

TUGAS SARJANA

KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR

ANALISA LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA KONSTRUKSI DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

ABDUL GANI HARAHAHAP
1307230326



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA
KONSTRUKSI DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN

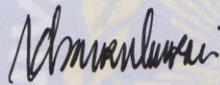
Disusun Oleh :

ABDUL GANI HARAHAH
1307230326

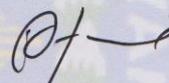
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing – I

Dosen Pembimbing – II



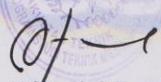
(Khairul Umurani, S.T., M.T)



(Affandi, S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T., M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

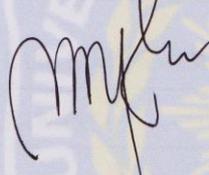
LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA
KONSTRUKSI DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN

Disusun Oleh :

ABDUL GANI HARAHAH
1307230326

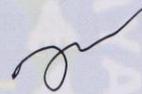
Telah diperiksa dan diperbaiki :
Pada seminar tanggal 15 September 2018

Dosen Pembimbing - I



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

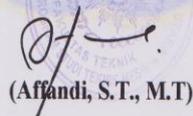
Dosen Pembimbing - II



(Bekti Suroso, S.T., M.Eng)

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T., M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

LEMBAR SPESIFIKASI

TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : ABDUL GANI HARAHAH
NPM : 1307230326
Semester : XI (SEBELAS)
Spesifikasi :

**"ANALISA LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA KONSTRUKSI DI KECAMATAN
MEDAN BELAWAN".**

Diberikan Tanggal : 04 Oktober 2017
Selesai Tanggal : 15 September 2018
Asistensi : Seminggu Sekali
Tempat Asistensi : Lab. Mesin UMSU

Medan, 15 September 2018

Diketahui oleh :
Ka Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing – I

(AFFANDI, S.T., M.T)

(KHAIRUL UMURANI, S.T., M.T)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624567 -
6622400 - 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila mengweb surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

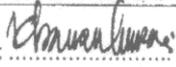
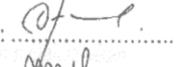
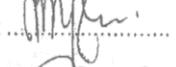
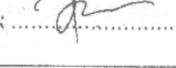
NAMA : Abdul Gani Harahap PEMBIMBING - I : KHAIRUL UMURANI, S.T.,M.T.
NPM : 1307230326 PEMBIMBING - II : AFFANDI, S.T., M.T

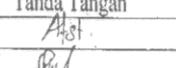
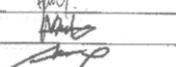
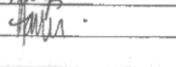
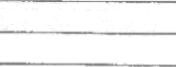
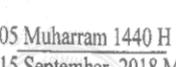
NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	Rabu 04/1/18	Perbaikan kata pengantar	h
	Kamis 10/1/18	Perbaikan BAB 1 Rumusan masalah	h
	Sabtu 3/2/18	Perbaikan BAB 2 Rumusan masalah Bluesteel 3.0	h
	Senin 12/2/18	Perbaikan BAB 3 Sistem gambar	h
	Jumat 2/3/18	Perbaikan BAB 4 gambar, tabel ketunggalan gambar	h
	Kamis 9/3/18	Perbaikan BAB 5 kesimpulan dan saran	h
	Kamis 30/3/18	Perbaikan kata pengantar, Daftar isi, Daftar gambar, Daftar tabel, Daftar isi? Daftar pustaka.	h
		Ke Lima	h

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar

Nama : Abdul Gani Harahap
 NPM : 1307230326
 Judul Tugas Akhir : **Analisa** Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi Di-
 Kecamatan Medan Belawan.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	
Pembimbing – II	: Affandi.S.T.M.T	
Pembanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	
Pembanding – II	: Bekti Suroso.S.T.M.T	

	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230270	Muhammad Ridho	
2	1207230153	Hutan Sihputra	
3	1407230258	Muhammad Ma'ruf	
4	1307230251	Kiki Dwi Prada	
5	1307230134	MUHAMMAD OEDI USYATI	
6	1307230067	MUHAMMAD ILHAM	
7	1307230187	ABDUL RAHMAN	
8			
9			
10			

Medan 05 Muharram 1440 H
 15 September 2018 M

Ketua Prodi Teknik Mesin


 Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Abdul Gani Harahap
NPM : 1307230326
Judul T.Akhir : *Analisa* Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi Di
Kecamatan Medan Bejawan.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Affandi.S.T.M.T
Dosen pembeding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembeding - II : Bakti Suroso.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

titik pada bagian yg hrs direvisi pd draft skripsi

- Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 05 Muharram 1440 H
15 September 2018 M

Diketahui :
Kema Prodi T.Mesin

Affandi
Affandi.S.T.M.T

Dosen Perbanding - I

M.Yani
M.Yani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Abdul Gani Harahap
NPM : 1307230326
Judul T. Akhir : *Analisa* Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi Di
Kecamatan Medan Be;awan.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Affandi.S.T.M.T
Dosen pembeding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembeding - II : Bekti Suroso.S.T.M.T

KÉPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Mat pada masalah SharpSI

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 05 Muharram 1440 H
15 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi T.Mesin

Affandi
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembeding - II

Bekti Suroso
Bekti Suroso.S.T.M.Eng

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Abdul Gani Harahap
Tempat / Tanggal Lahir : Sei Rotan, 09 November 1994
NPM : 1307230326
Bidang Konsentrasi : Kontruksi dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

“Analisa Laju Korosi Atmosferik Baja Konstruksi Di Kecamatan Medan Belawan”

Bukan merupakan pencurian hasil karya milik orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, ataupun segala kemungkinan lain yang padahakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas sarjana saya secara orsinil dan otentik.

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

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

Medan, 16 September 2018

Saya yang menyatakan,



ABDUL GANI HARAHAP

ABSTRAK

Korosi merupakan penurunan sifat dan massa dari suatu bahan terutama logam seiring waktu yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekitarnya. Dampak yang terjadi akibat korosi pada kehidupan sehari-hari sangat nyata, namun masih banyak yang belum menyadari bahaya dari korosi ini terhadap kehidupan manusia. Indonesia merupakan Negara yang beriklim tropis dengan tingkat curah hujan dan kelembaban yang tinggi serta intensitas sinar matahari yang tinggi pula, dan sebagai Negara berkembang, di Indonesia juga banyak bermunculan industri-industri yang mempunyai pengaruh cukup besar terhadap tingkat pencemaran pada lingkungan. Karena belum tersedianya penelitian laju korosi atmosferik yang terjadi di Sumatera Utara, kota Medan khususnya Kecamatan Medan Belawan maka dilakukan penelitian ini. Dengan menggunakan spesimen uji berupa baja konstruksi dengan jenis baja plat, baja siku, baja strip, baja segiempat, dan baja tulangan. Metode yang dipilih pada penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat dengan lima titik lokasi sebaran dalam waktu pemaparan yang dilakukan selama enam bulan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi atmosferik yang terjadi di Kecamatan Medan Belawan, dengan adanya penelitian ini maka dapat dimanfaatkan sebagai rujukan untuk kota-kota lain yang akan melakukan penelitian yang sama tentang korosi atmosferik. Penelitian ini telah sukses dilakukan dan telah mendapatkan hasil dari penelitian berupa 0,369 mpy untuk baja plat, 0,340 mpy baja siku, 1,159 mpy baja strip, 0,230 baja segiempat, 0,330 baja tulangan, hasil tersebut merupakan hasil perhitungan laju korosi atmosferik yang dilakukan pada salah satu lokasi yang dipilih dari Kecamatan Medan Belawan

Kata Kunci : Korosi Atmosferik, Laju Korosi, Kehilangan Berat, Baja Konstruksi,

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya, untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari dosen pembimbing merencanakan sebuah **“ANALISA LAJU KOROSI ATMOSFERIK BAJA KONSTRUKSI DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN”**.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, serta banyaknya bimbingan dari dosen pembimbing, dan bantuan moril dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Herman Harahap dan Ibunda Rosmala Dewi tercinta yang senantiasa selalu memberikan dukungan moril, materi dan Do'a
2. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Affandi S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Muhammad Yani S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Bakti Suroso S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
7. Bapak Dr. Ade Faisal Phd, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Chandra A Siregar S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
9. Bapak/Ibu dan staf pengajar di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
10. Abangda Irwansyah Putra S.T, Arya Rudi Nasution S.T, Waskito S.T, Sugeng Sulistio S.T, dan Muhammad Ridho yang telah banyak memberikan dukungan, motivasi serta membantu dalam penulisan tugas akhir ini

11. Adinda tercinta Eli Zarahmi Hrp S.Ak, Puput Hermalina Hrp, Anggi Alvina Hrp serta yang tersayang Tanti Karimah yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini
12. Abangda Andi S.T, Bang Yudi yang telah membantu mendapatkan ijin di PT. Tjipta Rimba Djaya dan memberikan ijin untuk meletakkan rak pengujian dirumahnya, serta membantu dalam hal pengambilan spesimen uji selama enam bulan waktu pengujian
13. Kepala SMK Muhammadiyah 04 yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian disekolah tersebut
14. Pak Haji pemilik tambak udang yang telah berbaik hati memberikan ijin kepada penulis untuk meletakkan rak pengujian pada lokasi tambaknya
15. Bu Juriati dan keluarga yang juga telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini dengan memberikan ijin kepada penulis untuk meletakkan rak pengujian dirumahnya.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Rabbal A'laamiin.
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu...

Medan, 15 September 2018
Penulis

Abdul Gani Harahap
1307230326

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	
LEMBAR PENGESAHAN – I	
LEMBAR PENGESAHAN - II	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengenalan Korosi	5
2.2. Mekanisme Korosi	5
2.3. Jenis-jenis Korosi	7
2.4. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Korosi Atmosferik	12
2.5. Kerugian Akibat Korosi	13
2.6. Pengendalian Korosi Atmosferik	14
2.7. Teori Laju Korosi Atmosferik	15
2.8. Prosedur Penelitian	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1. Lokasi, Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.1.1. Lokasi	19
3.1.2. Tempat	19
3.1.3. Waktu	20
3.2. Pelaksanaan Penelitian	21
3.3. Alat dan Bahan	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	28
4.1.1. Data Hasil Komposisi Material	28
4.1.2. Data Cuaca	28
4.2. Pembahasan	30
4.2.1. Hubungan Laju Korosi terhadap geometri pada lokasi A	35

4.2.2. Hubungan Laju Korosi terhadap geometri pada lokasi Y	38
4.2.3. Hubungan Laju Korosi terhadap geometri pada lokasi M	41
4.2.4. Hubungan Laju Korosi terhadap geometri pada lokasi T	45
4.2.5. Hubungan Laju Korosi terhadap geometri pada lokasi B	48
4.2.6. Hubungan Laju Korosi terhadap geometri terhadap cuaca	52

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	68

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. <i>Uniform Corrosion</i> Pada Kaleng Minuman	7
Gambar 2.2. <i>Galvanic Corrosion</i> Pada Sambungan Baut	7
Gambar 2.3. <i>Selective Leaching Corrosion</i> Pada Pipa	8
Gambar 2.4. <i>Crevice Corrosion</i> Pada Sambungan Pipa	9
Gambar 2.5. <i>Pitting Corrosion</i> Pada Westafle	9
Gambar 2.6. <i>Stress Corrosion Cracking</i> Pada Logam	10
Gambar 2.7. <i>Errosion Corrosion</i> Pada Sebuah Blade	10
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian Korosi	19
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.3. Mesin Las Listrik	22
Gambar 3.4. Elektroda (kawat las)	22
Gambar 3.5. Mesin Bor	23
Gambar 3.6. Mesin Gerinda Potong	23
Gambar 3.7. Mesin Gerinda Tangan	24
Gambar 3.8. Meteran	24
Gambar 3.9. Rak Pengujian Yang Digunakan Dalam Penelitian Korosi	25
Gambar 3.10. Neraca Digital dengan ketelitian 0,001 gram	25
Gambar 3.11. Sikat Baja	26
Gambar 3.12. Rolen Listrik	26
Gambar 3.13. Spesimen Uji	27
Gambar 4.1 Grafik Kelembaban Udara	27
Gambar 4.2 Grafik Curah Hujan	28
Gambar 4.3 Grafik Temperatur	28
Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Angin	28
Gambar 4.5. Grafik laju korosi rata-rata lokasi PT. Tjipta Rimba Djaya	30
Gambar 4.6. Grafik laju korosi rata-rata lokasi Pak Yudi	31
Gambar 4.7. Grafik laju korosi rata-rata lokasi SMK Muhammadiyah 04	32
Gambar 4.8. Grafik laju korosi rata-rata lokasi Tambak Udang	32
Gambar 4.9. Grafik laju korosi rata-rata lokasi Bu Juriati	32
Gambar 4.10. Grafik laju korosi rata-rata pada semua lokasi	34
Gambar 4.11. Grafik laju korosi baja plat pada lokasi A	35
Gambar 4.12. Grafik laju korosi baja siku pada lokasi A	36
Gambar 4.13. Grafik laju korosi baja strip pada lokasi A	36
Gambar 4.14. Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi A	37
Gambar 4.15. Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi A	38
Gambar 4.16. Grafik laju korosi baja plat pada lokasi Y	38
Gambar 4.17. Grafik laju korosi baja siku pada lokasi Y	39
Gambar 4.18. Grafik laju korosi baja strip pada lokasi Y	40
Gambar 4.19. Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi Y	40
Gambar 4.20. Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi Y	41
Gambar 4.21. Grafik laju korosi baja plat pada lokasi M	42
Gambar 4.22. Grafik laju korosi baja siku pada lokasi M	42
Gambar 4.23. Grafik laju korosi baja strip pada lokasi M	43

Gambar 4.24. Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi M	44
Gambar 4.25. Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi M	44
Gambar 4.26. Grafik laju korosi baja plat pada lokasi T	45
Gambar 4.27. Grafik laju korosi baja siku pada lokasi T	46
Gambar 4.28. Grafik laju korosi baja strip pada lokasi T	46
Gambar 4.29. Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi T	47
Gambar 4.30. Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi T	48
Gambar 4.31. Grafik laju korosi baja plat pada lokasi B	48
Gambar 4.32. Grafik laju korosi baja siku pada lokasi B	49
Gambar 4.33. Grafik laju korosi baja strip pada lokasi B	50
Gambar 4.34. Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi B	50
Gambar 4.35. Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi B	51
Gambar 4.36. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan	53
Gambar 4.37. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban	54
Gambar 4.38. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur	55
Gambar 4.38. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin	56
Gambar 4.40. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan	57
Gambar 4.41. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban	58
Gambar 4.42. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur	59
Gambar 4.43. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin	60
Gambar 4.44. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan	61
Gambar 4.45. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban	61
Gambar 4.46. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur	62
Gambar 4.47. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin	62
Gambar 4.48. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan	63
Gambar 4.49. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban	63
Gambar 4.50. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur	64
Gambar 4.51. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin	64
Gambar 4.52. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan	65
Gambar 4.53. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban	65
Gambar 4.54. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur	66
Gambar 4.55. Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin	66

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Fe	<i>Ferrow</i>	
H ₂ SO ₄	Asam Sulfat	
SO ₂	Sulfur Dioksida	
H ₂ O	Hidrogen	
O ₂	Gas Oksigen	
FeO	<i>Ferroxide</i>	
%	Persen	
Km ²	Kilometer Persegi	
NO _x	Nitrogen Oksida	
SO _x	Sulfur Oksida	
C	Carbon	
Si	Silikon	
S	Belerang	
P	Fosfor	
Mn	Mangan	
Ni	Nikel	
Cr	Krom	
Mo	Molibden	
Cu	Tembaga	
Al	Aluminium	
K	Konstanta	mpy
W	Kehilangan berat	mgr
A	Luas Permukaan	cm ²
T	Waktu Ekspos	jam
D	Densitas	g/cm ³
CR	Tingkat Korosi	mpy
a	Berat Spesimen	mgr
i	Densitas Arus	μA/cm ²

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Nilai K	17
Tabel 2.2. Kriteria laju korosi pada baja	17
Tabel 3.1. Rencana Pelaksanaan Penelitian	20
Tabel 3.2. Bentuk, dimensi dan jumlah spesimen uji	27
Tabel 4.1. Data hasil komposisi material	28
Tabel 4.2. Nilai rata-rata laju korosi selama enam bulan	30

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi merupakan penurunan sifat dan massa dari suatu bahan terutama logam seiring waktu yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekitarnya (Schweitzer, Phillip A., 2007). Secara umum, korosi lebih dikenal dengan istilah karat. Contoh produk korosi pada bahan berbasis besi adalah produk reaksi berwarna coklat, yang terdiri dari campuran besi oksida terhidrasi dan besi hidroksida.

