Korosi

Bedasarkan jenis dan produk, korosi biasanya digolongkan kedalam delapan bentuk, yaitu:

1. Korosi Merata (Unifom Corrosion)

Bentuk korosi yang paling umum dijumpai adalah korosi merata. Korosi ini terjadi bila permukaan logam terdapat beda potensial yang dapat menimbulkan daerah anoda dan daerah katoda, reaksi kimia dan reaksi elektrokimia berlangsung secara seragam diseluruh permukaan logam yang tidak terisolasi. Logam yang mengalami kerusakan ini lambat laun akan menjadi tipis dan pada akhirnya akan kehilangan daya gunanya.

2. Korosi Galvanik (Galvanic Corrosion)

Korosi ini terjadi karena ada dua logam dengan beda potensial yang terdapat didalam suatu elektrolit. Sehingga logam yang anodik akan lebih cepat terserang oleh korosi. Sedangkan logam yang lebih katodik akan terlindungi dari serangan korosi.

3. Korosi Celah (Crevice Corrosion)

Korosi celah ialah bentuk korosi lokal yang terjadi diantara celah-celah atau daerah yang tersembunyi pada permukaan logam yang berada didalam lingkungan korosif. Pada dasarnya korosi ini terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi oksigen atau ion logam antara daerah celah dengan udara dan sekitarnya.

4. Korosi Sumuran (Pitting Corrosion)

Korosi ini timbul dengan terbentuknya lubang-lubang pada permukaan suatu logam yang diakibatkan oleh adanya ion-ion reaktif. Adanya oksigen juga mempercepat proses korosi ini. Suatu anoda akan terbentuk pada bagian pelindung, lapisan yang tidak rusak akan bertindak sebagai katoda. Akibat korosi ini akan terjadi lubang sehingga semakin lama semakin dalam.

5. Korosi Batas Butir (Intergranular Corrosion)

Korosi batas butir sering terjadi pada baja tahan karat sebagai akibat dari proses perlakuan panas atau pengelasan. Dalam kondisi tertentu bidang antara muka butiran (grain interface) menjadi sangat relatif dan menyebabkan korosi batas butir, yaitu korosi lokal pada batas butir, sementara butiran itu sendiri tidak mengalami korosi.

6. Korosi Erosi (Erosion Corrosion)

Proses korosi ini timbul bila cairan yang mengalir mengandung partikel-partikel padat yang bergesekan langsung dengan permukaan material sehingga akan merusak lapisan lindung dari logam.

7. Korosi Tegangan (Stress Corrosion)

Korosi tegangan adalah korosi pada logam akibat tegangan yang diberikan dan logam berada dalam media yang korosif, sehingga logam mengalami suatu retakan. Korosi ini dipengaruhi oleh suatu faktor tegangan dan reaksi elektrokimia pada lingkungan yang korosif.

8. Korosi Selektif

Korosi ini terjadi karena terlarutnya suatu unsur paduan yang bersifat lebih anodik dari suatu paduan. Seperti halnya kejadian peluruhan seng pada kuningan dengan kadar sengnya tinggi yang dikenal dengan proses dezincification (Suratman, 1990).

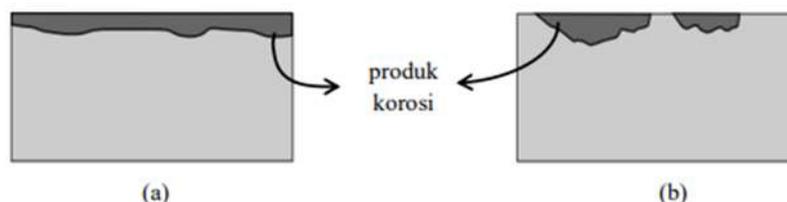
2.2 Korosi Atmosferik

Korosi atmosferik merupakan degradasi dan rusaknya bahan logam karena berinteraksi dengan atmosfer. Kerusakan akibat korosi atmosferik ini semakin parah dengan adanya polutan yang terkandung di udara. Korosi atmosferik tergolong dalam korosi merata karena produk korosi terjadi secara merata pada suatu bahan logam (Shreir, 1979).

Korosi terjadi akibat zat-zat aktif yang berasal dari udara sekitar, maka korosi ini dinamakan korosi atmosferik. Zat-zat aktif yang terutama dapat mengakibatkan korosi atmosferik ini adalah polutan akibat pembakaran bahan bakar fosil (seperti SO₂) yang banyak dijumpai di daerah perkotaan/urban, dan ion klorida yang banyak terkandung di udara di daerah tepi pantai/marine. Di daerah pedesaan/rural, walaupun kadar polutan rendah atau bahkan dapat diabaikan, korosi atmosferik dapat disebabkan oleh uap air, oksigen dan karbon dioksida.

Korosi atmosferik dapat dikatakan merupakan proses yang rumit yang ditentukan oleh banyak variabel, terutama variabel-variabel yang berkaitan dengan cuaca. Karena itu, laju korosi atmosferik sangat ditentukan oleh kondisi iklim lokal yang akan berubah baik secara alami misalnya musim, ataupun karena faktor manusia misalnya pembangunan.

Serangan korosi atmosferik dapat bersifat merata (uniform) ataupun terlokalisasi seperti dicontohkan pada Gambar 2.2. Serangan korosi atmosferik yang bersifat merata biasanya terjadi pada baja dan tembaga. Sedangkan pada material seperti aluminium dan paduannya, zinc (termasuk pelapis zinc pada baja seperti pada seng yang digunakan sebagai atap rumah), baja tahan karat dan nikel, serangan korosi atmosferik biasanya bersifat lokal (ASM International, 2003).



Gambar 2.2 Serangan korosi atmosferik yang bersifat (a) merata, (b) lokal (ASM International, 2003)

Serangan korosi atmosferik yang terlokalisasi terjadi pada satu titik dimana proses korosi terkonsentrasi, mengakibatkan percepatan laju korosi pada lokasi tertentu. Serangan

korosi atmosferik lokal biasanya dikaitkan dengan kandungan ion klorida di udara, seperti udara di daerah pantai (Anonymous, 2014).

2.2.1 Faktor Yang Mempengaruhi Korosi Atmosferik

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi atmosferik dapat dikategorikan menjadi deposisi basah (pH, konduktivitas, ion-ion positif dan negatif seperti sulfat, nitrat, ion natrium, ion hidrogen), deposisi kering (SO₂, NO₂), faktor meteorologis (arah dan kecepatan angin, suhu, kelembaban relatif, radiasi matahari, curah hujan), dan faktor lainnya seperti suhu permukaan spesimen. Namun faktor terpenting adalah kandungan SO₂ dan klorida, serta TOW.

Korosi atmosferik sangat dipengaruhi kondisi cuaca lokal, sehingga tidak ada dua tempat di dunia ini yang memiliki karakteristik korosi atmosferik yang sama satu dengan yang lain. Parameter atmosferik yang sangat mempengaruhi laju korosi atmosferik adalah kelembaban udara relatif, temperatur, curah hujan, arah dan kecepatan angin, serta kandungan polutan dalam udara sekitar (Kadarsah, 2007).

1. Gas – gas di atmosfer

Lingkungan atmosfer mengandung gas-gas lainnya. Pada umumnya atmosfer pedesaan pengaruhnya relatif kecil terhadap korosi, karena tidak tercemar oleh polutan-polutan agresif. Sedangkan atmosfer perkotaan, industri dan laut tercemar dengan polutan korosif seperti CO, SO₂, H₂S, NO₂, NaCl dan sebagainya.

2. Kandungan Debu (*Dust Content*)

Atmosfer industri dan urban mengandung bermacam-macam polutan dari partikel debu yang tersuspensi seperti karbon (C), senyawa karbon, metal oksida, H₂SO₄, (NH₄)₂SO₄, NaCl dan garam lainnya. Sedangkan dalam atmosfer *marine* mengandung partikel garam NaCl dari percikan air laut. Partikel-partikel NaCl bisa terbawa oleh angin sampai jarak tertentu, tergantung dari besar dan arah anginnya.

3. Kelembaban Nisbi (*Relative Humidity %RH*)

Kelembaban nisbi (% RH) titik embun (*dew point*) atau juga konsentrasi uap air di udara. Kelembaban nisbi adalah perbandingan antara tekanan uap air sebenarnya pada temperatur ambien dengan tekanan uap jenuh dari air pada temperatur tertentu.

4. Adsorpsi Lapisan Air (*Adsorption Layer*)

Jumlah dan ketebalan lapisan air atau elektrolit yang teradsorpsi pada permukaan logam tergantung pada kelembaban nisbi dari atmosfer, sifat-sifat fisik dan kimia dari produk korosi dan partikel-partikel debu.

5. Embun (*Dew*)

Pengembunan terjadi bilamana temperature permukaan logam di bawah temperature atmosfer/*dew point* (titik embun). Pembentukan embun terjadi di *outdoor* pada malam hari, bila temperature permukaan logam menurun melalui pemancaran *heat transfer* dari permukaan logam ke udara atau terjadi pada pagi hari dimana temperatur udara meningkat dengan cepat dari pada temperature permukaan logam.

6. Curah Hujan

Adanya curah hujan menyebabkan lapisan air atau elektrolit lebih tebal pada permukaan logam dibandingkan dengan pengembunan. Ketebalan lapisan air yang tertinggal pada permukaan logam setelah curah hujan sekitar 100 g/m².

7. Lamanya Waktu Pembasahan

Efek korosi secara keseluruhan selama perioda waktu pengeksposan ditentukan oleh lamanya waktu pembasahan permukaan logam dan komposisi elektrolit.

8. Oksigen

Oksigen dari udara mudah terabsorpsi oleh lapisan air/elektrolit, sehingga pada bagian luar dari lapisan tersebut dijenuhkan dengan oksigen.

9. Sulfur Oksida (SO₂)

Jenis polutan di udara tergantung pada aktivitas di daerah tersebut. Di lingkungan industri, urban dan daerah-daerah yang banyak/padat dilalui oleh kendaraan bermotor, pada umumnya jenis polutan yang dominan adalah gas SO₂, yang merupakan gas buangan hasil dari pembakaran bahan bakar yang mengandung unsur sulfur seperti minyak, gas alam, batu bara dan lain-lain.

10. Nitrogen Oksida (NO₂)

Emisi NO₂ sebagian besar berasal dari sisa gas buang hasil pembakaran bahan bakar minyak kendaraan bermotor dan generator (*electric discharge*).

11. Klorida (Cl)

Endapan klorida dalam jumlah besar pada permukaan logam terjadi di lingkungan atmosfer *marine* sebagai droplet atau kristal-kristal NaCl, yang terbentuk melalui evaporasi dari percikan air laut yang terbawa oleh angin dari laut.

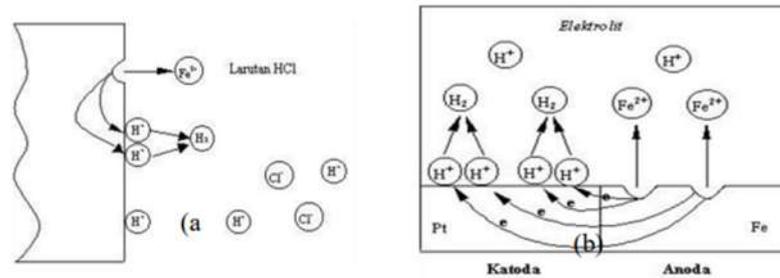
12. Karbon Dioksida (CO₂)

Kadar CO₂ di udara antara 0,3 – 0,5 % volume, dan sedikit bervariasi kadarnya dari hari kehari, dikarenakan siklus dari sifat gas tersebut. Pada kesetimbangan, persentasinya sebanding dengan konsentrasi dari orde 10⁻⁵ mol/l dalam lapisan air/elektrolit, bilamana harga pH di bawah 6 (ASM International, 2003).

2.2.2 Aspek Elektrokimia Korosi

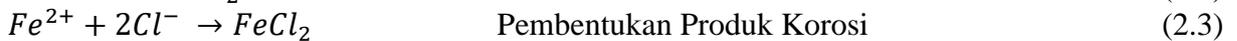
Proses korosi merupakan reaksi kimiawi antara bahan logam dengan lingkungan sekitarnya. Pada logam, reaksi ini biasanya adalah reaksi elektrokimia, yang berarti melibatkan reaksi reduksi-oksidasi. Reaksi reduksi-oksidasi terjadi karena adanya perbedaan potensial antara dua permukaan. Perbedaan potensial ini mengakibatkan terjadinya aliran elektron di besi itu sendiri yang berfungsi sebagai konduktor dan aliran ion di dalam elektrolit. Perbedaan potensial ini adalah gambaran dari energi yang tersimpan di dalam bahan logam tersebut. Energi ini dapat berasal dari proses pengolahan bijih (tidak berlaku untuk logam mulia), cacat permukaan atau intrusi.

Reaksi reduksi dan oksidasi terjadi pada jenis permukaan yang berbeda. Elektron mengalir dari permukaan dengan potensial lebih negatif ke permukaan yang lebih positif. Permukaan yang lebih negatif ini disebut anoda, sedangkan yang lain disebut katoda. Sebagai contoh, pada Gambar 2.3 (ASTM G-1, 1999).



Gambar 2.3 Korosi pada besi (Fe) (a) di dalam larutan asam klorida, (b) akibat tergalvanisasi dengan platinum (Pt) di dalam suatu elektrolit (ASTM G-1, 1999).

Proses yang terjadi adalah:



Kelanjutan dari reaksi oksidasi adalah bersenyawanya besi dengan ion klorida dari asam klorida, seperti pada reaksi (2.3). Persenyawaan ini disebut produk korosi. Produk korosi, atau persenyawaan besi dengan ion-ion negatif ini adalah bentuk setimbang besi, yaitu besi dengan keadaan energi minimum (ASTM G-1, 1999).

2.2.3 Elektrokimia Korosi Atmosferik

Pada umumnya, korosi atmosferik terjadi seperti pada contoh Gambar 2.2 (a), yaitu bersifat merata. Jika logam yang berada di udara terbuka juga tergalvanisasi, maka laju korosi akan lebih tinggi lagi. Reaksi reduksi-oksidasi yang terjadi pada korosi atmosferik melibatkan ion dari udara seperti uap air, oksigen atau polutan seperti SO₂ atau ion klorida. Contoh berikut adalah reaksi reduksi-oksidasi korosi besi dengan oksigen dalam lingkungan terhidrasi (misalnya besi dalam udara lembab):



Reaksi oksidasi membentuk ion besi (II) (Fe²⁺), sedangkan reaksi reduksi menghasilkan ion hidroksida (OH⁻). Ion besi(II) ini bereaksi dengan ion hidroksida (reaksi 2.6) membentuk produk korosi besi(II) hidroksida (Fe(OH)₂) yang berwarna hijau atau biru. Ion besi (II) juga bereaksi dengan oksigen dan ion hidrogen (reaksi 2.7) menjadi ion besi (III) (Fe³⁺). Ion besi (III) bereaksi lebih lanjut (reaksi 2.8) menjadi besi (III) hidroksida (Fe(OH)₃) yang berwarna kecoklatan. Karat yang sering terlihat sebagai produk korosi adalah besi (III) dioksida ini.

Seperti ditunjukkan oleh reaksi (2.5) hingga (2.8), pada proses korosi besi dalam udara lembab ini, besi (Fe) terurai menjadi ion besi dan akhirnya dapat membentuk dua jenis produk korosi. Secara visual, besi ini akan tampak terselimuti oleh produk korosi yang umumnya berwarna kecoklatan, yaitu karat. Besi itu sendiri akan mengalami penipisan (kehilangan massa). Besi juga akan beresiko mengalami penurunan kekuatan (ASTM G-1, 1999).

2.3 Logam-Logam

2.3.1 Zinc

Seng merupakan logam dengan urutan keempat paling banyak digunakan di dunia industri setelah baja, aluminium, dan tembaga. Menurut penggunaannya, seng banyak digunakan sebagai coating anoda untuk memproteksi baja dari korosi, sebagai unsur pengecoran seng menjadi kuningan, sebagai unsur paduan pada tembaga, aluminium, dan magnesium, sebagai paduan seng tempa, dan untuk material yang bersifat kimiawi (ASM Team, 1992).

Seng memiliki banyak efek pada paduan yaitu meningkatkan kekuatan pada temperatur kamar, ketahanan korosi, presipitasi *hardening* pada beberapa. Seng merupakan salah satu paduan paling sering digunakan pada magnesium, Selama pencairan dan pengecoran. Seng membantu meningkatkan fluiditas akan tetapi dapat mendorong terjadinya mikro porositas selama pengecoran. Seng bertindak sebagai *grain refiner* hal ini meningkatkan kekuatan pada paduan (Barber, 2004).

Prinsip penggunaan seng adalah sebagai *coating* pada baja untuk mencegah terjadinya korosi. Hal ini disebabkan karena seng lebih anodik dari pada baja dan pada lingkungan korosif atmosfer lapisan seng bertindak sebagai anoda korban. Meskipun seng berkurang selama memproteksi baja dari serangan, akan tetapi lapisan logam seng dapat digunakan dengan beberapa metode seperti *hot-dip galvanizing* (HDG), *electrogalvanizing*, *painting*, *metalizing* dan dengan *cementation* (Avner, 1974).

2.3.2 Aluminium

Aluminium memiliki ketahanan korosi atmosferik yang sangat baik dan digunakan secara luas sebagai bahan *cladding*, sedangkan paduan yang mengandung tembaga dan silikon sebagai unsur utama rentan terhadap korosi dan harus digunakan dengan hati-hati. Aluminium memiliki kekuatan yang tinggi ketika ditambah paduan dan dengan perlakuan panas yang benar. Karakteristik yang berharga lainnya adalah termasuk penghantar panas dan listrik yang baik, keuletan yang tinggi, harga relatif murah serta produk korosinya yang tidak beracun dan tidak berwarna yang menjadikannya logam Aluminium biasa digunakan dalam industri kimia dan pengolahan makanan.

Pada lingkungan pedesaan, laju korosi untuk sebagian besar paduan adalah sekitar 0,06 $\mu\text{m}/\text{y}$, sementara yang mengandung tembaga dalam jumlah besar menyebabkan laju korosinya dua kali lipat dari laju korosi ini. Sedangkan pada lingkungan laut, pada paduan bisa meningkatkan laju korosi hingga sepuluh kali lipat dari 0,6 $\mu\text{m}/\text{y}$ untuk bahan yang tidak tahan dan menjadi sekitar 0,7 $\mu\text{m}/\text{y}$ untuk material yang lebih tahan korosi. korosi Pitting juga sekitar 10 kali lebih besar di atmosfer laut, dan pada atmosfer industri dapat menyebabkan korosi yang lebih parah dari atmosfer laut.

Paduan aluminium menyebabkan korosi pitting yang parah dan produk korosi berwarna putih yang banyak pada kondisi atmosfer laut. Atap aluminium telah dikenal berkarat parah pada saat tumpang tindih. Beberapa paduan aluminium dapat terserang pada daerah intergranular ketika proses manufakturnya melibatkan kerja dingin atau pengerasan presipitasi. Serangan intergranular sering terjadi, serangan cenderung dimulai pada ujung atau di daerah berlubang, tetapi tidak terbatas pada area ini. Pabrik pesawat terbang, harus berjaga-jaga terhadap jenis korosi ini.

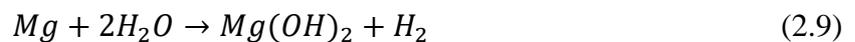
Mendesain peralatan aluminium, kita harus menghindari pasangan logam dengan beda potensial yang jauh karena akan menyebabkan korosi galvanik. Tembaga dan baja yang berkarat sangat merusak aluminium. Jika tidak bisa untuk menghindari logam yang berbeda, aluminium harus diisolasi secara elektrik dari logam yang lebih mulia. akan tetapi beberapa kasus, menutupi logam mulia dengan lapisan organik sudah cukup untuk mengurangi korosi galvanik. Karena lapisan pasif pada stainless steel, telah digunakan dalam kontak dengan

aluminium dengan harapan memperlambat laju korosi, meskipun ada perbedaan dalam potensial (Roberge, 2008).

2.3.3 Magnesium

Magnesium adalah logam putih, dapat ditempa dan liat. Magnesium merupakan kation keempat terbanyak, namun sering terabaikan (Home, 1995). Logam magnesium merupakan logam ketiga yang banyak digunakan setelah besi dan aluminium. Pencampuran magnesium dengan aluminium sebagai *alloy* meningkatkan *strength to weight ratio*. Sehingga campuran magnesium aluminium banyak digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan komponen dengan massa yang ringan tetapi memiliki kekuatan yang bagus.

Logam magnesium ini mudah terbakar dalam udara atau pun oksigen dengan mengeluarkan cahaya putih yang cemerlang, membentuk oksida MgO dan beberapa nitrida Mg₃N₂. Logam ini perlahan-lahan terurai oleh air pada suhu biasa, tetapi pada titik didih air reaksi berlangsung dengan cepat:



Mg(OH)₂ merupakan sumber magnesium untuk logam, senyawa dan susu magnesia (Sunarya, 2007). Magnesium dapat terkorosi jika ditempatkan pada udara terbuka. Meskipun tidak seperti golongan logam alkali, penyimpanan logam magnesium pada wadah bebas oksigen tidak diperlukan. Logam magnesium akan membentuk lapisan magnesium oksida pada permukaannya yang akan mencegah oksidasi lapisan di bawahnya. Lapisan oksida ini cukup *impermeable* dan sulit untuk dihilangkan. Magnesium bereaksi dengan air pada suhu ruang, meskipun bereaksi sangat lambat apabila dibandingkan dengan kalsium. Magnesium bereaksi dengan asam hidroklorida menghasilkan gas hidrogen yang disertai dengan pelepasan panas (Arifin, 2016)

2.4 Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. metode yang digunakan untuk mengetahui laju korosi adalah *weight loss*. Metode kehilangan berat adalah metode paling sederhana dan paling mudah daripada semua metode pengukuran laju korosi yang lain. Dalam metode ini dimensi awal seperti panjang dan berat spesimen diukur secara akurat. Kemudian spesimen diletakkan pada lingkungan selama 2 bulan. Dihitung laju korosi yaitu dengan menghitung massa logam yang hilang akibat sebelum dan sesudah perendaman. Kehilangan berat yang terjadi kemudian dikonversikan menjadi suatu laju korosi dengan memperhitungkan kehilangan berat, luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenis. Berdasarkan ASTM G31-72, persamaan untuk menghitung laju korosi adalah sebagai berikut:

$$Laju\ Korosi = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T} \quad (2.10)$$

dimana,

- K : Konstanta laju korosi (mpy = 3,45 x 10⁶)
- W : Berat yang hilang (gram)
- D : Berat jenis logam (gram/cm³)
- A : Luas Permukaan kontak (cm²)
- T : Waktu paparan (jam)

Tabel 2.1 di bawah ini merupakan tolak ukur untuk menentukan satuan yang dilakukan pada penelitian ini, satuan yang digunakan adalah mpy (*mils per year*) sehingga nilai K yang dipakai 3,45 x 10⁶ (ASTM G-1, 1999).

Tabel 2. 1 Nilai K untuk persamaan 2.9

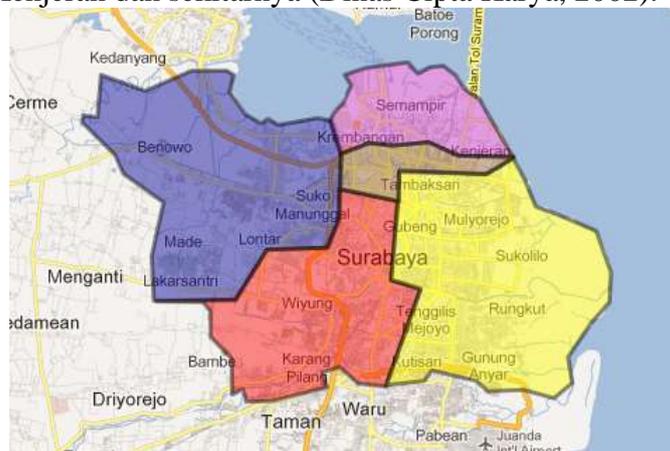
Satuan Laju Korosi yang Diinginkan	Nilai K
Mils per tahun (mpy)	3.45×10^6
Milimeter per tahun (mm/ y)	8.76×10^4
Gram per meter kuadrat per jam (g/ m ² .h)	$1.00 \times 10^4 \times D$

2.5 Penyusunan Peta Korosivitas Atmosfer

Surabaya merupakan salah satu kota terbesar kedua di Indonesia. Kota Surabaya mengalami pertumbuhan yang pesat di bidang kegiatan industri, kependudukan, dan pemerintahan di Jawa Timur. Keberhasilan pembangunan di Surabaya yang cukup tinggi disatu sisi merupakan satu kemajuan yang sangat membanggakan. Namun keberhasilan tersebut pada sisi lain menimbulkan dampak yaitu kebutuhan air masyarakat yang semakin meningkat.

