

SKRIPSI

**TINGKAT KOROSI PLAT BAJA AKIBAT PENGARUH
LINGKUNGAN PESISIR PANTAI**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD IKHSAN MUSLIMIN
D011 19 1135**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

TINGKAT KOROSI PLAT BAJA AKIBAT PENGARUH LINGKUNGAN PESISIR PANTAI

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Ikhsan Muslimin
D011 19 1135

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian

Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 26 September 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Eng. Rudiyanto, S.T., M. Eng
NIP 197011081994121001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Fakhruddin, ST., M.Eng
NIP 198702282019031005

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng.
NIP 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Muhammad Ikhsan Muslimin

NIM : D011 19 1135

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Tingkat Korosi Plat Baja Akibat Pengaruh Lingkungan Pesisir Pantai}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, September 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Ikhsan Muslimin

ABSTRAK

MUHAMMAD IKHSAN MUSLIMIN. *Tingkat Korosi Plat Baja Akibat Pengaruh Lingkungan Pesisir Pantai* (dibimbing oleh Rudy Djamaluddin dan Fakhruddin)

Baja menjadi salah satu material yang sering digunakan dalam dunia konstruksi, karena memiliki beberapa keunggulan. Keunggulan utama penggunaan baja adalah kemampuannya untuk menahan beban yang tinggi dengan berat yang relatif ringan. Ini memungkinkan pembangunan struktur yang lebih ringan dan lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan material konstruksi lainnya. Namun, baja memiliki kekurangan, yaitu kerentanannya terhadap korosi, terlebih pada kondisi lingkungan maritim yang mengandung garam dan kelembaban yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh lingkungan pesisir pantai khususnya di Kota Palu, serta pengaruh sudut pemasangan terhadap laju korosi plat baja. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode ekspos, yaitu suatu metode uji simulasi ketahanan korosi terhadap media korosif dengan cara yang sederhana. Metode eksperimen ini dilakukan dengan pemaparan plat secara langsung dengan lingkungan maritim selama 3 bulan, dimana periode pengambilan data dilakukan setiap 1 bulan. Variasi dalam penelitian menggunakan sudut pemasangan sebesar 45° , 90° , dan 180° masing-masing 9 buah, sehingga total keseluruhan spesimen berjumlah 27 buah. Seluruh benda uji memiliki dimensi yang sama yaitu $160 \times 80 \times 5$ mm. Hasil pengujian menunjukkan pada pesisir pantai Kota Palu masih dalam kategori resistensi yang sangat baik untuk seluruh spesimen benda uji. Adapun pengaruh sudut pemasangan, dimana sudut 180° menjadi variasi dengan nilai korosi paling tinggi sebesar 1,6 mpy dan sudut 90° menjadi variasi dengan nilai korosi terendah sebesar 1,37 mpy.

Kata Kunci: Baja Plat, Korosi Atmosferik, Laju korosi, Pesisir Pantai

ABSTRACT

MUHAMMAD IKHSAN MUSLIMIN. *Corrosion Rate of Steel Plate Under the Influence of Coastal Environment* (supervised by Rudy Djamaluddin and Fakhruddin)

Steel is one of the materials that is often used in the world of construction, because it has several advantages. The main advantage of using steel is its ability to withstand high loads with a relatively light weight. This allows the construction of lighter and more economical structures compared to the use of other construction materials. However, steel has a drawback, which is its susceptibility to corrosion, especially in maritime environmental conditions that contain salt and high humidity. The purpose of this study is to determine and analyze the effect of the coastal environment, especially in Palu City, as well as the effect of installation angle on the corrosion rate of steel plates. The research was conducted using the exposed method, which is a test method simulating corrosion resistance to corrosive media in a simple way. This experimental method was carried out by directly exposing the plate to the maritime environment for 3 months, where the data collection period was carried out every 1 month. The variations in the study used installation angles of 45°, 90°, and 180° of 9 pieces each, making a total of 27 specimens. All specimens had the same dimensions of 160 x 80 x 5 mm. The test results show that the coast of Palu City is still in the category of excellent resistance for all specimens. As for the effect of installation angle, where the angle of 180° becomes the variation with the highest corrosion value of 1.6 mpy and the angle of 90° becomes the variation with the lowest corrosion value of 1.37 mpy.

Keywords: Plate Steel, Atmospheric Corrosion, Corrosion Rate, Coastal Area

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Teori Dasar Korosi	7
2.2 Jenis-jenis Korosi.....	9
2.3 Korosi di Zona Akuatik Laut.....	13
2.4 Korosi Atmosfer	15
2.5 Zat Pencemaran dan Faktor yang Mempengaruhi Korosi Atmosfer	18
2.5.1 Zat Pencemaran pada Korosi Atmosfer	18
2.5.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi Atmosfer	19
2.6 Teori Laju Korosi	20
2.6.1 Metode Kehilangan.....	20
2.6 Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	28
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	28
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.4 Prosedur Penelitian	34
3.5 Sketsa Rak Benda Uji	38
3.6 Analisis Data.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Laju Korosi Plat Baja	39
4.2 Pengaruh Sudut Pemasangan Plat Baja Terhadap Laju Korosi	47
4.3 Perbandingan Nilai Laju Korosi	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Korosi pada baja.....	2
Gambar 2. Proses korosi pada besi akibat pengaruh lingkungan.....	2
Gambar 3. Korosi akibat pengaruh lingkungan pesisir.....	3
Gambar 4. Perubahan permukaan logam yang ditandai dengan munculnya karat .	4
Gambar 5. Sel korosi basah sederhana.....	7
Gambar 6. Korosi seragam pada pipa ballast.....	10
Gambar 7. Korosi sumuran	10
Gambar 8. Korosi celah.....	11
Gambar 9. Korosi antar butir	12
Gambar 10. Korosi galvanik	12
Gambar 11. Korosi erosi	13
Gambar 12. Tampilan penampang daerah korosi pada tiang pancang beton di lingkungan laut.....	14
Gambar 13. Spesimen yang diekspos di Desa Pasi Ujong Kalak	23
Gambar 14. Spesimen yang diekspos di Kabupaten Aceh Barat	24
Gambar 15. Benda uji profil baja	25
Gambar 16. Benda uji medan belawan	26
Gambar 17. Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 18. Peta lokasi penelitian.....	29
Gambar 19. Rak pengujian.....	29
Gambar 20. Neraca digital	30
Gambar 21. Rolen listrik.....	30
Gambar 22. Baut dan mur	31
Gambar 23. Sikat kawat	31
Gambar 24. Cairan aseton.....	32
Gambar 25. Mesin gerinda.....	32
Gambar 26. Plat baja tebal 5 mm	33
Gambar 27. Pembuatan rak uji.....	35
Gambar 28. Pemotongan plat.....	35
Gambar 29. Pembersihan benda uji menggunakan sikat kawat.....	35
Gambar 30. Penimbangan berat awal benda uji.....	36
Gambar 31. Pemasangan rak uji di lapangan	36
Gambar 32. Pemaparan benda uji	36
Gambar 33. Pengambilan dan pembersihan plat baja	37
Gambar 34. Penimbangan spesimen	37
Gambar 35. Sketsa rak benda uji.....	38
Gambar 36. Sketsa benda uji.....	38
Gambar 37. Grafik laju korosi plat 45°	40
Gambar 38. Grafik laju korosi plat 90°	41
Gambar 39. Grafik laju korosi plat 180°	43
Gambar 40. Spesimen uji sebelum diekspos.....	43
Gambar 41. Spesimen uji setelah diekspos selama 30 hari.....	44
Gambar 42. Spesimen uji setelah diekspos selama 60 hari.....	44
Gambar 43. Spesimen uji setelah diekspos selama 90 hari.....	45
Gambar 44. Mekanisme karat atmosfer	46