Dampak yang terjadi akibat korosi pada kehidupan sehari-hari sangat nyata, namun masih banyak yang belum menyadari bahaya dari korosi ini terhadap kehidupan manusia. Peristiwa korosi terjadi di berbagai sektor kehidupan, terutama sektor industri yang sangat banyak menggunakan bahan logam untuk konstruksi infrastruktur. Korosi merupakan faktor penyebab utama kegagalan pada peralatan dan infrastruktur akibat berada dalam lingkungan yang korosif (Broomfield, J.P., 1997). Kerugian akibat serangan korosi tidak hanya terdapat pada kerugian moril dan materil, namun juga kerugian akibat kecelakaan kerja yang merenggut korban jiwa. Peristiwa meledaknya sebuah tangki industri kimia di Gersik dan melayangnya *disk* rotor turbin uap di sebuah pabrik gula di Kediri, merupakan salah satu contoh kecil kerugian korosi pada kecelakaan kerja (Sulistino, 2007).

Indonesia merupakan Negara yang beriklim tropis dengan tingkat curah hujan dan kelembaban yang tinggi serta intensitas sinar matahari yang tinggi pula,

dan sebagai Negara berkembang, di Indonesia juga banyak bermunculan industri-industri yang mempunyai pengaruh cukup besar terhadap tingkat pencemaran pada lingkungan.

Dalam kehidupan sehari-hari, korosi dapat kita jumpai terjadi pada berbagai jenis logam. Bangunan-bangunan maupun peralatan elektronik yang menggunakan komponen logam seperti seng, tembaga, besi-baja dan sebagainya semuanya dapat terserang oleh korosi ini. Seng untuk atap dapat bocor karena termakan korosi. Demikian juga besi untuk pagar tidak dapat terbebas dari masalah korosi. Jembatan dari baja maupun badan mobil dapat menjadi rapuh karena peristiwa alamiah yang disebut korosi. Selain pada perkakas logam ukuran besar, korosi ternyata juga mampu menyerang logam pada komponen-komponen renik peralatan elektronik, mulai dari jam digital hingga komputer, serta peralatan-peralatan canggih lainnya yang digunakan dalam rumah tangga.

Berdasarkan uraian di atas, penulis berkeinginan untuk menganalisa laju korosi pada lingkungan (*Atmosferik Corrosion*) dengan metode perhitungan kehilangan berat yang di akibatkan oleh korosi selama enam bulan pemaparan dan dua minggu sekali pengambilan data spesimen uji. Material pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah baja konstruksi yang banyak terdapat di Kecamatan Medan Belawan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

Bagaimana laju korosi atmosferik yang terjadi di Sumatera Utara, kota Medan khususnya Kecamatan Medan Belawan.

1.3. Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan pada *Atmosferik Corrosion* ini, di perlukan batasan-batasan yang akan dibahas mengingat tempat, waktu, dan minimnya pengalaman penulis.

Adapun yang merupakan batasan-batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Tempat yang dipilih adalah kawasan Medan Belawan
2. Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah baja konstruksi dengan jenis baja plat, baja siku, baja strip, baja segiempat dan baja tulangan
3. Analisa yang dilakukan dengan metode perhitungan kehilangan berat
4. Pada Kecamatan Medan Belawan dilakukan penelitian di lima titik lokasi yang berbeda
5. Waktu pemaparan spesimen uji dilakukan selama enam bulan

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisa laju korosi atmosferik yang terjadi di Kecamatan Medan Belawan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui tingkat korosifitas yang terjadi pada kecamatan Medan Belawan kota Medan.
- Dapat dijadikan sebagai rujukan dalam penelitian korosi pada kota-kota lain yang akan melakukan penelitian tentang korosi atmosferik.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran penulisan penelitian, secara singkat diuraikan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang dasar teori yang digunakan seperti karakteristik, gambar berupa skema, perencanaan, komponen utama dan bentuk.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tempat dan waktu percobaan, bahan yang akan diuji, bentuk dan ukuran spesimen korosi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang spesifikasi pengujian atmosferik corrosion dan mengurai perhitungan korosi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengenalan Korosi

Korosi merupakan penurunan sifat dan massa dari suatu bahan terutama logam seiring waktu yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekitarnya (Schweitzer, Phillip A., 2007). Secara umum, korosi lebih di kenal dengan istilah karat. Contoh produk korosi pada bahan berbasis besi adalah produk reaksi berwarna coklat, yang terdiri dari campuran besi oksida terhidrasi dan besi hidroksida. Indonesia merupakan Negara yang beriklim tropis dengan tingkat curah hujan dan kelembaban yang tinggi serta intensitas sinar matahari yang tinggi pula, dan sebagai Negara berkembang, di Indonesia juga banyak bermunculan industri-industri yang mempunyai pengaruh cukup besar terhadap tingkat pencemaran pada lingkungan.

2.2. Mekanisme Korosi

Mekanisme korosi tidak terlepas dari reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan elektron-elektron. Perpindahan elektron merupakan hasil reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Mekanisme korosi melalui reaksi elektrokimia melibatkan reaksi anodik di daerah anodik. Reaksi anodik (oksidasi) diindikasikan melalui peningkatan valensi atau produk elektron-elektron. Mekanisme reaksi korosi pada besi dalam baja adalah sebagai berikut :



Sedangkan pada katoda terjadi reaksi :



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



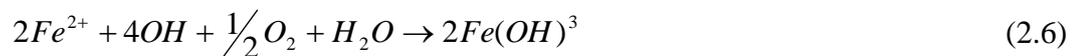
Dan untuk lingkungan (larutan) asam maka reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Reaksi di atas terjadi secara bertahap dan sebenarnya terjadi juga sebagai reaksi lanjutan dalam larutan. Pada peristiwa korosi, *ion ferro* yang terbentuk di anoda akan teroksidasi membentuk ferrosida (*gamma iron oxide*) berbentuk lapisan sangat tipis menempel pada permukaan logam dan mencegah terlarutnya besi lebih lanjut :



Demikian juga pada katoda oksigen harus mencapai permukaan logam agar reaksi (2.1) dan (2.2) terjadi. Ion hidroksil yang terbentuk juga dapat terserap pada permukaan membentuk lapisan yang menghalangi penyerapan oksigen. Ion Fe bereaksi dengan ion hidroksil :



Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses korosi di lingkungan basah dapat terjadi apabila empat syarat terpenuhi yaitu :

1. Anoda tempat reaksi anodik terjadi
2. Katoda tempat reaksi katodik terjadi
3. Media untuk transfer elektron / arus
4. Lingkungan yang bersifat elektrolit

2.3. Jenis jenis korosi

a. *Uniform/general corrosion*

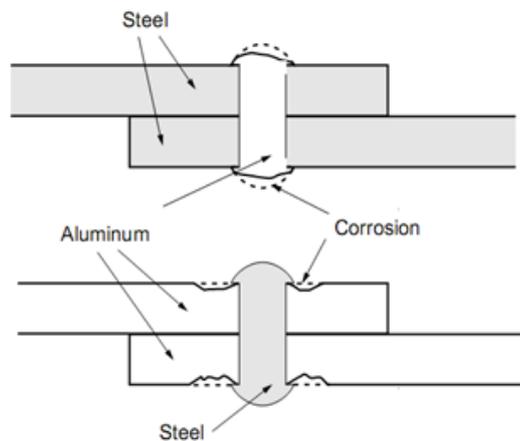
Korosi jenis menyeluruh ini, seluruh permukaan logam yang terpapar dengan lingkungan, terkorosi secara merata. Jenis korosi ini mengakibatkan rusaknya konstruksi secara total dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Uniform Corrosion* pada kaleng minuman

b. *Galvanic Corrosion*

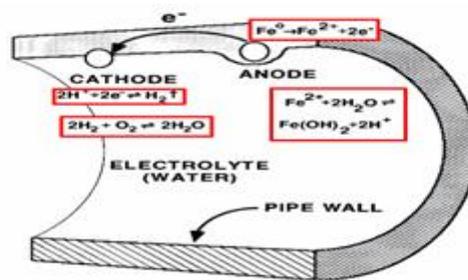
Galvanic atau *bimetallic corrosion* adalah jenis korosi yang terjadi ketika dua macam logam yang berbeda terjadi kontak secara langsung dalam media korosif seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Galvanic Corrosion* pada sambungan baut

c. *Selective Leaching Corrosion*

Selective leaching adalah korosi selektif dari satu atau lebih komponen paduan larutan padat seperti pada gambar 2.3. Hal ini juga disebut pemisahan, pelarutan selektif atau serangan selektif. Contoh *dealloying* umum adalah dekarburisasi, *decobaltification*, *denickelification*, *dezincification*, dan korosi *graphitic*.



Gambar 2.3 *Selective Leaching Corrosion* pada pipa

d. *Crevice Corrosion* (Korosi Celah)

Korosi celah mengacu pada serangan lokal pada permukaan logam, atau berbatasan langsung dengan kesenjangan atau celah antara dua permukaan yang bergabung. Kesenjangan atau celah dapat terbentuk antara dua logam atau bahan non-logam. Kerusakan yang di sebabkan oleh korosi celah biasanya di batasi pada satu logam di wilayah lokal atau dekat dengan permukaan yang bergabung seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Crevice Corrosion* (Korosi Celah) pada sambungan pipa

e. *Pitting Corrosion* (Korosi Sumuran)

Korosi sumuran adalah korosi lokal dari permukaan logam yang terbatas pada satu titik atau area kecil, dan membentuk rongga seperti pada gambar 2.5.

Korosi sumuran adalah salah satu bentuk yang paling merusak dari korosi.



Gambar 2.5 korosi sumuran pada wastafel

f. *Stress Corrosion Cracking* (SCC)

Korosi retak tegangan (SCC) pada gambar 2.6 adalah proses retak yang memerlukan aksi secara bersamaan dari bahan perusak (karat) dan berkelanjutan dengan tegangan tarik. Ini tidak termasuk pengurangan bagian yang terkorosi akibat gagal oleh patahan cepat. Hal ini juga termasuk interkristalin atau transkristalin korosi, yang dapat menghancurkan paduan tanpa tegangan yang

diberikan atau tegangan sisa. Korosi retak tegangan dapat terjadi dalam kombinasi dengan penggetasan hidrogen.



Gambar 2.6 *Stress Corrosion Cracking* pada logam

g. *Erosion Corrosion*

Erosi Korosi mengacu pada tindakan gabungan yang melibatkan erosi dan korosi terhadap cairan korosif yang bergerak atau komponen logam yang bergerak melalui cairan korosif, yang menyebabkan percepatan terdegradasinya suatu logam dan dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Erosion Corrosion* pada sebuah blade

h. Korosi Atmosferik

Korosi atmosferik merupakan hasil interaksi logam dengan atmosfer di sekitarnya, yang terjadi akibat kelembaban dan oksigen di udara, dan diperparah dengan adanya polutan seperti gas-gas atau garam-garam yang terkandung di udara (Uhlig, H.H., 1971). Pada iklim tropis umumnya memiliki kombinasi suhu tinggi, kelembaban tinggi dan curah hujan yang cukup, sehingga waktu basah sering sangat tinggi (Castano, dkk, 2010). Tingkat korosi atmosferik cenderung bervariasi di lokasi yang berbeda dan dapat di klasifikasikan sesuai lingkungan antara lain pedesaan, perkotaan, industri, pantai, atau kombinasi dari ini. Jenis-jenis atmosfer sebagai berikut (Roberge, Pierre R., 1999) :

1. Lingkungan Pedesaan

Kategori ini umumnya paling korosif dan biasanya tidak mengandung polutan kimia, tetapi mengandung partikel organik dan anorganik. Penyebab korosi utama adalah kelembaban, oksigen dan tingkat karbon oksida yang lebih rendah.

2. Lingkungan Perkotaan

Mirip dengan tipe pedesaan bahwa adanya kegiatan industri kecil. Kontaminasi lainnya adalah variasi SO_x dan NO_x dari kendaraan bermotor dan emisi bahan bakar dalam negeri.

3. Lingkungan Industri

Atmosfer ini terkait dengan fasilitas manufaktur industri berat yang mengandung konsentrasi sulfur dioksida, klorida, fosfat, dan nitrat.

4. Lingkungan Pantai

Atmosfer laut sangat korosif, dan tingkat korosi cenderung tergantung pada arah angin, kecepatan angin, dan jarak dari pantai.

Sehingga kawasan Medan Belawan menjadi tempat yang dipilih untuk melakukan penelitian korosi, di karenakan kawasan tersebut dekat dengan garis pantai yang memiliki luas **21,82 Km²**.

2.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi atmosferik

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

Polutan yang sangat mempengaruhi laju korosi atmosferik adalah SO₂ dan ion klorida, sehingga kadar SO₂ dan salinitas udara (kandungan klorida) di udara digunakan sebagai basis dalam menentukan kategori korosifitas atmosfer pada suatu lokasi/lingkungan berdasarkan ISO 9223. SO₂ berasal dari polusi industri, yang jika terlarut dalam larutan akuatik di permukaan logam akan membentuk H₂S atau H₂SO₄ yang akan mempercepat laju korosi atmosferik. Ion klorida dalam salinitas udara akan terlarut pada lapisan tipis air di permukaan air dan kemudian menyerang logam, sehingga efeknya adalah peningkatan laju korosi di permukaan logam. Apabila suatu lingkungan memiliki kadar SO₂ dan ion klorida sangat tinggi, seperti daerah industri di tepi laut, maka dapat diperkirakan daerah tersebut akan memiliki karakter atmosfer dengan laju korosi atmosferik yang sangat tinggi.

2.5. Kerugian akibat korosi

Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses kerusakannya. Korosi pada logam menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Hasil riset yang berlangsung tahun 2002 di Amerika Serikat memperkirakan kerugian akibat korosi yang menyerang permesinan industri, infrastruktur, sampai perangkat transportasi di negara adidaya tersebut mencapai 276 miliar dollar Amerika Serikat.

Dampak yang ditimbulkan korosi dapat berupa kerugian langsung dan kerugian tidak langsung. Kerugian langsung berupa terjadinya kerusakan pada peralatan, permesinan atau struktur bangunan. Sedangkan kerugian tidak langsung berupa terhentinya aktivitas produksi, karena terjadinya pergantian peralatan yang rusak akibat korosi, bahkan kerugian tidak langsung dapat berupa terjadinya kecelakaan yang menimbulkan korban jiwa, seperti kejadian runtuhnya jembatan akibat korosi, terjadinya kebakaran akibat kebocoran pipa gas karena korosi, dan meledaknya pembangkit tenaga nuklir akibat terjadinya korosi pada pipa uapnya. korosi yang menyebabkan kebocoran pada pipa yang terbuat dari logam.

Peristiwa korosi terjadi dalam berbagai sektor kehidupan, terutama sektor industri yang sangat banyak menggunakan bahan logam untuk konstruksi infrastruktur. Korosi merupakan faktor penyebab utama kegagalan pada peralatan dan infrastruktur akibat berada dalam lingkungan yang korosif (Broomfield, J.P., 1997).

Berdasarkan suatu studi yang dilakukan oleh Georple F. Hays, PE, director *General World Corrosion Organization* (WCO), estimasi total biaya tahunan kerugian korosi diseluruh dunia mencapai 2.2 triliun dollar Amerika Serikat,

melebihi 3% dari *nation's Gross Domestic Product* (GDP) dunia, (George). Indonesia, walaupun datanya belum begitu akurat, sekitar 20 triliun rupiah diperkirakan hilang percuma setiap tahunnya karena proses korosi. Angka ini setara dengan 2-5% GDP Indonesia (Widyanto, B., 2008). Apabila infrastruktur tersebut mengalami kegagalan dan rusak, maka akan menyebabkan kerugian baik materil maupun korban jiwa. Kerugian akibat proses korosi mencapai hingga 80% dari biaya perawatan yang dibutuhkan. Korosi juga menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan dalam dunia kerja (Scully, J.C., 1983).