Berdasarkan pembagian secara administratif Kota Surabaya dibagi menjadi 31 kecamatan dan 163 kelurahan yang dibagi menjadi 5 wilayah yaitu Surabaya Barat, Surabaya Timur, Surabaya Selatan, Surabaya Utara dan Surabaya Pusat. Surabaya yang merupakan kota metropolitan terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta telah terbagi menjadi beberapa area/ kawasan strategis yaitu:

1. Perumahan real estate yang tersebar di kawasan barat, timur dan selatan kota.
2. Perumahan kampung yang terkonsentrasi di area pusat kota.
3. Area untuk kegiatan jasa dan perdagangan yang terkonsentrasi di kawasan pusat kota dan sebagian di area perumahan yang berkembang di kawasan barat dan timur kota.
4. Area untuk kegiatan industri dan pergudangan terkonsentrasi di kawasan pesisir utara dan kawasan selatan kota yang berbatasan dengan wilayah kabupaten Gresik dan Sidoarjo.
5. Wilayah pesisir yang dimanfaatkan untuk perumahan pesisir (kampung nelayan), tambak garam dan ikan, pergudangan militer, industri kapal, pelabuhan. Wisata serta jalan yang menghubungkan kota Surabaya dan pulau Madura.
6. Ruang laut Surabaya yang dimanfaatkan untuk kegiatan pelayaran interisulair maupun internasional serta dikembangkan untuk kegiatan penangkapan ikan tradisional dan wisata pantai di Kenjeran dan sekitarnya (Dinas Cipta Karya, 2002).



Gambar 2. 4 Peta Pembagian Wilayah Kota Surabaya (Pengadilan Negeri Surabaya)

Penelitian ini dilakukan di 4 wilayah di Kota Surabaya yang terbagi menjadi 3 lokasi terpisah pada setiap wilayahnya yaitu pada wilayah Kota Surabaya Utara, Surabaya Timur, Surabaya Barat, Surabaya Selatan.

a. Surabaya Utara

Pada wilayah Surabaya Utara merupakan tempat yang dekat dengan daerah laut. Daerah pesisir, yang cenderung memiliki atmosfer yang korosif karena efek dari klorida, tingkat kelembaban yang tinggi, dan curah hujan (Pierre, 1999). Kawasan Surabaya Utara, yang lebih dekat dengan Kawasan pelabuhan Tanjung Perak, banyak berdiri kantor-kantor yang bergerak dibidang pengangkutan barang, ekspor-impor dan agen perjalanan wisata.

b. Surabaya Timur

Pada wilayah Kota Surabaya Timur, perkembangan bisnis juga cukup bagus. Sebuah mall mewah, berdiri disana dan menjadi pusat perbelanjaan yang ramai. Sepanjang jalan Kertajaya (menuju arah ITS), berkembang pesat bisnis kuliner dan tempat makan. Perkantoran, di Kota Surabaya bagian Timur tidak terlalu banyak, hanya ada bisnis perbankan di kawasan Kertajaya, Mulyosari dan sekitar Sukolilo. Selain itu, bisnis yang juga banyak dijumpai di Kawasan ini adalah penginapan, rumah kost dan jasa hiburan serta telekomunikasi.

c. Surabaya Barat

Kawasan Surabaya Barat juga mengalami perkembangan yang cukup pesat. Surabaya Barat kini menjadi sebuah area baru yang sangat prospek. Bukan hanya pusat bisnis dan perbelanjaan, kini disana juga berdiri Universitas Negeri Surabaya yang megah dan dilengkapi arena olahraga masyarakat, tempat berenang, dan lain sebagainya. Akses ke Surabaya Barat sangat mudah dan menjadi wilayah yang menarik banyak orang untuk mengunjunginya.

d. Surabaya Selatan

Kawasan Surabaya Selatan, pertumbuhan bisnis juga terus berkembang. Perkembangan bisnis di Kota Surabaya Selatan lebih mengarah pada edukasi, ini ditandai dengan pembangunan apartemen metropolis, yang dikhususkan bagi pelajar dan mahasiswa serta Universitas Pelita Harapan dan DBL Arena yang dimanfaatkan untuk kegiatan kompetisi bola basket para siswa SMA dan sederajat. Bisnis lain yang mungkin dikembangkan adalah teknologi informasi dan media yang selama ini masih terus berkembang.

2.6 Penelitian yang Pernah Dilakukan

Pada jurnal dengan judul “Analisa Laju Korosi Atmosfer Pada Pipa Besi dan Baja Konstruksi di Kota Semarang” dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh lokasi geografis terhadap laju korosi atmosferik material di Kota Semarang dengan menggunakan metode mass loss analysis dan mengukur spesimen yang telah terkorosi akibat pemaparan dengan metode surface roughness analysis. Penelitian dilakukan selama 3 bulan di 9 lokasi di wilayah Kota Semarang. Hasil penelitain menunjukkan laju korosi atmosferik bervariasi dari 1,74 mpy sampai 7,48 mpy. Laju korosi tertinggi terjadi di lokasi pesisir genuksari pada pipa besi sebesar 7,48 mpy atau 189,80 μ mpy. Semakin mendekati daerah pesisir maka laju korosi semakin tinggi.

Dalam jurnal yang berjudul “Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM A36 pada lingkungan Atmosferik di Kabupaten Jember”. Penelitian tersebut dilakukan selama 24 minggu pada 3 daerah yang berbeda yaitu daerah Rembangan yang merupakan daerah pegunungan, Gajah Mada yang merupakan daerah perkotaan dan Watu Ulo yang merupakan daerah tepi pantai. Dari ketiga daerah tersebut, daerah yang mengalami rata-rata laju korosi tertinggi pada baja karbon rendah ASTM A36 adalah 2,62 mpy pada daerah Watu Ulo, kemudian pada daerah Gajah Mada sebesar 0,919 mpy dan Rembangan sebesar 0,844 mpy (Norman, 2018).

Dan dalam jurnal “Pemetaan Korosi Atmosferik Logam Struktural di Kawasan Landaan Tsunami Aceh 2004”. Penelitian dilakukan pada kondisi lingkungan atmosferik selama 3 bulan

pada 4 daerah tepi pantai aceh yaitu daerah Peukan Bada, Ulee Lheu, Lampulo dan Lingke. Logam yang digunakan pada penelitian kali adalah 4 jenis logam ferro dan 3 jenis logam non ferro (logam Aluminium dan Tembaga) Hasil laju korosi pada 4 daerah untuk logam ferrous adalah 0,247 mpy. Sedangkan untuk logam nonferrous adalah 0,048 mpy (Sumarji, 2012).

Jurnal yang berjudul “Investigasi Laju Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Profil Segiempat di Kawasan Industri Medan“. Spesimen uji dan proses pengukuran laju korosi mengikuti standard ASTM G-50 dan ASTM G-1. Pengukuran laju korosi dilakukan selama enam bulan dengan metode pemaparan secara langsung di lima titik lokasi yaitu KIM 1, 2, 3, 4 dan 5. Hasil investigasi menggambarkan laju korosi rata-rata baja karbon rendah profil segiempat selama enam bulan sebesar 0,308 mpy. Laju korosi tertinggi terjadi di lokasi KIM 3 dan KIM 5 dengan laju korosi rata-rata sebesar 0,382 mpy dan 0,564 mpy. Sehingga dapat disimpulkan laju korosi baja karbon rendah profil segiempat di lingkungan Kawasan Industri Medan dalam kategori outstanding (< 1 mpy) dan sangat aman digunakan untuk kebutuhan konstruksi pada lokasi tersebut (Affandi, 2020).

Dalam jurnal “Pemetaan Tingkat Korosifitas di Daerah DKI Jakarta”, penelitian dilakukan selama 504 jam dengan material yang digunakan adalah plat baja karbon dan pengujian dilakukan di daerah Tepi Pantai, Daerah Industri, Perkotaan dan Pemukiman. Hasil Rata-rata laju korosi pada tepi pantai adalah 3,66 mpy, daerah industri adalah 2,01 mpy, daerah perkotaan adalah 0,87 mpy dan daerah pemukiman adalah 0,99 mpy (Ridha, 2012).

Berdasarkan jurnal “Pemetaan Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi di Industri Pabrik Kelapa Sawit”, lima jenis baja konstruksi yang terdiri dari baja strip, baja siku, baja silinder, baja plat pasaran dan baja karbon rendah dipilih menjadi specimen uji. Laju korosi dihitung dengan metode kehilangan massa dengan merujuk pada standar ASTM G50 dan lokasi PKS dipilih di PKS PT Ensem Sawita. Hasil didapatkan setelah dilakukan eksposur selama 4 (empat) bulan, menunjukkan tingkat laju korosi yang terjadi pada 5 (lima) jenis baja konstruksi tersebut masih aman dan berada dalam batas ketahanan korosi relatif atau relative corrosion resistance nya dan masih digolongkan dalam kategori outstanding (< 1 mpy). Sehingga pemakaian lima jenis baja konstruksi tersebut relatif aman dilingkungan pabrik kepala sawit dan sekitarnya (Zulfri, 2018).

Dari beberapa jurnal diatas dapat disimpulkan bahwa daerah atmosfer yang paling tinggi mengalami korosi adalah daerah tepi pantai, kemudian diikuti dengan daerah industri, lalu pada daerah perkotaan dan pemukiman memiliki laju korosi yang tidak jauh berbeda.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu:

1. Zinc Plat (Zn)
2. Aluminium Plat (Al)
3. Magnesium Alloy Plat (Mg)
4. Karton Plastik
5. Isolasi
6. Cat besi

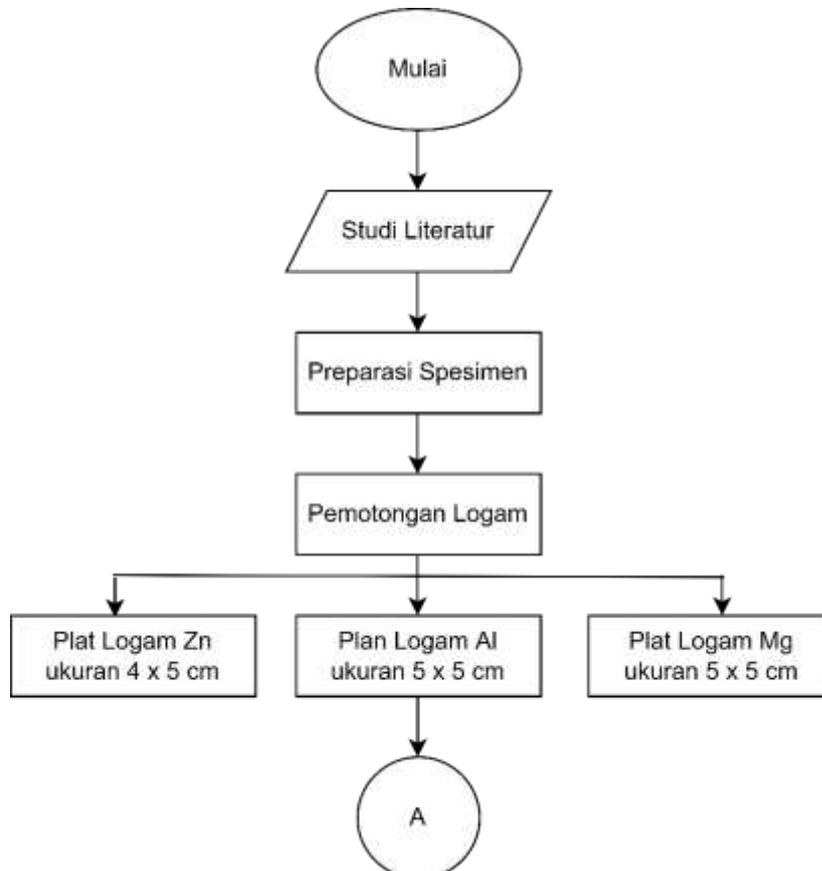
3.2 Alat Penelitian

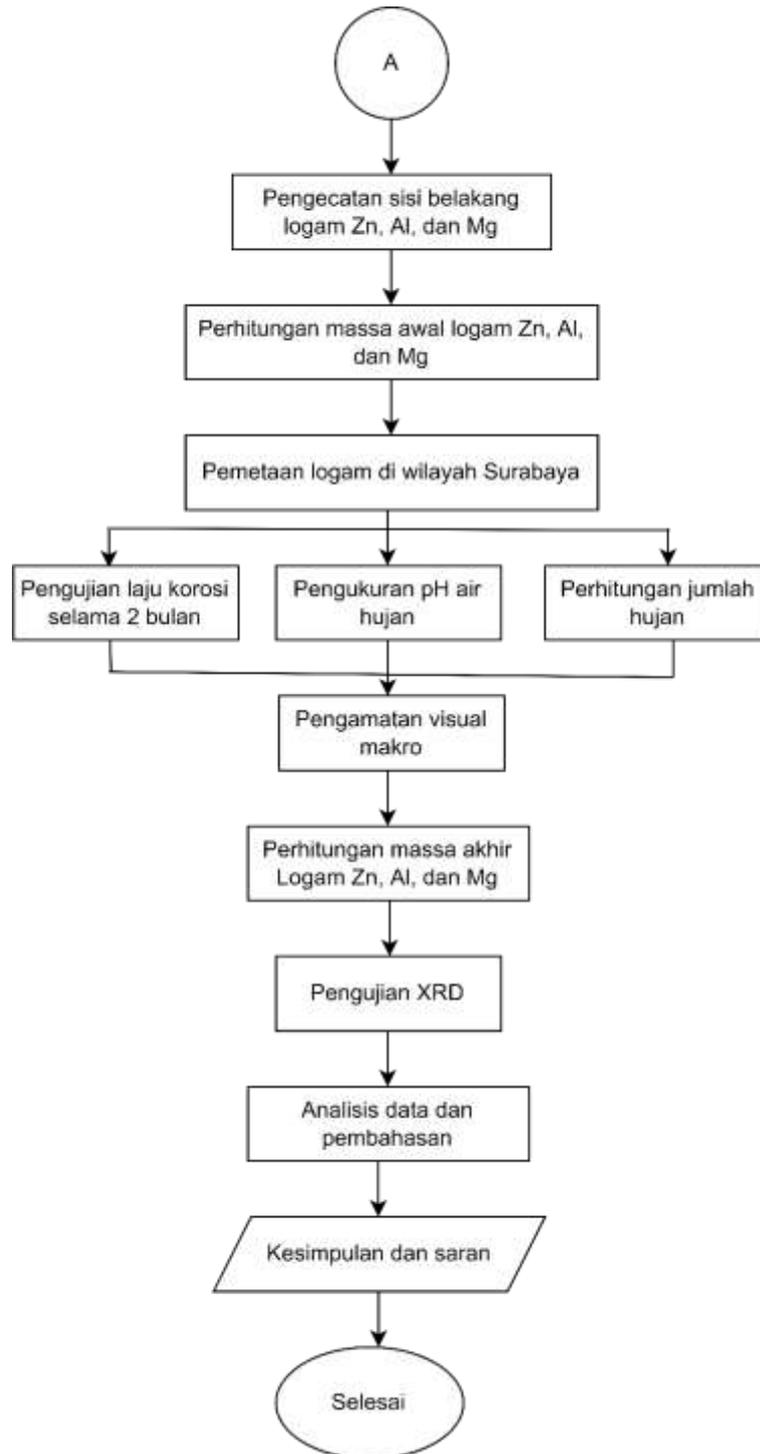
Peralatan yang digunakan pada penelitian kali ini diantaranya:

1. Gerinda
2. Gunting
3. Penggaris
4. Spidol
5. Kuas
6. Sikat Gigi
7. Timbangan Digital
8. pH meter
9. Botol plastik

3.3 Diagram Alir

Adapun diagram alir yang digunakan pada penelitian kali, sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

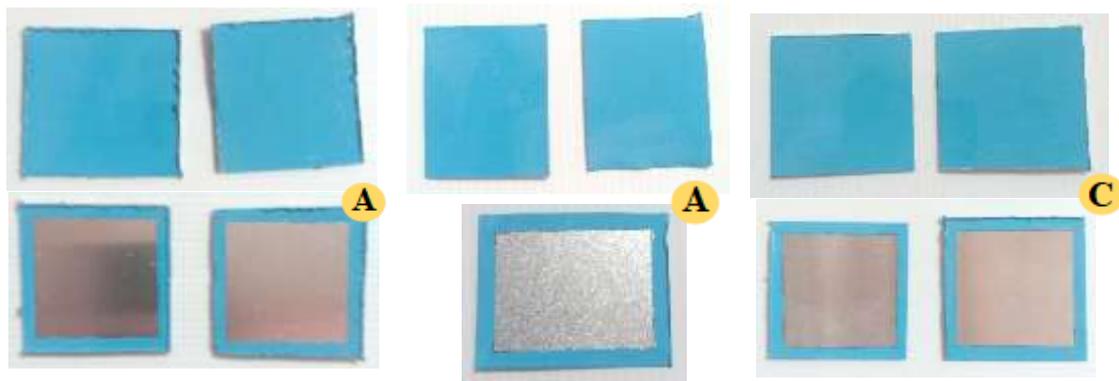
3.4.1 Preparasi Material Uji

1. Pemotongan logam dengan ukuran panjang dan lebar sesuai ketentuan, masing masing logam sebanyak 12 buah.



Gambar 3. 2 Potongan plat (a) aluminium, (b) magnesium, dan (c) zinc

2. Pada sisi belakang dan sisi depan yang terkena isolasi pada setiap logam dicoating menggunakan cat besi dengan rata, bertujuan agar tidak terkorosi pada saat proses penelitian berlangsung.



Gambar 3. 3 Coating pada tiap logam, yaitu (a) plat aluminium, (b) plat zinc, dan (c) plat magnesium

3. Setiap logam ditimbang dengan tujuan agar dapat dihitung selisih berat sebelum dan sesudah melakukan pengujian. Selisih berat ini digunakan untuk 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 zinc, plat aluminium, dan plat magnesium alloy masing-masing 1 buah.
5. Pada tiap logam ditempelkan pada alas yaitu karton plastik dengan perekat sesuai dengan grup

3.4.2 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 Kecamatan Kenjeran, Pabean, dan Semampir.
2. Pada wilayah Surabaya Timur spesimen diletakan di Kecamatan Sukolilo, Gunung Anyar, dan Tambaksari.

3. Pada wilayah Surabaya Barat spesimen diletakan di Kecamatan Benowo, Tandes, dan Asemrowo.
4. Pada wilayah Surabaya Selatan spesimen diletakan di Kecamatan Wonocolo, Gayungan, dan Wiyung.

3.4.3 Pengukuran Massa Logam dan pH Air Hujan

1. Untuk pengukuran massa logam dilakukan pada kurun waktu 1 bulan sekali dengan membawa sampel logam menuju laboratorium departemen material dan metalurgi ITS.
2. Pengukuran pH air hujan di setiap wilayah dilakukan 2 minggu sekali dengan cara menampung air hujan pada wadah lalu air tersebut diukur menggunakan pH meter.

3.5 Pengujian

Beberapa proses karakterisasi dilakukan dalam penelitian ini untuk mendukung penelitian ini dan menentukan berhasil tidaknya penelitian ini. Jenis tes yang dilakukan akan dijelaskan pada bagian berikut.

3.5.1 Visual Makro

Metode visual makro merupakan salah satu metode dimana kita dapat mengetahui secara visual terhadap cacat yang ada pada spesimen.

3.5.2 Weight Loss

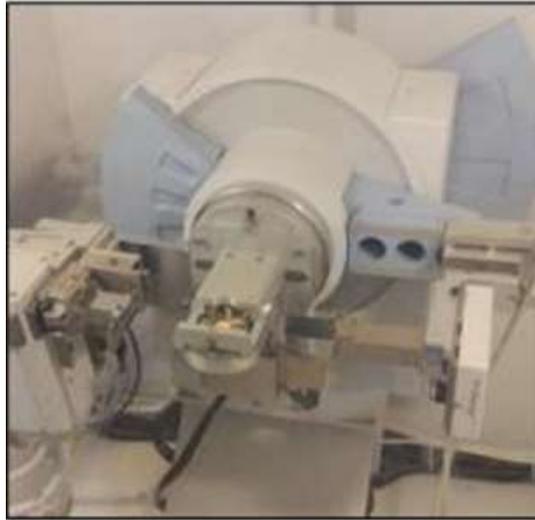
Metode weight loss merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur laju korosi yang terjadi pada suatu logam. Prinsip dari metode ini adalah dengan menghitung banyaknya berat material yang hilang setelah dilakukan penelitian pemetaan korosifitas atmosfer pada wilayah Kota Surabaya. Dengan menghitung massa logam sebelum melakukan pemetaan korosivitas dan massa tersebut dinyatakan sebagai massa awal lalu logam dibiarkan pada suatu kondisi lingkungan korosif selama beberapa waktu tertentu. Kemudian dengan menghitung massa logam yang telah dibersihkan dari oksida sebagai massa akhir. Setelah didapat selisih beratnya, dimasukkan ke persamaan untuk mendapatkan nilai laju korosi logam yang diuji. Pengujian weightloss ini diujikan pada semua logam setelah periode pemetaan selama 2 bulan.

3.5.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD ini adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui senyawa atau unsur yang terbentuk pada sampel. Pengujian ini memanfaatkan difraksi dari sinar-X. Sinar-X merupakan salah satu bentuk radiasi elektromagnetik yang mempunyai energi antara 200 eV–1 MeV dengan panjang gelombang antara 0,5–2,5 Å. Difraksi sinar-X (XRD) adalah teknik untuk menentukan struktur kristal, perubahan fasa, dan derajat kristalinitas. Difraksi sinar-X oleh atom yang tersusun dalam kristal menghasilkan pola yang berbeda tergantung pada konfigurasi atom kristal. Difraksi sinar-X, atau hamburan cahaya dengan panjang gelombang saat merambat melalui kisi kristal dengan sudut datang (θ) dan jarak antara bidang kristal (d), adalah dasar dari konsep XRD.

Analisis X-Ray Diffraction (XRD) merupakan metode yang dapat memberikan informasi mengenai jenis senyawa yang terbuat dalam suatu material. Analisis XRD ini dilakukan untuk membuktikan ada atau tidaknya produk korosi yang terjadi selama proses. XRD teknik analisis cepat digunakan untuk identifikasi fase bahan kristal dan dapat memberikan informasi tentang dimensi unit sel. Bahan yang dianalisis adalah dapat berupa bahan padat (terutama yang mempunyai struktur kristal). Pengujian XRD ini dilakukan pada 1 logam di setiap jenisnya.

Karakterisasi material menggunakan XRD menggunakan alat instrumen XRD *Malvern Panalytical's multipurpose* yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.1 Instrumen XRD *Malvern Panalytical's multipurpose*

3.6 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pada penelitian dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Persebaran Logam di Kota Surabaya	Logam Spesimen	Pengujian		
		Visual Makro	Weight Loss	XRD
Timur	Zinc	✓	✓	✓
	Aluminium			
	Magnesium			
Barat	Zinc	✓	✓	✓
	Aluminium			
	Magnesium			
Selatan	Zinc	✓	✓	✓
	Aluminium			
	Magnesium			
Utara	Zinc	✓	✓	✓
	Aluminium			
	Magnesium			

3.7 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian pada penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Bulan																							
	Januari				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	1	2	3	4
Studi Literatur																								
Asistensi Pada Dosen Pembimbing																								
Preparasi Spesimen																								
Pengujian Laju Korosi																								
Pengujian XRD																								
Penyusunan Laporan Akhir																								

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Data

4.1.1 Hasil Pengamatan Visual

Di bawah ini merupakan hasil pengamatan visual dari spesimen permukaan pada plat logam tiap jenis setelah dilakukan pengujian selama 2 bulan.

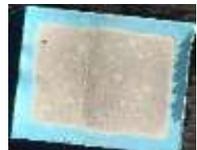
Tabel 4. 1 Hasil pengamatan visual logam Al

ALUMINIUM			
Wilayah		Minggu pertama pengujian	Minggu ke 10 pengujian
Utara	Utara 1		
	Utara 2		
	Utara 3		
Timur	Timur 1		
	Timur 2		
	Timur 3		
Barat	Barat 1		

	Barat 2		
	Barat 3		
	Selatan 1		
Selatan	Selatan 2		
	Selatan 3		

Dari hasil tabel 4.1 di atas dapat dilihat bahwa hasil pengamatan makro pada permukaan plat aluminium sebelum dan sesudah dilakukannya pemetaan di kondisi lingkungan wilayah Kota Surabaya terlihat bahwa adanya perubahan warna menjadi lebih gelap, dapat terlihat jelas pada logam aluminium wilayah timur bagian 3 dan juga wilayah selatan bagian 1.