Gambar 45. Representasi skematik. lapisan karat yang terbentuk pada baja.....	47
Gambar 46. Grafik laju korosi selama 3 bulan untuk semua variasi sudut.....	47
Gambar 47. Visualisasi pemaparan plat 180° terhadap lama penyinaran matahari	48
Gambar 48. Visualisasi pemaparan plat 45° terhadap lama penyinaran matahari	48
Gambar 49. Visualisasi pemaparan plat 90° terhadap lama penyinaran matahari	49
Gambar 50. Tingkat laju korosi spesimen baja plat pasaran.....	50
Gambar 51. Grafik perbandingan laju korosi Kota Palu dan Kota Semarang	50
Gambar 52. Letak Kota Palu dan Kota Semarang terhadap garis khatulistiwa	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai K untuk persamaan laju korosi.....	22
Tabel 2. Kriteria laju korosi pada baja	22
Tabel 3. Bentuk, dimensi, jumlah spesimen uji	33
Tabel 4. Berat awal spesimen.....	34
Tabel 5. Hasil pemaparan plat 45° pada 30 hari	39
Tabel 6. Hasil pemaparan Plat 45° pada 60 hari	39
Tabel 7. Hasil pemaparan plat 45° pada 90 hari	39
Tabel 8. Hasil pemaparan plat 90° pada 30 hari	40
Tabel 9. Hasil pemaparan plat 90° pada 60 hari	40
Tabel 10. Hasil pemaparan plat 90° pada 90 hari	41
Tabel 11. Hasil pemaparan plat 180° pada 30 hari	42
Tabel 12. Hasil pemaparan plat 180° pada 60 hari	42
Tabel 13. Hasil pemaparan plat 180° pada 90 hari	42
Tabel 14. produk karat yang teridentifikasi melalui warna secara langsung	46
Tabel 15. Faktor yang berpengaruh pada perbedaaan laju korosi Kota Palu dan Kota Semarang	51

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
ΔW	Kehilangan berat (gram)
W_0	Berat awal sampel uji (gram)
W_2	Berat akhir sampel uji (gram)
CR	<i>Corrosion rate</i> /laju korosi (mm/y)
K	Konstanta untuk mengubah satuan ($8,78 \times 10^6$)
W	Berat yang hilang (gram)
A	Luas area total (cm ²)
T	Waktu exposure (jam)
D	Massa jenis baja (gram/cm ³)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Data Penelitian	56
---	----

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, atas segala kebaikan dan karunia-Nya kepada setiap insan intelektual, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tak lupa sholawat serta salam kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW sebaik-baiknya suri tauladan. Penyusunan tugas akhir yang berjudul **“TINGKAT KOROSI PLAT BAJA AKIBAT PENGARUH LINGKUNGAN PESISIR PANTAI”** merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak hanya dari penulis sendiri melainkan berkat ilmu, arahan, bimbingan serta bantuan dari berbagi pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T.**, selaku Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. **Bapak Prof. Dr. Ir. H. Rudy Djamaluddin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing I dan **Bapak Dr. Eng. Fakhruddin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan serta kesabarannya dalam menghadapi kualitas keilmuan penulis dari awal penelitian hingga selesainya tugas akhir ini. Semoga kebaikan, kesehatan serta kemudahan senantiasa dilimpahkan kepada beliau.
5. **Bapak Dr. Eng. Ir. Andi Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.

6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Muslimin** dan ibunda **Zakiyah Zahara** atas semua kasih sayang yang begitu tulus dan doa yang tiada henti serta nasehat-nasehat yang selalu melekat pada penulis disetiap waktu.
2. **Zahria Khoirunnisa dan Muhammad Rizqi Muslimin** sebagai saudara dan teman seumur hidup yang selalu memberikan motivasi dan senantiasa memberikan banyak warna dalam kehidupan penulis.
3. **Fadhlurrohman Muslim Saleh** sahabat yang banyak memberikan bantuan penyelesaian tugas akhir ini.
4. **Aqzalil Maqdiza, Rifky Achmad, Jonathan Edro, Reksi Julio, Agung Fatwa, Naufal Fauzy, Sainal Basri, Kurniawan, Fuad Daly, Nur Syifa Eka, Amirah Kurnia, Mufidatul Azmi, Sara Malisan Lati**, sebagai sahabat BERJUANG penulis di dunia perkuliahan. Terima kasih untuk semua pengalaman baru paling menyenangkan yang diberikan selama penulis selama berkuliah di teknik sipil.
5. **Kak Abdul Rachmat Jumaidi S, S.T.**, selaku partner selama proses penelitian.
6. Rekan-rekan di **Laboratorium Riset Perkuatan Struktur**. Terima kasih karena telah menjadi teman berdiskusi yang baik.
7. Saudara-saudari **PORTLAND 2020**, teman-teman Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **Angkatan 2019** yang memberikan begitu banyak warna dan pengalaman yang sangat berharga dari awal hingga akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan kebaikan dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, September 2023

Muhammad Ikhsan Muslimin

BAB I

PENDAHULUAN

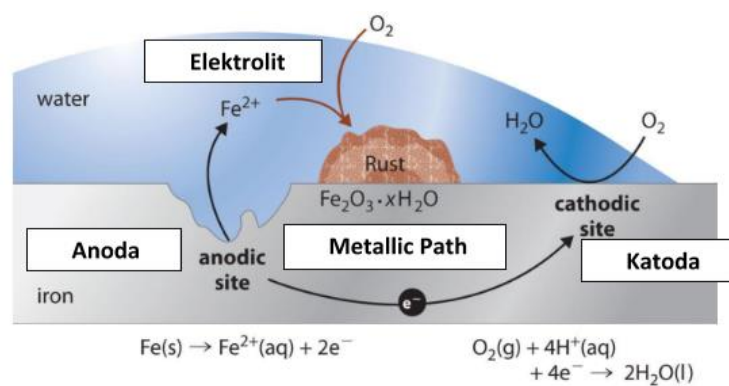
1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia dari waktu ke waktu semakin berkembang. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya pembangunan yang dilakukan di Indonesia, sesuai dengan Nawa Cita pemerintah periode 2014–2019 salah satunya poinnya tentang Membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka negara kesatuan. Hal ini terus dilanjutkan dalam Nawa Cita Jilid II di pemerintahan periode 2019–2024, yakni pembangunan infrastruktur yang akan terus dilanjutkan untuk mendukung aktivitas rakyat, termasuk untuk mendukung pengembangan perekonomian dan kemudahan aksesibilitas (Simanjuntak and Victor, 2020). Pembangunan yang terus dilakukan ini merupakan investasi besar Indonesia untuk menunjang kegiatan ekonomi melalui infrastruktur. Menurut Wang et al., (2020) Sebagai proyek dengan investasi besar, pemilihan material dan teknologi untuk pembangunan infrastruktur harus mempertimbangkan ekonomi, daya tahan, keamanan, dan properti lainnya termasuk pemilihan material. Salah satu material yang sering digunakan dalam konstruksi adalah baja karena memiliki beberapa keunggulan. Keunggulan utama penggunaan baja dalam konstruksi adalah kemampuannya untuk menahan beban yang tinggi dengan berat yang relatif ringan. Ini memungkinkan pembangunan struktur yang lebih ringan dan lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan material konstruksi lainnya (Nour dan Elgaaly, 2018). Namun baja memiliki kekurangan, menurut Gupta & Bhargava (2018) salah satu kelemahan utama baja adalah kerentanannya terhadap korosi. Pada tahun 1947–1978 dilakukan penelitian terhadap bangunan di Inggris dan hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa penyebab langsung dari kegagalan/ambuknya delapan buah struktur yang telah berusia 12– 40 tahun adalah karena terjadinya korosi pada bagian baja penguatnya (Pierre, 2000). Baja yang terpapar lingkungan yang lembab atau asam dapat mengalami korosi seperti yang terjadi **Gambar 1**.