Korosi dapat mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung (Uhlig, H.H., 1971). Kerugian langsung adalah sejumlah biaya yang harus dikeluarkan untuk menggantikan peralatan-peralatan yang rusak akibat korosi, sementara kerugian tidak langsung akibat korosi antara lain : terhentinya kegiatan operasi pabrik, berkurangnya produksi, berkurangnya efisiensi dan terkontaminasinya hasil produksi dengan produk korosi.

2.6. Pengendalian Korosi Atmosferik

Hanya ada 2 metode yang efektif untuk mencegah dan mengendalikan korosi atmosferik, yaitu dengan cara *coating* dan pemilihan material yang sesuai, atau gabungan antara keduanya. Dari hasil penentuan karakteristik atmosfer dan pengukuran laju korosi di tempat peralatan industri minyak bumi berada atau akan dibangun, dapat ditentukan jenis material dan *coating* yang sesuai untuk membangun konstruksi peralatan yang tahan terhadap korosi atmosferik. Hal ini tentunya juga mempertimbangkan faktor biaya. Dari hasil analisis, sering terjadi penggunaan logam yang tidak terlalu tahan terhadap korosi atmosfer (misalnya

baja karbon) namun dilindungi sistem *coating* sehingga lebih ekonomis daripada baja paduan yang tahan korosi namun tidak dilindungi sistem *coating*.

2.7. Teori Laju Korosi Atmosferik

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Menghitung laju korosi pada umumnya menggunakan dua cara yaitu, metode kehilangan berat dan metode elektrokimia.

a. Metode Kehilangan Berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus seperti pada persamaan 2.7 berikut :

$$\text{Laju Korosi (mpy)} = \frac{K.W}{D.A.T} \quad (2.7)$$

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya.

Metode ini bila dijalankan dalam waktu yang lama dan *sustainable* dapat di jadikan acuan terhadap kondisi tempat objek diletakkan (dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut), juga dapat dijadikan referensi untuk *treatment* yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat objek tersebut.

b. Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi antara satu waktu dengan waktu lainnya berbeda).

Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi pada waktu tertentu saja, hingga secara umur pemakaian maupun kondisi untuk *treatment* tidak dapat diketahui. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat diukur, dan waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

Metode elektrokimia ini menggunakan rumus yang di dasari pada Hukum *Faraday* yaitu menggunakan rumus seperti pada persamaan 2.8 berikut :

$$CR \text{ (mpy)} = K \frac{ai}{nD} \quad (2.8)$$

Metode ini menggunakan pembanding dengan meletakkan salah satu material dengan sifat korosif yang sangat baik dengan bahan yang akan diuji hingga beda potensial yang terjadi dapat diperhatikan dengan adanya pembanding tersebut. Berikut merupakan gambar metode yang dilakukan untuk mendapatkan hasil pada penelitian laju korosi dengan metode elektrokimia yang diuraikan di atas.

Namun penulis memilih perhitungan dengan menggunakan metode kehilangan berat, metode ini dipilih karena metode elektrokimia memiliki

kelemahan tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja.

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 digunakan adalah $3,45 \times 10^6$

Tabel 2.1. Nilai K untuk persamaan (2.7)

No.	Satuan Laju Korosi	Nilai K
1	Mils per tahun (mpy)	$3,45 \times 10^6$
2	Milimeter per tahun (mm/y)	$8,76 \times 10^4$
3	Gram per meter kuadrat per jam ($\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$)	$1,00 \times 10^4 \times D$

Sumber : (ASTM G - 1)

Untuk menentukan kelayakan baja konstruksi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2.2 Kriteria laju korosi pada baja

Relative Corrosion Resistance	Mpy	Appromaximate metric equivalent *			
		$\frac{mm}{yr}$	$\frac{\mu m}{yr}$	$\frac{Nm}{Hr}$	$\frac{Pm}{sec}$
Outstanding	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1-5	0,02 - 0,1	25 - 100	2 - 10	1 - 5
Good	5 - 20	0,1 - 0,5	100 - 500	10 - 50	5 - 20
Fair	20 - 50	0,5 - 1	500 - 1000	50 - 150	20 - 50
Poor	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000	150 - 500	50 - 200
Unacceptable	200 +	5 +	5000 +	500 +	200 +

Sumber : (M. G Fontana)

2.8. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini diawali dengan pemotongan spesimen dengan bentuk, dimensi, ukuran dan jumlah spesimen yang dipotong sesuai dengan ASTM G-50 kemudian dilakukan penimbangan spesimen uji untuk menentukan berat awal dari spesimen uji lalu spesimen uji dipaparkan di udara terbuka yang diletakkan di atas rak pengujian dengan pemegang rolen listrik agar tidak terjadi kontak langsung antara spesimen uji dan rak pengujian. Selama enam bulan spesimen uji dipaparkan di udara terbuka untuk semua lokasi dengan pengambilan data setiap dua minggu sekali untuk pengujian kehilangan berat (*weight loss*) dengan membersihkan seluruh permukaan spesimen yang terkorosi dengan metode mekanik menggunakan sikat baja halus, lalu spesimen dibersihkan kembali dengan menggunakan cairan aseton sesuai dengan ASTM G-1 dan spesimen ditimbang lalu spesimen uji diletakkan kembali di rak pengujian di semua lokasi.

Tahap selanjutnya melakukan perhitungan dan analisa data setiap selesai penimbangan. Rekapitulasi semua data yang telah didapat untuk melakukan pengolahan data. Data yang akan diolah adalah data cuaca, kehilangan berat, dan data perhitungan laju korosi. Tahap terakhir pengolahan data dan analisis.

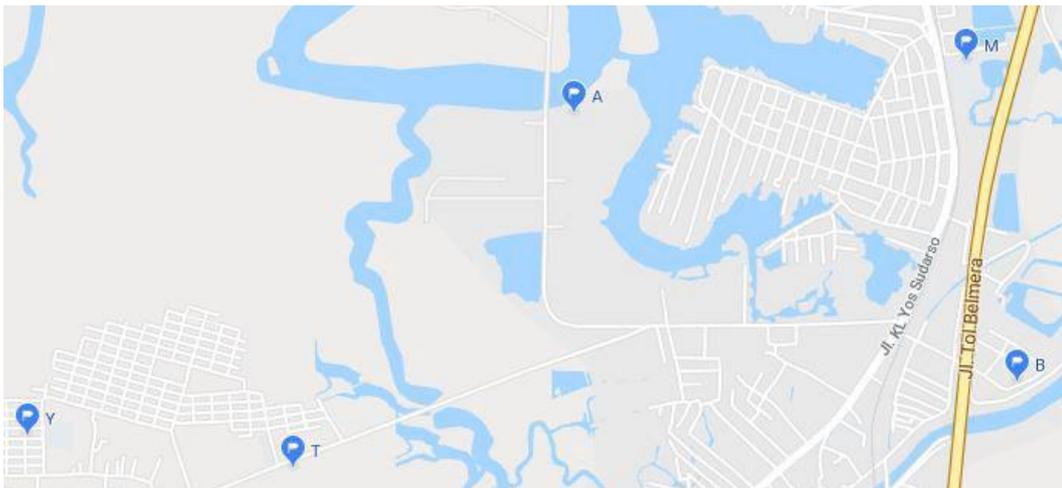
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi, Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Lokasi

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kecamatan Medan Belawan yang terdiri dari 5 (lima) titik sebaran, titik A berada di lokasi PT.Tjipta Rimba Djaya, titik Y berada di rumah pak Yudi, titik M berada di lokasi SMK Muhammadiyah 04, titik T berada di Tambak Udang, titik B berada di rumah bu Juriati dapat dilihat seperti pada gambar 3.1 dibawah ini.



Keterangan gambar : A. PT. Tjipta Rimba Djaya, B. Rumah Bu Juriati, M. SMK Muhammadiyah 04, T. Tambak Udang, Y. Rumah Pak Yudi

Gambar 3.1. Lokasi penelitian korosi yang terdiri dari lima titik sebaran

3.1.2. Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

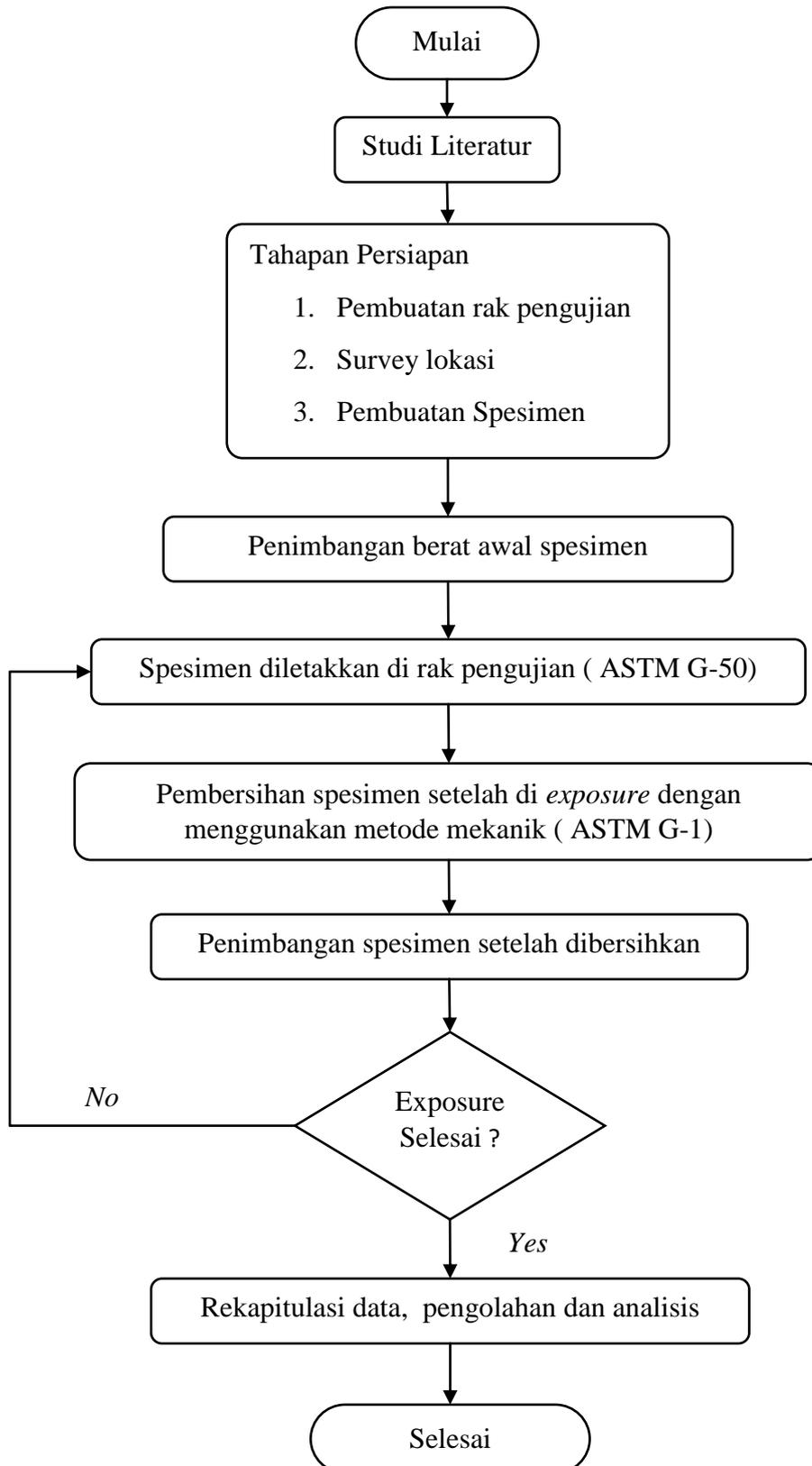
3.1.3. Waktu

Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, dimulai dari Oktober 2017 sampai dengan Maret 2018.

Tabel 3.1. Rencana pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■
2	Survey Lokasi dan Bahan	■	■	■	■	■	■
3	Pembuatan Rak dan Spesimen	■	■	■	■	■	■
4	Exposure Spesimen	■	■	■	■	■	■
5	Pengambilan data dan Analisa	■	■	■	■	■	■
6	Penyelesaian / penulisan skripsi	■	■	■	■	■	■
7	Seminar / Sidang	■	■	■	■	■	■

3.2. Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

1. Mesin Las Listrik



Gambar 3.3. Mesin Las Listrik

Mesin las listrik pada gambar 3.3 digunakan untuk menyambung pipa. Pipa digunakan untuk membuat rak sebagai tempat meletakkan spesimen di atasnya.

2. Elektroda (kawat las)



Gambar 3.4. Elektroda (kawat las)

Elektroda (Kawat Las) pada gambar 3.4 digunakan sebagai material logam pengisi pada proses pengelasan pipa dalam pembuatan rak pengujian.

3. Mesin Bor



Gambar 3.5. Mesin Bor

Mesin bor pada gambar 3.5 digunakan untuk melubangi plat yang terletak pada rak pengujian korosi untuk menempatkan rolen di atasnya sebagai pengikat spesimen.

4. Mesin Gerinda potong



Gambar 3.6. Mesin gerinda potong

Mesin gerinda potong pada gambar 3.6 digunakan untuk memotong pipa galvanis dan spesimen dengan ukuran yang telah ditentukan.

5. Mesin Gerinda tangan



Gambar 3.7. Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda tangan pada gambar 3.7 digunakan untuk menghilangkan sisa-sisa las pada pipa galvanis yang telah disambung menggunakan metode pengelasan.

6. Meteran



Gambar 3.8. Meteran

Meteran pada gambar 3.8 digunakan untuk mengukur dimensi ukuran rak pengujian dan specimen dengan satuan centimeter dan millimeter.

7. Rak Pengujian



Gambar 3.9. Rak pengujian yang digunakan dalam penelitian korosi atmosferik

Rak pengujian seperti pada gambar 3.9 ini digunakan sebagai tempat untuk meletakkan specimen selama penelitian korosi dilakukan (ASTM G-50).

8. Timbangan Digital



Gambar 3.10. Neraca Digital dengan ketelitian 0.001 gram

Neraca digital seperti pada gambar 3.10 digunakan sebagai alat untuk mengukur berat spesimen sebelum dan setelah dilakukan pengujian korosi.

9. Sikat Baja



Gambar 3.11. Sikat Baja

Sikat baja seperti pada gambar 3.11 ini digunakan untuk membersihkan spesimen. Metode pembersihan spesimen setelah di exposure menggunakan metode mekanik (ASTM G-1).

10. Rolan Listrik

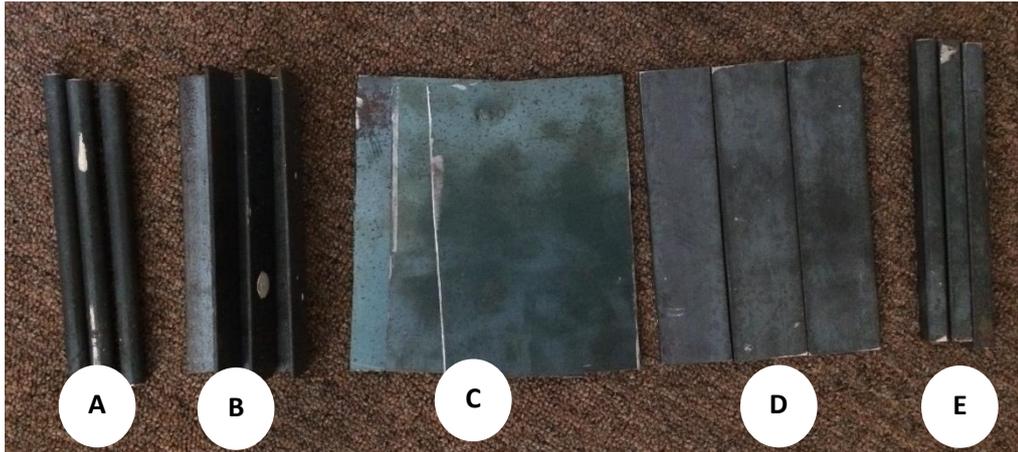


Gambar 3.12. Rolan Listrik

Rolan Listrik seperti pada gambar 3.12 ini digunakan sebagai media untuk mencegah kontak langsung spesimen uji dengan rak pengujian (pemegang dari bahan plastik).