Tabel 4.2 Hasil pengamatan visual logam Zn

ZINC			
Wilayah	Sebelum dilakukan pengujian	Setelah dilakukan pengujian	
Utara	Utara 1		
	Utara 2		

	Utara 3		
Timur	Timur 1		
	Timur 2		
	Timur 3		
Barat	Barat 1		
	Barat 2		
	Barat 3		
Selatan	Selatan 1		
	Selatan 2		
	Selatan 3		

Tabel 4.2 di atas merupakan hasil pengamatan visual makro pada plat Zn sebelum dan sesudah dilakukan pemetaan di wilayah Kota Surabaya. Dari tabel di atas dapat dilihat pada logam zinc wilayah selatan bagian 1 dan 3 bahwa adanya perubahan warna menjadi lebih gelap yang terjadi akibat dari poses korosi.

Tabel 4.3 Hasil pengamatan visual logam Mg

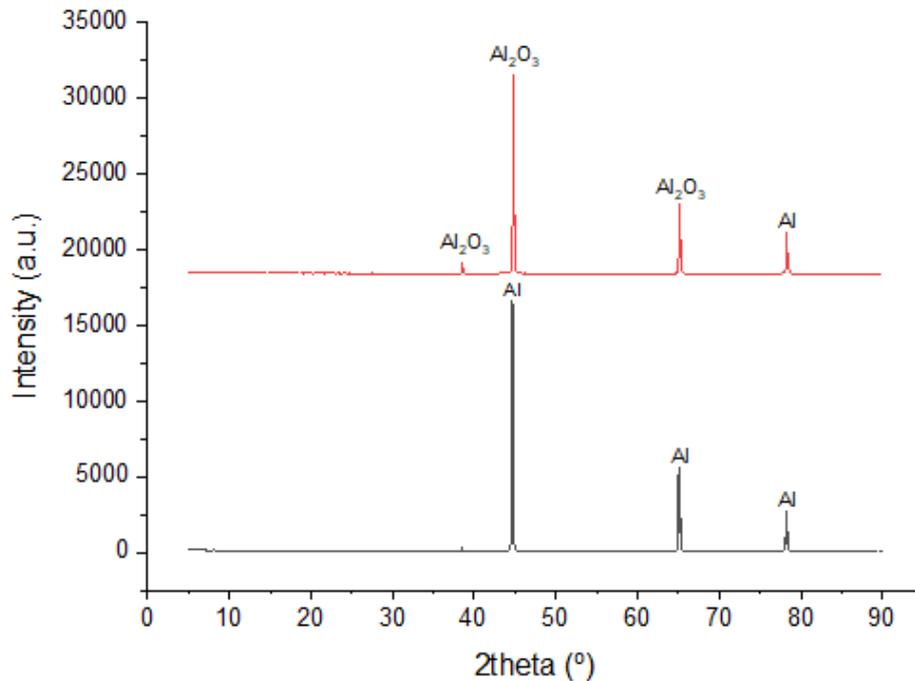
MAGNESIUM			
Wilayah		Sebelum dilakukan pengujian	Setelah dilakukan pengujian
Utara	Utara 1		
	Utara 2		
	Utara 3		
Timur	Timur 1		
	Timur 2		
	Timur 3		
Barat	Barat 1		
	Barat 2		

	Barat 3		
Selatan	Selatan 1		
	Selatan 2		
	Selatan 3		

Tabel 4.3 di atas merupakan hasil pengamatan visual makro pada plat magnesium sebelum dan sesudah dilakukan pemetaan di wilayah Kota Surabaya. Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa korosi yang timbul ditunjukkan dengan adanya perubahan pada warna menjadi gelap seperti yang terlihat pada logam magnesium wilayah utara bagian 1 dan juga adanya lubang kecil yang terbentuk pada permukaan yang terlihat jelas pada logam magnesium wilayah utara bagian 2.

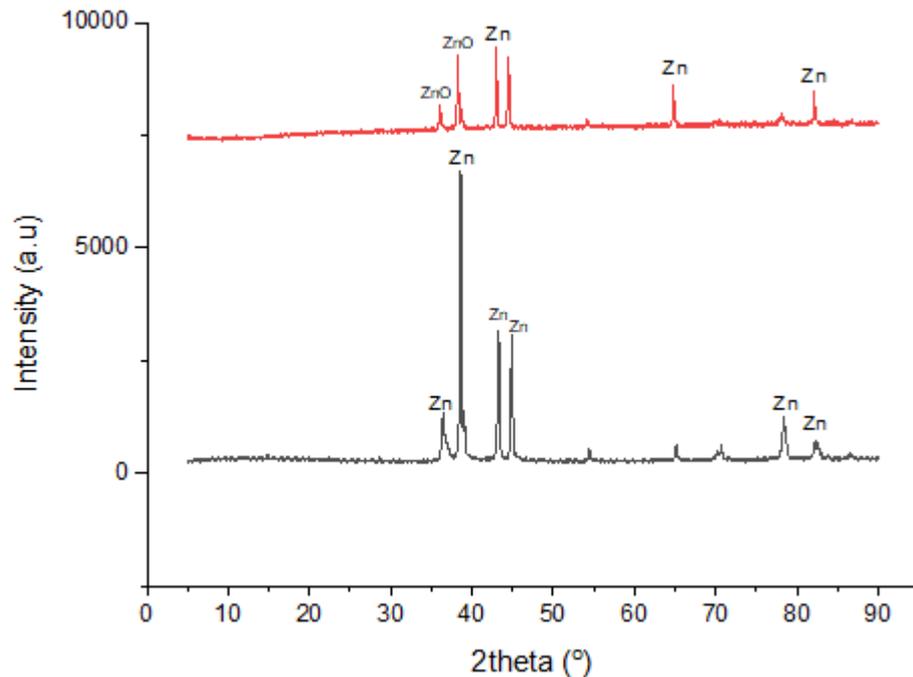
4.1.2 Hasil Pengujian XRD

X-Ray Diffraction (XRD) digunakan untuk analisis pengujian fasa atau senyawa pada material dan juga karakterisasi kristal. Hasil dari pengujian ini berupa grafik dengan puncak intensitas.



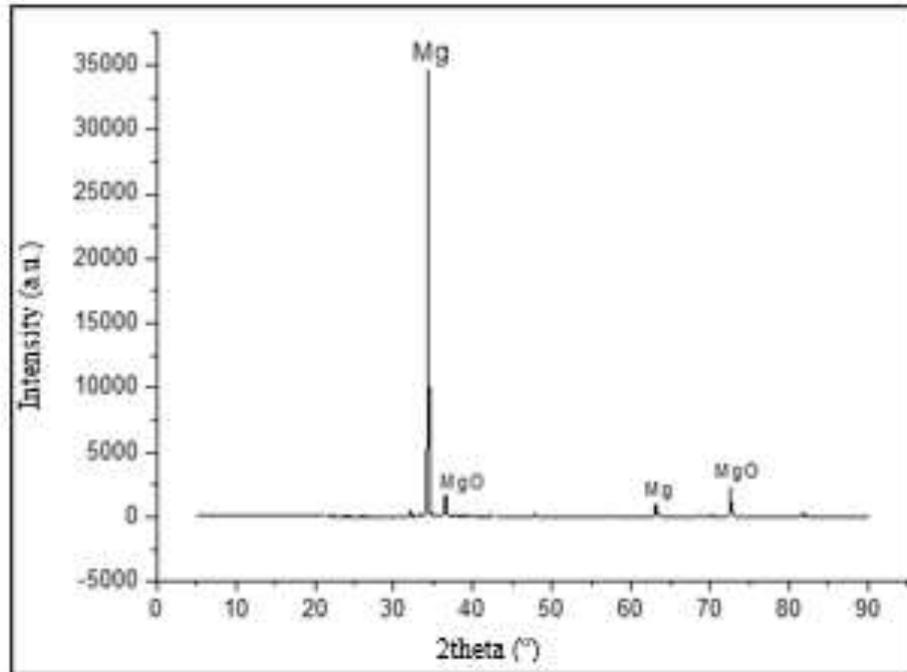
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian XRD Al sebelum dan sesudah dilakukan pemetaan

Adanya peak yang timbul mengindikasikan bahwa terbentuk senyawa-senyawa baru setelah dilakukan pemetaan. Analisa hasil XRD dilakukan dengan menggunakan software Expert HighScore untuk mengetahui senyawa pada peak tertinggi hasil pengujian XRD. Dari hasil pengujian XRD pada spesimen setelah pengujian selama 2 bulan, didapatkan beberapa senyawa yang teridentifikasi menghasilkan empat buah peak dengan intensitas tertinggi yaitu senyawa. Peak tertinggi adalah senyawa Al_2O_3 dengan sudut 2θ sebesar $44,769^\circ$ dengan intensitas sebesar 100%. Peak tertinggi kedua adalah senyawa yang sama yaitu Al_2O_3 dengan sudut 2θ sebesar $65,031^\circ$ dengan intensitas sebesar 35,88%. Peak tertinggi ketiga adalah senyawa yang sama yaitu Al dengan sudut 2θ sebesar $78,427^\circ$ dengan intensitas sebesar 10,23%. Dan peak tertinggi keempat adalah senyawa yang sama yaitu Al_2O_3 dengan sudut 2θ sebesar $38,743^\circ$ dengan intensitas sebesar 6,25%.



Gambar 4. 2 Hasil Pengujian XRD Zn sebelum dan sesudah dilakukan pemetaan

Adanya peak yang timbul mengindikasikan bahwa terbentuk senyawa-senyawa baru setelah dilakukan pemetaan. Analisa hasil XRD dilakukan dengan menggunakan software Expert HighScore untuk mengetahui senyawa pada peak tertinggi hasil pengujian XRD. Dari hasil pengujian XRD pada spesimen setelah pengujian selama 2 bulan, didapatkan beberapa senyawa yang teridentifikasi menghasilkan empat buah peak dengan intensitas tertinggi yaitu senyawa. Peak tertinggi adalah senyawa Zn dengan sudut 2θ sebesar $43,120^\circ$ dengan intensitas sebesar 100%. Peak tertinggi kedua adalah senyawa yang sama yaitu ZnO dengan sudut 2θ sebesar $36,262^\circ$ dengan intensitas sebesar 24,62%. Peak tertinggi ketiga adalah senyawa yang sama yaitu Zn dengan sudut 2θ sebesar $38,880^\circ$ dengan intensitas sebesar 23,44%. Dan peak tertinggi keempat adalah senyawa yang sama yaitu Zn dengan sudut 2θ sebesar $82,306^\circ$ dengan intensitas sebesar 18,92%.



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian XRD Mg setelah dilakukan pemetaan

4.1.3 Hasil Pengujian Weight Loss

Pengujian weightloss dilakukan agar mengetahui laju korosi dari pipa dengan mengukur selisih berat pipa sebelum dan setelah pengujian selama 10 minggu. Data yang diambil dicatat kedalam tabel pengambilan data lapangan sesuai dengan tabel 4.4 – tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4. 4 Data massa tiap logam hasil uji pemetaan

Lokasi		2 April 2022			9 April 2022		
		Al	Zn	Mg	Al	Zn	Mg
Utara	U1	6.4692	3.2887	6.4730	6.4631	3.2812	4.3466
	U2	6.8332	3.1824	6.8374	6.8166	3.1779	4.3863
	U3	6.9746	3.1547	6.9788	6.9691	3.1498	4.2534
Timur	T1	6.5946	3.2817	6.5985	6.5892	3.2767	4.2012
	T2	6.6891	3.2450	6.6932	6.6816	3.2395	4.5565
	T3	6.8963	3.3563	6.9014	6.8934	3.3503	4.6795
Barat	B1	6.4705	3.2101	6.4741	6.4632	3.2093	4.6497
	B2	6.5384	3.4479	6.5390	6.5307	3.4459	4.7763
	B3	6.8662	3.1802	6.8700	6.8659	3.1789	4.4127
Selatan	S1	6.5265	3.2862	6.5307	6.5190	3.2830	4.5008
	S2	6.5878	3.2349	6.5911	6.5866	3.2329	4.5546
	S3	6.4256	3.3404	6.4298	6.4184	3.3348	4.4022

Tabel 4. 5 Data massa tiap logam hasil uji pemetaan

Lokasi		16 April 2022			23 April 2022		
		Al	Zn	Mg	Al	Zn	Mg
Utara	U1	6.4628	3.2804	4.3460	6.4617	3.2798	4.3452
	U2	6.8157	3.1773	4.3860	6.8143	3.1756	4.3768
	U3	6.9686	3.1470	4.2530	6.9680	3.1461	4.2514
Timur	T1	6.5823	3.2713	4.1934	6.5817	3.2710	4.1921
	T2	6.6813	3.2379	4.5511	6.6800	3.2368	4.5463
	T3	6.8815	3.3501	4.6708	6.8783	3.3477	4.6628
Barat	B1	6.4557	3.2020	4.6405	6.4528	3.2018	4.6341
	B2	6.5254	3.4432	4.7727	6.5229	3.4400	4.7686
	B3	6.8546	3.1736	4.4034	6.8521	3.1718	4.4016
Selatan	S1	6.5172	3.2819	4.4994	6.5154	3.2809	4.4951
	S2	6.5733	3.2232	4.5515	6.5718	3.2225	4.5472
	S3	6.4152	3.3335	4.3977	6.4147	3.3333	4.3926

Tabel 4. 6 Data massa tiap logam hasil uji pemetaan

Lokasi		14 Mei 2022			22 Mei 2022		
		Al	Zn	Mg	Al	Zn	Mg
Utara	U1	6.4565	3.2753	4.3388	6.4555	3.2748	4.3380
	U2	6.8099	3.1692	4.3643	6.8078	3.1663	4.3559
	U3	6.9634	3.1452	4.2503	6.9613	3.1410	4.2361
Timur	T1	6.5798	3.2673	4.1856	6.5762	3.2612	4.1790
	T2	6.6738	3.2306	4.5372	6.6702	3.2259	4.5242
	T3	6.8752	3.3461	4.6587	6.8711	3.3393	4.6444
Barat	B1	6.4504	3.2006	4.6272	6.4500	3.1971	4.6197
	B2	6.5217	3.4300	4.7666	6.5196	3.4297	4.7594
	B3	6.8468	3.1686	4.3931	6.8451	3.1663	4.3922
Selatan	S1	6.5136	3.2767	4.4859	6.5100	3.2727	4.4786
	S2	6.5692	3.2188	4.5366	6.5674	3.2157	4.5303
	S3	6.4109	3.3282	4.3835	6.4097	3.3263	4.3783

Tabel 4. 7 Data massa tiap logam hasil uji pemetaan

Lokasi		29 Mei 2022			4 Juni 2022		
		Al	Zn	Mg	Al	Zn	Mg
Utara	U1	6.4544	3.2745	4.3333	6.4495	3.2665	4.3115
	U2	6.8068	3.1651	4.3554	6.7962	3.1517	4.3403
	U3	6.9603	3.1401	4.2356	6.9561	3.1332	4.2255
Timur	T1	6.5686	3.2598	4.1743	6.5594	3.2471	4.1629
	T2	6.6681	3.2240	4.5236	6.6547	3.2156	4.4974
	T3	6.8701	3.3387	4.6384	6.8646	3.3313	4.6228
Barat	B1	6.4455	3.1950	4.6178	6.4420	3.1842	4.5787
	B2	6.5177	3.4290	4.7549	6.5121	3.4276	4.7445
	B3	6.8447	3.1652	4.3921	6.8338	3.1555	4.3812
Selatan	S1	6.5096	3.2717	4.4780	6.5061	3.2626	4.4659
	S2	6.5667	3.2149	4.5301	6.5607	3.2073	4.5096

	S3	6.4077	3.3228	4.3682	6.3984	3.3112	4.3350
--	-----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabel 4. 8 Data massa tiap logam hasil uji pemetaan

Lokasi		11 Juni 2022		
		Al	Zn	Mg
Utara	U1	6.4436	3.2612	4.3057
	U2	6.7618	3.1476	4.3331
	U3	6.9539	3.1272	4.2214
Timur	T1	6.5573	3.2405	4.1516
	T2	6.6498	3.2112	4.4812
	T3	6.8621	3.3276	4.6122
Barat	B1	6.4393	3.1789	4.5674
	B2	6.5063	3.4200	4.7408
	B3	6.8309	3.1470	4.3751
Selatan	S1	6.5017	3.2557	4.4451
	S2	6.5502	3.1998	4.5025
	S3	6.3953	3.3046	4.3272

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat beberapa massa logam yang didapatkan. Dari data tersebut dapat dicari nilai rata-rata weightloss untuk masing-masing logamnya. Hasil pengujian weightloss dari tiap jenis logam dapat dilihat pada tabel 4.9 dan grafik di bawah ini.

Tabel 4. 9 Nilai weightloss dari tiap jenis logam

Lokasi		Weightloss (gram)		
		Al	Zn	Mg
Utara	U1	0,0197	0,0222	2,1615
	U2	0,037	0,0307	2,4971
	U3	0,0185	0,0215	2,7533
Timur	T1	0,0352	0,0346	2,4356
	T2	0,0344	0,0294	2,1958
	T3	0,0317	0,025	2,2786
Barat	B1	0,0285	0,0259	1,8954
	B2	0,0263	0,0203	1,7945
	B3	0,0324	0,0247	2,4888
Selatan	S1	0,0204	0,0236	2,0648
	S2	0,0271	0,0276	2,0815
	S3	0,0272	0,0292	2,0948

Dari tabel weightloss 4.9 di atas yang menunjukkan bahwa logam yang memiliki nilai weightloss paling tinggi yaitu 2, 7533 gram pada logam magnesium wilayah utara bagian 3 yang dapat diartikan bahwa mengalami penurunan massa logam yang paling tinggi. Sedangkan yang memiliki nilai weightloss rendah yaitu 0,0185 gram pada logam aluminium wilayah utara bagian 3 yang artinya logam tersebut mengalami penurunan massa paling sedikit diantara yang lainnya.

4.1.4 Perhitungan Laju Korosi

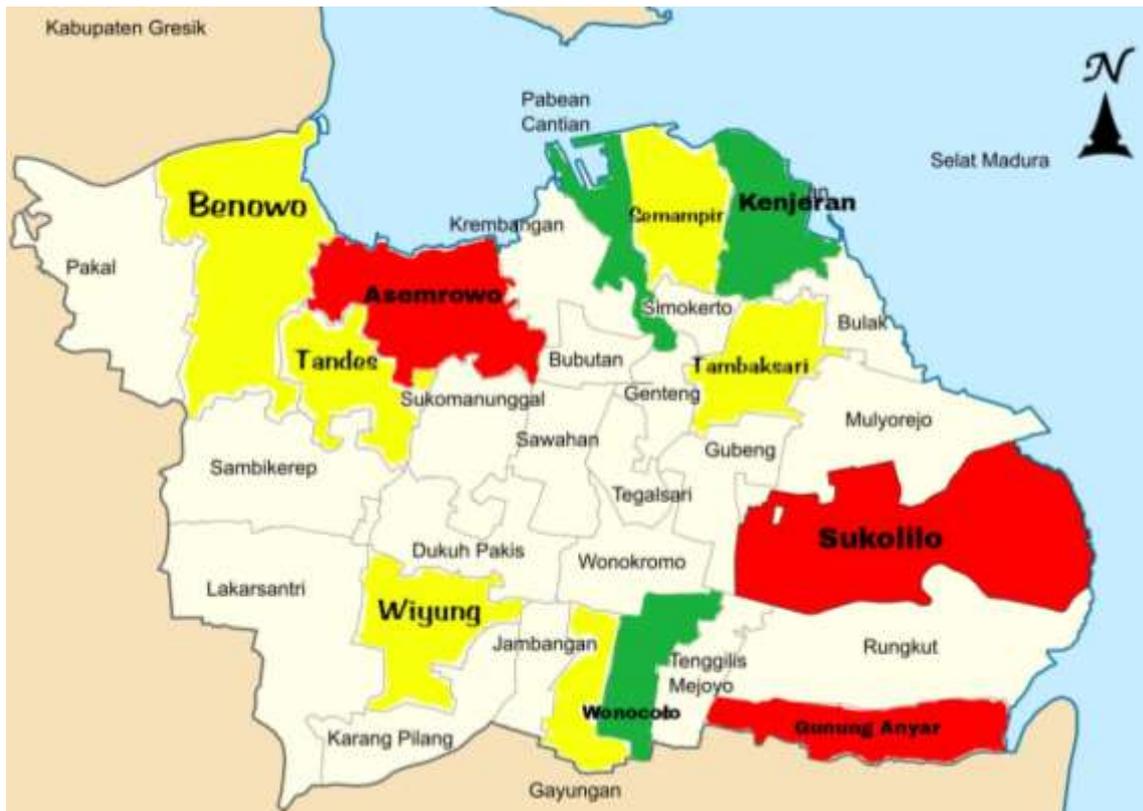
Setelah mengetahui nilai weightloss pada tiap logam, perhitungan laju korosi pada setiap logam pun sudah dapat dihitung dengan memperhitungkan luas permukaan yang terendam, waktu perendaman dan massa jenisnya. Persamaan untuk menghitung laju korosi sesuai berdasarkan ASTM G31-72 pada rumus 2.10.

Tabel 4. 10 Nilai laju korosi

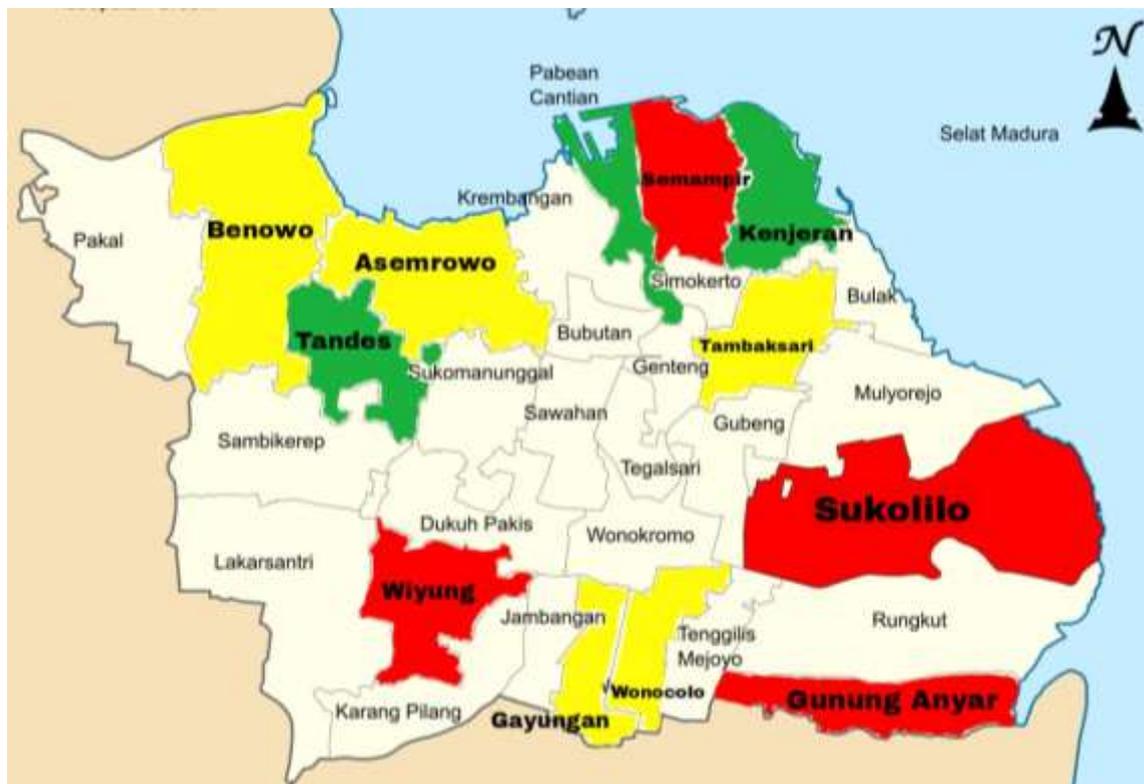
Lokasi		Laju Korosi (mpy)		
		Al	Zn	Mg
Utara	U1	0,156	0,246	26,604
	U2	0,293	0,340	30,734
	U3	0,147	0,238	33,888
Timur	T1	0,279	0,384	29,977
	T2	0,273	0,326	27,026
	T3	0,251	0,277	28,045
Barat	B1	0,226	0,287	23,329
	B2	0,208	0,225	22,087
	B3	0,257	0,274	30,632
Selatan	S1	0,162	0,262	25,414
	S2	0,218	0,306	25,619
	S3	0,215	0,324	25,783

Dari tabel 4.10 menunjukkan bahwa nilai laju korosi pada logam aluminium yang tertinggi yaitu 0,293 mpy pada Al seri U2 sedangkan laju korosi dengan nilai terendahnya yaitu 0,147 mpy pada Al seri U3. Kemudian untuk logam zinc, laju korosi tertingginya memiliki nilai 0,384 mpy pada logam Zn seri T1 sedangkan nilai terendahnya yaitu 0,225 mpy pada logam Zn seri B2. Lalu untuk logam magnesium, laju korosi dengan nilai tertingginya yaitu 33,888 mpy pada logam Mg seri U3 sedangkan nilai terendahnya yaitu 22,087 mpy pada logam Zn seri B2.