Gambar 1. Korosi pada baja

Korosi adalah proses elektrokimia dimana logam berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan mengalami degradasi. Ini melibatkan oksidasi logam dan pemisahan ion logam dari permukaan logam, yang akhirnya mengakibatkan kerusakan dan penurunan kualitas material (Fontana dan Greene, 2018). Korosi pada baja juga dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan, termasuk biaya perawatan, perbaikan, penggantian, dan penurunan produktivitas (Melchers, R. E, 2019). Kerugian ekonomi akibat korosi diperkirakan mencapai sekitar 3-4% dari PDB (Produk Domestik Bruto) global setiap tahunnya (*World Corrosion Organization*, 2019). Salah satu faktor korosi adalah pengaruh lingkungan, menurut Uhlig et al., (2011) Lingkungan di sekitar material logam memainkan peran penting dalam mempengaruhi laju korosi. Ilustrasi dari proses korosi akibat lingkungan dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Proses korosi pada besi akibat pengaruh lingkungan

(sumber: www.educhanel.id)

Faktor-faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu, dan keberadaan zat korosif seperti asam, basa, atau polutan kimia dapat menyebabkan korosi pada material logam di lingkungan perkotaan atau industri (Rajasekaran dan Balaji,

2015). Setiap lingkungan memiliki kecepatan korosi yang berbeda-beda, dimana menurut Fontana dan Greene (2018) bahwa korosi di daerah pesisir cenderung lebih cepat terjadi karena paparan langsung dengan lingkungan maritim yang mengandung garam, kelembaban tinggi, dan cuaca yang keras. Penelitian yang dilakukan oleh Smith et al. (2018) menyimpulkan bahwa keberadaan air laut dengan konsentrasi garam yang tinggi dapat meningkatkan laju korosi pada struktur logam di lingkungan pesisir. Garam yang terlarut dalam air laut dapat berfungsi sebagai elektrolit yang mempercepat reaksi elektrokimia dalam proses korosi. Selain itu, penelitian oleh Johnson (2017) menunjukkan bahwa tingginya kelembaban udara di lingkungan pesisir dapat menyebabkan peningkatan laju korosi pada logam. Kelembaban yang tinggi mempengaruhi tingkat kejenuhan oksigen di permukaan logam, yang dapat mempercepat reaksi korosi. Dalam konteks suhu, penelitian oleh Wang et al. (2020) menunjukkan bahwa fluktuasi suhu yang ekstrem di lingkungan pesisir dapat meningkatkan risiko korosi pada logam. Kontraksi dan ekspansi termal yang berulang pada logam akibat perubahan suhu dapat menyebabkan retak dan kerapuhan, mempercepat proses korosi. Contoh pengaruh lingkungan pesisir terhadap baja dapat dilihat pada **Gambar 3**. Untuk mengetahui seberapa cepat korosi yang terjadi akibat pengaruh lingkungan pada suatu wilayah maka perlu dilakukan perhitungan laju korosi.



Gambar 3. Korosi akibat pengaruh lingkungan pesisir

(Sumber: www.materials.unsw.edu.au)

Laju korosi menggambarkan kecepatan di mana material logam mengalami degradasi dan dapat diukur dengan berbagai parameter, seperti laju kehilangan

berat, laju pengikisan, atau laju produksi gas (Fontana dan Greene, 2018). Mengetahui nilai laju korosi penting untuk kita ketahui karena penilaian laju korosi memungkinkan kita untuk memantau kinerja material secara *real-time*, mengidentifikasi perubahan yang tidak diinginkan dalam lingkungan korosif, dan mengambil tindakan pencegahan atau perbaikan yang diperlukan (Fontana dan Greene, 2018). Laju korosi dapat diketahui melalui kehilangan massa dari baja tersebut, massa yang hilang dari baja merupakan bagian baja yang menjadi karat nantinya. Dilihat dari perubahan permukaan yang menjadi berkarat. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Perubahan permukaan logam yang ditandai dengan munculnya karat

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penting untuk dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental terkait bagaimana laju korosi di lingkungan pesisir pantai terhadap plat baja dengan mengambil lokasi penelitian yakni daerah pesisir pantai Kota Palu. Adapun judul yang penulis pada penelitian ini adalah **“TINGKAT KOROSI PLAT BAJA AKIBAT PENGARUH LINGKUNGAN PESISIR PANTAI”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana laju korosi plat baja akibat lingkungan pesisir pantai?
2. Bagaimana laju korosi plat baja akibat pengaruh sudut pemasangan plat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui laju korosi plat baja akibat pengaruh lingkungan pesisir pantai.
2. Mengetahui pengaruh sudut pemasangan plat terhadap laju korosi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini adalah akan diperoleh data dan informasi mengenai laju korosi sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan *treatment* yang sesuai untuk meningkatkan umur pakai suatu konstruksi bangunan.

1.5 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah pada tujuan penelitian yang ingin dicapai perlu maka adapun ruang lingkup pada penelitian sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah baja konstruksi dengan jenis baja plat.
2. Penelitian dilakukan di pesisir pantai Kota Palu, Kecamatan Mantikulore 20 meter dari garis pantai.
3. Korosi yang diteliti adalah korosi zona atmosferik.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah, sistematika penulisan yang dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga Tugas Akhir yang dihasilkan lebih sistematis. Sistematika penulisan ini dapat diurutkan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pokok-pokok bahasan dalam bab ini adalah latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran, dan hasil penelitian terdahulu yang memiliki hubungan dengan penelitian ini. Bab ini memberikan kerangka dasar mengenai konsep dan teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, langkah-langkah yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data yang didapatkan dari laboratorium.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil pengujian lekatan geser.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

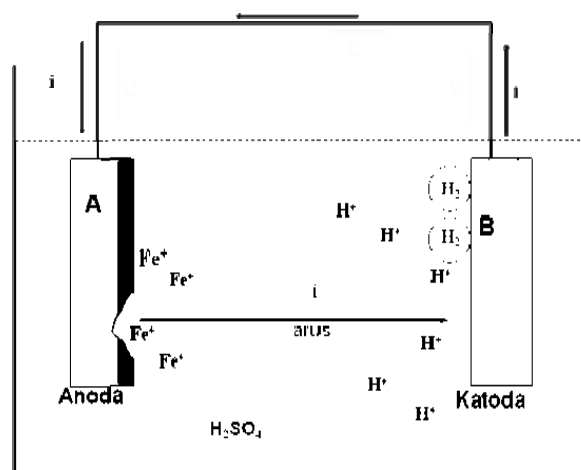
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Korosi

Kata korosi berasal dari bahasa latin "*Corrodere*" yang artinya merusak logam atau berkarat. Korosi adalah teriadinya kerusakan material (khususnya logam) akibat lingkungannya. Pada logam terjadinya akibat reaksi kimia yaitu pada temperatur yang tinggi antara logam dan gas atau terjadi korosi elektrokimia dalam lingkungan air atau udara basah (Supardi, 1997).