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah baja kontruksi. Dimana bentuk dan ukuran spesimen dipotong sesuai dengan ASTM G-50 dan bentuk baja yang tersedia di pasaran kawasan Medan Belawan. Pada Gambar 3.13 menunjukkan bentuk spesimen uji.

11. Spesimen Uji



Keterangan Gambar : A. Baja Tulangan, B. Baja Siku, C. Baja Plat, D. Baja Plat Strip, E. Baja Segiempat

Gambar 3.13. Spesimen Uji

Tabel 3.2 menunjukkan bentuk, dimensi serta jumlah yang digunakan pada pembuatan spesimen uji korosi atmosferik.

Tabel 3.2. Bentuk, dimensi dan jumlah spesimen uji

No	Bentuk Spesimen Uji	Ukuran (mm)				Jumlah
		Panjang	Lebar	Tebal	Diameter	
1	Baja Plat	150	100	1	-	39
2	Baja Siku	150	29	2	-	39
3	Baja Strip	150	36	3	-	39
4	Baja Segiempat	150	12	12	-	39
5	Baja Konstruksi	150	-	-	12	39

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Pada bab ini ditampilkan pengolahan data hasil penelitian yang akan dibahas sesuai dengan data yang diperoleh. Data yang ditampilkan meliputi data cuaca dan data laju korosi atmosferik yang merupakan hasil dari penelitian.

4.1.1. Data Hasil Komposisi Material

Dalam penelitian ini komposisi yang terkandung dalam baja konstruksi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1. Data Hasil Komposisi Material

Spesimen	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Al
Baja Plat	0,0454	0,007	-0,0004	-0,0042	0,2434	0,0043	0,0559	0,003	0,0056	0,0595
Baja Plat Strip	0,219	0,7754	0,0074	0,0013	0,5047	0,0437	0,1716	0,0133	0,067	0,0155
Baja Siku	0,2648	0,3368	0,0017	0,0003	0,6113	0,0282	0,1191	0,011	0,0399	0,0078
Baja Segiempat	0,1964	0,2167	0,0264	0,0266	0,6359	0,0533	0,1035	0,0166	0,1488	0,0054
Baja Tulangan	0,1651	0,2302	0,0227	0,0135	0,5283	0,0653	0,0523	0,0148	0,1585	0,0029

4.1.2. Data Cuaca

Data cuaca diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Gabion Raya Kecamatan Medan Belawan. Data cuaca yang tersedia ialah data kelembaban udara, curah hujan, temperatur dan kecepatan angin yang dianggap sebagai data cuaca pada lokasi penelitian. Data cuaca yang diperoleh dalam rata-rata perbulan dapat dilihat pada Gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4.

Gambar 4.1 Grafik Kelembaban Udara

Gambar 4.2 Grafik Curah Hujan

Gambar 4.3 Grafik Temperatur

Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Angin

4.2. Pembahasan

Hasil perhitungan laju korosi dengan rata-rata laju korosi selama enam bulan. Gambar ini juga menunjukkan adanya variasi laju korosi untuk semua spesimen di lokasi yang sama, untuk baja plat strip memiliki laju korosi yang relatif tinggi dibandingkan dengan spesimen yang lain dengan nilai laju korosi 1,159 mpy. Namun pada lokasi yang sama laju korosi terendah 0,230 mpy untuk baja segiempat, dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.

Gambar 4.5 Grafik laju korosi rata-rata lokasi PT. Tjipta Rimba Djaya

Hasil perhitungan laju korosi dengan rata-rata laju korosi selama enam bulan. Gambar ini juga menunjukkan adanya variasi laju korosi untuk semua spesimen di lokasi yang sama, untuk baja plat strip memiliki laju korosi yang relatif tinggi dibandingkan dengan spesimen yang lain dengan nilai laju korosi 0,704 mpy. Namun pada lokasi yang sama laju korosi terendah 0,110 mpy untuk baja siku, seperti yang terlihat pada gambar 4.6 berikut.

Gambar 4.6 Grafik laju korosi rata-rata lokasi Pak Yudi

Hasil perhitungan laju korosi dengan rata-rata laju korosi selama enam bulan. Gambar ini juga menunjukkan adanya variasi laju korosi untuk semua spesimen di lokasi yang sama, untuk baja plat strip memiliki laju korosi yang relatif tinggi dibandingkan dengan spesimen yang lain dengan nilai laju korosi 0,704 mpy. Namun pada lokasi yang sama laju korosi terendah 0,110 mpy untuk baja siku, seperti yang terlihat pada gambar 4.7 berikut.

Gambar 4.7 Grafik laju korosi rata-rata lokasi SMK Muhammadiyah 04 Belawan

Hasil perhitungan laju korosi dengan rata-rata laju korosi selama enam bulan. Gambar ini juga menunjukkan adanya variasi laju korosi untuk semua spesimen di lokasi yang sama, untuk baja plat strip memiliki laju korosi yang relatif tinggi dibandingkan dengan spesimen yang lain dengan nilai laju korosi 0,987 mpy. Namun pada lokasi yang sama laju korosi terendah 0,213 mpy untuk baja segiempat, dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini.

Gambar 4.8 Laju korosi rata-rata lokasi Tambak Udang

Gambar 4.9 menunjukkan hasil perhitungan laju korosi dengan rata-rata laju korosi selama enam bulan. Gambar ini juga menunjukkan adanya variasi laju korosi untuk semua spesimen di lokasi yang sama, untuk baja plat strip memiliki laju korosi yang relatif tinggi dibandingkan dengan spesimen yang lain dengan nilai laju korosi 1,340 mpy. Namun pada lokasi yang sama laju korosi terendah

0,174 mpy untuk baja segiempat seperti yang terlihat pada gambar 4.9 di bawah ini.

Gambar 4.9 Laju korosi rata-rata lokasi rumah Bu Juriati

Hasil perhitungan laju korosi di lima lokasi penelitian dalam rata-rata selama enam bulan dengan satuan laju korosi (mpy) dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.2 Nilai rata-rata laju korosi atmosferik selama enam bulan

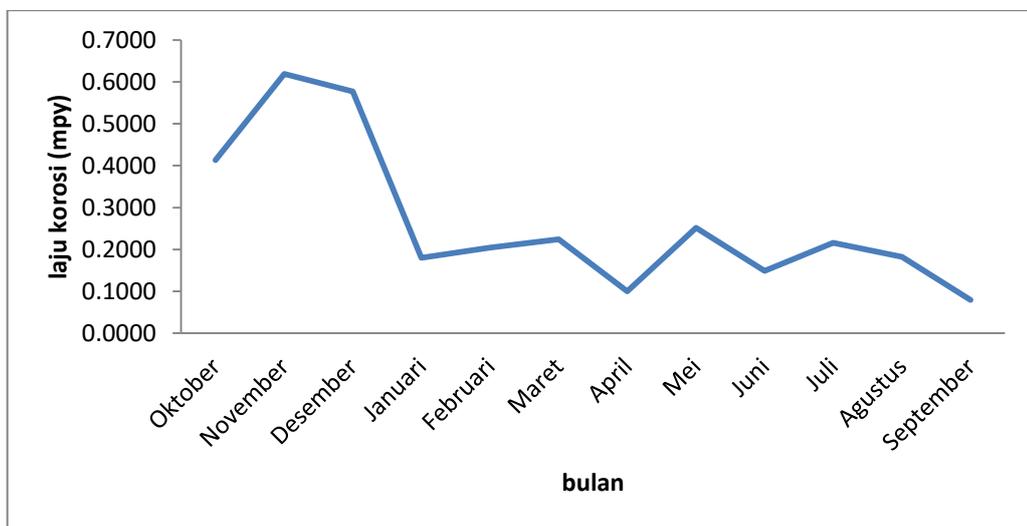
Lokasi	Baja Plat	Baja Siku	Baja Strip	Baja Segi Empat	Baja Tulangan
PT. Tjipta Rimba Djaya	0,369 mpy	0,340 mpy	1,159 mpy	0,230 mpy	0,330 mpy
Rumah Pak Yudi	0,163 mpy	0,110 mpy	0,704 mpy	0,143 mpy	0,229 mpy
SMK Muhammadiyah 04	0,237 mpy	0,236 mpy	0,987 mpy	0,213 mpy	0,430 mpy
Tambak Udang	0,191 mpy	0,292 mpy	0,598 mpy	0,197 mpy	0,229 mpy
Rumah Bu Juriati	0,174 mpy	0,228 mpy	1,340 mpy	0,243 mpy	0,229 mpy

Laju korosi atmosferik di lima titik pengujian selama enam bulan telah mendapatkan hasil laju korosi rata-rata yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.10 dibawah ini.

Gambar 4.10 Grafik laju korosi rata-rata selama 6 bulan pengujian di 5 titik lokasi

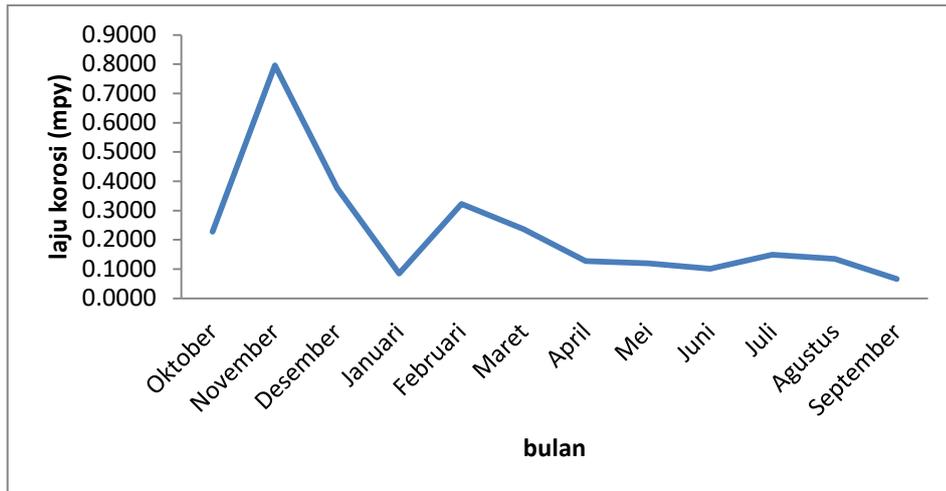
4.2.1. Hubungan laju korosi terhadap geometri pada lokasi A

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi A. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi A yang tinggi terlihat pada pada bulan November mencapai 0,618 mpy dan pada bulan Desember 0,557 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,180 mpy, dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.



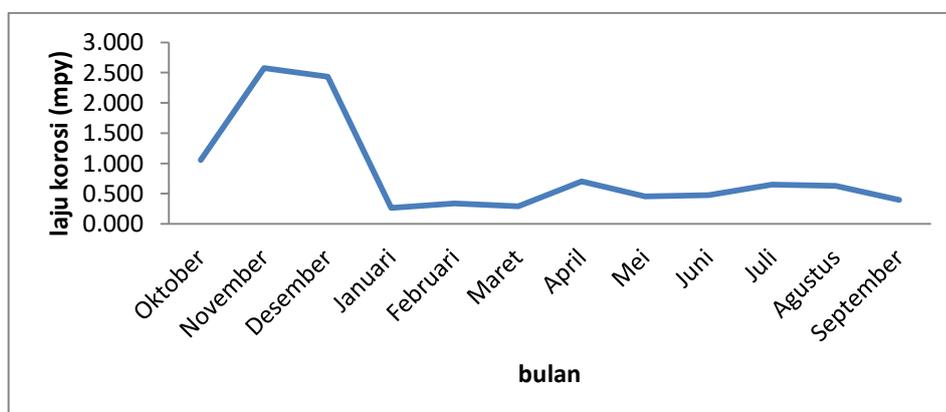
Gambar 4.11 : Grafik laju korosi baja plat pada lokasi A

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi A. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja siku di lokasi A yang tinggi terlihat pada pada bulan November mencapai 0,796 mpy dan pada bulan Desember 0,376 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,084 mpy, seperti yang terlihat pada gambar 4.12.



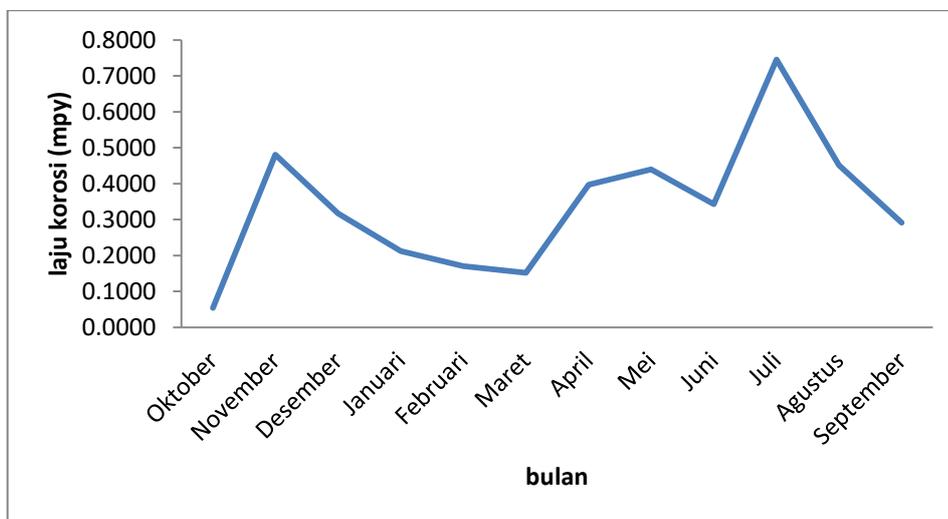
Gambar 4.12 : Grafik laju korosi baja siku pada lokasi A

Gambar 4.13 menunjukkan grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi A. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja strip di lokasi A yang tinggi terlihat pada pada bulan Nopember mencapai 2,573 mpy dan pada bulan Desember 2,435 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,266 mpy.



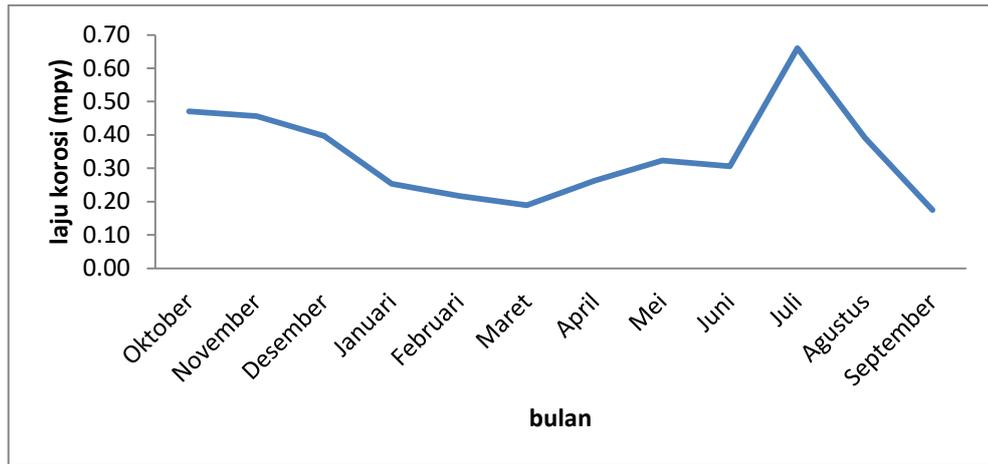
Gambar 4.13 : Grafik laju korosi baja strip pada lokasi A

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi A. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja segiempat di lokasi A yang tinggi terlihat pada pada bulan Nopember mencapai 0,480 mpy dan pada bulan Desember 0,316 mpy. Sedangkan untuk bulan Oktober nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,054 mpy, seperti yang terlihat pada gambar 4.14 di bawah ini.