Di bawah ini merupakan gambar peta yang telah dibagi berdasarkan tingkat laju korosi pada tiap logam. Untuk warna merah menunjukkan laju korosi dengan tingkat tinggi pada logam tersebut, kemudian untuk warna kuning merupakan wilayah dengan tingkat laju korosi sedang, dan untuk warna hijau menunjukkan wilayah dengan tingkat laju korosi yang rendah.



Gambar 4. 4 Peta Kota Surabaya berdasarkan tingkat laju korosi logam aluminium.



Gambar 4. 5 Peta Kota Surabaya berdasarkan tingkat laju korosi logam zinc



Gambar 4. 6 Peta Kota Surabaya berdasarkan tingkat laju korosi logam magnesium

Dapat ditarik kesimpulan bahwa logam yang baik digunakan pada wilayah utara kota Surabaya yaitu aluminium dikarenakan logam aluminium memiliki nilai laju korosi yang rendah pada wilayah tersebut. Kemudian selanjutnya logam yang baik digunakan pada wilayah timur kota Surabaya yaitu magnesium. Lalu logam yang cocok digunakan pada wilayah barat kota Surabaya yaitu zinc. Untuk wilayah kota Surabaya bagian selatan logam yang cocok digunakan yaitu aluminium dan magnesium, dikarenakan dua logam tersebut tidak memiliki nilai laju korosi yang tinggi di daerah itu.

4.1.5 Data pH Air Hujan, Jumlah Hujan, dan Suhu Kelembaban Selama Penelitian

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan data pH air hujan selama penelitian di setiap wilayah kota Surabaya.

Tabel 4. 11 Data pH Air Hujan Selama Penelitian

Lokasi	pH air hujan Kota Surabaya							
	9 April 2022	16 April 2022	23 April 2022	14 Mei 2022	21 Mei 2022	30 Mei 2022	6 Juni 2022	11 Juni 2022
Utara	6.1	4.6	6.1	4.6	6	5.8	6.1	5
Timur	6.7	4.8	6.7	4.8	6.2	6.3	6	5.8
Barat	5.5	4.3	5.3	4.7	5.1	6	5.8	4.8
Selatan	5.3	4.7	5.5	4.3	4.8	4	5.2	5

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan data jumlah air hujan selama penelitian di setiap wilayah kota Surabaya.

Tabel 4. 12 Data jumlah hujan wilayah Kota Surabaya

Lokasi		Jumlah Hujan Kota Surabaya		
		April 2022	Mei 2022	Juni 2022
Utara	1	4	8	1
	2	4	8	1
	3	5	8	1
Timur	1	5	5	1
	2	7	5	1
	3	5	3	2
Barat	1	5	3	2
	2	4	4	1
	3	4	5	1
Selatan	1	4	7	1
	2	4	7	1
	3	4	7	1

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan data suhu kelembaban selama penelitian di setiap wilayah kota Surabaya.

Tabel 4. 13 Data suhu kelembaban Kota Surabaya (°C)

Minggu Ke-	Suhu Surabaya Utara			Suhu Surabaya Timur		
	Kenjeran	Semampir	Pabean	Sukolilo	Gununganyar	Tambaksari
1	27.9	27.9	27.9	28	28	28
2	28.6	28.6	28.6	28.6	28.2	28.4
3	28	28	28	27.9	27.7	27.6
4	27.9	27.9	27.9	28	27.6	27.4
5	28.8	28.6	28.6	28.6	28.8	28.9
6	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4
7	28	28	28	28.4	27.9	27.7
8	27.6	27.6	27.6	27.6	27.9	27.8
9	27.8	27.8	27.8	27.9	27.9	27.9
10	27.6	27.6	27.5	27.8	27	26.4
Minggu Ke-	Suhu Surabaya Barat			Suhu Surabaya Selatan		
	Benowo	Tandes	Asemrowo	Wonocolo	Wiyung	Gayungan
1	27.8	27.9	27.9	28	28	28
2	28.4	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6
3	27.9	28	28	27.89	27.9	27.9
4	27.9	27.9	27.9	28	28	28
5	28.8	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6
6	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4
7	28.5	28	28	28.4	28.4	28.4
8	27.7	27.7	27.6	27.5	27.6	27.6
9	27.7	27.8	27.8	27.9	27.9	27.9
10	26	27.6	27.6	27.9	27.8	27.8

4.2 Pembahasan

Korosi atmosferik merupakan degradasi dan rusaknya bahan logam karena berinteraksi dengan atmosfer. Kerusakan dapat semakin parah dengan adanya polutan di udara. Faktor penyebabnya dikategorikan menjadi deposisi basah (pH, konduktivitas, ion-ion positif dan negatif seperti sulfat, nitrat, ion natrium, ion hidrogen), deposisi kering (SO₂, NO₂), faktor meteorologis (arah dan kecepatan angin, suhu, kelembaban relatif, radiasi matahari, curah hujan), dan faktor lainnya seperti suhu permukaan spesimen.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh lokasi geografis terhadap laju korosi atmosferik dengan menggunakan material aluminium, zinc, dan magnesium di Kota Surabaya. Variasi yang digunakan yaitu perbedaan logam sebagai spesimen penelitian yaitu aluminium, zinc dan magnesium. Dan juga adanya variasi wilayah pemetaan yaitu pada Surabaya Utara pada kecamatan Kenjeran, Semampir, dan Pabean; Surabaya Timur pada kecamatan Sukolilo, Tambaksari, dan Gununganyar; Surabaya Barat pada kecamatan Benowo, Tandes, dan Asemrowo; serta Surabaya Selatan pada kecamatan Wonocolo, Wiyung, dan Gayungan.

Hal pertama yang dapat dilihat pada pengujian ini adalah hasil pengamatan visual makro yang ada pada permukaan plat logam aluminium pada tabel 4.1 dapat terlihat bahwa adanya perubahan warna menjadi lebih gelap, dapat terlihat jelas pada logam aluminium wilayah timur bagian 3 dan juga wilayah selatan bagian 1. Kemudian untuk logam zinc, dari tabel 4.2 dapat dilihat pada logam zinc wilayah selatan bagian 1 dan 3 bahwa adanya perubahan warna menjadi lebih gelap yang terjadi akibat dari poses korosi. Kemudian untuk logam magnesium dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa korosi yang timbul ditunjukkan dengan adanya perubahan pada warna menjadi gelap seperti yang terlihat pada logam magnesium wilayah utara bagian 1 dan juga adanya lubang kecil yang terbentuk pada permukaan yang terlihat jelas pada logam magnesium wilayah utara bagian 2.

Selanjutnya dilakukan pengujian weightloss yang menunjukkan bahwa logam magnesium wilayah utara bagian 3 memiliki nilai weightloss tertinggi yaitu 2,7533 gram yang berarti logam Mg seri U3 tersebut mengalami penurunan massa paling banyak. Kemudian logam aluminium wilayah utara bagian 3 memiliki nilai weightloss paling rendah yaitu 0,0185 gram yang artinya logam Al seri U3 mengalami penurunan massa paling sedikit.

Hasil tersebut juga berkaitan dengan adanya nilai hasil laju korosi. Nilai laju korosi pada logam aluminium yang tertinggi yaitu 0,2931mpy pada Al seri U2 sedangkan laju korosi dengan nilai terendahnya yaitu 0,147 mpy pada Al seri U3. Kemudian untuk logam zinc, laju korosi tertingginya memiliki nilai 0,384 mpy pada logam Zn seri T1 sedangkan nilai terendahnya yaitu 0,225 mpy pada logam Zn seri B2. Lalu untuk logam magnesium, laju korosi dengan nilai tertingginya yaitu 33,888 mpy pada logam Mg seri U3 sedangkan nilai terendahnya yaitu 22,087 mpy pada logam Zn seri B2.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa logam yang baik digunakan pada wilayah utara kota Surabaya yaitu aluminium dikarenakan logam aluminium memiliki nilai laju korosi yang rendah pada wilayah tersebut. Kemudian selanjutnya logam yang baik digunakan pada wilayah timur kota Surabaya yaitu magnesium. Lalu logam yang cocok digunakan pada wilayah barat kota Surabaya yaitu zinc. Untuk wilayah kota Surabaya bagian selatan logam yang cocok digunakan yaitu aluminium dan magnesium, dikarenakan dua logam tersebut tidak memiliki nilai laju korosi yang tinggi di daerah itu.

Hal tersebut relevan dengan lingkungan yang ada. Penggunaan Al pada Surabaya Utara relevan dengan adanya Pelabuhan Tanjung Perak. Penggunaan Mg pada Surabaya Timur relevan dengan adanya konstruksi bangunan yang digunakan saat ini. Penggunaan Zn pada Surabaya Barat relevan dengan penggunaan pada daerah perindustrian, salah satu contoh PT. Pakuwon Jati Tbk. Dan terakhir penggunaan Al pada Surabaya selatan relevan dengan adanya bandara Juanda di Surabaya Selatan.

Berdasarkan deret volta, logam yang terletak di sebelah kiri menunjukkan logam yang mudah reaktif atau mudah melepas elektron. Pada penelitian ini logam magnesium merupakan logam yang paling mudah tereaktif sehingga dapat diartikan magnesium merupakan logam yang mudah terkorosi, hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan. Data menunjukkan bahwa logam magnesium memiliki laju korosi paling tinggi dan juga nilai weightloss paling tinggi, dibandingkan logam zinc dan juga aluminium. Dapat disimpulkan bahwa logam magnesium mudah reaktif dibandingkan dengan aluminium dan zinc.

Udara pesisir pantai memiliki kandungan garam (salinitas) yang tinggi sehingga mudah terjadi perubahan zat dari bentuk udara ke bentuk zat padat (deposisi). Salah satu partikel yang mudah terdeposisi adalah partikel klorida. Pada saat udara menjadi lembab atau saat pagi hari udara menghasilkan embun. Terjadi reaksi kimia $AlCl_3 + 3H_2O$ menjadi $Al(OH)_3 + 3HCl$. NaCl bereaksi dengan aluminium dan menghasilkan Aluminium Klorida ($AlCl_3$). Aluminium klorida terbentuk seperti butiran berwarna putih dan menempel pada permukaan (Cahyadi, 2017). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan, ditunjukkan pada hasil XRD Aluminium setelah dilakukan pemetaan yaitu adanya senyawa Al_2O_3 yang terbentuk. Pengaruh lingkungan pesisir pantai terhadap laju korosi logam dialami pada logam aluminium dan magnesium sehingga memiliki nilai korosi yang tinggi. Kemudian untuk logam zinc, nilai laju korosi tertinggi didapat pada logam yang diletakan pada lingkungan Surabaya Timur wilayah dengan adanya beberapa fasilitas pendidikan sehingga mendukung dengan banyaknya kendaraan di daerah tersebut. Banyaknya kendaraan mengindikasikan bahwa adanya polutan yang dihasilkan seperti gas CO, NO₂, dan lain sebagainya. Hal ini sesuai dengan literatur pada ASTM International 2003 yang menyebutkan bahwa secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi atmosferik dapat dikategorikan menjadi deposisi basah (pH, konduktivitas, ion-ion positif dan negatif seperti sulfat, nitrat, ion natrium, ion hidrogen), deposisi kering (SO₂, NO₂) (ASM Internasional, 2003).

Pada hasil XRD didapatkan produk korosi yang terbentuk di luar permukaan plat logam diindikasikan sebagai Al_2O_3 pada logam aluminium, ZnO pada logam zinc, MgO pada logam magnesium. Ini disebabkan material tersebut bereaksi dengan air hujan dan oksigen yang terperangkap di luar permukaan logam tersebut. Adanya reaksi oksidasi antara Al dengan O₂:



Reaksi oksida adalah reaksi kimia dimana unsur/senyawa/ion mengikat O₂ dan melepas electron.

- Reaksi oksidasi Al melepas e⁻
 $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$
- Lalu gas O₂ menerima e⁻
 $O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$
- Ion (+) Al dan ion (-) O₂ bereaksi menghasilkan aluminium oksida (Al_2O_3)
 $Al^{3+} + 2O^{2-} \rightarrow Al_2O_3$
Semua reaksi itu diringkas menjadi $4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian kesimpulan yang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Logam yang baik digunakan pada wilayah utara kota Surabaya yaitu aluminium dikarenakan logam aluminium memiliki nilai laju korosi yang rendah pada wilayah tersebut. Kemudian selanjutnya logam yang baik digunakan pada wilayah timur kota Surabaya yaitu magnesium. Lalu logam yang cocok digunakan pada wilayah barat kota Surabaya yaitu zinc. Untuk wilayah kota Surabaya bagian selatan logam yang cocok digunakan yaitu aluminium dan magnesium, dikarenakan dua logam tersebut tidak memiliki nilai laju korosi yang tinggi di daerah itu.
2. Hasil laju korosi di wilayah utara lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lain, namun memiliki nilai pH yang rendah. Hal tersebut dikarenakan pengukuran sampel yang hanya dilaksanakan satu kali tanpa pengulangan. Akibatnya memiliki hasil yang kurang akurat.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Diperlukan penelitian lanjutan untuk penambahan days of exposure agar mendapatkan nilai laju korosi yang lebih akurat..

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

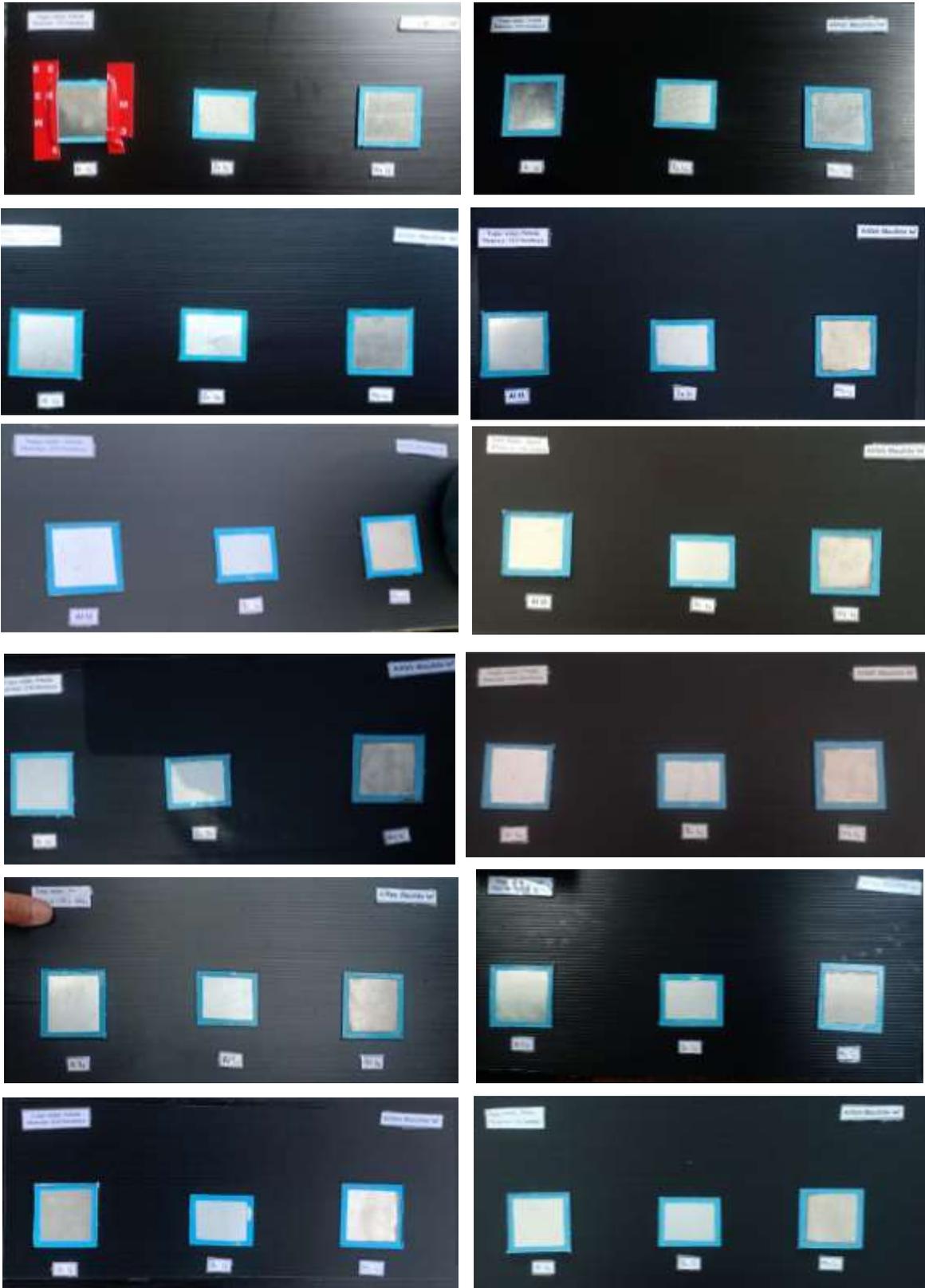
DAFTAR PUSTAKA

- _____, “Atmospheric Corrosion Tests ”, www.corrosiondoctors.org/Corrosion-Atmospheric/Corrosion-tests.htm diakses: 22 Desember 2021.
- _____. Pengadilan Negeri Surabaya. <https://pn-surabayakota.go.id/wilayah-yurisdiksi/>. diakses: 28 Desember 2021.
- Affandi. 2020. Investigasi Laju Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah Profil Segiempat di Kawasan Industri Medan. *Jurnal Teknologika*.
- Arifin, R. 2016. *Bisnis Hidroponik Kebun Sayur*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- ASTM G-1 – 03ASTM Standards. 1999. Vol 03.02, Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens 1.
- ASM International. 2003. *ASM Handbook, Volume 13A. Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection*, ASM international.
- ASM team. 1992. *ASM Metals Handbook Volume 15 Casting*. American Society for Metals, The United States of America.
- Avner, Sidney, H. 1974. *Introduction to physical metalurgi*, 2nd Edition, Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd: Singapore.
- Barber. 2004. *Grain Refinement of Permenant Mold Cast Copper Base Alloys*. USA: Materials Technology Laboratory.
- Cahyadi, AB. 2017. *Pengaruh Lingkungan Pantai Terhadap Laju Korosi dan Sifat Mekanis pada Baja Karbon Sedang dengan Perlakuan Quenching*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Dinas Cipta Karya. 2002. *Profil Kota Surabaya*. <http://www.ciptakarya.pu.go.id>. Diakses pada 4 Januari 2022.
- Horne, M. 1995. *Pocket Guide to Fluids, Electrolytes and Acid-Base Balance*. Second Edition. USA: Mosby Year Book, Inc
- IBMCloud.2022.TheWeatherClub.<https://weather.com/idID/weather/monthly/1/f52a2defa5aa483336a7ad67df8548f802011d06230c7ffc39cd332a9382816e>. © Hak Cipta TWC Product and Technology LLC 2014, 2022. Ddiakses tanggal 13 Mei 2022.
- Kadarsah. 2007. *Mengenal Iklim Indonesia*, www.kadarsah.wordpress.com, mengenal-iklim-indonesia/ diakses tanggal 22 Desember 2021.
- Koch . 2001. *Beyond Light: Physical, Biological, and Geochemical Parameters as Possible Submersed Aquatic Vegetation Habitat Requeriments*. *Journal of Estuaries* 24.
- M.G. Fontana, dan N.D. Greene. 1983. *Corrosion Engineering*”, 2nd. Edition, McGraw-Hill International.

- Norman Iskandar. 2018. Analisa Laju Korosi Atmosfer Pada Pipa Besi dan Baja Konstruksi di Kota Semarang.
- Pierre R. Roberge. 1999. Corrosion Engineering: Principles and Practice. McGraw-Hill International.
- Ridha. 2012. Pemetaan Korosi Atmosferik Logam Struktural di Kawasan Landaan Tsunami Aceh 2004. Jurnal Proceeding Seminar Tahunan Teknik Mesin.
- Roberge, Pierre R. 2008. Corrosion Engineering: Principles and Practice. McGraw-Hill International.
- R. Suratman. 1990. dasar-dasar korosi dan penanggulangannya Lab. Teknik Produksi dan Pembentukan Material, ITB, Bandung Rencana Pembangunan Jangka Panjang(RPJP) Aceh. Tahun 2005- 2025, www.bappeda.acehprov.co.id/diakses 17 Desember 2021.
- R. Winston Revie. 2008. Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering, 4th Edition. John Wiley & Sons Inc.
- Shreir, L.L. 1979. Corrosion Control. Newnes Butterworths. London.
- Sumarji. 2012. Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM A36 pada lingkungan Atmosferik di Kabupaten Jember. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.
- Sunarya, Y. 2007. Mengenal Logam dengan Mudah. Jakarta: PT. Media Pustaka.
- Zulfri M. 2018. Pemetaan Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi di Industri Pabrik Kelapa Sawit. Jurnal Ilmiah Jurutera.