Reaksi langsung disebut juga korosi kering dan reaksi penggantian disebut korosi basah. Reaksi langsung (korosi kering) termasuk oksidasi di udara, reaksi dengan up belerang, hidrogen sulfida dan kandungan udara kering lainnya, juga reaksi dengan logam cair lainnya misalnya natrium. Reaksi ini nyata dan umum terjadi pada suhu relatif tinggi. Pada dasarnya reaksi korosi logam berlangsung secara elektrokimia (Trethewey, 1991), yang terjadi pada daerah katoda dan anoda dengan membentuk rangkaian arus tertutup. Reaksi korosi berlangsung di daerah permukaan katoda dan anoda. Korosi elektrokimia dapat dijelaskan dengan suatu sistem yang disebut sel korosi basah sederhana dengan anoda dan katoda tunggal



Gambar 5. Sel korosi basah sederhana

(Sumber: Trethewey, 1991)

Dari Gambar 5 diketahui bahwa katoda bertanda positif dan anoda bertanda negatif. Tanda tersebut menunjukkan kecenderungan potensial reduksi elektroda yang bersangkutan. Arus listrik mengalir dari elektroda dengan potensial rendah (anoda). Sedangkan arus elektron mengalir dari elektroda dengan potensial rendah (anoda) menuju elektroda dengan potensial tinggi (katoda). Ion-ion positif (kation) dalam elektrolit berdifusi menuju permukaan katoda untuk mengalami reaksi reduksi (Fontana, 1998). Pada permukaan anoda atom-atom yang ditinggalkan oleh elektron valensinya akan lepas menuju elektrolit untuk selanjutnya bereaksi dengan anion-anion elektrolit tersebut.

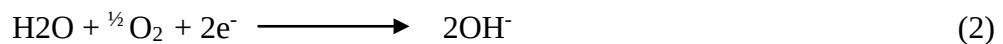
Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam reaksi elektrokimia yang bisa mengakibatkan korosi, antara lain yaitu: Katoda, Anoda, Larutan elektrolit dan penghantar (hubungan arus listrik) (Trethewey, 1991).

Menurut Trethewey, proses reaksi korosi pada logam dalam baja adalah sebagai berikut:

Pada anoda terjadi pelarutan besi (Fe) menjadi ion Fe^{2+} :



Pada katoda terjadi reaksi:



Sedangkan lingkungan (larutan) netral maka reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Sedangkan untuk lingkungan (larutan) asam terjadi reaksi sebagai berikut:

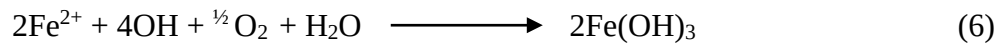


Pada reaksi diatas terjadi secara perlahan – lahan. Peristiwa korosi, ion feron yang terbentuk pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi membentuk ferroksida yang menempel pada permukaan logam dan mencegah terlarutnya besi lebih lanjut:



Demikian juga pada katoda O_2 harus mencapai permukaan logam agar reaksi terjadi reduksi. Ion hidroksil yang terbentuk juga dapat terserap pada permukaan membentuk lapisan yang menghalangi penyerapan oksigen. Pada keadaan ini terjadi polarisasi katoda dan proses korosi berjalan lambat. Ion hidroksil akan bereaksi dengan ion besi. Pada peristiwa korosi yang cepat, lapisan penghambat

(pelindung) akan kehilangan massa karena tidak sempat terbentuk ion Fe, bereaksi dengan ion hidroksil:



Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses korosi kerusakan material di lingkungan basah dapat terjadi apabila empat faktor dibawah ini:

1. Adanya anoda sebagai tempat reaksi anodik terjadi.
2. Adanya katoda sebagai tempat reaksi katodik terjadi.
3. Adanya media untuk transfer elektron/hambatan arus.
4. Adanya lingkungan yang bersifat elektrolit.

2.2 Jenis-jenis Korosi

Jenis-jenis korosi dapat dikelompokkan sebagai berikut, korosi merata, korosi sumuran, korosi celah, korosi antar butir, korosi galvanik, dan korosi erosi.

1. Korosi Merata

Korosi merata (*Uniform Corrosion*) adalah bentuk umum dari korosi. Pada korosi ini, logam mengalami kerusakan dengan laju yang sama (hampir sama) di seluruh permukaan. Salah satu penyebab dari korosi merata adalah disebabkan oleh atmosfer. Kerusakan yang diakibatkan korosi merata cukup besar (ditinjau dari segi jumlah atau berat logam yang terkorosi), maka korosi jenis ini harus diwaspadai. Sebagai contoh **Gambar 6** adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis.

Biasanya ini terjadi pada plat baja atau profil, logam homogen. Korosi jenis ini bisa dicegah dengan cara Diberi lapis lindung yang mengandung inhibitor seperti gemuk. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara:

1. Untuk lambung kapal diberi proteksi katodik.
2. Pemeliharaan material yang tepat.
3. Untuk jangka pemakaian yang lebih panjang diberi logam berpaduan tembaga 0,4%.



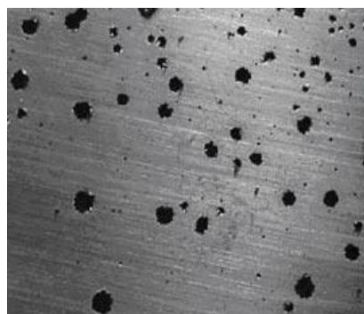
Gambar 6. Korosi seragam pada pipa ballast

(sumber: Utomo, 2009)

2. Korosi Sumuran

Korosi sumuran (*Pitting Corrosion*) terjadi karena suatu serangan yang intensif secara setempat, membentuk suatu sumuran. Umumnya diameter sumuran ini relatif kecil dan tumbuh mengikuti arah gravitasi, dengan diameternya lebih kecil daripada kedalamannya. Proses korosi sumuran terjadi karena adanya perbedaan struktur logam sehingga terbentuk daerah anodik dan katodik. Korosi sumuran termasuk jenis korosi yang paling berbahaya. Ciri-cirinya adalah korosi lokal berbentuk titik-titik atau lubang-lubang kecil dengan batas-batas yang nyata tersebar pada permukaan logam. Sebagai contoh **Gambar 7** Adalah korosi yang disebabkan karena komposisi logam yang tidak homogen dimana pada daerah batas timbul korosi yang berbentuk sumur. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara:

1. Pilih bahan yang homogen.
2. Diberikan inhibitor.
3. Diberikan *coating* dari zat agresif.



Gambar 7. Korosi sumuran

(sumber: Utomo, 2009)

3. Korosi Celah

Korosi celah (*Crevice Corrosion*) adalah korosi yang terjadi pada daerah celahan atau daerah-daerah yang tersembunyi pada permukaan logam yang berada dalam lingkungan korosif. Korosi ini terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi oksigen antara daerah celah dan sekitarnya. Visualisasi korosi celah dapat dilihat pada **Gambar 8**. Korosi ini terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain diantaranya ada celah yang dapat menahan kotoran dan air sehingga konsentrasi O_2 pada mulut kaya dibanding pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodik dan bagian mulut jadi katodik. Korosi ini dapat dicegah dengan cara:

1. Isolator.
2. Dikeringkan bagian yang basah.
3. Dibersihkan kotoran yang ada.

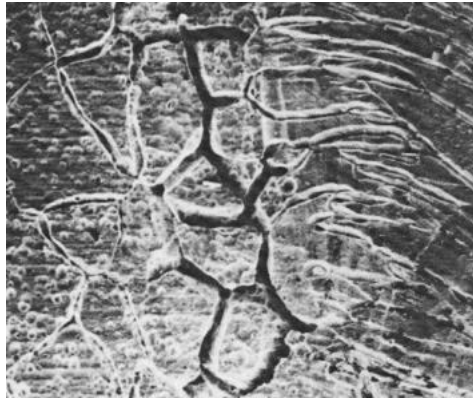


Gambar 8. Korosi celah

(Sumber: Utomo, 2009)

4. Korosi Antar Butir

Korosi antar butir (*Intergranular Corrosion*) sering terjadi pada baja tahan karat sebagai akibat perlakuan panas atau pengelasan. Dalam keadaan tertentu bidang antar muka butiran menjadi sangat reaktif dan menyebabkan korosi antar butir, yaitu korosi lokal di sekitar butiran yang menyebabkan penurunan kekuatan bahan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Korosi antar butir

(Sumber: Budianto 2009)

5. Korosi Galvanik

Korosi galvanik (*Galvanic Corrosion*) terjadi bila dua logam atau lebih yang berbeda berada dalam suatu lingkungan dan saling berhubungan. Pada kondisi ini akan timbul suatu tegangan listrik sedemikian sehingga logam yang lebih anodik (logam yang pada kondisi tidak terhubung mempunyai potensial yang lebih negatif) akan bertindak sebagai anoda, sedangkan logam lainnya menjadi katoda. Pada daerah anoda akan terjadi pelarutan logam karena terjadi oksidasi seperti yang terlihat pada **Gambar 10**. Korosi ini dapat dicegah dengan cara:

1. Beri isolator yang cukup tebal hingga tidak ada aliran elektrolit.
2. Pasang proteksi katodik.
3. Penambahan anti korosi inhibitor pada cairan.