Gambar 4.14 : Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi A

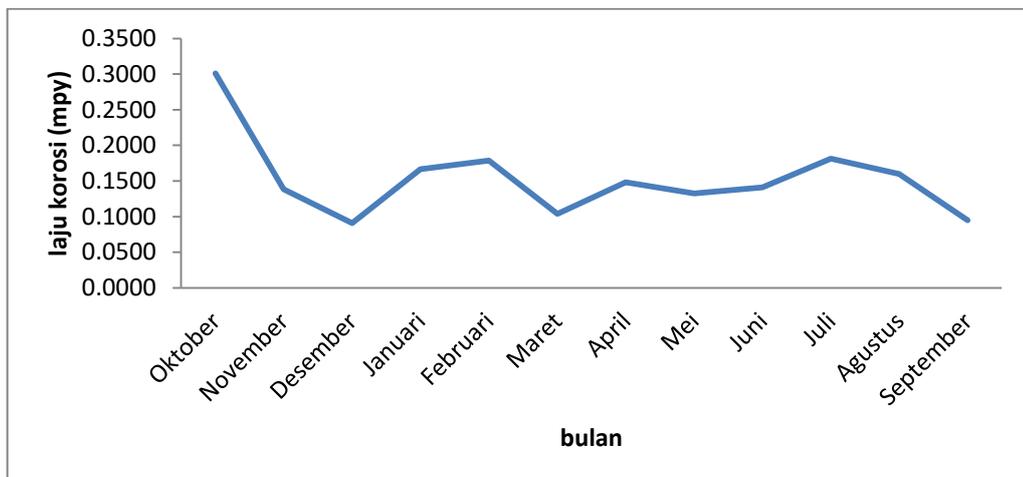
Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi A. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja tulangan di lokasi A yang tinggi terlihat pada pada bulan Oktober mencapai 0,470 mpy dan pada bulan Nopember 0,456 mpy. Sedangkan untuk bulan Maret nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,188 mpy, seperti yang terlihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 : Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi A

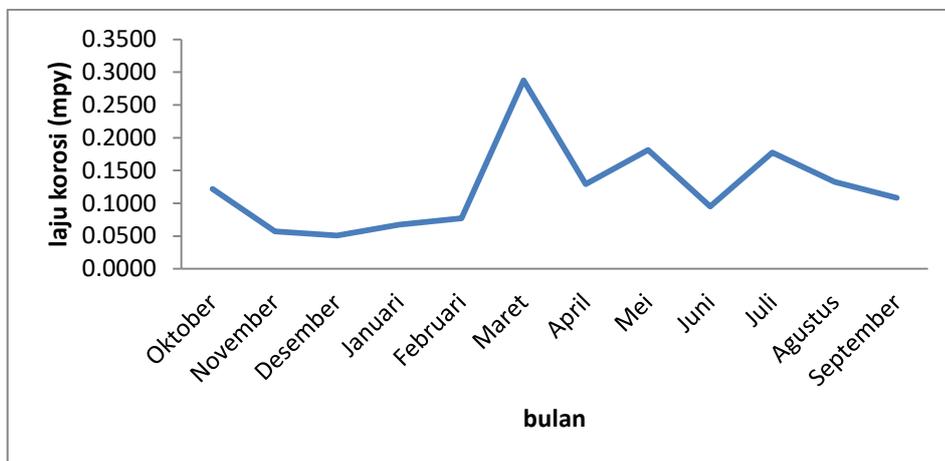
4.2.2. Hubungan laju korosi terhadap geometri pada lokasi Y

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi Y. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi Y yang tinggi terlihat pada pada bulan Oktober mencapai 0,301 mpy dan pada bulan Februari 0,178 mpy. Sedangkan untuk bulan Desember nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,090 mpy, seperti pada gambar 4.16.



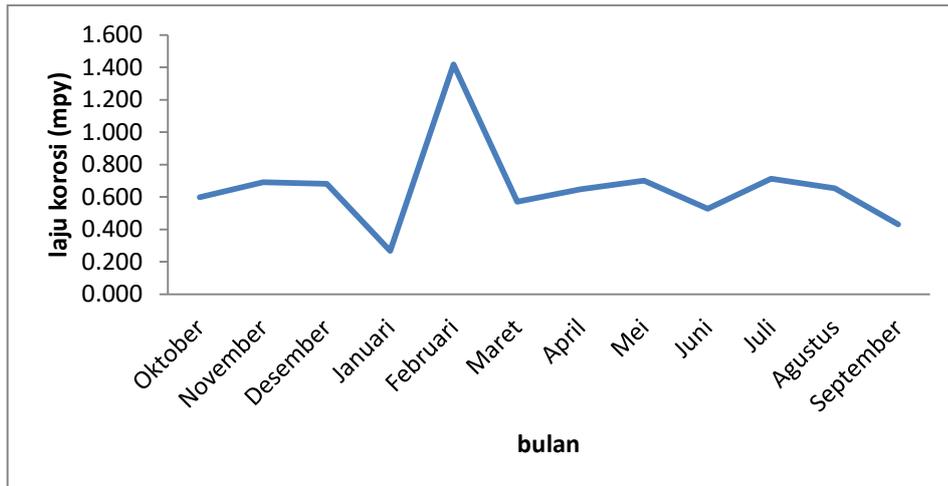
Gambar 4.16 : Grafik laju korosi baja plat pada lokasi Y

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi Y. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja siku di lokasi Y yang tinggi terlihat pada pada bulan Maret mencapai 0,287 mpy dan pada bulan Oktober 0,121 mpy. Sedangkan untuk bulan Desember nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,050 mpy, seperti pada gambar 4.17.



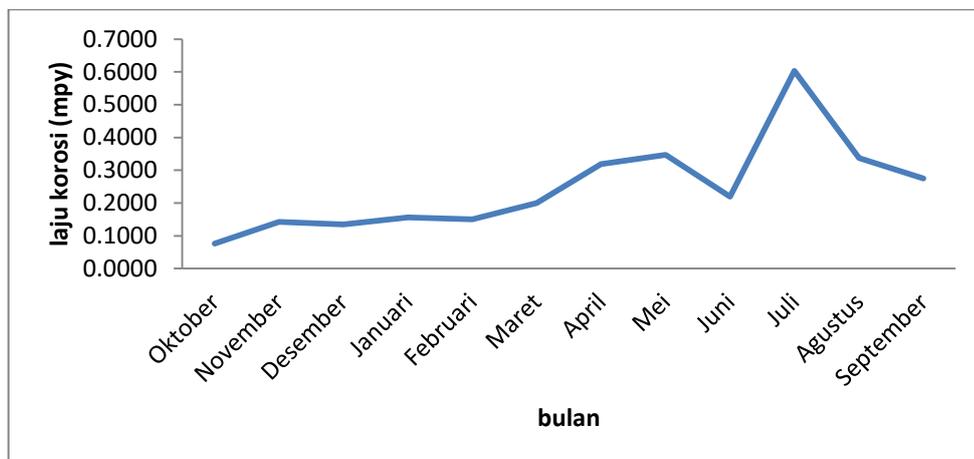
Gambar 4.17 : Grafik laju korosi baja siku pada lokasi Y

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi Y. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja strip di lokasi Y yang tinggi terlihat pada pada bulan Februari mencapai 1,418 mpy dan pada bulan Desember 0,681 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,268 mpy dapat dilihat pada gambar 4.18 berikut.



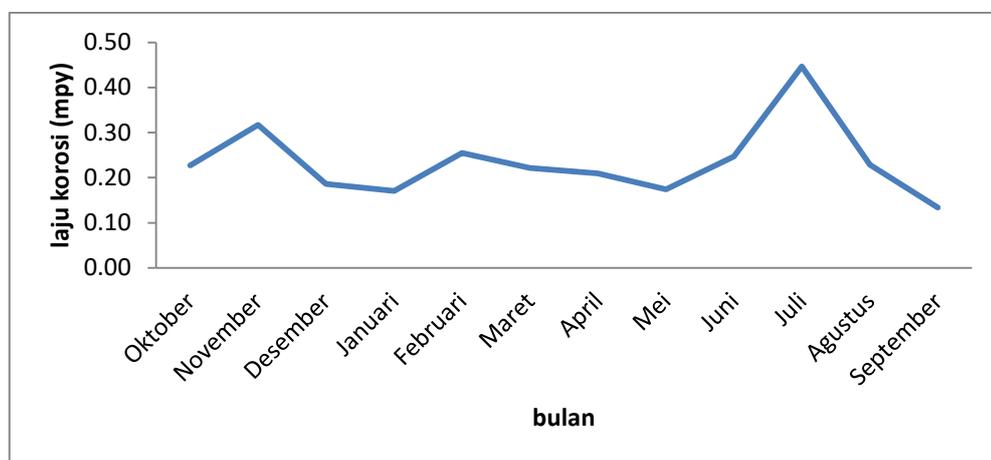
Gambar 4.18 : Grafik laju korosi baja strip pada lokasi Y

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi Y. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja segiempat di lokasi Y yang tinggi terlihat pada pada bulan Maret mencapai 0,199 mpy dan pada bulan Januari 0,156 mpy. Sedangkan untuk bulan Oktober nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,076 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 : Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi Y

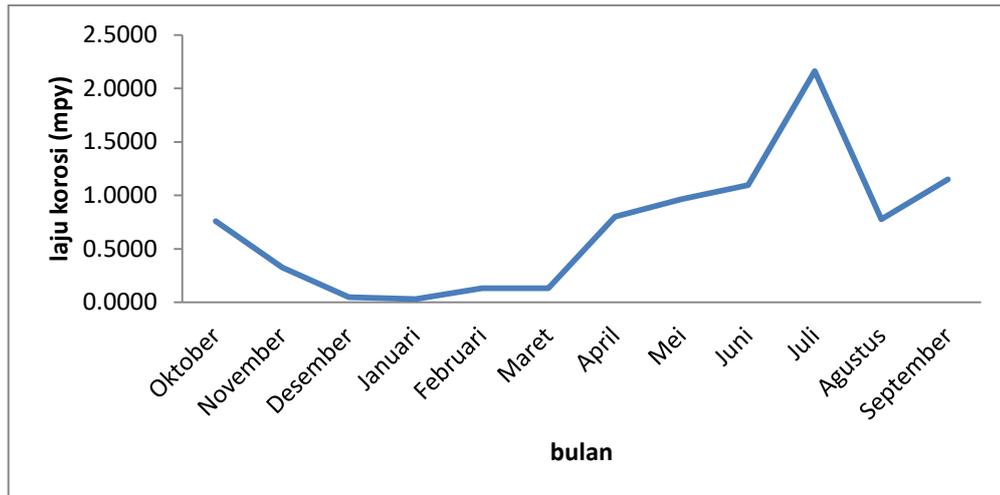
Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi Y. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja tulangan di lokasi Y yang tinggi terlihat pada pada bulan Nopember mencapai 0,316 mpy dan pada bulan Februari 0,254 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,170 mpy seperti pada gambar 4.20 berikut ini.



Gambar 4.20 : Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi Y

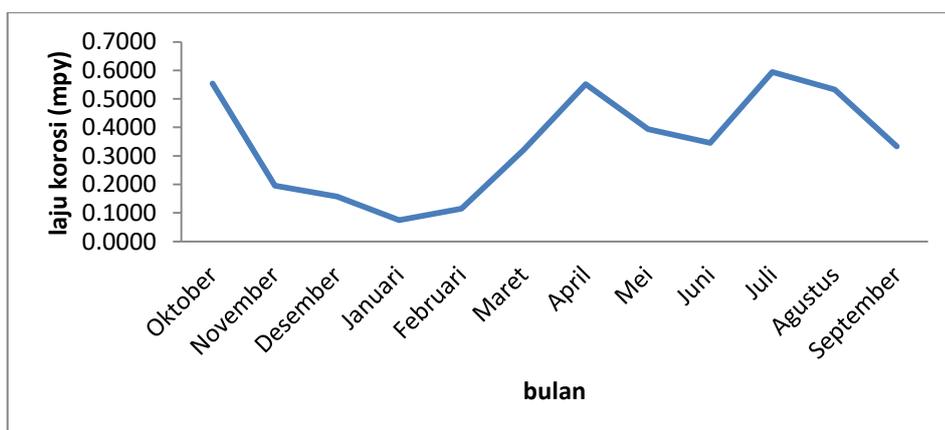
4.2.3. Hubungan laju korosi terhadap geometri pada lokasi M

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi M. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi M yang tinggi terlihat pada pada bulan Oktober mencapai 0,758 mpy dan pada bulan Nopember 0,325 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,030 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.21.



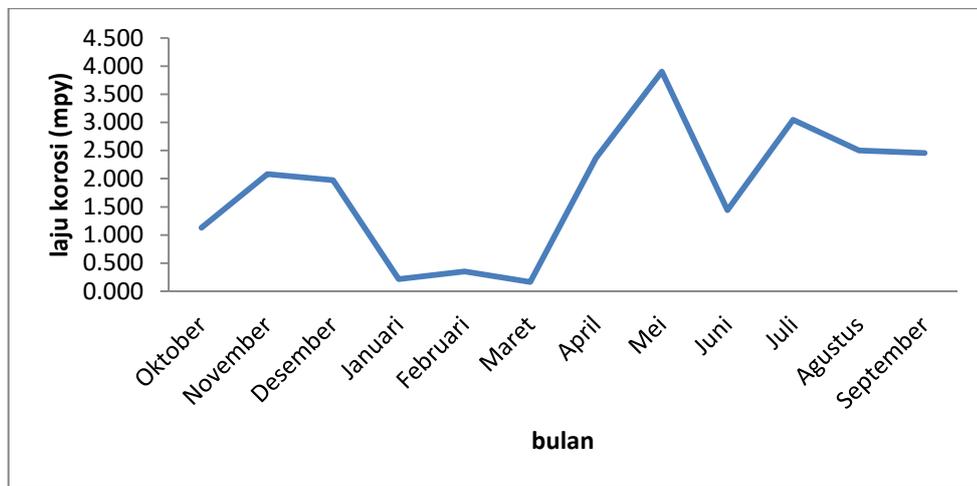
Gambar 4.21 : Grafik laju korosi baja plat pada lokasi M

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi M. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi M yang tinggi terlihat pada pada bulan Oktober mencapai 0,553 mpy dan pada bulan Maret 0,321 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,074 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.22.



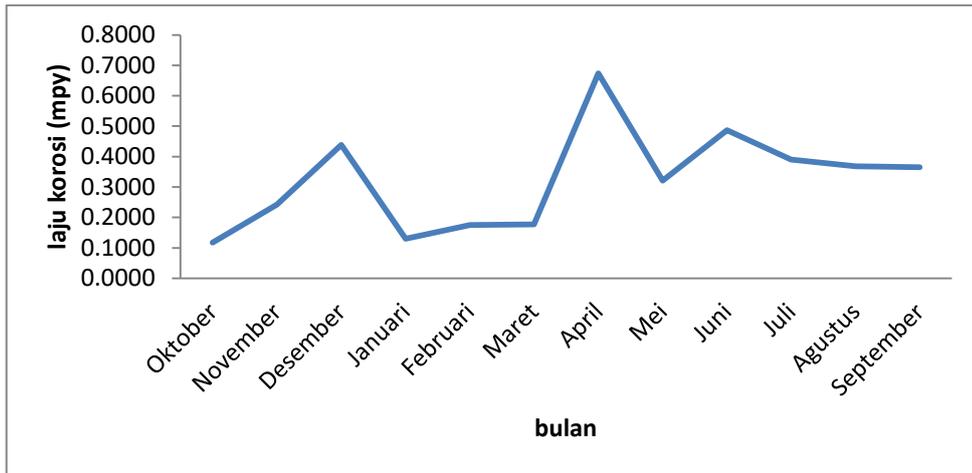
Gambar 4.22 : Grafik laju korosi baja siku pada lokasi M

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi M. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi M yang tinggi terlihat pada pada bulan Nopember mencapai 2,084 mpy dan pada bulan Desember 1,974 mpy. Sedangkan untuk bulan Maret nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,165 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.23.