LAMPIRAN

Hasil Visual Makro Logam Setiap Minggu Selama Penelitian
- Sebelum dilakukan pemetaan



- Penelitian Minggu 5



- Penelitian Minggu 10



Data Pengukuran pH Air Hujan



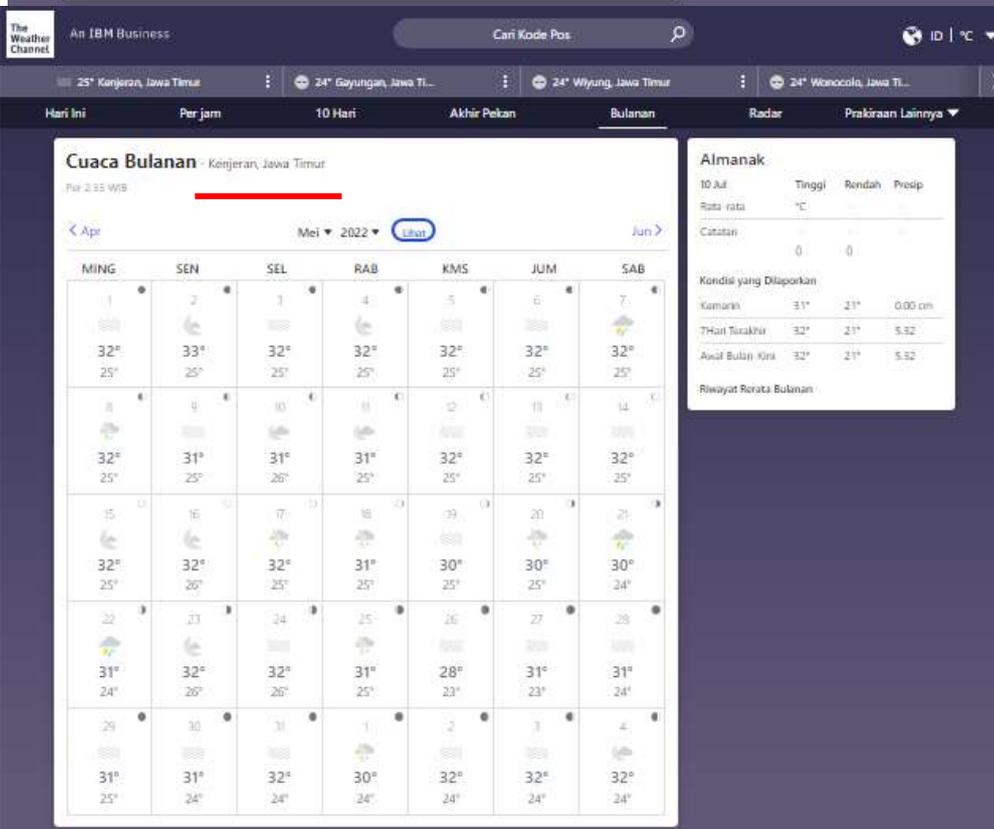
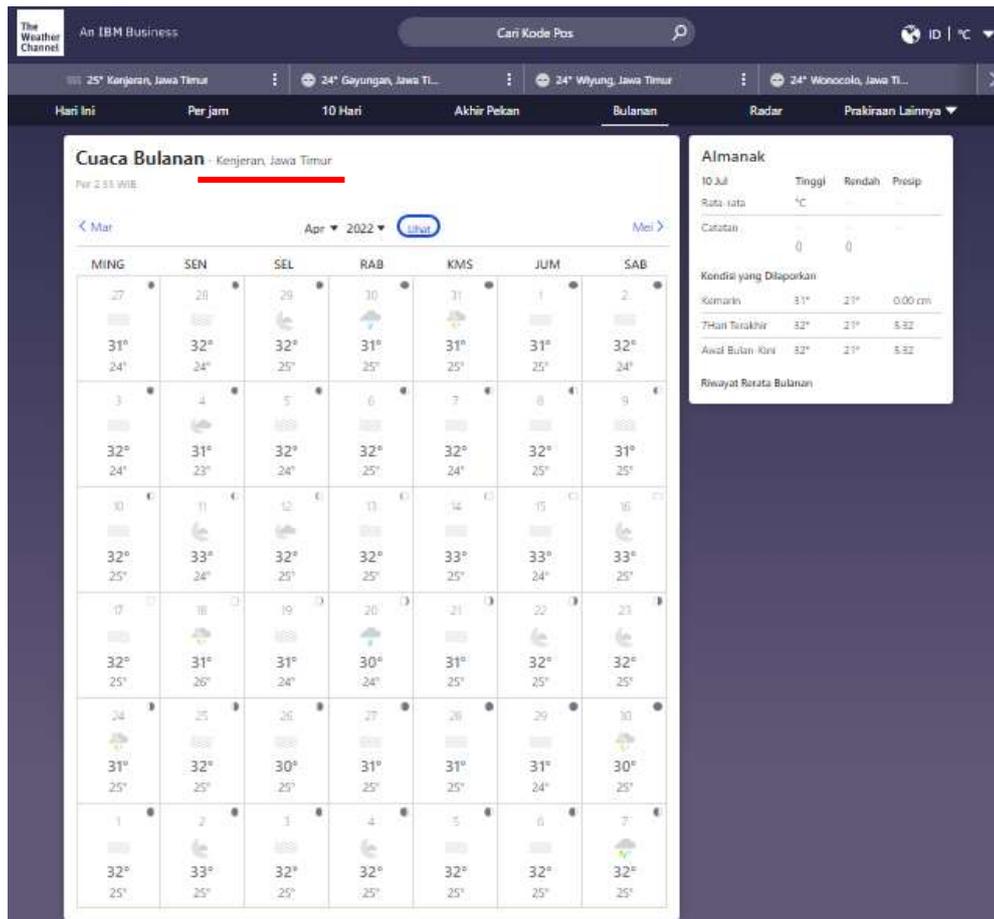


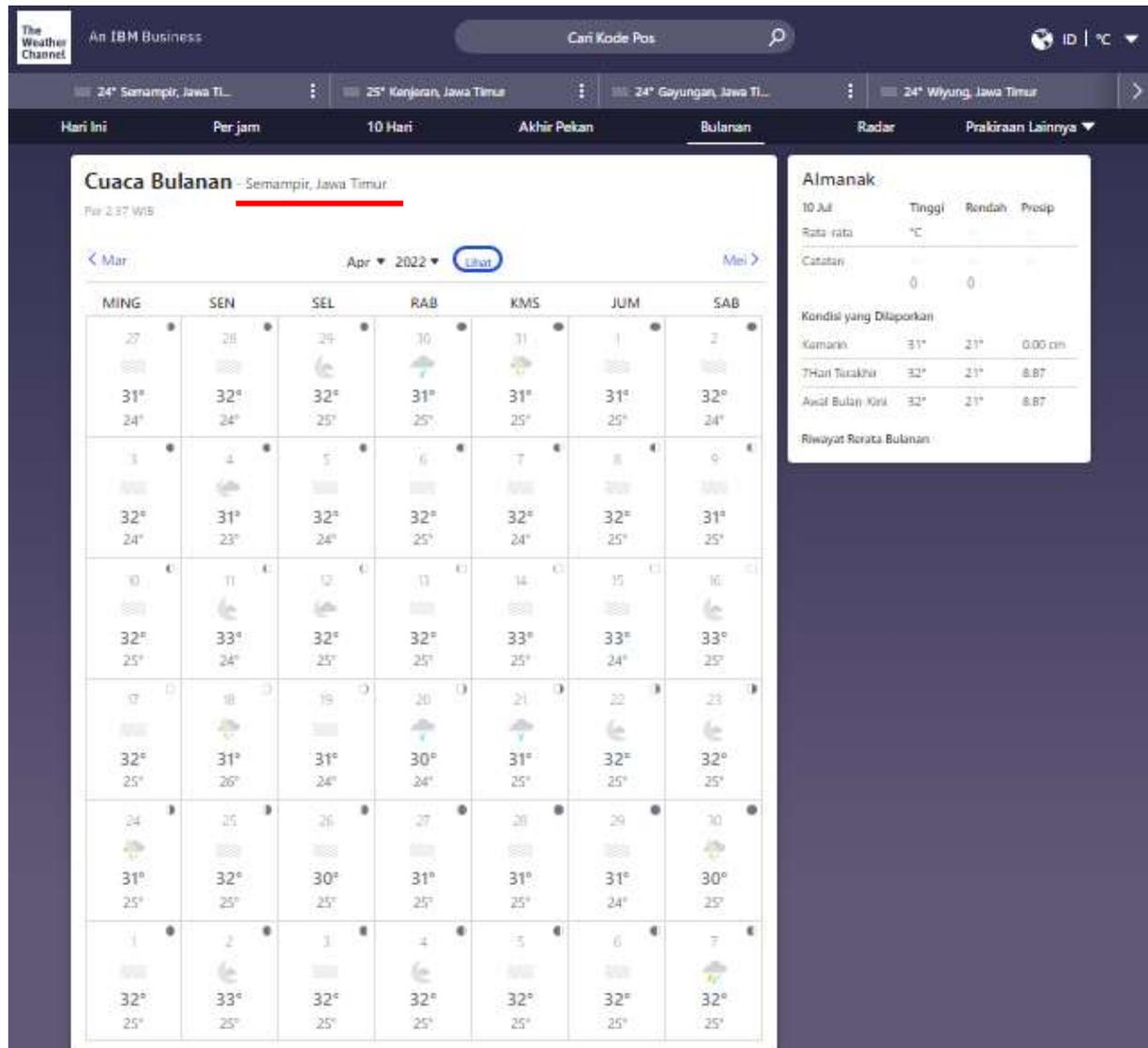
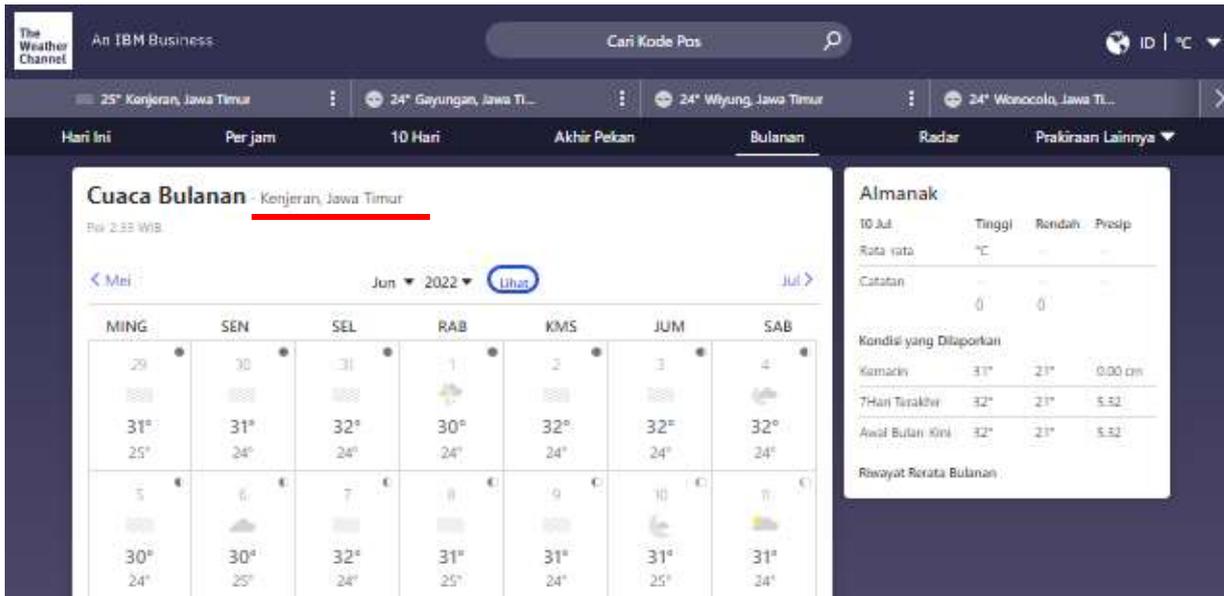
Logam ditimbangan menggunakan timbangan digital

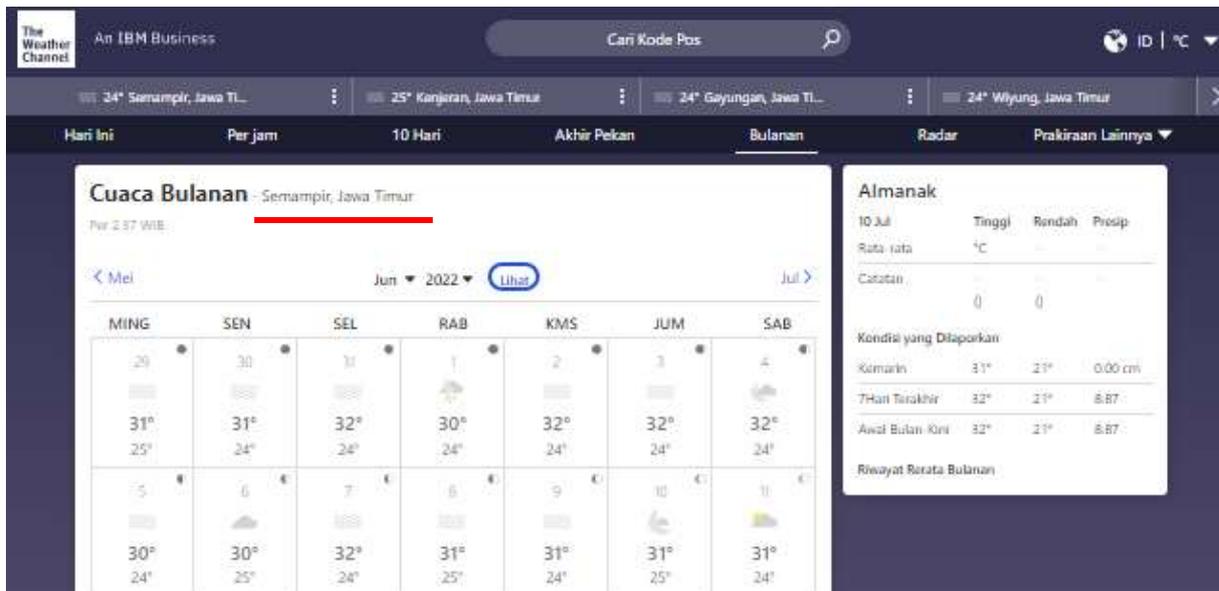
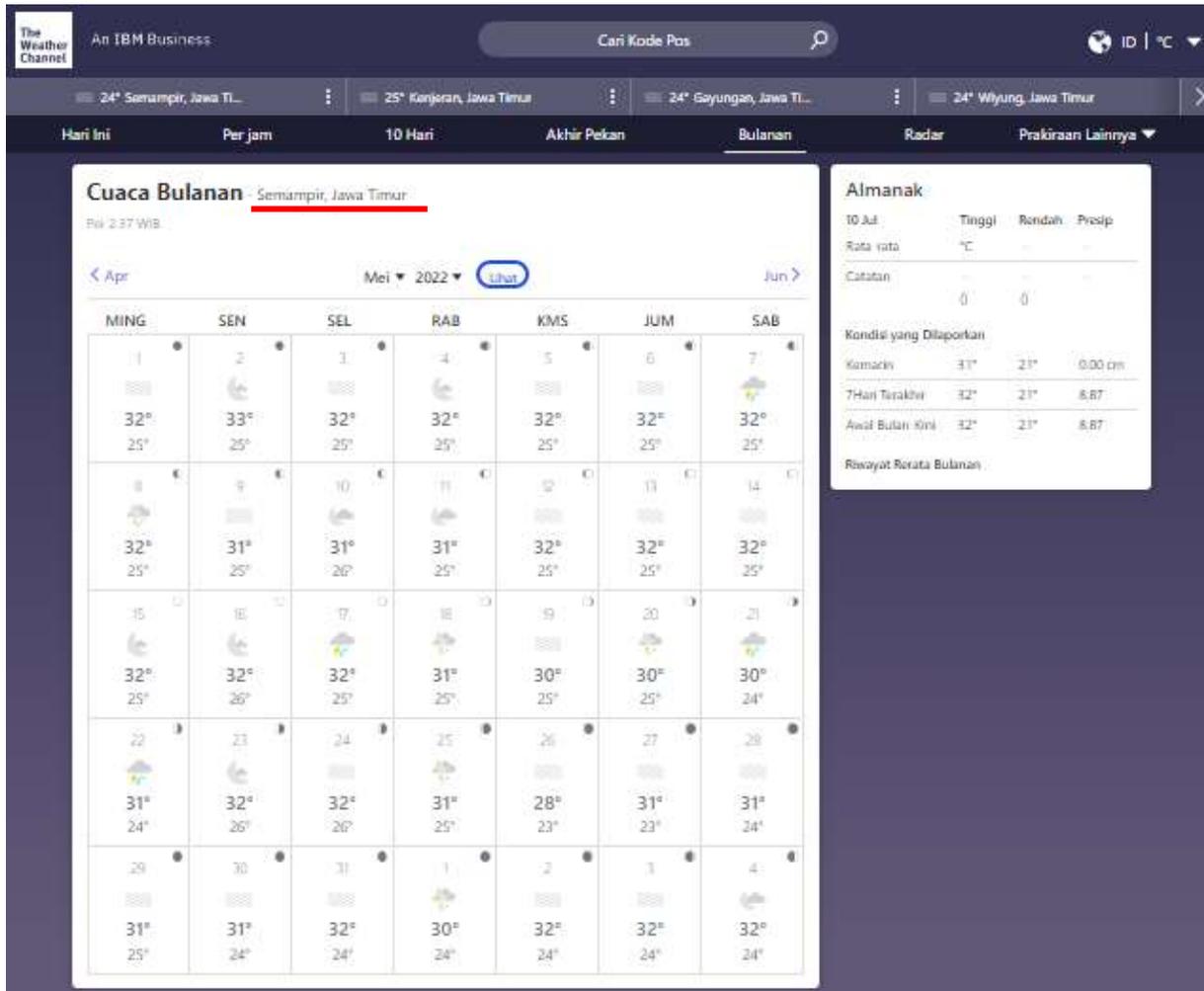


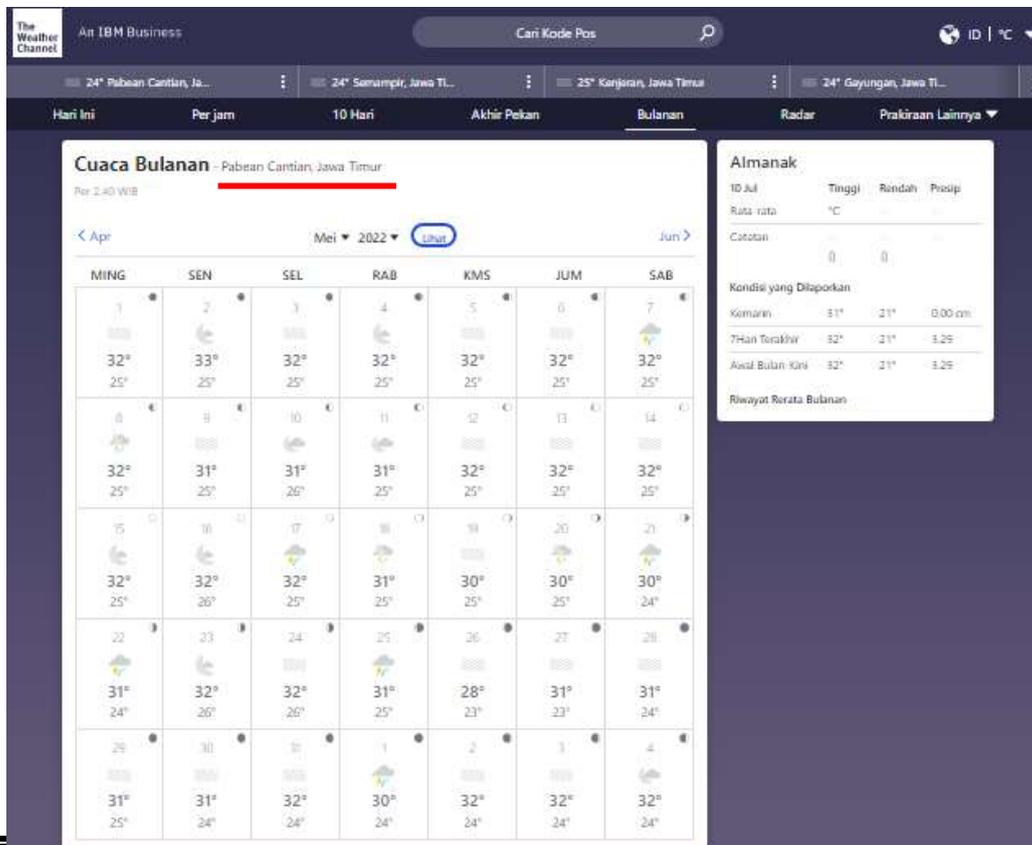
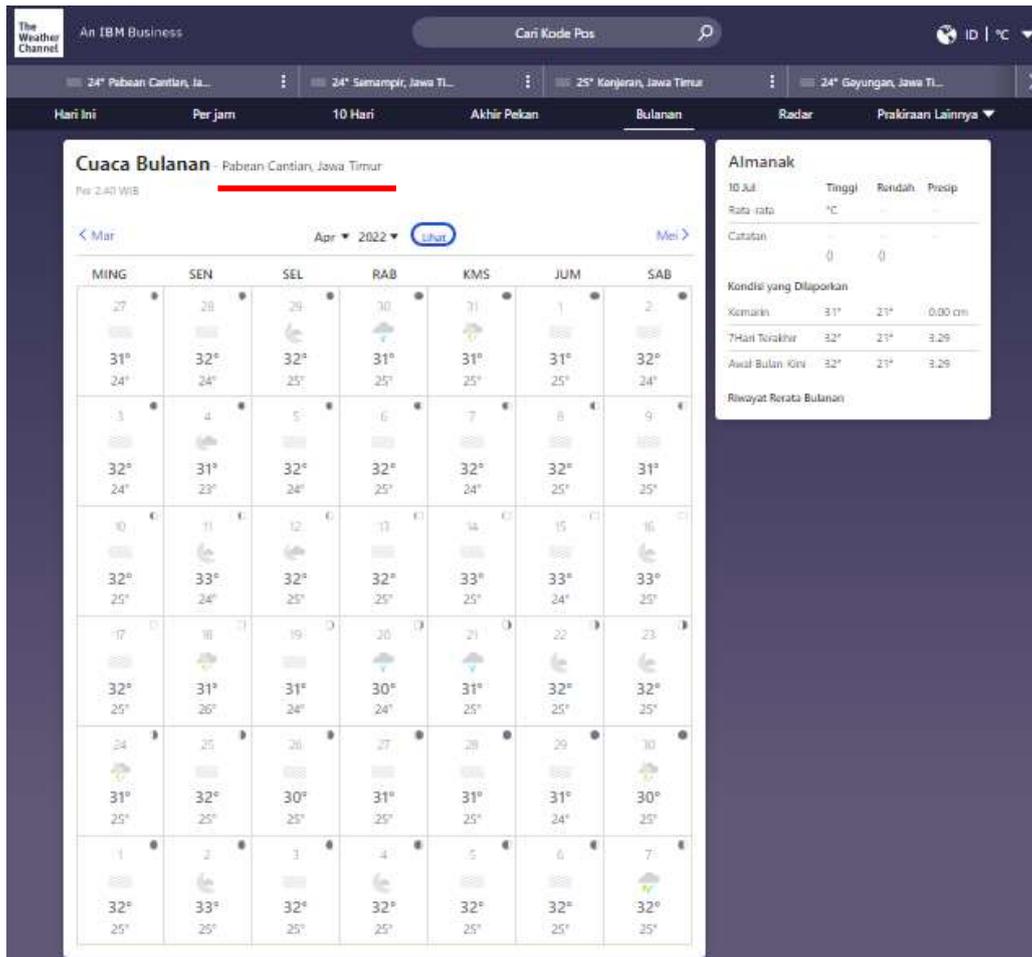


Data Jumlah Cuaca dan Suhu Wilayah Kota Surabaya









The Weather Channel An IBM Business Cari Kode Pos 🔍 ID | °C ▾

24° Pabean Cantian, Ja... 24° Semampir, Jawa TI... 25° Kanjeran, Jawa Timur 24° Gayungan, Jawa TI...

Hari Ini Per jam 10 Hari Akhir Pekan **Bulanan** Radar Prakiraan Lainnya ▾

Cuaca Bulanan - Pabean Cantian, Jawa Timur

Per 2.40 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 ☁️ 32° 24°	8 ☁️ 31° 25°	9 ☁️ 31° 24°	10 ☁️ 31° 25°	11 ☁️ 31° 24°

Almanak

10 Jul

Tinggi	Rendah	Presip
—	—	—
Rata-rata	°C	—

Catatan

0 0

Kondisi yang Dilaporkan

Kemarin	31°	21°	0.00 cm
7-Hari Terakhir	32°	21°	3.29
Awal Bulan Ini	32°	21°	3.29

Riwayat Rerata Bulanan

27° Sukolilo, Jawa Timur 26° Gayungan, Jawa TI... 25° Wiyung, Jawa Timur 26° Wonorejo, Jawa TI...

Hari Ini Per jam 10 Hari Akhir Pekan **Bulanan** Radar Prakiraan Lainnya ▾

Cuaca Bulanan - Sukolilo, Jawa Timur

Per 1.50 WIB

← Mar 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°
1 ☁️ 32° 26°	2 ☁️ 32° 25°	3 ☁️ 32° 25°	4 ☁️ 32° 25°	5 ☁️ 32° 25°	6 ☁️ 32° 25°	7 ☁️ 32° 25°

Almanak

10 Jul

Tinggi	Rendah	Presip
—	—	—
Rata-rata	°C	—

Catatan

0 0

Kondisi yang Dilaporkan

Kemarin	30°	21°	0.00 cm
7-Hari Terakhir	31°	21°	2.79
Awal Bulan Ini	32°	21°	2.79

Riwayat Rerata Bulanan

The Weather Channel An IBM Business Cari Kode Pos 🔍 ID | °C ▾

27° Sukolilo, Jawa Timur 26° Gayungan, Jawa TI... 25° Wiyung, Jawa Timur 26° Wonorejo, Jawa TI...