Gambar 10. Korosi galvanik

(Sumber: Utomo, 2009)

6. Korosi Erosi

Korosi erosi adalah gejala percepatan korosi atau peningkatan laju kerusakan logam karena adanya aliran fluida yang bersifat korosif pada permukaan logam. Biasanya aliran ini sangat cepat seperti aliran fluida dalam pipa, sehingga dapat menimbulkan keausan atau abrasi. Logam yang tererosi terlepas secara mekanik. Korosi ini terjadi karena keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar, bagian-bagian inilah yang mudah terjadi korosi dan juga diakibatkan karena fluida yang sangat deras dan dapat mengikis film pelindung pada logam seperti pada **Gambar 11**. Korosi ini biasanya terjadi pada pipa dan propeller. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara:

1. Pilih bahan yang homogen.
2. Diberi *coating* dari zat agresif.
3. Diberikan inhibitor.
4. Hindari aliran fluida yang terlalu deras.



Gambar 11. Korosi erosi

(Sumber: Utomo, 2009)

2.3 Korosi di Zona Akuatik Laut

Korosi adalah proses alami di mana logam dan bahan-bahan lain berubah menjadi bentuk yang lebih stabil secara kimia karena reaksi dengan unsur-unsur di sekitarnya, terutama air dan oksigen. Di lingkungan laut, berbagai zona memiliki karakteristik yang berbeda dan dapat mempengaruhi tingkat korosi.

A. Zona Atmosferik

Zona ini adalah area yang berada di atas permukaan air, di mana logam terpapar langsung udara dan kondisi atmosfer. Kelembapan, oksigen, dan adanya polutan seperti asap industri atau senyawa-senyawa kimia dalam udara bisa mempengaruhi tingkat korosi. Logam yang terpapar secara langsung dapat mengalami oksidasi dan perubahan kimia karena interaksi dengan udara.

B. Zona *Splash*

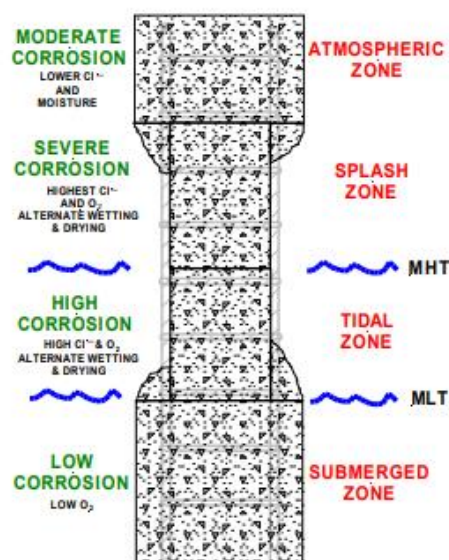
Zona ini berada di daerah yang sering terkena semprotan air dari gelombang atau percikan air laut. Air asin dapat mempercepat proses korosi, terutama pada logam yang rentan terhadap korosi oleh garam.

C. Zona Tidal

Zona pasang-surut mencakup area yang secara berkala terendam oleh air laut selama pasang dan terpapar udara selama surut. Perubahan ini dapat memicu siklus korosi yang kompleks karena interaksi antara logam, air, dan oksigen saat pasang atau surut.

D. Zona *Submerge*

Ini adalah zona di bawah permukaan air laut, di mana logam terendam dalam air secara terus-menerus. Air laut dapat mengandung garam dan zat lain yang dapat mempercepat korosi pada logam.



Gambar 12. Tampilan penampang daerah korosi pada tiang pancang beton di lingkungan laut

(Sumber: Daily, S.F)

Masing-masing zona di **Gambar 12** memiliki karakteristik korosi yang sangat berbeda. Sebagai contoh, laju korosi di bawah permukaan air dibatasi oleh ketersediaan oksigen yang rendah, dan sebaliknya kadar klorida dan kadar air yang lebih rendah membatasi laju korosi di atas permukaan air pasang. Korosi paling parah terjadi di zona percikan dan pasang surut di mana pembasahan dan pengeringan Secara bergantian menghasilkan kandungan klorida dan oksigen yang tinggi. Kadar air yang tinggi di wilayah ini juga berkontribusi terhadap konduktivitas listrik yang tinggi pada beton.

Table 1. Berbagai daerah korosi (Daily, S.F)

Area	Karakteristik	Risiko Korosi	Ketentuan
Zona Atmosfer	Rendah Cl^- dan kelembaban	Korosi sedang	Jauh di atas rata-rata pasang dan sering di basahi
Zona percikan/semprotan	Cl^- tertinggi dan O_2 Pembasahan dan pengeringan secara bergantian	Korosi parah	Di atas air pasang maksimum, sesekali basah dan kering
Zona pasang surut	Cl^- tinggi dan O_2 Pembasahan dan pengeringan secara bergantian	Korosi tinggi	Antara pasang tertinggi dan surut terendah, sesekali basah dan kering
Zona terendam	Rendah O_2	Korosi rendah	Selalu di bawah air laut

2.4 Korosi Atmosfer

Korosi merupakan fenomena kerusakan suatu material akibat material tersebut bereaksi secara kimia dengan lingkungannya yang tidak mendukung. Korosi atmosfer didefinisikan sebagai korosi atau penurunan tingkat mutu suatu material

yang disebabkan oleh udara dan juga polusi. Secara umum korosi atmosfer dibagi menjadi tiga kategori yaitu ketika keadaan kering, lembab, dan basah.

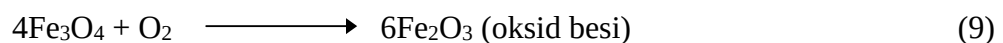
Korosi dapat berlangsung apabila semua komponen sel elektrokimia tersedia yaitu anoda, katoda, dan elektrolit seperti dijelaskan sebelumnya. Apabila salah satu dari komponen tersebut tidak ada, maka korosi tidak akan berlangsung. Lingkungan yang tidak mendukung yang dapat menyebabkan korosi dapat berubah kadar pH yang rendah, banyaknya kandungan unsur klorida bebas, sulfat dan beberapa faktor lingkungan lainnya.

1. Korosi Kering

Korosi ini terjadi tanpa kehadiran air, penyebab terjadinya korosi adalah temperatur tinggi dan gas penyebab korosi (karbondioksida dan sulfurdioksida). Proses korosi kering yang paling nyata adalah reaksi logam dengan oksigen di udara. Walaupun nitrogen menjadi unsur utama yang membentuk udara, perannya tidak penting ketika logam dipanaskan di udara, karena pengaruh oksigen lebih dominan. Pada temperatur tinggi, nitrogen memang bereaksi dengan kromium, aluminium, titanium, molybdenum, dan tungsten.