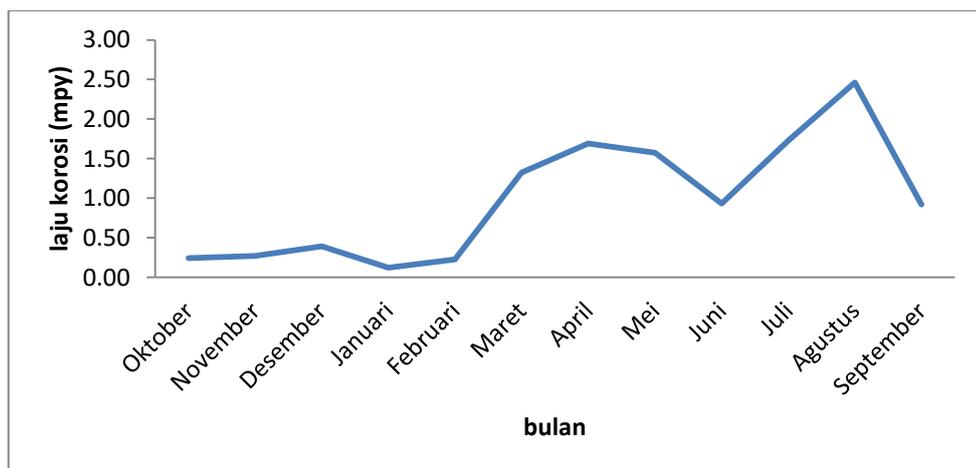
Gambar 4.23 : Grafik laju korosi baja strip pada lokasi M

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi M. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi M yang tinggi terlihat pada pada bulan Desember mencapai 0,438 mpy dan pada bulan Nopember 0,242 mpy. Sedangkan untuk bulan Oktober nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,117 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 : Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi M

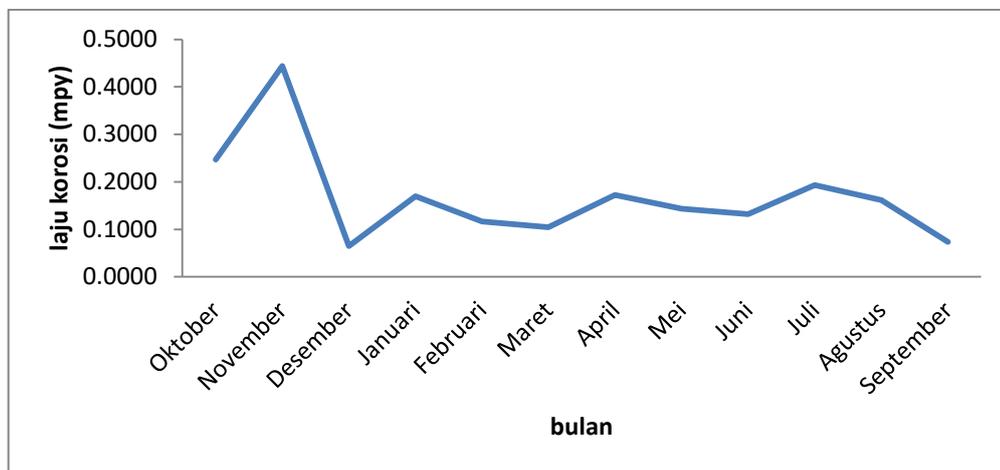
Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi M. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi M yang tinggi terlihat pada pada bulan Maret mencapai 1,326 mpy dan pada bulan Desember 0,393 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,120 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 : Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi M

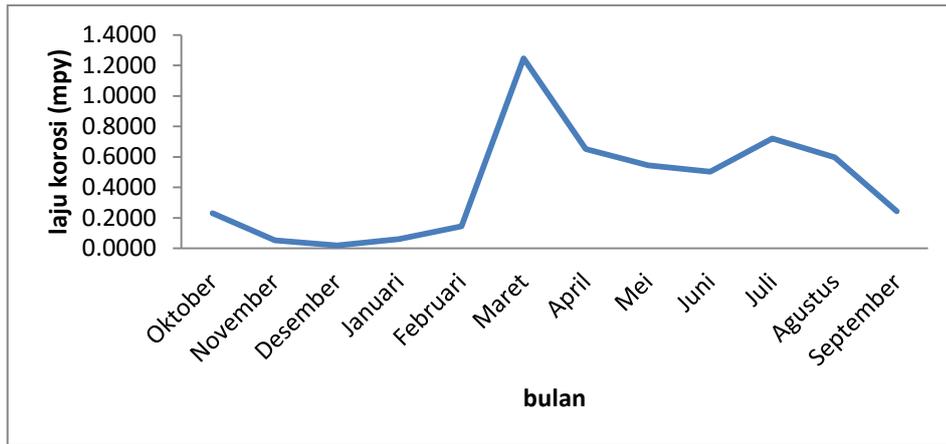
4.2.4. Hubungan laju korosi terhadap geometri pada lokasi T

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi T. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi T yang tinggi terlihat pada pada bulan Nopember mencapai 0,443 mpy dan pada bulan Oktober 0,247 mpy. Sedangkan untuk bulan Desember nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,064 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.26.



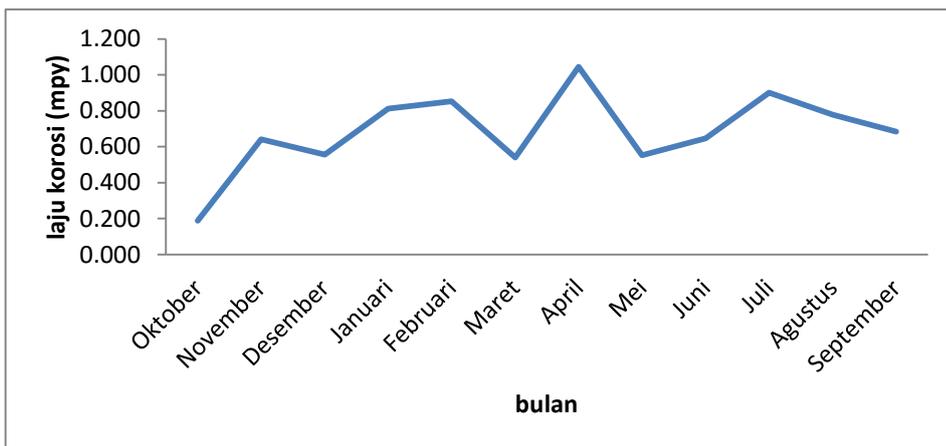
Gambar 4.26 : Grafik laju korosi baja plat pada lokasi T

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi T. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja siku di lokasi T yang tinggi terlihat pada pada bulan Maret mencapai 1,245 mpy dan pada bulan Oktober 0,231 mpy. Sedangkan untuk bulan Desember nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,019 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.27.



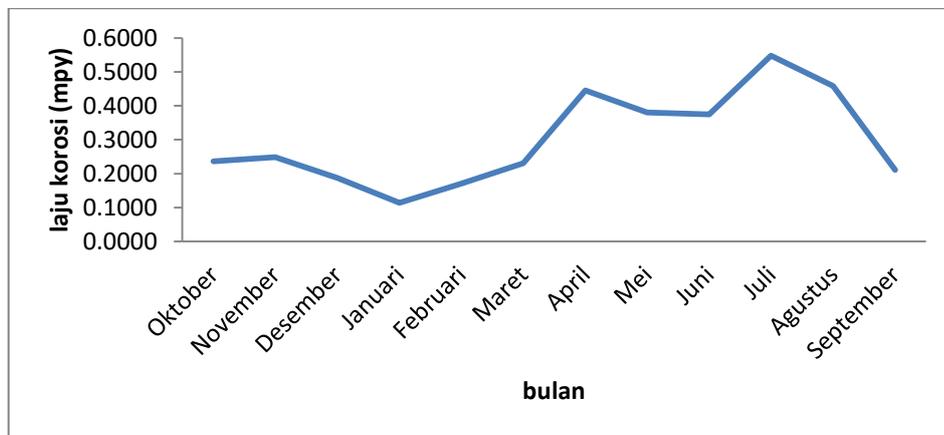
Gambar 4.27 : Grafik laju korosi baja siku pada lokasi T

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi T. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja strip di lokasi T yang tinggi terlihat pada pada bulan Februari mencapai 0,853 mpy dan pada bulan Januari 0,811 mpy. Sedangkan untuk bulan Oktober nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,188 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.28.



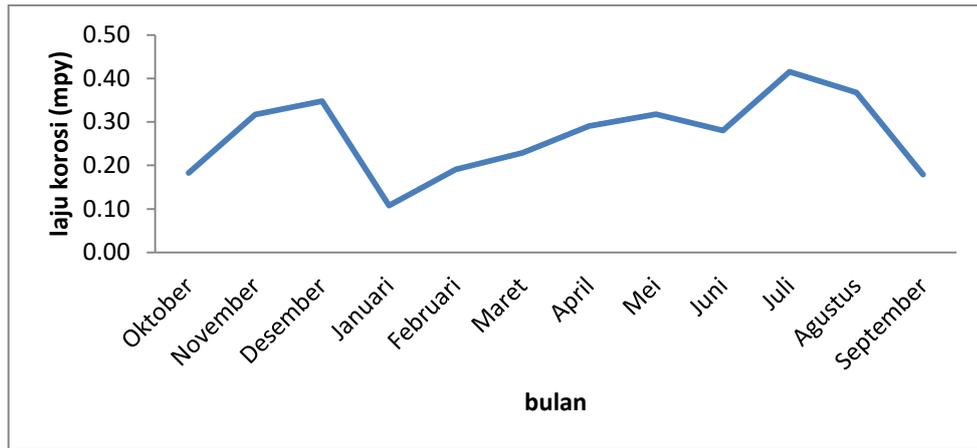
Gambar 4.28 : Grafik laju korosi baja strip pada lokasi T

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi T. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja segiempat di lokasi T yang tinggi terlihat pada pada bulan November mencapai 0,248 mpy dan pada bulan Oktober 0,235 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,114 mpy seperti yang terlihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 : Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi T

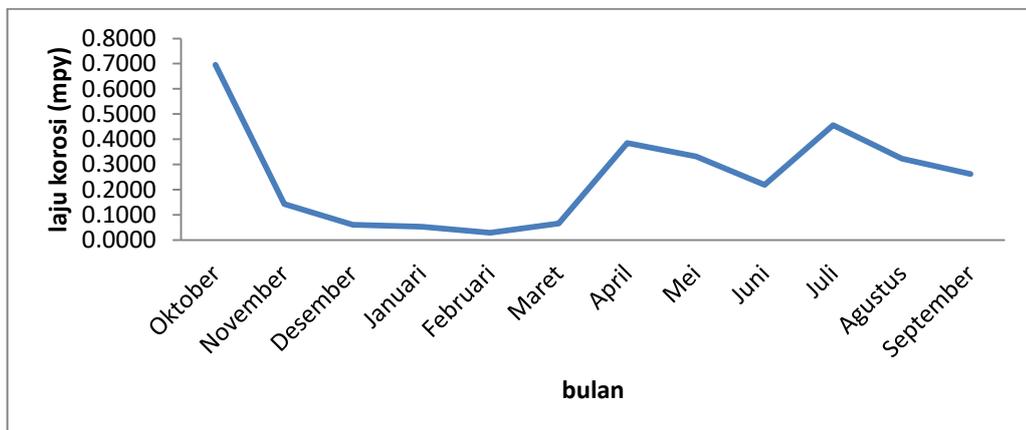
Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi T. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja tulangan di lokasi T yang tinggi terlihat pada pada bulan Desember mencapai 0,347 mpy dan pada bulan November 0,316 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,108 mpy seperti pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 : Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi T

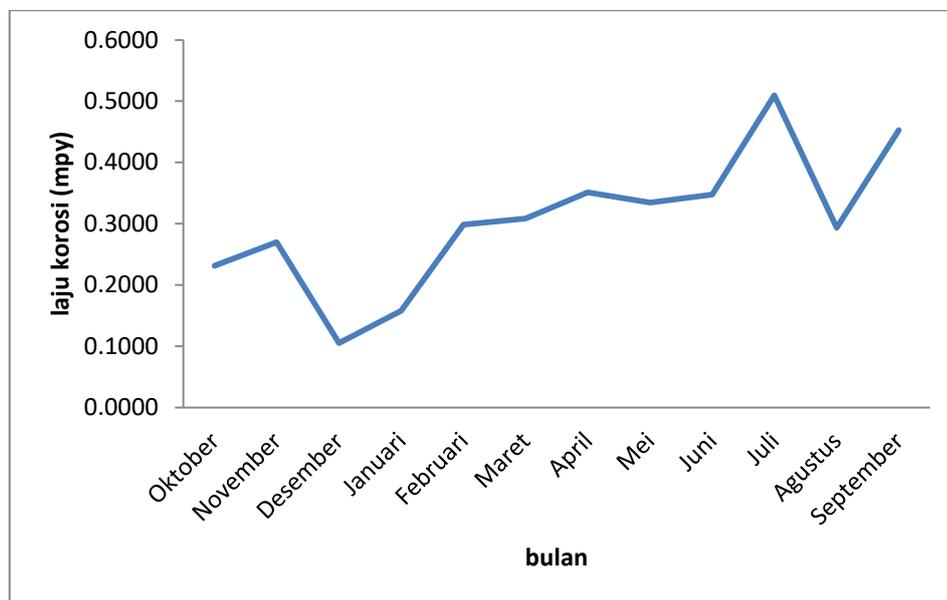
4.2.5. Hubungan laju korosi terhadap geometri pada lokasi B

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi B. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja plat di lokasi B yang tinggi terlihat pada pada bulan Desember mencapai 0,347 mpy dan pada bulan November 0,316 mpy. Sedangkan untuk bulan Januari nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,108 mpy seperti pada gambar 4.31.



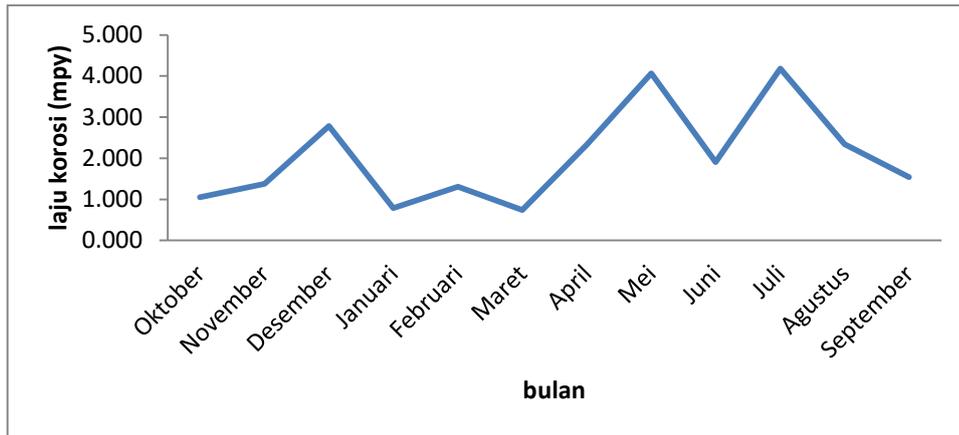
Gambar 4.31 : Grafik laju korosi baja plat pada lokasi B

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi B. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja siku di lokasi B yang tinggi terlihat pada pada bulan Maret mencapai 0,308 mpy dan pada bulan Februari 0,298 mpy. Sedangkan untuk bulan Desember nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,105 mpy seperti pada gambar 4.32.



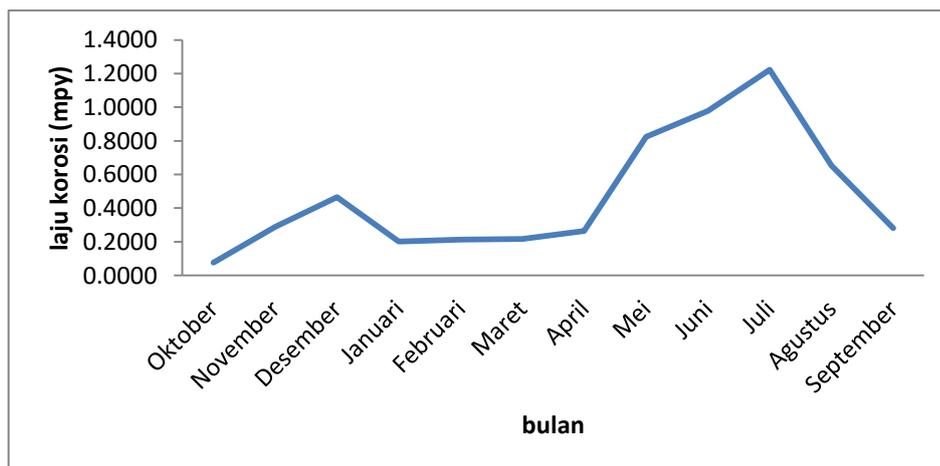
Gambar 4.32 : Grafik laju korosi baja siku pada lokasi B

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi B. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja strip di lokasi B yang tinggi terlihat pada pada bulan Desember mencapai 2,783 mpy dan pada bulan November 1,379 mpy. Sedangkan untuk bulan Maret nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,744 mpy seperti pada gambar 4.33.