Hari Ini Per jam 10 Hari Akhir Pekan **Bulanan** Radar Prakiraan Lainnya ▾

Cuaca Bulanan - Sukolilo, Jawa Timur

Per 1.50 WIB

← Apr Mei →

Mei 2022 Lihat Jun

MING	SEN	SEL	RAB	KMS	JUM	SAB
1 ☁️	2 ☁️	3 ☁️	4 ☁️	5 ☁️	6 ☁️	7 ☁️

Almanak

10 Jul

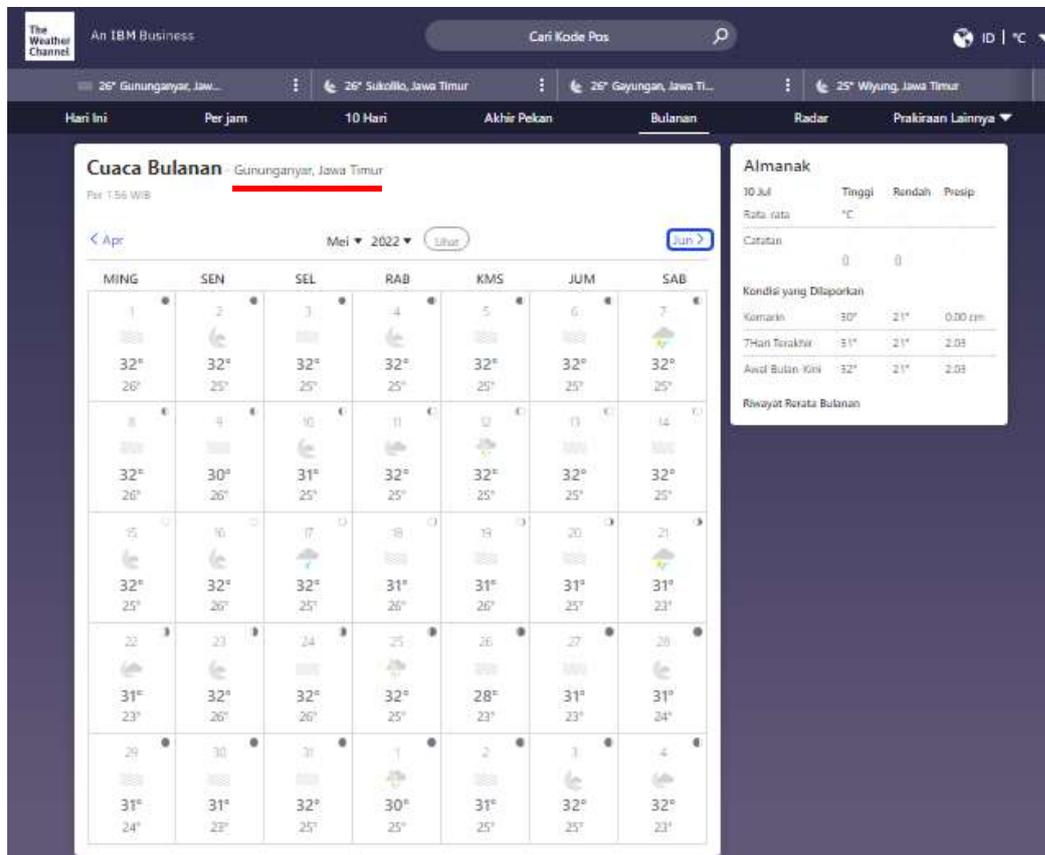
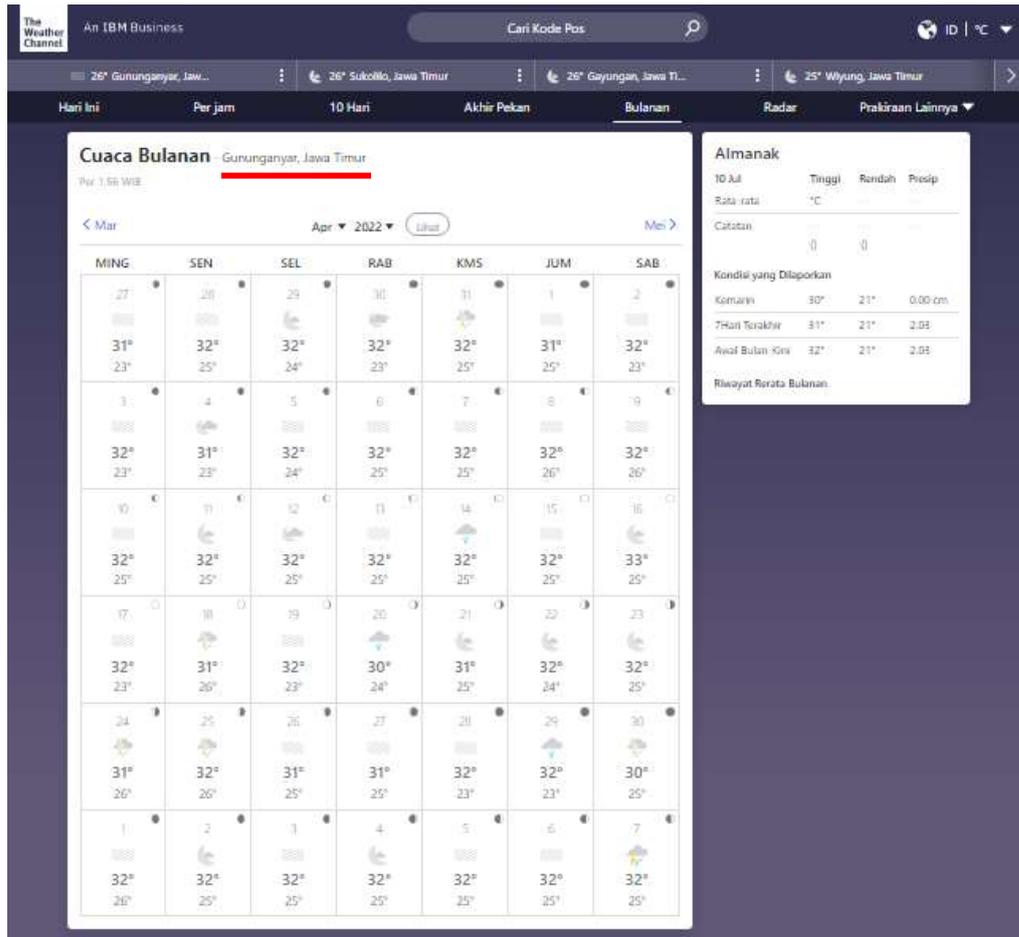
Tinggi	Rendah	Presip
—	—	—
Rata-rata	°C	—

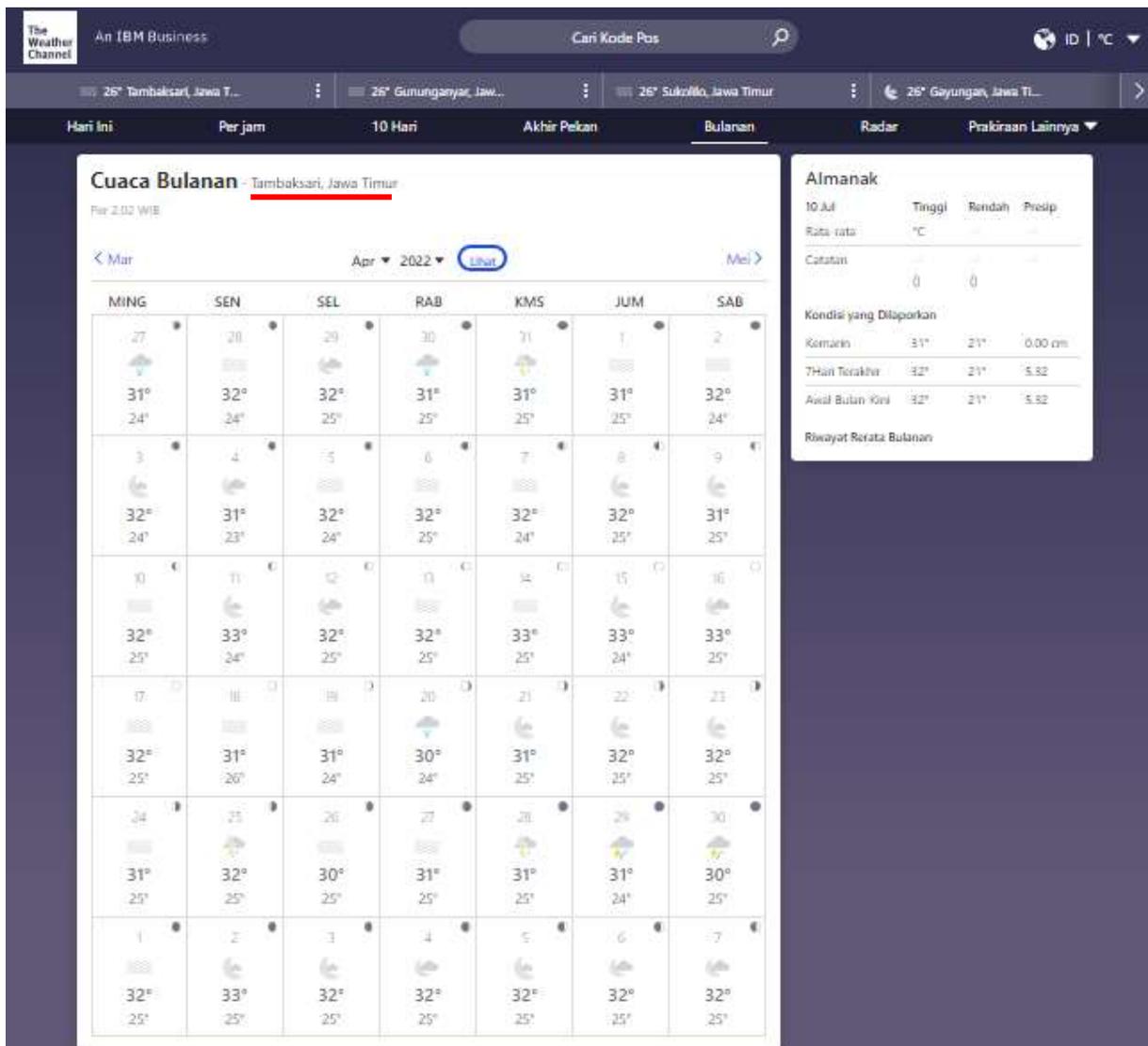
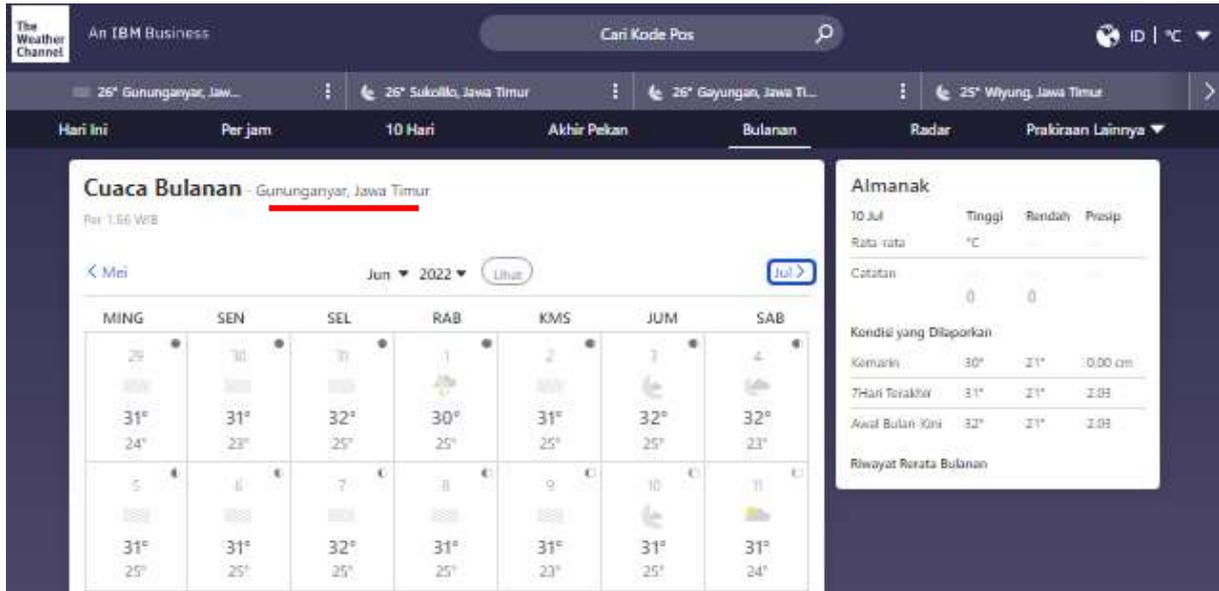
Catatan

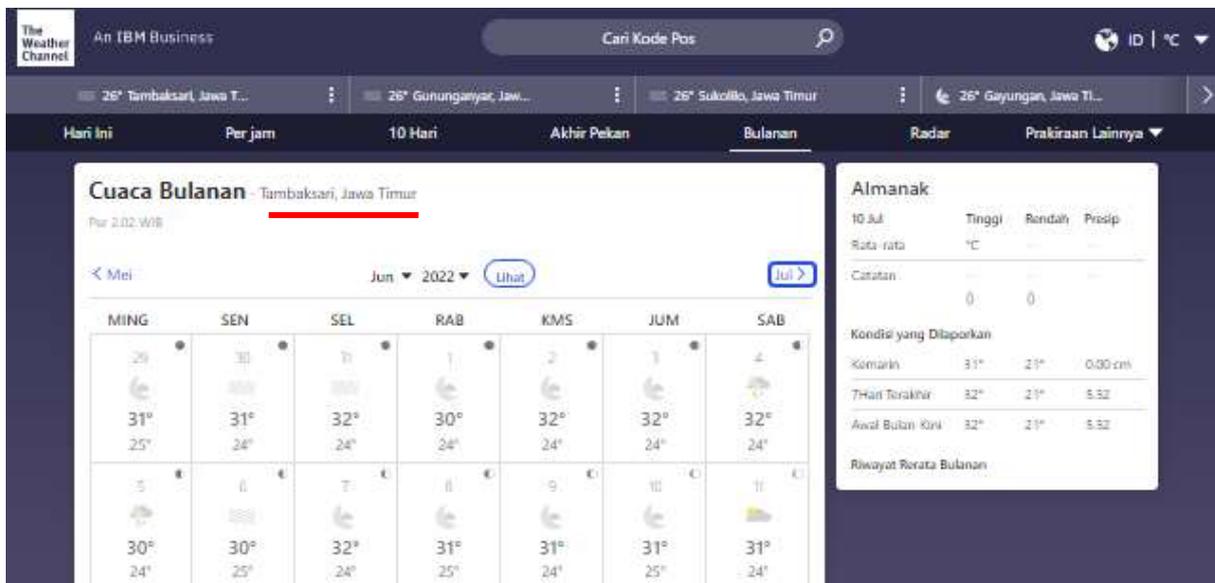
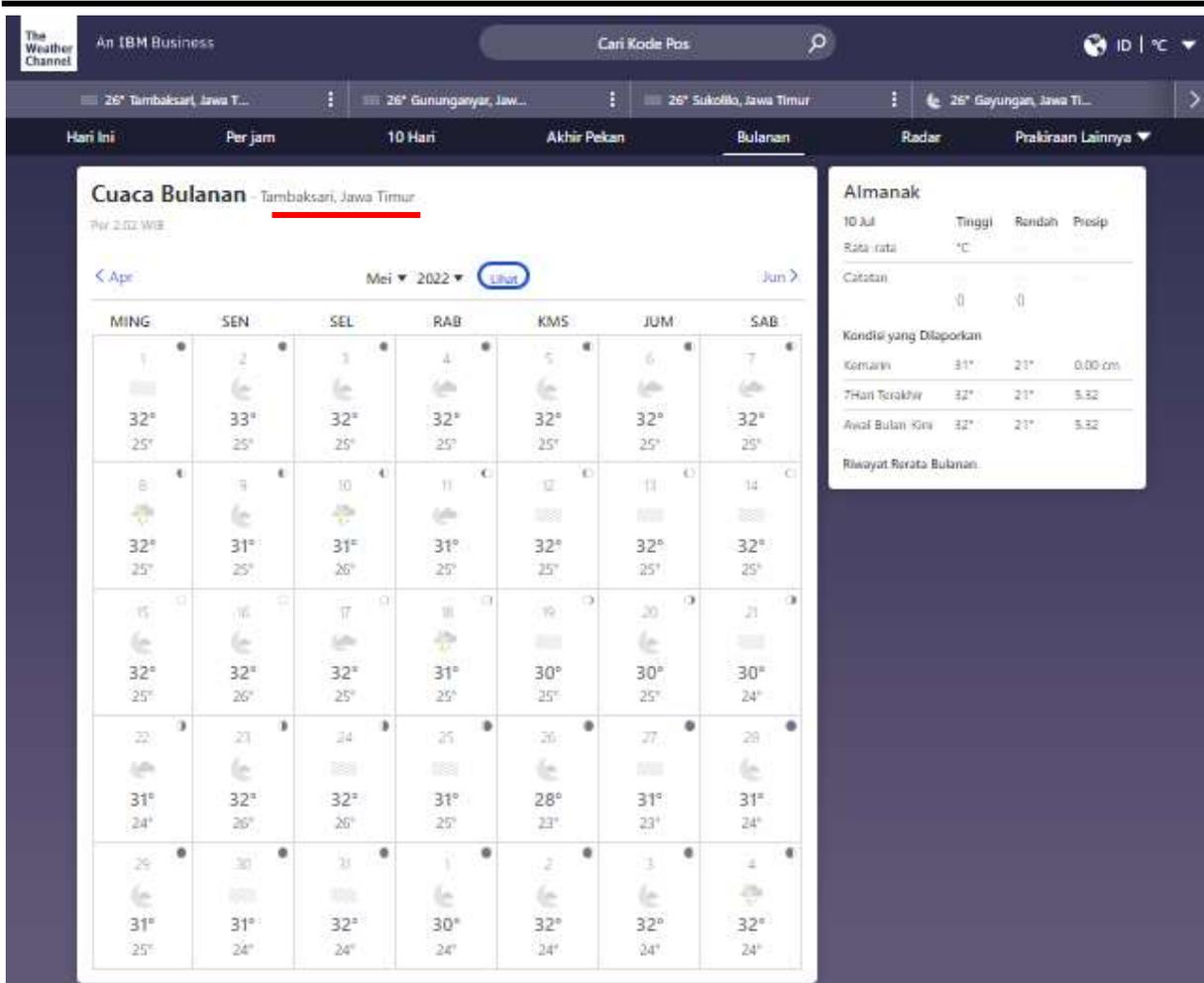
0 0

Kondisi yang Dilaporkan

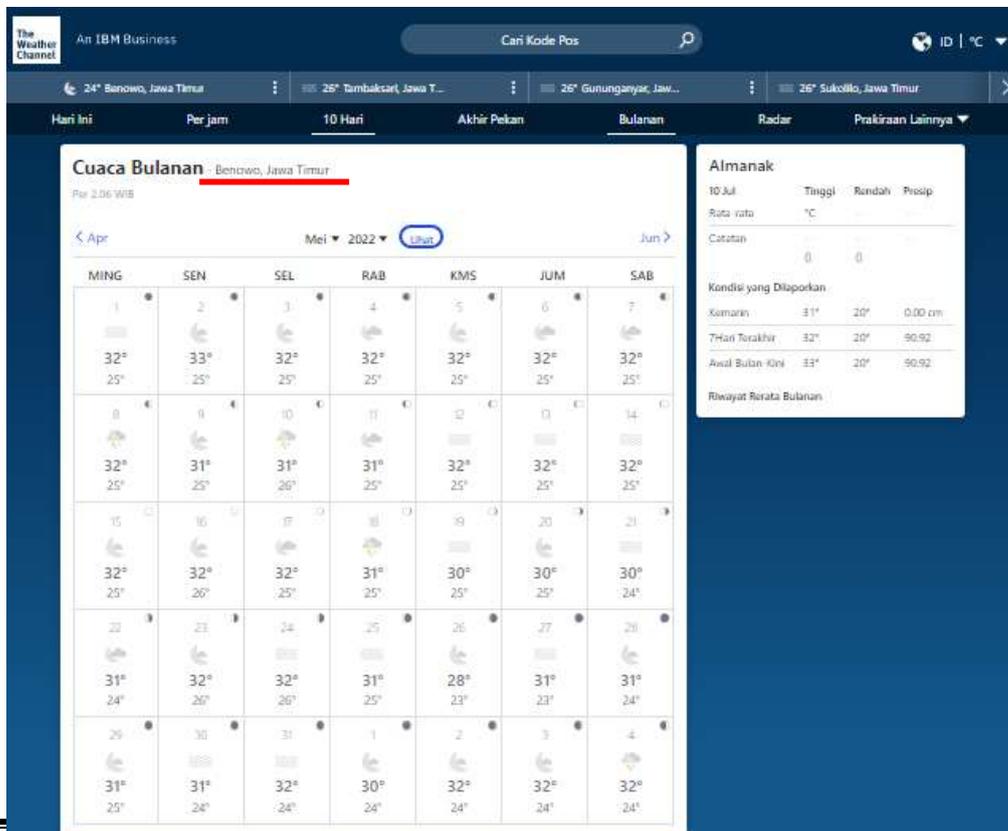
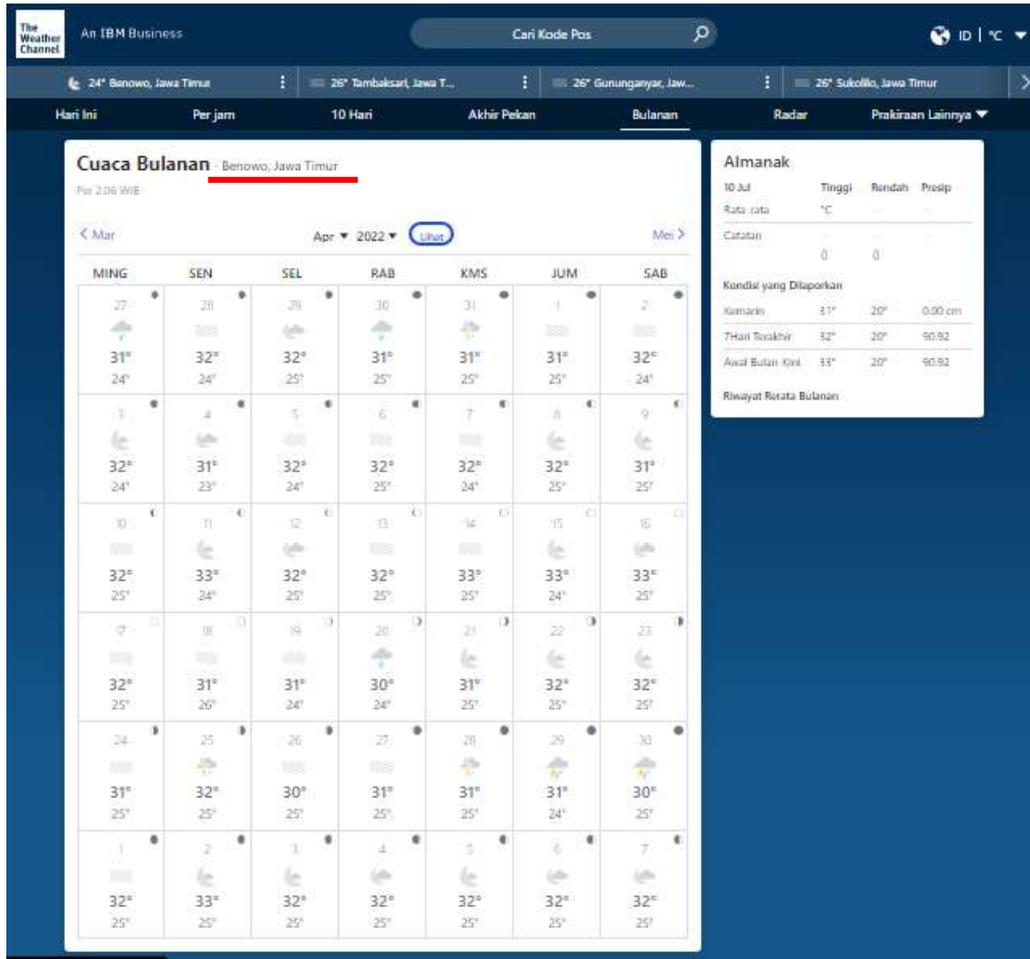
Kemarin	30°	23°	0.00 cm
7-Hari Terakhir	31°	23°	2.79