Reaksi yang terjadi pada besi dalam keadaan kering dengan keadaan temperatur tinggi, sekitar 600 °C, adalah sebagai berikut:

Reaksi yang terjadi pada besi dalam keadaan kering dengan keadaan temperatur tinggi, sekitar 600°C, adalah sebagai berikut:



Oksigen mudah bereaksi dengan kebanyakan logam, meskipun energi termal yang dibutuhkan untuk menghasilkan laju oksidasi yang bermakna bagi perekayasa mungkin sangat bervariasi untuk logam-logam yang berbeda pada temperatur yang sama.

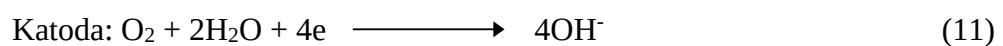
2. Korosi Lembab

Korosi ini mengarah pada tingkat uap yang terdapat dalam udara dan peningkatan kadar uap. Ketika kelembaban mencapai tingkat kritis, sekitar 70%

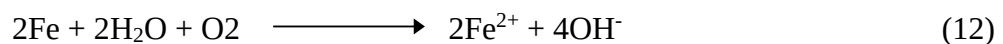
kelembaban relatif, terjadi pembentukan lapisan pada logam, yaitu berupa elektrolit yang bekerja sebagai pemindah arus. Nilai kritis bergantung pada tingkat kebersihan, kadar garam atau pencemaran lain yang higroskopik dan dapat menyerap air pada kelembaban relatif yang kecil. Jika kelembaban lebih dari 80%, karat pada besi dan baja menjadi higroskopik (menyerap air) dan dengan demikian laju serangan meningkat lagi (J. Chamberlon.1991).

3. Korosi Basah

Korosi basah terjadi ketika adanya kantung air atau lapisan air yang tidak terlihat yang terbentuk pada permukaan logam karena cipratan air laut, hujan atau embun. Reaksi yang dapat terjadi dalam keadaan basah, adalah sebagai berikut:



Reaksi keseluruhan yang terjadi adalah:



Lapisan tipis embun yang terbentuk dari kabut atau dari kelembaban relatif yang tinggi mudah jenuh dengan oksigen dari udara, karena itu reaksi katodik, berupa pengurangan oksigen atau pembentukan hidrogen, bukan merupakan tahapan penentu laju dalam proses korosi yang ditimbulkannya. Laju dan tingkat keparahan serangan biasanya ditentukan oleh konduktifitas elektrolit, yang bergantung pada kadar bahan pengotor yang larut. Bahan pengatur ini berbede-bede, dari karbon dioksida (membentuk larutan agak asam) di kawasaan pedesaan, hingga belerang dioksida, belerang trioksida, senyawa-senyawa nitrat, hidrogen sulfida dan ion-ion amonium di kawasan industri, serta ion-ion klorida di lingkungan laut.

Apabila kelembaban relatif tinggi, sel-sel aerasi-diferensial mini dapat terbentuk dibawah debu atau partikel-partikel kasar yang menempel pada permukaan logam. Akibatnya, permukaan logam akan dipenuhi dengan korosi yang menutupi lubang-lubang korosi.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang tentu saja memiliki pantai dan daerah pesisir yang luas. Bergantung pada letak geografisnya, garis pantai

Indonesia memiliki sifat kelembaban yang berbeda. Namun secara umum, lingkungan pantai di Indonesia dapat digambarkan sebagai wilayah yang korosif.

Karena curah hujan yang cukup tinggi, udara yang lembab, dan suhu yang umumnya hangat, wilayah pesisir di Indonesia memiliki tingkat kelembaban yang tinggi. Baja dan logam lain yang terpapar langsung dengan udara dapat mengalami laju korosi yang lebih cepat.

Selain itu, karakteristik pesisir pantai Indonesia juga dipengaruhi oleh keberadaan gunung api dan aktivitas vulkanik, sehingga kadar belerang di lingkungan pesisir dapat meningkat. Hal ini juga dapat mempercepat proses korosi pada baja dan logam lainnya.

Karena terpapar curah hujan yang tinggi, udara yang lembab, dan suhu yang umumnya hangat, lingkungan pesisir pantai di Indonesia memiliki tingkat kelembaban yang tinggi. Ketika baja dan logam lainnya terpapar langsung dengan air laut dan udara, hal ini dapat mempercepat proses korosi. Tingkat kelembaban yang tinggi juga dapat membuat lingkungan menjadi lebih asin, sehingga mempercepat proses pengarsitan

2.5 Zat Pencemaran dan Faktor yang Mempengaruhi Korosi Atmosfer

2.5.1 Zat Pencemaran pada Korosi Atmosfer

Pada umumnya udara daerah industri lebih korosif dibandingkan dengan udara di pedesaan, karena faktor kontaminan yang ada pada daerah industri lebih banyak serta adanya gabungan sulfur yang terbentuk selama proses pembakaran bahan bakar pada industri. Sulfur dioksida (SO_2) meresap pada permukaan logam, dan pada kondisi dibawah kelembaban, permukaan logam oksida berkatalis menjadi sulfur trioksida (SO_3) dan awal terbentuknya Asam Sulfida (H_2SO_4) yang terjadi melalui reaksi dibawah ini:



Penyebab lain yang menyebabkan korosi udara adalah golongan nitrogen, H_2S dan partikel debu. Gabungan nitrogen terjadi secara alami selama proses terjadinya hujan atau badai.

Partikel debu sangat merusak pada ketahanan korosi logam dengan menempel pada permukaan dan menyerap air atau H_2SO_4 yang terjebak pada permukaan. Partikel klorida juga terdiri dari klorida, yang dapat menyebabkan penurunan lapisan pelindung permukaan dan awal terjadinya korosi. Sebagai contoh, tingkat kelembaban nisbi yang relatif kritis dari natrium klorida (NaCl) pada suhu 70°F (20°C) adalah 74%. Ini berarti bahwa sewaktu-sewaktu kelembaban nisbi pada udara dapat mencapai lebih dari 74 % (umumnya pada daerah pantai, khususnya daerah tropis). Unsur NaCl akan menyerap embun (uap lembab) dari udara. Higroskopik ini bersifat garam yang akan menghasilkan pembahasan pada permukaan logam dan ini merupakan awal terjadinya proses korosi.

2.5.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi Atmosfer

Faktor-faktor gangguan udara seperti temperatur, kondisi cuaca dan kelembaban relatif serta bentuk dari permukaan dan kondisi permukaan yang merupakan penyebab basahnya permukaan, adalah faktor yang sangat penting dalam tingkat penyerapan korosi yang berpengaruh terhadap laju korosi itu sendiri.

1. Kondisi Cuaca

Permukaan logam yang berada di daerah dimana logam tersebut menjadi cepat basah dan banyak mengandung uap, secara umum lebih terkorosi dibandingkan dengan permukaan yang sering terkena hujan. Hujan mempunyai kecenderungan untuk membersihkan permukaan dan menghilangkan partikel debu yang dapat menghantarkan perbedaan pengudaraan korosi, tetapi hal ini bergantung pada kadar pH yang terdapat dalam air hujan tersebut. Apabila kadar pH terlalu tinggi maka korosi yang terjadi pada logam tersebut akan cepat terjadi. Pada musim dingin terjadinya korosi sangat hebat karena kelembaban yang tinggi dan adanya peningkatan pembakaran produk dalam udara. Kehadiran SO_2 dan polutan sulfur lainnya menyebabkan lingkungan menjadi lebih aktif dan merusak perlindungan korosi pada permukaan logam yang pasif. Pada lokasi dimana bahan bakar berisi sulfur yang tidak terbakar selama musim dingin, pada musim panas mungkin lebih besar penyebab korosi karena peningkatan suhu permukaan.