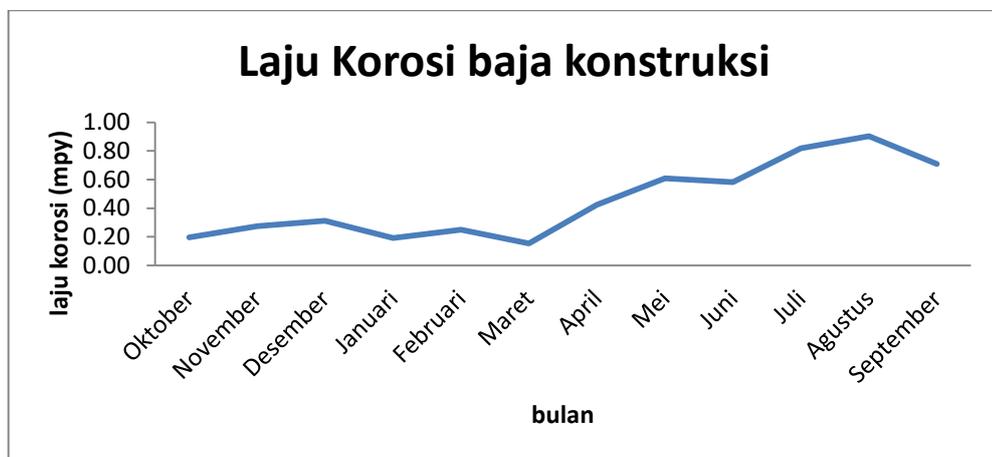
Gambar 4.33 : Grafik laju korosi baja strip pada lokasi B

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi B. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja segiempat di lokasi B yang tinggi terlihat pada pada bulan Desember mencapai 0,465 mpy dan pada bulan November 0,288 mpy. Sedangkan untuk bulan Oktober nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,076 mpy seperti pada gambar 4.34.



Gambar 4.34 : Grafik laju korosi baja segiempat pada lokasi B

Grafik laju korosi terhadap lokasi ekspos (lokasi penelitian) pada lokasi B. Dengan pengukuran yang dilakukan selama enam bulan, dan dari grafik tersebut terlihat bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Untuk nilai laju korosi baja tulangan di lokasi B yang tinggi terlihat pada pada bulan Desember mencapai 0,312 mpy dan pada bulan November 0,274 mpy. Sedangkan untuk bulan Maret nilai laju korosi paling rendah dengan laju 0,152 mpy seperti pada gambar 4.35.



Gambar 4.35 : Grafik laju korosi baja tulangan pada lokasi B

4.2.6. Hubungan laju korosi terhadap cuaca

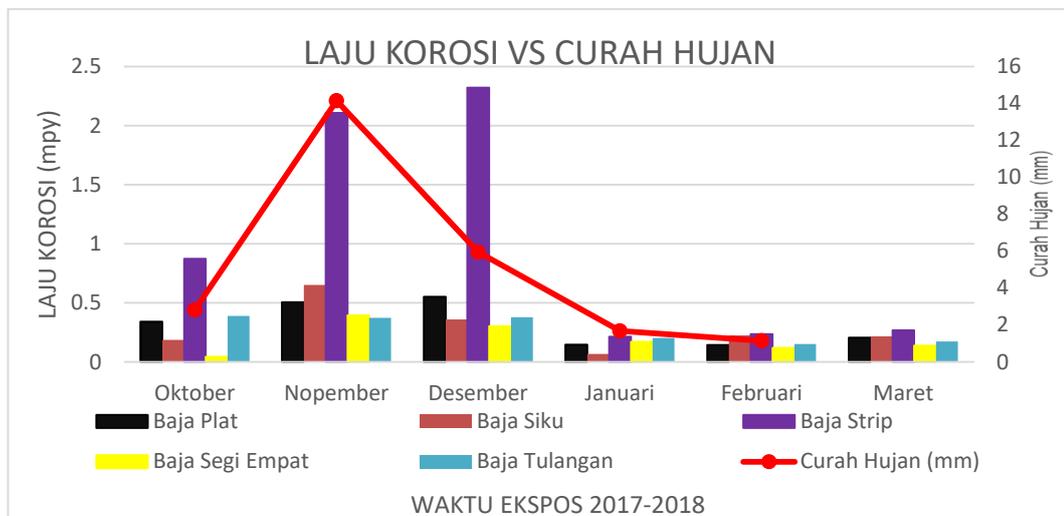
a. LOKASI A

Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan pada lokasi A, dengan waktu pengukuran yang dilakukan selama enam bulan. Dapat di lihat dari grafik bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Laju korosi terlihat relatif tinggi pada bulan November dan Desember 2017 untuk baja strip. Dengan nilai laju korosi mencapai 1,69 mpy untuk baja strip dan 1,46 mpy pada baja siku. Sementara pada bulan Oktober laju korosi

paling rendah pada baja segiempat dengan laju korosi 0,054 mpy dan pada bulan Januari laju korosi paling rendah pada baja siku dengan laju korosi 0,084 mpy.

Grafik juga menjelaskan pada bulan Oktober 2017, Januari dan Februari 2018 curah hujan relatif rendah bila di lihat pada bulan-bulan yang lainnya selama waktu ekspos.

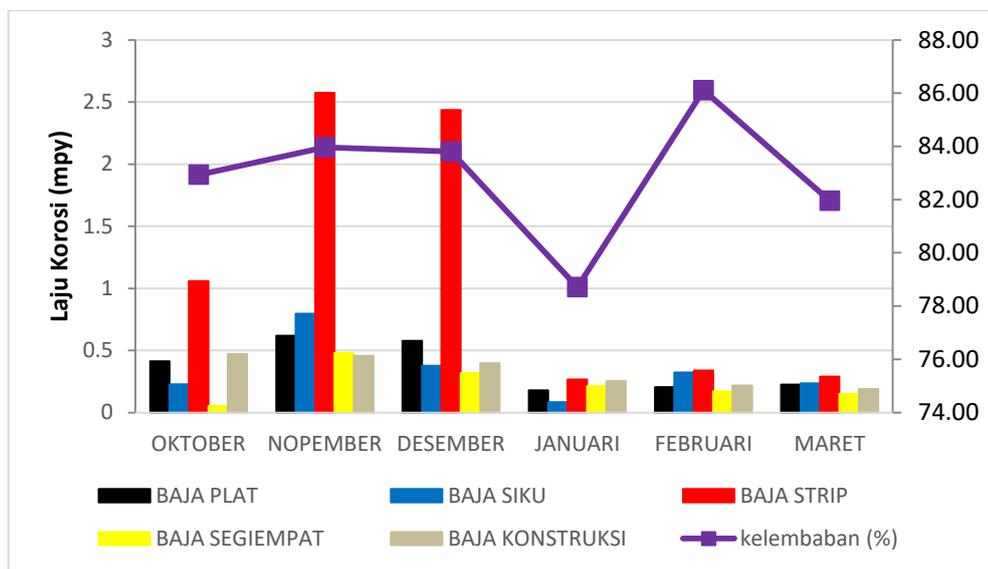
Curah hujan pada bulan November 2017 merupakan yang paling tinggi selama pengukuran namun laju korosi pada bulan tersebut masih tergolong rendah. Untuk di daerah A baja strip dan tulangan yang memiliki laju korosi yang relatif lebih tinggi dari spesimen yang lain. Secara keseluruhan tidak ada hubungan yang signifikan antara laju korosi dengan curah hujan seperti yang terlihat pada gambar 4.36



Gambar 4.36 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan

Gambar 4.37 merupakan grafik hubungan laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban yang menjelaskan pada bulan November dan Desember 2017 terlihat adanya pengaruh kelembaban terhadap laju korosi. Pada bulan Februari kelembaban meningkat namun laju korosi tidak meningkat. Pada bulan Januari

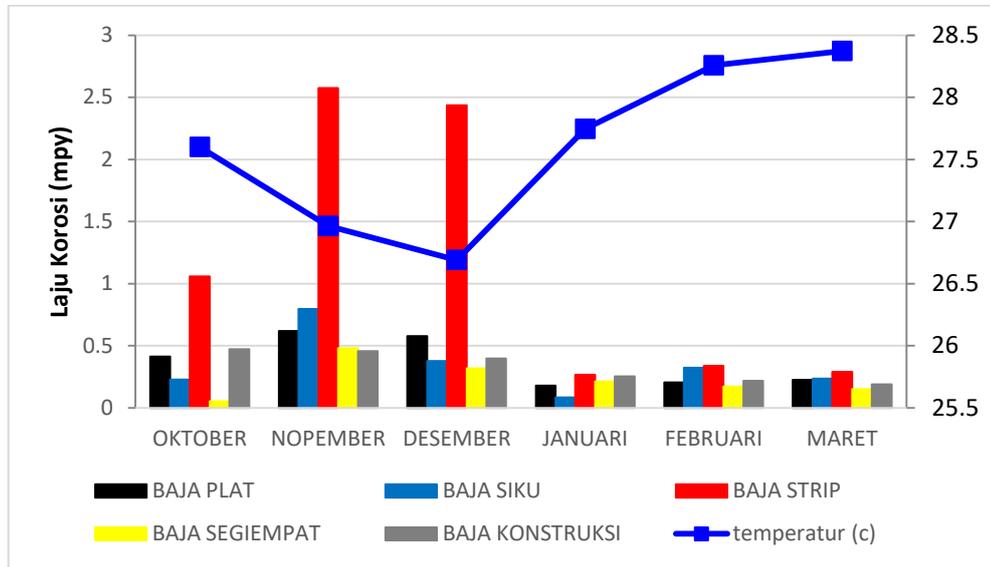
dab bulan Maret 2017 kelembaban menurun laju korosi juga menurun. Kelembaban paling tinggi terjadi pada bulan Februari mencapai 86,11 %, pada bulan tersebut laju korosi tergolong rendah. Pada bulan Oktober sampai dengan bulan Desember secara garis besar menggambarkan adanya relevansi adanya hubungan laju korosi dengan kelembaban. Karena pada bulan tersebut kelembaban meningkat dan laju korosi juga meningkat walaupun tidak signifikan secara keseluruhan seperti yang terlihat pada gambar 4.37.



Gambar 4.37 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban

Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur pada lokasi A. Grafik menunjukkan pada bulan Januari sampai dengan bulan Maret temperatur tidak begitu mempengaruhi laju korosi, karena pada bulan tersebut temperatur tinggi namun laju korosi terlihat rendah. Hubungan laju korosi dengan temperatur tidak terlihat secara keseluruhan pada masa pengukuran. Akan tetapi pada pengukuran di bulan Oktober terlihat adanya pengaruh temperatur terhadap laju korosi walaupun tidak terlalu signifikan. Selanjutnya pada bulan tersebut

temperatur termasuk dalam katagori tinggi, namun hanya baja strip dan baja konstruksi yang memiliki laju korosi yang relatif tinggi seperti yang terlihat pada gambar 4.38.



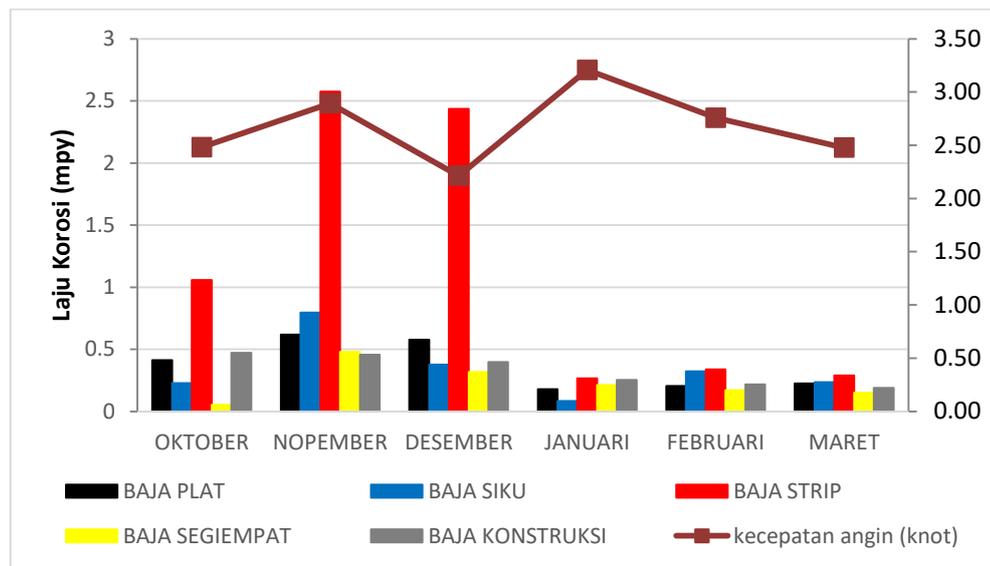
Gambar 4.38 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur

Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin pada lokasi A. Terlihat pada grafik ini bahwa kecepatan angin rata-rata setiap bulan pengukuran laju korosi sebesar 2 Knot (3,7 Km/jam), sedangkan pada bulan Januari yang kecepatan anginnya sebesar 3 Knot (5,5 Km/jam).

Grafik menjelaskan secara keseluruhan bahwa kecepatan angin tidak memberi dampak secara keseluruhan terhadap laju korosi. Karena terlihat pada grafik hanya di bulan Oktober, November, dan Desember yang menunjukkan pengaruh terhadap laju korosi. Kemudian terjadinya variasi laju korosi pada setiap spesimen bisa di pengaruhi oleh komposisi dari spesimen dan proses dalam pembuatannya serta bisa di pengaruhi oleh faktor cuaca.

Laju korosi di lokasi A untuk semua spesimen rata-rata pertahunnya mencapai 0,118 mpy pada baja plat, 0,410 mpy untuk baja siku, 0,774 mpy baja strip, 0,152 mpy baja segiempat dan 0,177 mpy baja konstruksi. Kalau di lihat dari semua spesimen baja strip dan baja siku yang relatif tinggi laju korosinya, sehingga untuk baja strip dan siku yang sangat rentan terhadap korosi atmosferik.

Kemudian jika di lihat pada Tabel 2.2 tentang kriteria tingkat laju korosi yang terjadi di lokasi A pada semua spesimen dengan rata-rata laju korosinya 0,118 mpy – 0,774 mpy selama enam bulan masih dalam katagori laju korosi sangat lambat seperti yang terlihat pada gambar 4.39



Gambar 4.39 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin

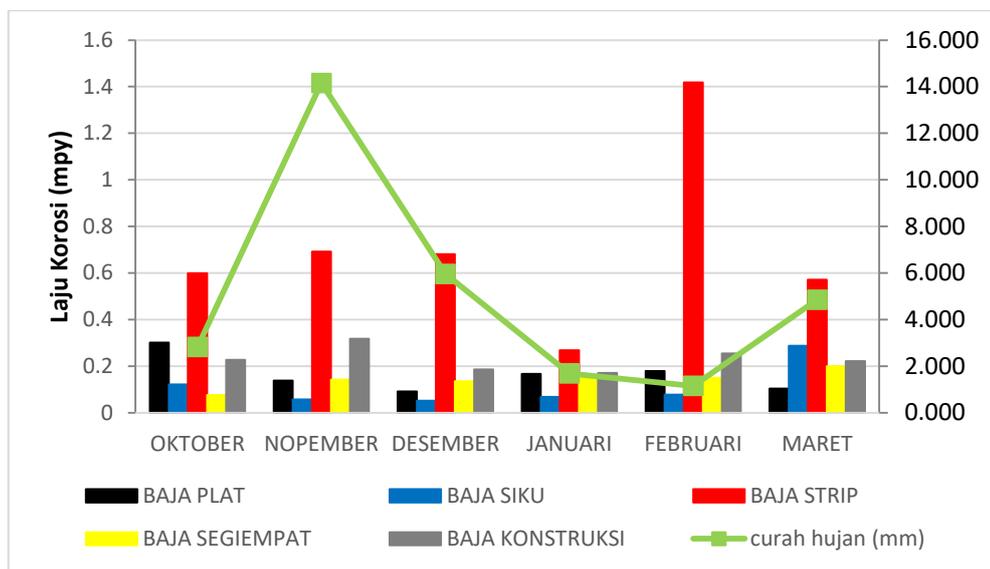
b. LOKASI Y

Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan pada lokasi Y, dengan waktu pengukuran yang dilakukan selama enam bulan. Dapat di lihat dari grafik bahwa selama waktu pengukuran menunjukkan adanya variasi nilai laju korosi. Laju korosi terlihat relatif tinggi untuk baja strip di bulan Februari 2018

dan baja strip di bulan Desember 2017. Dengan nilai laju korosi mencapai 1,141 mpy. Untuk bulan yang sama laju korosi paling rendah pada baja siku dengan laju korosi 0,076 mpy.