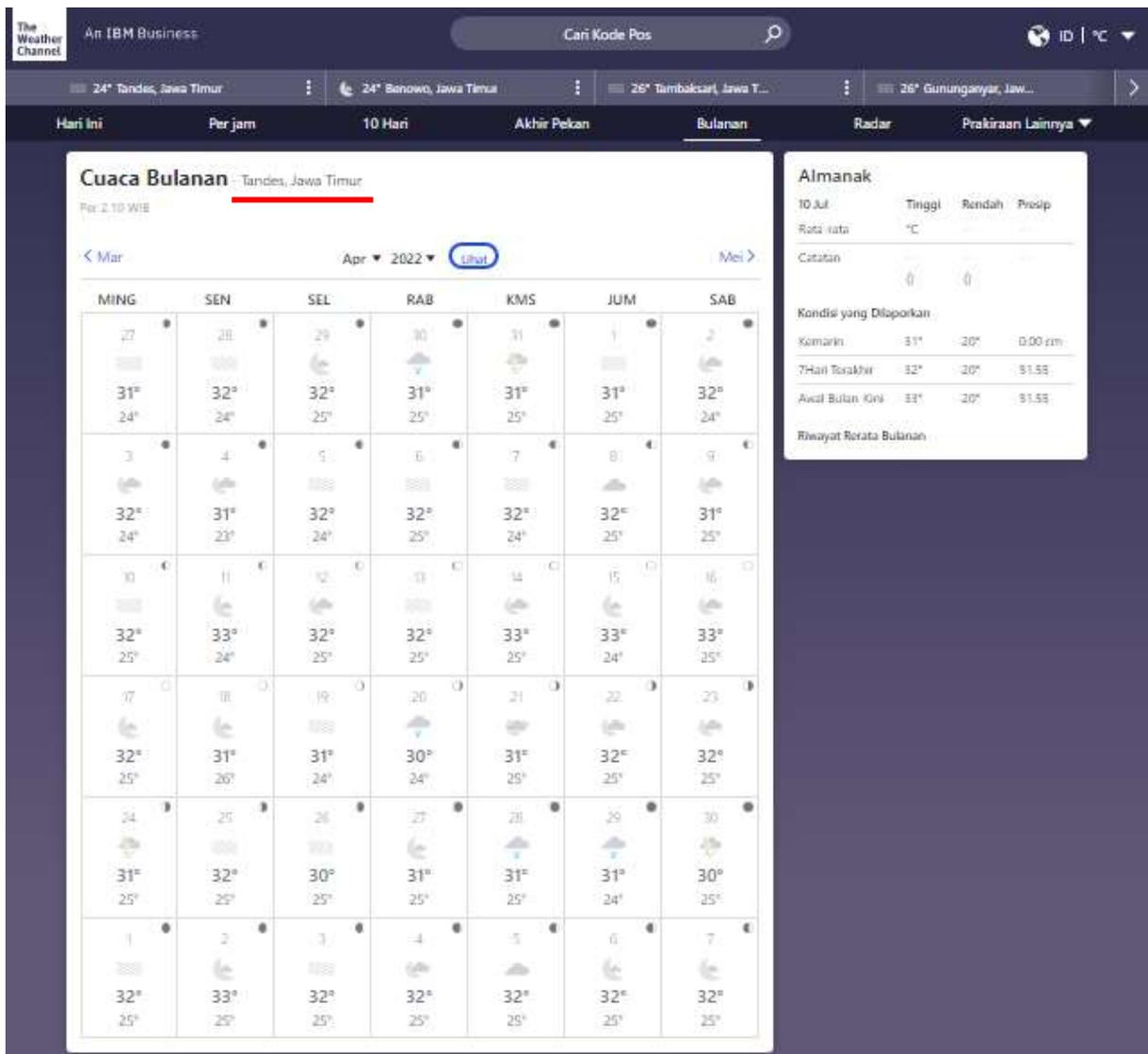
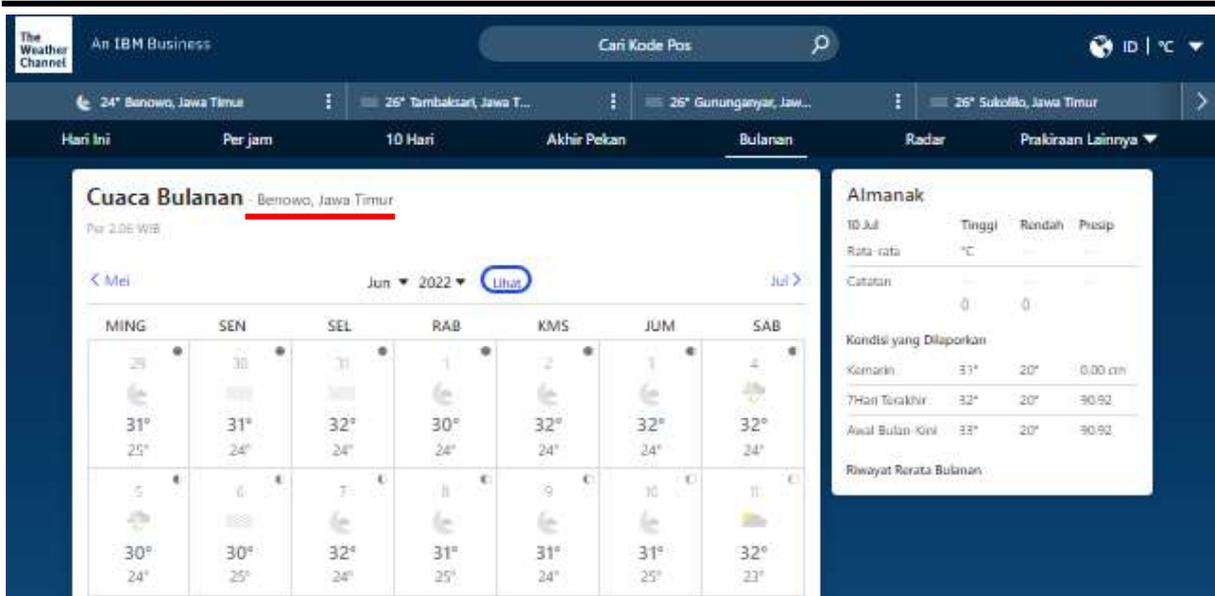




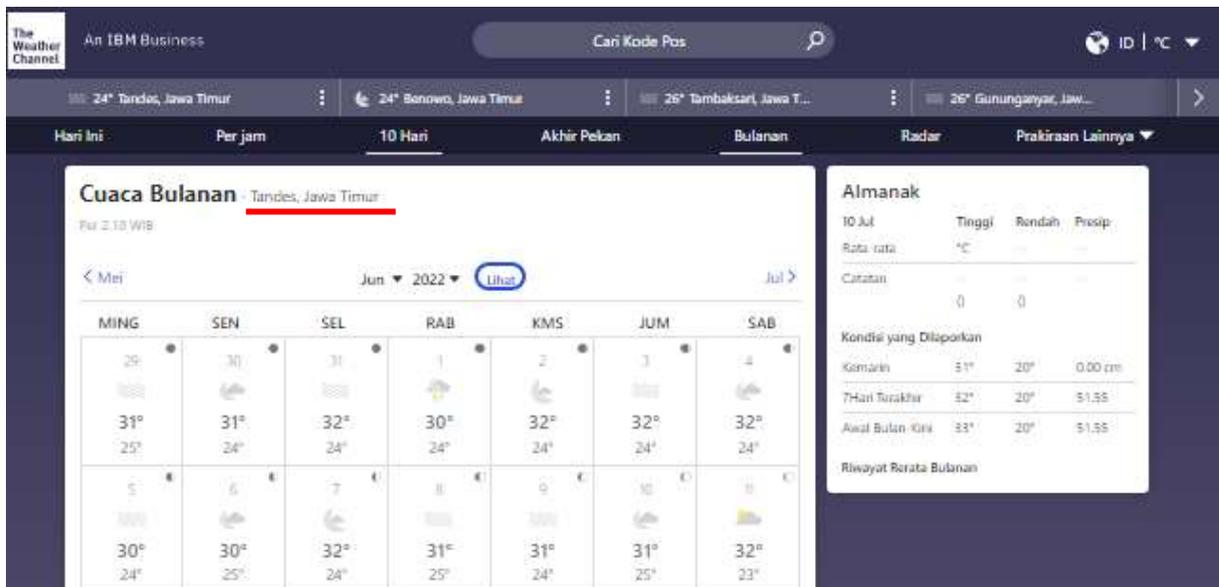
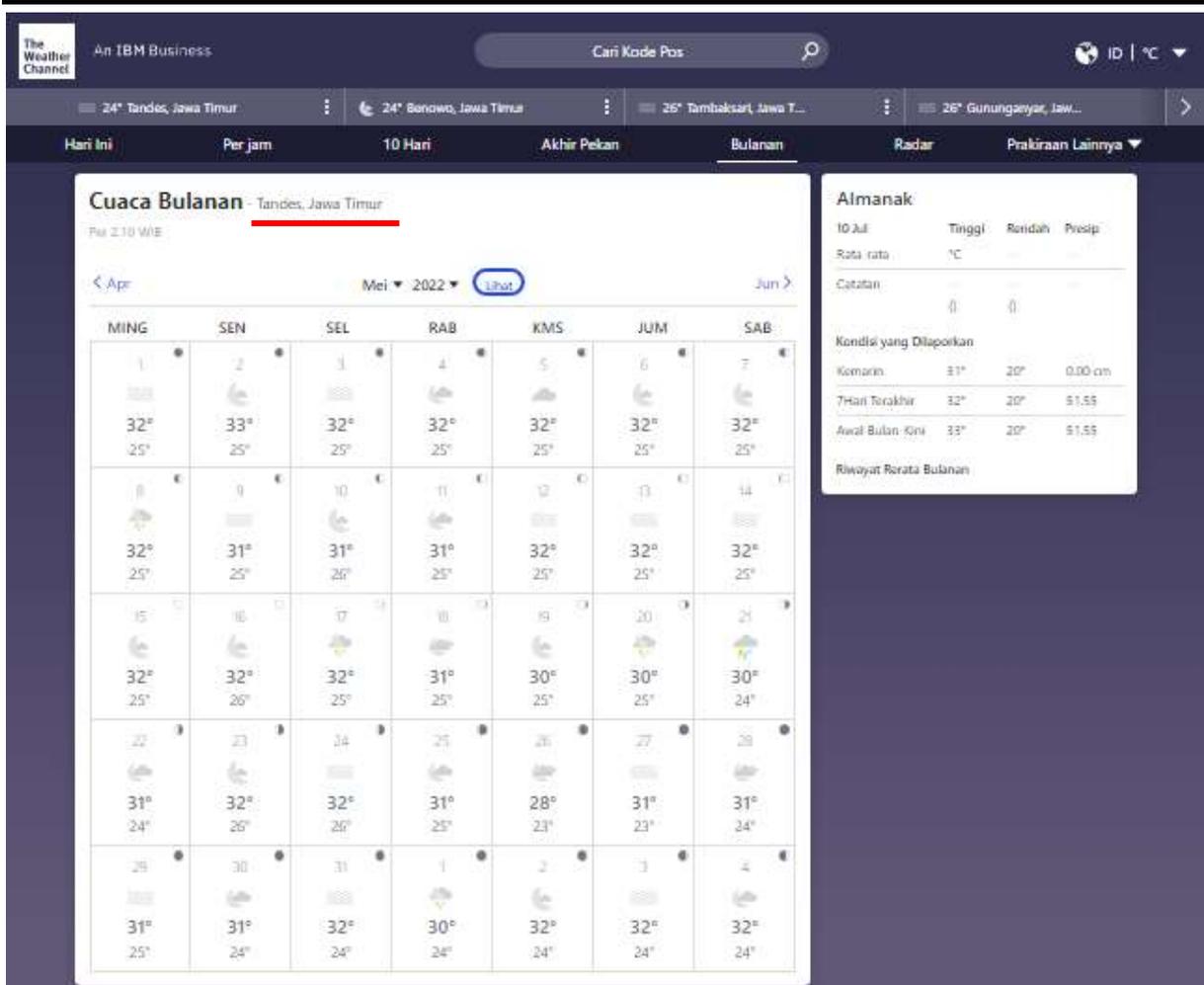


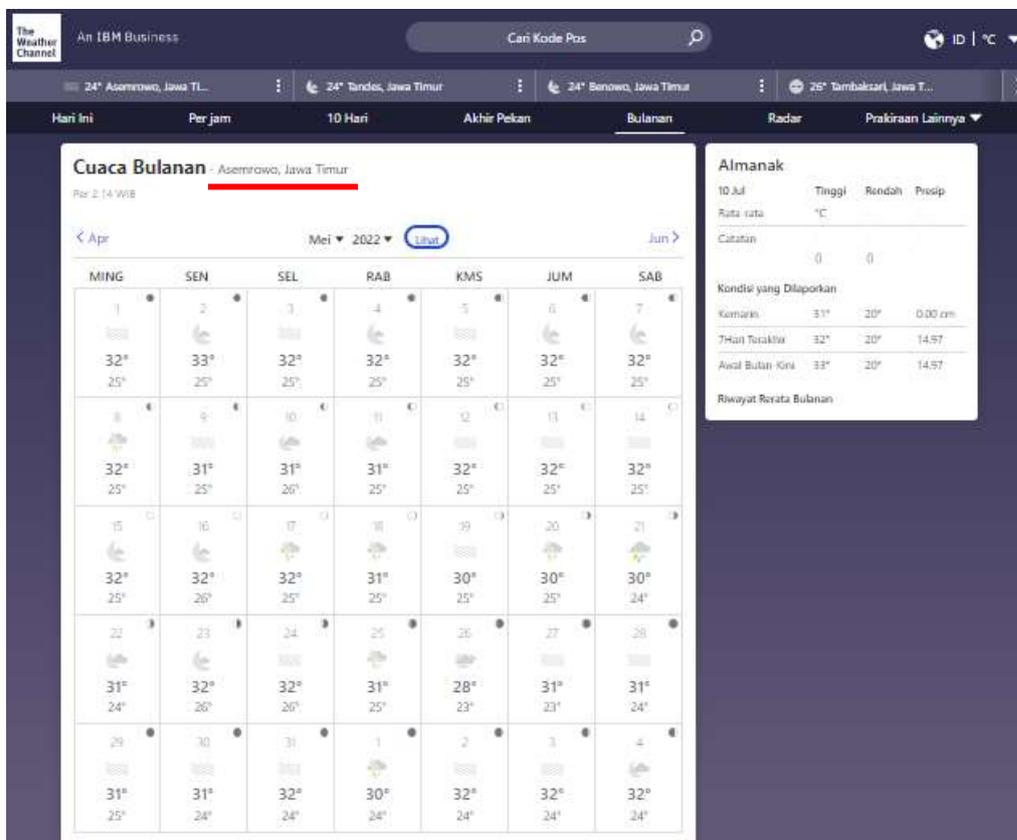
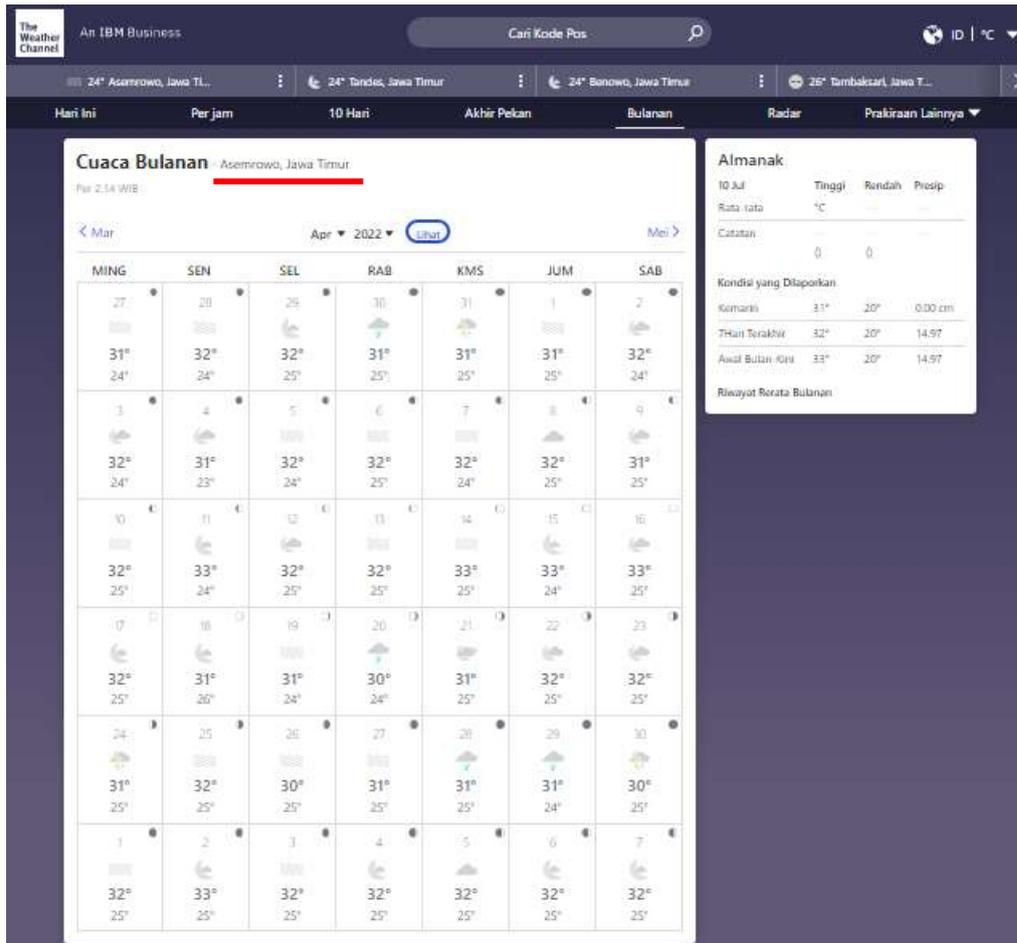
LAPORAN TUGAS AKHIR
TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI



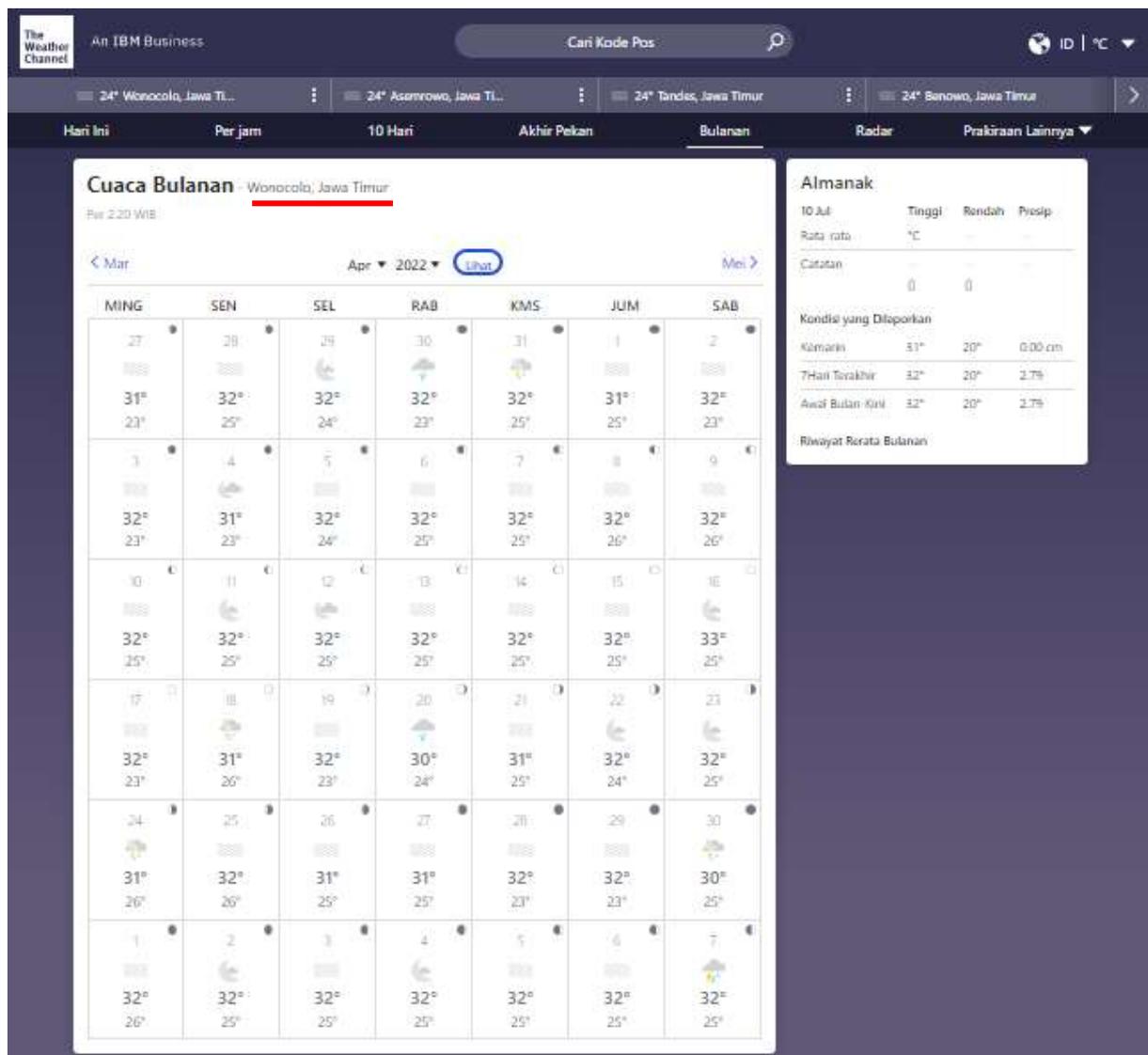
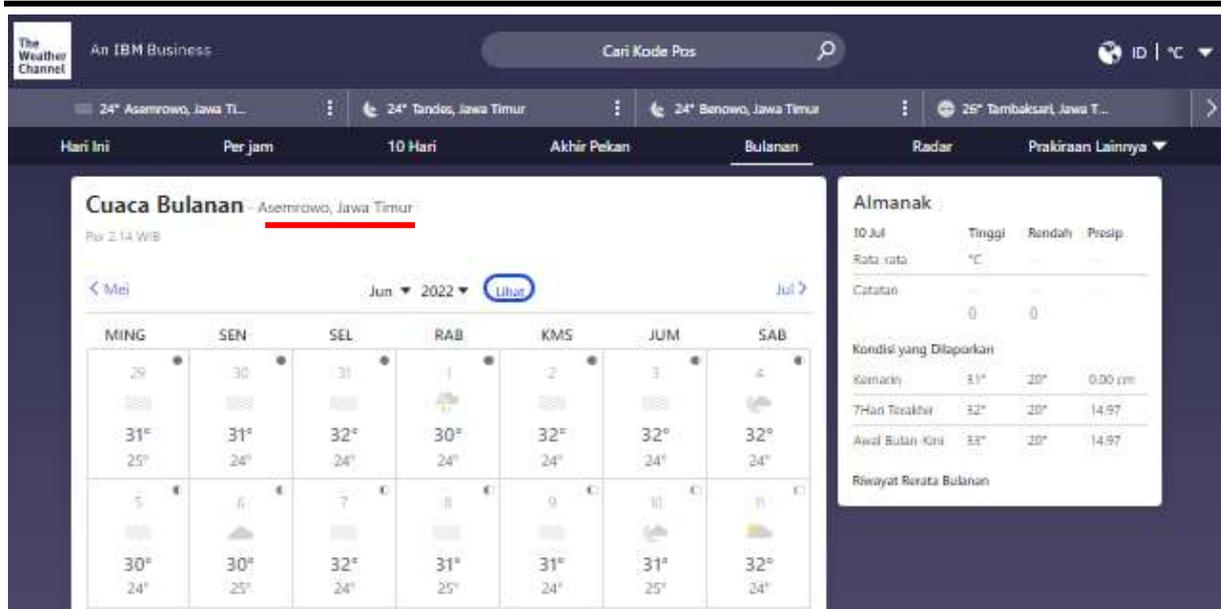