2. Kelembaban Relatif

Waktu pelembaban merupakan variabel kritis yang berpengaruh terhadap kelangsungan korosi. Waktu pelembaban merupakan lamanya proses elektrokimia. Kelembaban kritis adalah kelembaban batas rendah dimana air tidak akan terbentuk pada permukaan logam yang bersih. Sehingga elektrokimia atau korosi basah tidak akan terjadi. Kelembaban relatif aktual akan berubah bergantung pada kondisi permukaan dari logam.

Untuk besi, kelembaban udara kritis berada sekitat 60%, pada level ini karat perlahan akan mulai terbentuk. Pada kelembaban relatif 75–80%, adanya peningkatan yang tajam pada tingkat korosi yang terjadi karena kondensasi kapiler dari uap pada lapisan karat. Pada kelembaban relatif 90% adanya peningkatan lain pada tingkat korosi yang berhubungan dengan tekanan uap dari *fereous sulfate*. Kelembaban relatif kritis untuk tembaga, nikel dan seng berada pada kisaran 50–70% bergantung pada kondisi permukaan masing-masing material.

2.6 Teori Laju Korosi

2.6.1 Metode Kehilangan

Berat adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengukur laju korosi pada logam. Metode ini dilakukan dengan cara mengukur perubahan berat logam sebelum dan sesudah terjadinya korosi. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam metode kehilangan berat laju korosi:

1. Persiapan sampel logam: Potong atau gunting logam menjadi bentuk dan ukuran yang sesuai. Kemudian, permukaan logam dibersihkan secara hati-hati dengan menggunakan abrasif dan disikat untuk menghilangkan kotoran dan lapisan oksida pada permukaan logam. Setelah itu, bilas sampel logam dengan air kemudian keringkan.
2. Penimbangan: Timbang sampel logam sebelum dilakukan korosi dengan menggunakan timbangan yang sensitif. Rekam berat sampel logam pada catatan pengujian.
3. Korosi: Letakkan sampel logam pada lingkungan korosi yang sesuai. Lingkungan korosi dapat berupa larutan asam, larutan garam atau lingkungan

lainnya yang memungkinkan terjadinya korosi pada logam tersebut. Biarkan logam terkena lingkungan korosi selama waktu tertentu.

4. Pengambilan sampel: Setelah waktu korosi yang diinginkan telah berlalu, ambil sampel logam dari lingkungan korosi. Kemudian bersihkan sampel logam dengan menggunakan air dan alkohol kemudian keringkan.
5. Penimbangan ulang: Timbang sampel logam setelah dilakukan korosi dengan menggunakan timbangan yang sensitif. Rekam berat sampel logam pada catatan pengujian.
6. Hitung laju korosi: Hitung laju korosi dengan menggunakan rumus laju korosi yang sesuai dengan satuan yang digunakan. Salah satu rumus yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

$$\Delta W = W_0 - W_2 \quad (14)$$

Dimana:

ΔW = Kehilangan berat (gram)

W_0 = Berat awal sampel uji (gram)

W_2 = Berat akhir sampel uji (gram)

Perhitungan laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode kehilangan berat, serta metode ini melakukan penimbangan material awal sebelum maupun sesudah terkorosif. Untuk mengetahui hilangnya berat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini (Setiawan & Dewi, 2019) (Setiawan, 2018):

$$CR(mm/y) = \frac{(K \times W)}{A \times T \times D} \quad (15)$$

Dimana:

CR = Corrosion rate / laju korosi (mm/y)

K = Konstanta untuk mengubah satuan ($8,78 \times 10^6$)

W = Berat yang hilang (gram)

A = Luas area total (cm²)

T = Waktu exposure (jam)

D = Massa jenis baja (gram/cm³)

$$A = [2 \times \{(p \times l) + (p \times t)\}] + (l \times t) \quad (16)$$

Tabel 1 dibawah ini merupakan tolak ukur untuk menentukan satuan yang dilakukan pada penelitian ini, satuan yang digunakan adalah mpy (*mils per year*) sehingga nilai K yang digunakan adalah $3,45 \times 10^6$.

Tabel 1. Nilai K untuk persamaan laju korosi (ASTM G-1)

Satuan Laju Korosi	Nilai K
Mils per tahun (mpy)	$3,45 \times 10^6$
Milimeter per tahun (mm/ yr)	$8,76 \times 10^4$
Gram per meter kuadrat per jam (g/m ²)	$1,00 \times 10^4 \times D$

Untuk menentukan kelayakan baja konstruksi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kriteria laju korosi pada baja (M. G Fontana)

Relatif Korosi Resistensi	mpy	Perkiraan Ekuivalen metrik*			
		$\frac{mm}{yr}$	$\frac{\mu m}{yr}$	$\frac{Nm}{Hr}$	$\frac{Pm}{sec}$
Luar Biasa	<1	<0,02	<25	<2	<1
Sangat Baik	1 - 5	0,02 - 0,1	25 - 100	2 - 10	1 -5
Baik	5 - 20	0,1 - 0,5	100 - 500	10 - 50	5 -20
Wajar	20 - 50	0,5 - 1	500 - 1000	50 - 150	20 -50
Buruk	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000	150 - 500	50 -200
Tidak Diterima	200+	5+	5000+	500+	200+

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah hasil dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah dipublikasikan dan masih relevan dengan penelitian ini. Penelitian terdahulu digunakan untuk mengetahui metode dan hasil penelitian yang masih relevan. Beberapa dari penelitian tersebut digunakan sebagai tolak ukur untuk menganalisis penelitian ini.

Supardi (2015) melakukan penelitian dengan judul “**Analisa Tingkat Korosi Atmosferik Pada Baja Struktural Dikawasan Aceh Barat dan Nagan Raya**” dilakukan selama 5 Bulan dan 2 lokasi yaitu Desa Pasi Ujong Kalak dan Desa

Kubang Gajah. Dimana hasil penelitian lokasi Desa Pasi Ujong Kalak didapatkan tingkat laju korosi atmosferik yang terjadi pada baja plat mencapai 0,34–2,38 mpy, baja strip mencapai 2,31–6,28 mpy, baja siku mencapai 1,06–1,81 mpy, baja segi empat mencapai 1,78–4,13 mpy, dan pada baja tulangan mencapai 1,42–4,19 mpy. Dari hasil pengukuran laju korosi tertinggi terjadi pada Bulan September sedangkan laju korosi terendah pada Bulan Juni. Untuk lokasi Desa Kubang Gajah, didapatkan tingkat laju korosi atmosferik yang terjadi pada baja plat mencapai 0,99–1,22 mpy, baja strip mencapai 1,35–2,89 mpy, baja siku mencapai 0,85–1,50 mpy, baja segi empat mencapai 1,32–2,24 mpy, dan pada baja tulangan mencapai 1,92–2,61 mpy. Dari hasil pengukuran laju korosi tertinggi terjadi pada Bulan September sedangkan laju korosi terendah pada Bulan Agustus. Sehingga penulis menyimpulkan bahwa pada umumnya laju korosi sangat berfluktuasi dan dipengaruhi oleh kondisi iklim bulanan serta hasil pengukuran yang selalu tergolong sangat baik, sehingga penggunaan material baja tersebut masih dapat digunakan untuk pembangunan infrastruktur di wilayah tersebut. Pada **Gambar 13** kita bisa melihat model sampel yang berada di rak pengujian untuk diekspos.