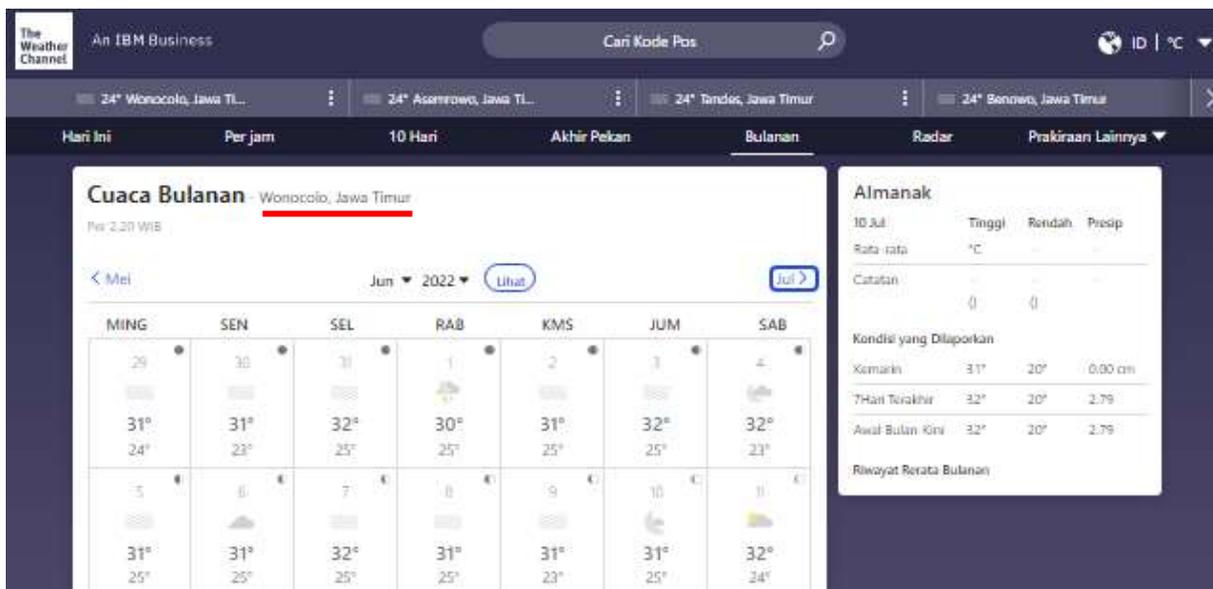
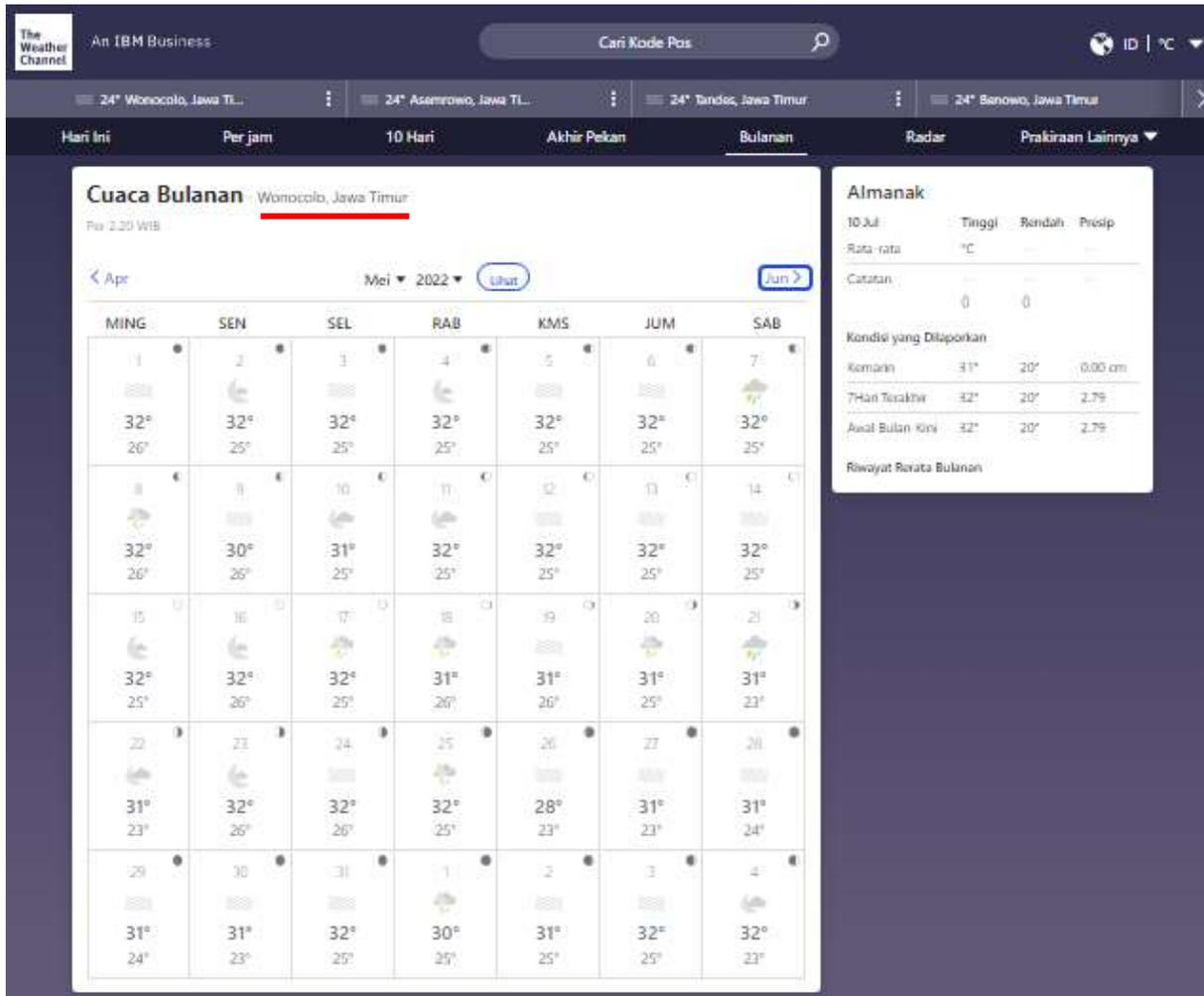
LAPORAN TUGAS AKHIR
TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI



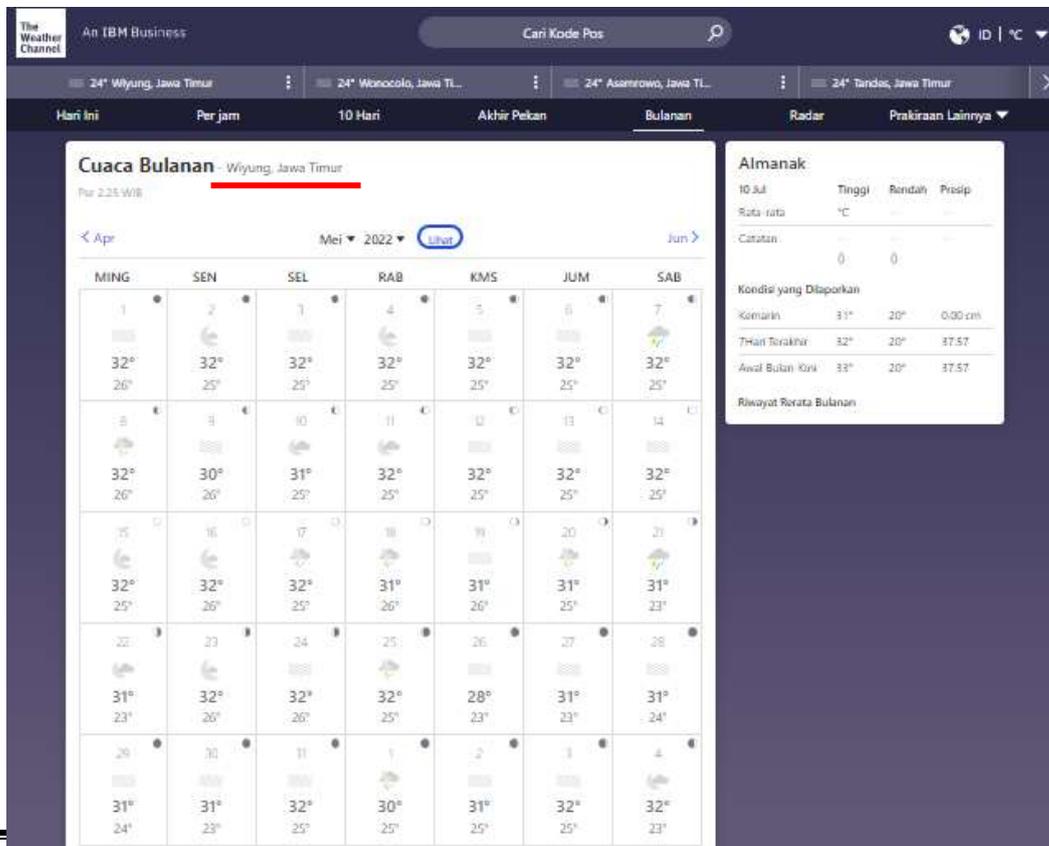
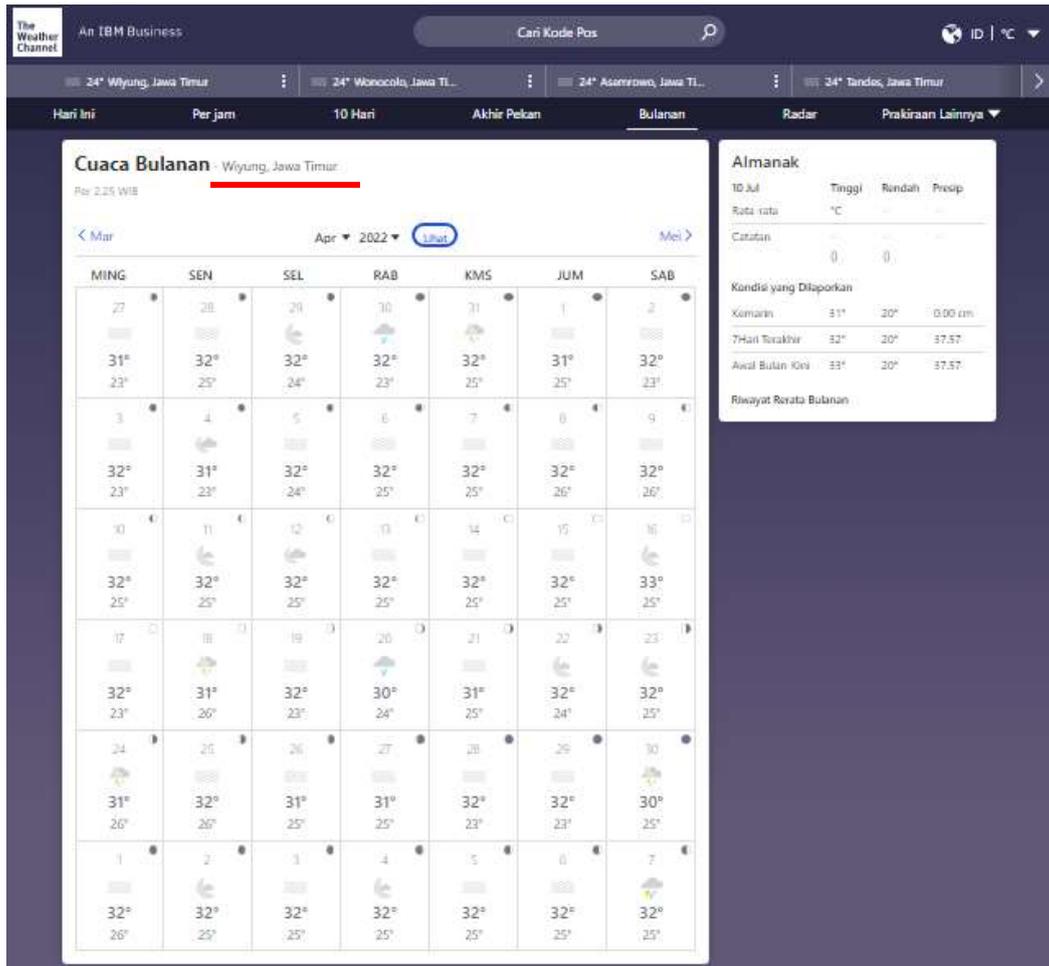


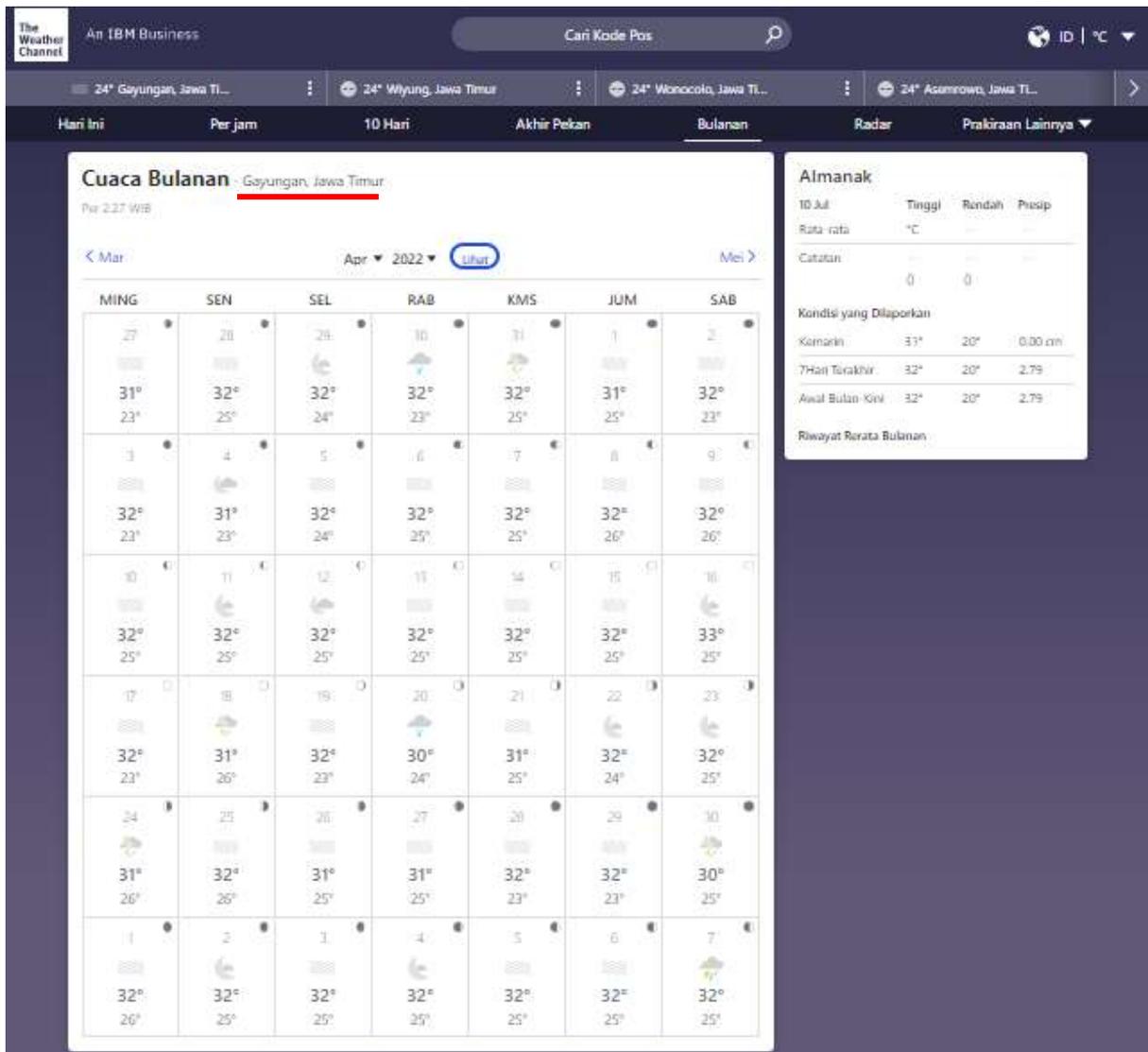
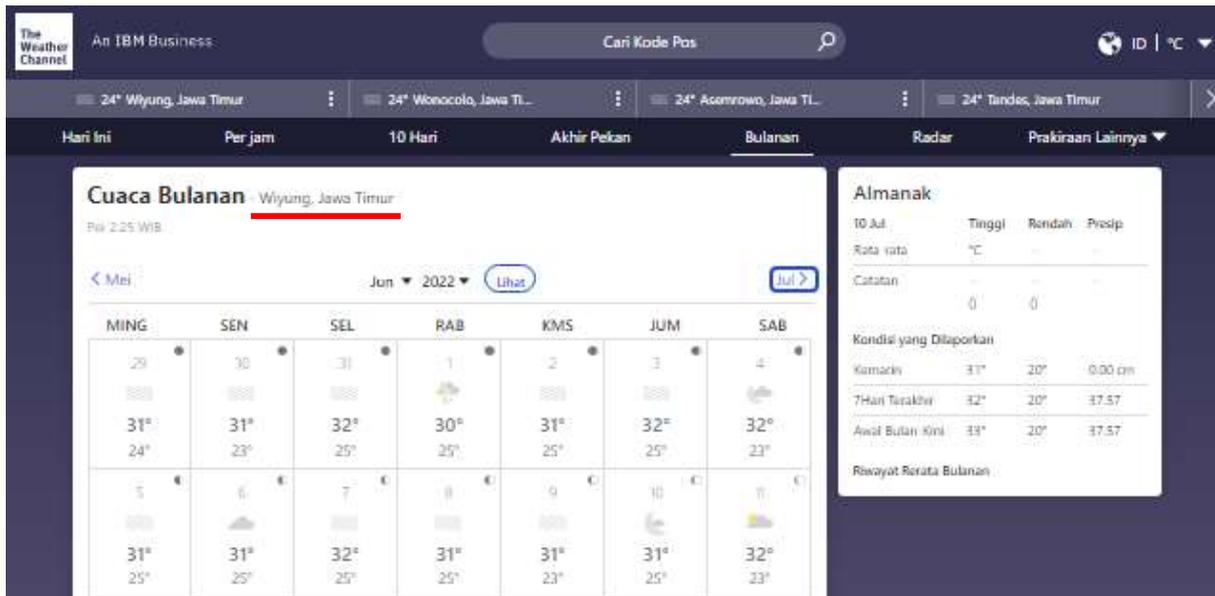
LAPORAN TUGAS AKHIR
TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI



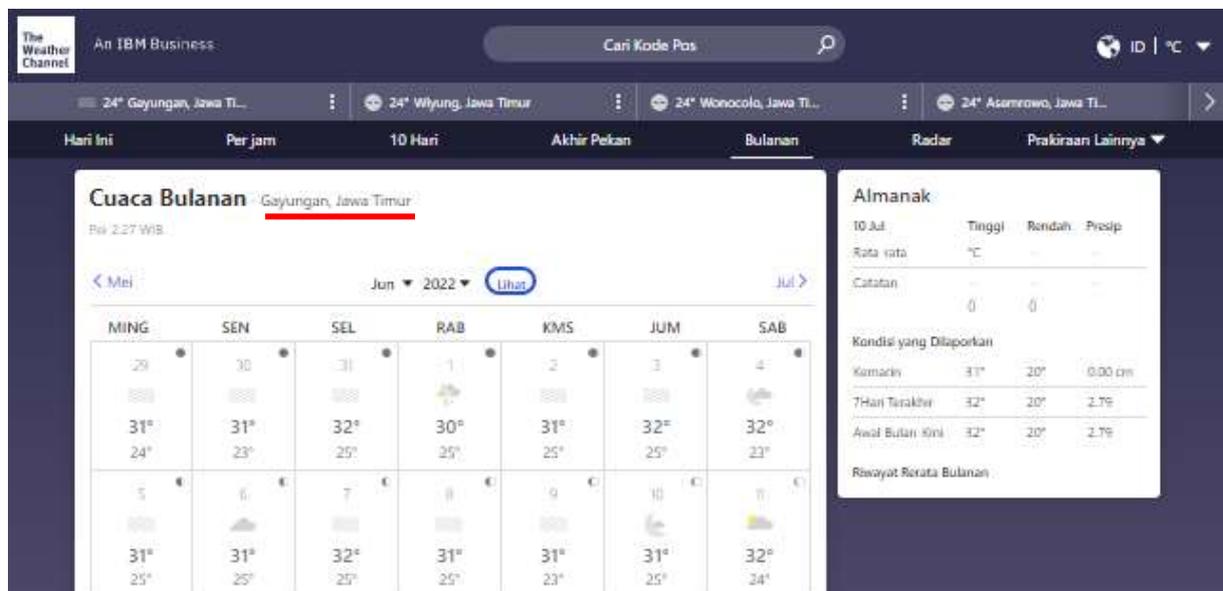
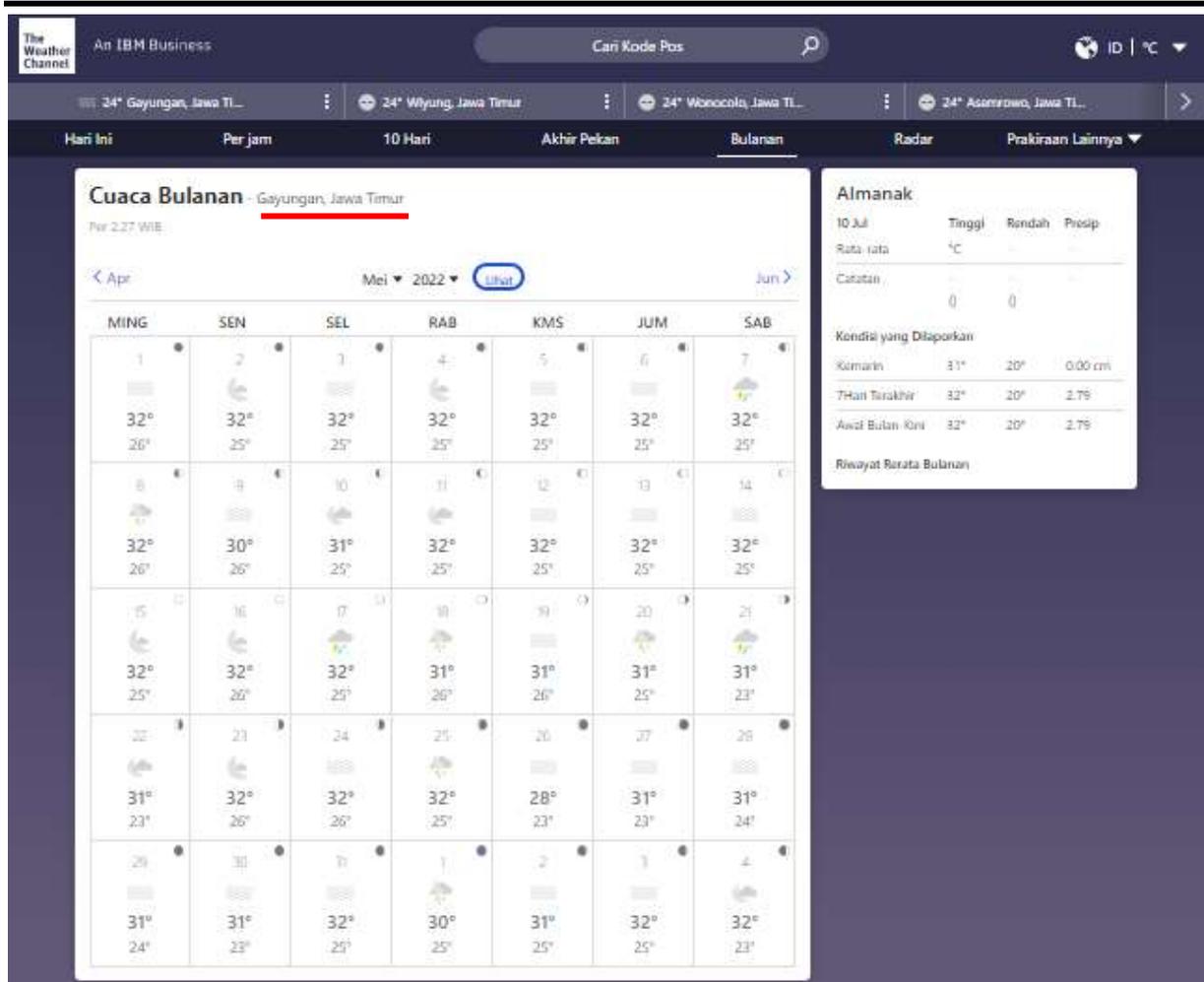


LAPORAN TUGAS AKHIR
TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI





LAPORAN TUGAS AKHIR
TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam mengerjakan laporan penelitian tugas akhir ini, penulis juga mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu. Diantaranya:

1. Orang tua penulis (Lukita Andrias Wijaya A.md dan Intan Safitri S.P) yang memberikan motivasi dan dukungan selama proses penyusunan laporan ini, serta selalu mendoakan yang terbaik untuk terselesaikannya laporan Penelitian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tubagus Noor R S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama yang selalu mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis agar penulis lebih terpacu untuk menyelesaikan laporan.
3. Bapak Lukman Noerochim S.T.,M.Sc.Eng.PhD.selaku dosen pembimbing kedua yang selalu mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis agar penulis lebih terpacu untuk menyelesaikan laporan.
4. Bapak Lukman Noerochim S.T.,M.Sc.Eng.PhD. selaku dosen wali yang selalu memberikan saran pada saat penulis akan melakukan proses pengambilan mata kuliah.
5. Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyanta, ST., M.Sc selaku Ketua Prodi S-1 Departemen Teknik Material yang tidak pernah berhenti untuk memberikan informasi terbaru seputar tugas akhir kepada penulis.
6. Kepada Retno Eri S yang telah banyak membantu dalam proses pemetaan.
7. Kepada teman-teman departemen teknik material angkatan 2018 yang selalu menemani dalam proses pengerjaan laporan tugas akhir ini.
8. Kepada Anisa Puspitasari Cahyono selaku sahabat dari penulis yang telah membantu selama penyusunan tugas akhir ini.
9. Kepada Muhammad Vikri Abdillah yang telah membantu dalam proses pencarian spesimen.
10. Kepada Muhammad Rafi Daffa Muasfar selaku adik kandung dari penulis yang telah membantu dalam melakukan pemetaan.
11. Kepada Duny yang telah menemani keluar kota untuk membantu saya mengumpulkan form pendaftaran.
12. Kepada Pratama Wisnu R yang telah membantu dalam perhitungan menggunakan excel.

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun, demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 15 Juli 2022
Penulis,

Alifah Maulida Widiarahma
NRP.0251184000005

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Alifah Maulida Widiarahma lahir di Malang pada tanggal 4 Juni 2001, merupakan anak sulung dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Lesanpuro 4 Malang, SMP Negeri 12 Malang, dan SMA Negeri 5 Malang. Setelah lulus SMA pada tahun 2018, penulis melanjutkan studi di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri Sistem dan Rekayasa, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN dengan NRP 02511840000005. Selama menjadi mahasiswa selain aktif dibidang akademis, penulis juga aktif dalam kegiatan keorganisasian regional kampus. Kegiatan organisasi yang pernah diikuti oleh penulis adalah pada HMMT-ITS departemen Social and Human Empowerment. Penulis mengakhiri masa perkuliahan dengan menulis Tugas Akhir dengan judul “Pemetaan Korosi Atmosferik dengan Menggunakan Variasi Logam Zinc, Aluminium, dan Magnesium di Wilayah Kota Surabaya”.

Contact person: alifahmw@gmail.com