Gambar 13. Spesimen yang diekspos di Desa Pasi Ujong Kalak

Susanto dkk., (2016) melakukan penelitian yang berjudul “**Laju Korosi Atmosferik Kawasan Pesisir dan Rural Di Kabupaten Aceh Barat Pasca Tsunami 2004**”. Standar untuk metode digunakan adalah ASTM G50 atau ISO 8565. Metode ini dinamakan pengujian eksposur (exposure test). Penelitian ini dilakukan di wilayah landaan tsunami 2004 dalam Kabupaten Aceh Barat.

Kesimpulan dalam penelitian ini ada beberapa yaitu, (1) Laju korosi atmosferik rata-rata untuk lokasi dibawah 5 km dari pinggir pantai baja tulangan 3,07 mpy, baja nako 2,75 mpy, baja strip 4,48 mpy, baja siku 1,63 mpy, baja plat 2,20 mpy, (2) Rata-rata laju korosi untuk pada jarak diatas 5 km dari pinggir pantai, baja tulangan 1,45 mpy, baja nako 1,69 mpy, baja strip 1,53 mpy, baja siku 1,38 mpy, baja plat mencapai 1,53 mpy, (3) Hasil penelitian korosi atmosferik menunjukkan bahwa semakin jauh dengan pinggir pantai maka laju korosi atmosferik akan menurun rata-rata baja tulangan 1,62 mpy, baja nako 1,06 mpy, baja strip 2,95 mpy, baja siku 0,25 mpy, baja plat mencapai 0,67 mpy. Pada **Gambar 14** kita bisa melihat sampel pengujian yang diekspos.

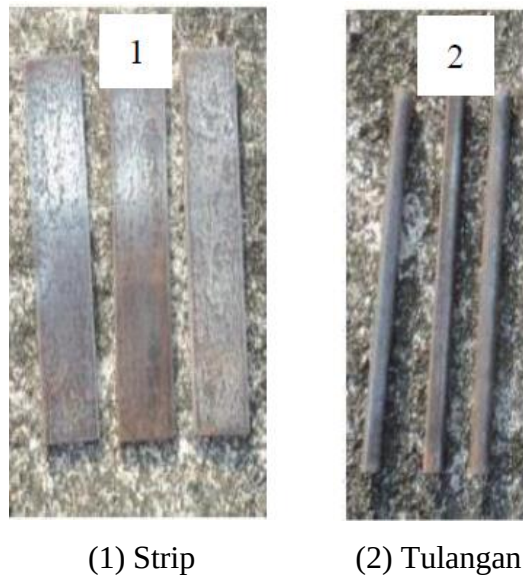


Gambar 14. Spesimen yang diekspos di Kabupaten Aceh Barat

Susanto dkk., (2020) melakukan penelitian yang berjudul “**Tingkat Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi di Lingkungan Pabrik Kelapa Sawit**” dengan kesimpulan dari penelitian di PMKS PT. Agro Sinergi Nusantara (PT. ASN) menemukan laju korosi tertinggi pada *steel strip* mencapai 0,57 mpy pada Bulan Oktober dan laju korosi terendah terjadi pada *steel strip* mencapai 0,13 mpy pada Bulan Mei. Laju korosi baja siku tertinggi sebesar 0,27 mpy pada Bulan Oktober dan laju korosi terendah terjadi pada baja siku sebesar 0,06 mpy pada Bulan September, April dan Mei laju korosi tertinggi untuk baja siku pada Bulan September, April dan Mei baja silinder sebesar 0,24 mpy pada November dan laju korosi paling rendah terjadi untuk baja silindris, mencapai 0,06 mpy pada Bulan Mei. Laju korosi tertinggi untuk plat baja di pasaran adalah 0,51 mpy pada Bulan Januari dan laju korosi terendah terjadi untuk plat baja di pasaran mencapai 0,10 mpy pada Bulan September, laju korosi tertinggi untuk baja karbon rendah adalah

0,55 mpy pada Bulan Januari dan laju korosi terendah terjadi pada baja karbon rendah, mencapai 0,08 mpy pada Bulan Mei.

Affandi dkk., (2019) melakukan penelitian yang berjudul “**Analisis Korosi Atmosfer Pada Baja Karbon Profil Rendah Strip dan Baja Tulangan di Kawasan Industri** (*Atmospheric Corrosion Analysis on Carbon Steel Low Profile Strip and Reinforcing steel in Industrial Area*)”. Penelitian dilakukan selama 6 bulan dan kesimpulan dari penelitian tersebut laju korosi yang terjadi selama enam Bulan dengan rata-rata mencapai antara 0,775 – 5,401 mpy untuk profil baja *strip*. Sedangkan untuk profil baja tulangan rata-rata mencapai 0,178 – 0,616 mpy. Tingkat ketahanan korosi yang di dapat menunjukkan bahwa tingkat laju korosi masih dalam kategori sangat aman digunakan untuk kebutuhan konstruksi pada wilayah dan lokasi sekitarnya. Dari hasil pengukuran laju korosi atmosferik di semua lokasi sudah tersedia peta korosi di masing-masing lokasi. Namun demikian, perlu penelitian lanjutan untuk pengukuran laju korosi yang melebihi data Bulanan, serta lokasi ekspos yang lebih luas untuk pemetaan korosi atmosferik. Pada **Gambar 15** kita bisa melihat benda uji yang akan diekspos.



Gambar 15. Benda uji profil baja

Affandi, dkk (2020) melakukan penelitian yang berjudul “**Analisa Korosi Atmosferik Baja Karbon Rendah di Kecamatan Medan Belawan**”. Penelitian ini dilakukan selama 12 Bulan dan lokasi penelitian berada di pesisir pantai. Kesimpulan dari penelitian ini hasil pengukuran korosivitas atmosferik untuk tiga lokasi laju korosi rata-rata 0,573 mpy di lokasi A, lokasi B sebesar 0,604 mpy, dan lokasi C sebesar 0,358 mpy. Laju korosi di tiga lokasi masih dalam kategori *outstanding*, laju korosi yang sangat amn. Laju korosi yang paling rentan terhadap korosi adalah spesimen uji yang berada di lokasi B, hal ini bisa dipengaruhi oleh komposisi dan proses pembuatan material. Kemudian dari hasil pengukuran laju korosi atmosferik disemua lokasi sudah tersedia peta korosi di lokasi penelitian. Namun demikian, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk pengukuran laju korosi yang melebihi data Bulanan, serta lokasi ekspos yang lebih luas untuk pemetaan korosi atmosferik. Pada **Gambar 16** kita dapat melihat benda uji yang akan diekspos.



Gambar 16. Benda uji medan belawan

Supardi dkk., (2020) melakukan penelitian yang berjudul “**Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi di Area Pabrik PT. Karya Tanah Subur**” dengan kesimpulan dari penelitian ini laju korosi atmosferik di PMKS PT. Karya Tanah Subur (PT. KTS), laju korosi baja *strip* tertinggi mencapai 0,50 mpy pada Bulan Desember dan laju korosi terendah terjadi pada *strip* baja mencapai 0,08 mpy pada Bulan Mei. Laju korosi tertinggi pada baja siku sebesar 0,48 mpy pada Bulan Juli dan Agustus dan laju korosi terendah terdapat pada baja siku sebesar 0,07 mpy pada

Bulan Mei. Baja silinder tertinggi sebesar 0,34 mpy pada Bulan Juli dan Agustus dan laju korosi terendah terjadi pada baja silinder sebesar 0,04 mpy di Bulan Mei. Laju korosi tertinggi untuk plat baja di pasaran adalah 0,51 mpy pada Bulan September dan laju korosi terendah terjadi pada plat baja di pasaran yaitu mencapai 0,12 mpy pada Bulan Mei. Laju korosi tertinggi untuk baja karbon rendah adalah 0,55 mpy pada Bulan September dan laju korosi terendah terjadi untuk baja karbon rendah, mencapai 0,14 mpy pada Bulan Mei.