Grafik juga menjelaskan pada bulan Oktober 2017, Januari dan Februari 2018 curah hujan relatif rendah bila di lihat pada bulan-bulan yang lainnya selama waktu ekspos.

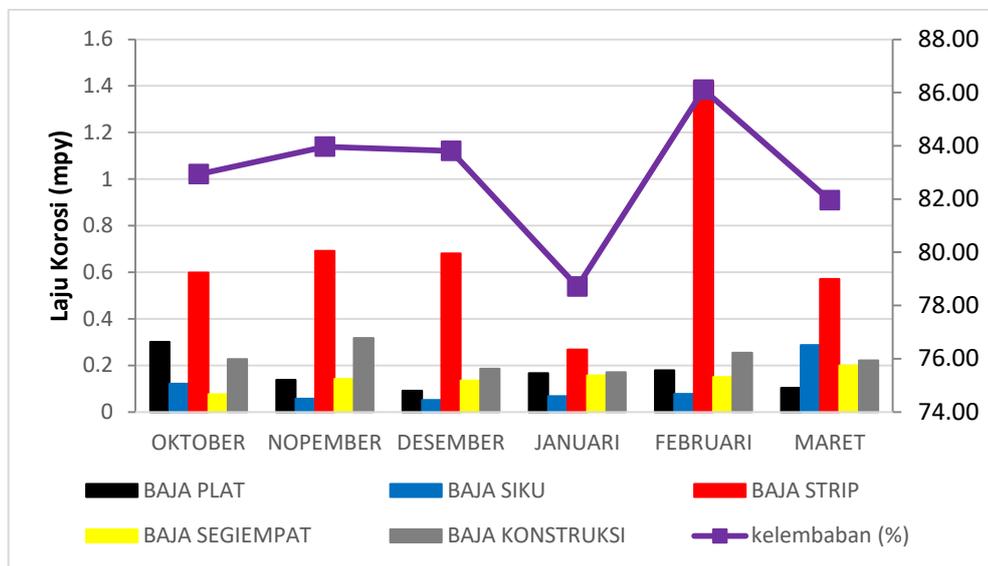
Curah hujan pada bulan November 2017 merupakan yang paling tinggi selama pengukuran namun laju korosi pada bulan tersebut masih tergolong rendah. Untuk di lokasi Y baja strip yang memiliki laju korosi yang relatif lebih tinggi dari spesimen yang lain. Secara keseluruhan tidak ada hubungan yang signifikan antara laju korosi dengan curah hujan seperti yang terlihat pada gambar 4.40.



Gambar 4.40 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan

Grafik hubungan laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban yang menjelaskan dari bulan Februari sampai bulan Maret 2018 terlihat adanya

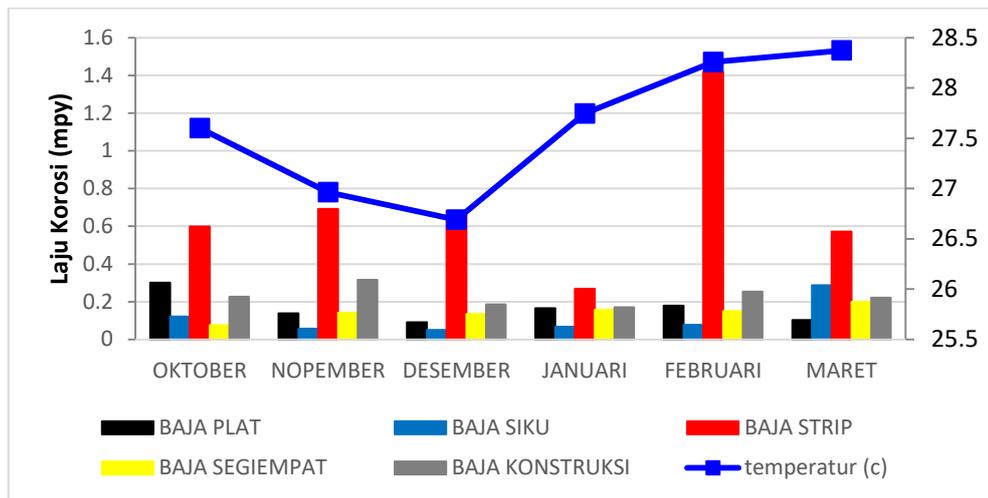
pengaruh kelembaban terhadap laju korosi. Pada bulan Desember 2017 ke Januari 2018 kelembaban menurun laju korosi juga menurun. Kelembaban paling tinggi terjadi pada bulan Februari mencapai 86,11 %, pada bulan tersebut laju korosi tergolong rendah. Pada bulan Oktober samapai dengan bulan Desember secara garis besar menggambarkan adanya relevansi adanya hubungan laju korosi dengan kelembaban. Karena pada bulan tersebut kelembaban meningkat dan laju korosi juga meningkat walaupun tidak signifikan secara keseluruhan seperti yang terlihat pada gambar 4.41.



Gambar 4.41 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban

Grafik laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur pada lokasi Y. Grafik menunjukkan pada bulan Oktober sampai dengan bulan Desember temperatur tidak begitu mempengaruhi laju korosi, karena pada bulan tersebut temperatur rendah namun laju korosi terlihat rendah. Hubungan laju korosi dengan temperatur tidak terlihat secara keseluruhan pada masa pengukuran. Akan tetapi pada pengukuran dari bulan Januari sampai dengan bulan Maret terlihat

adanya pengaruh temperatur terhadap laju korosi walaupun tidak terlalu signifikan. Selanjutnya pada bulan tersebut temperatur termasuk dalam katagori tinggi, namun hanya baja strip yang memiliki laju korosi yang relatif tinggi seperti yang terlihat pada gambar 4.42.



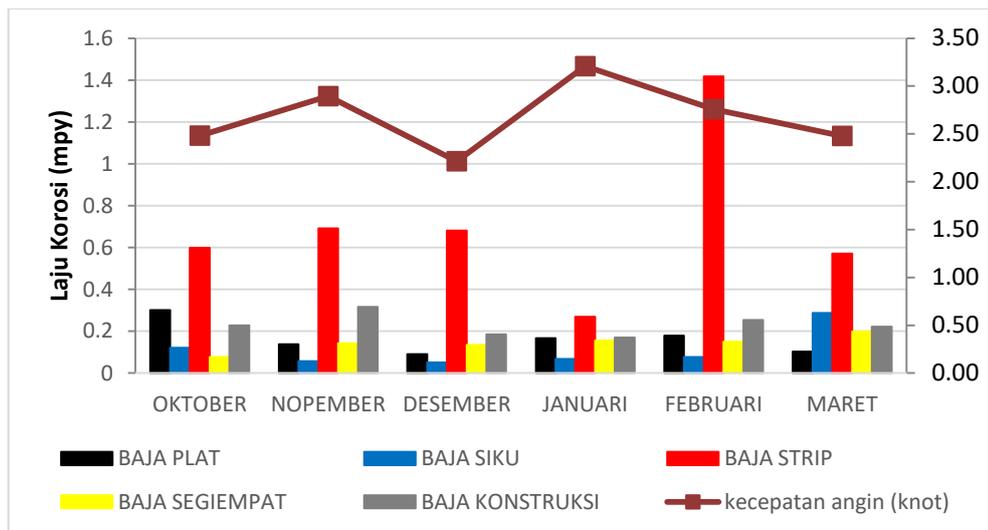
Gambar 4.42 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperature

Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin pada lokasi Y. Terlihat pada grafik ini bahwa kecepatan angin rata-rata setiap bulan pengukuran laju korosi sebesar 2 Knot (3,7 Km/jam), sedangkan pada bulan Januari yang kecepatannya sebesar 3 Knot (5,5 Km/jam).

Grafik menjelaskan secara keseluruhan bahwa kecepatan angin tidak memberi dampak secara keseluruhan terhadap laju korosi. Karena terlihat pada grafik hanya di bulan Januari, Februari dan Maret yang menunjukkan pengaruh terhadap laju korosi walaupun tidak signifikan. Kemudian terjadinya variasi laju korosi pada setiap spesimen bisa di pengaruhi oleh komposisi dari spesimen dan proses dalam pembuatannya serta bisa di pengaruhi oleh faktor cuaca (klimatologi).

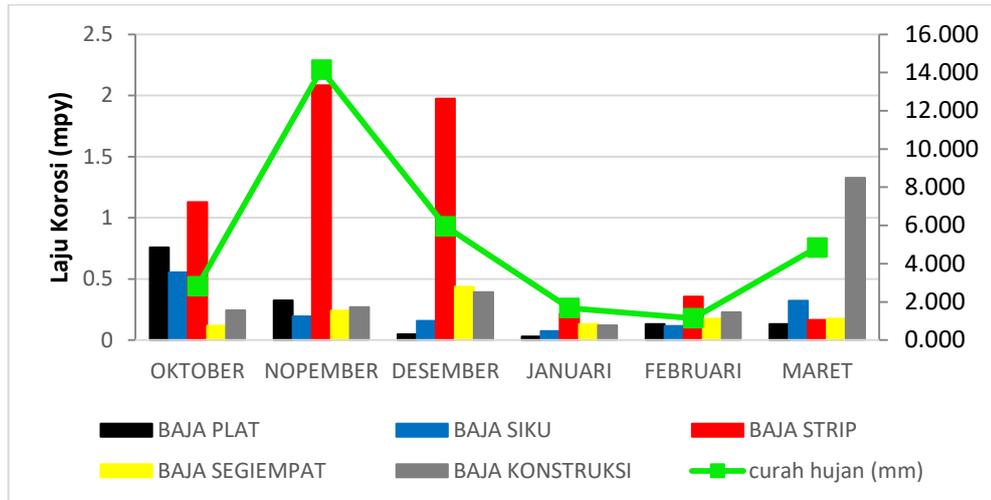
Laju korosi di lokasi Y untuk semua spesimen rata-rata pertahunnya mencapai 0,163 mpy pada baja plat, 0,110 mpy untuk baja siku, 0,704 mpy baja strip, 0,143 mpy baja segiempat dan 0,229 mpy baja tulangan. Kalau di lihat dari semua spesimen baja strip dan baja tulangan yang relatif tinggi laju korosinya, sehingga untuk baja strip dan tulangan yang sangat rentan terhadap korosi atmosferik.

Kemudian jika di lihat pada Tabel 2.2 tentang kriteria tingkat laju korosi yang terjadi di lokasi Y pada semua spesimen dengan rata-rata laju korosinya 0,110 mpy – 0,704 mpy selama enam bulan masih dalam katagori laju korosi sangat lambat. Seperti yang terlihat pada gambar 4.43.

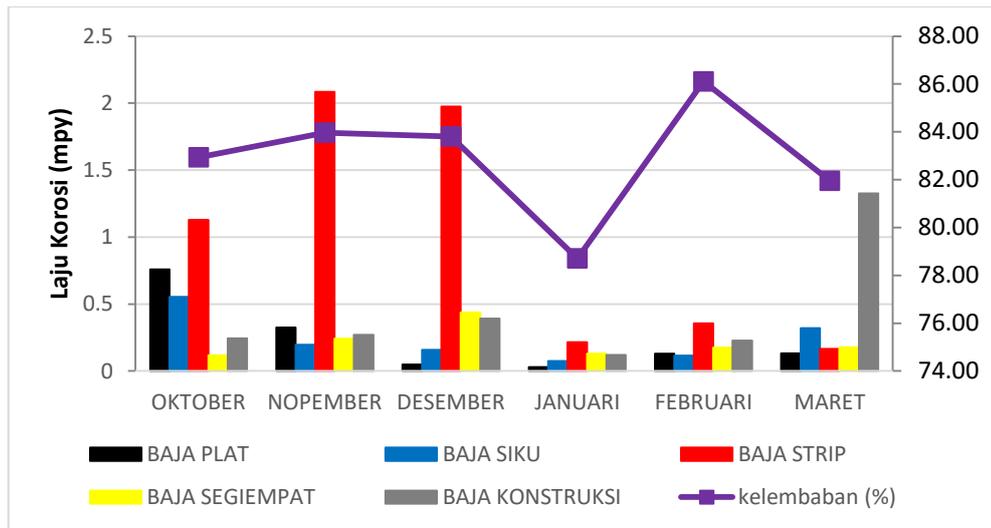


Gambar 4.43 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin

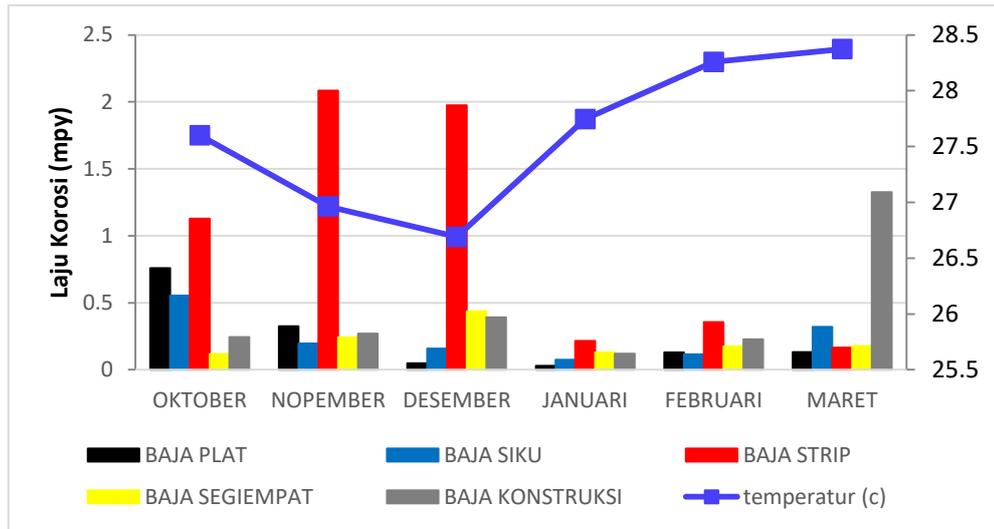
c. LOKASIM



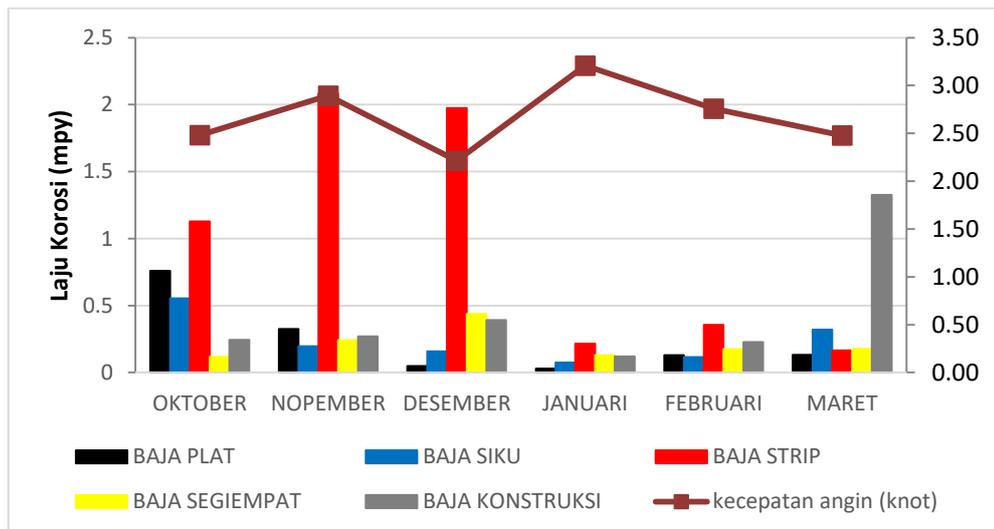
Gambar 4.44 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan



Gambar 4.45 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban

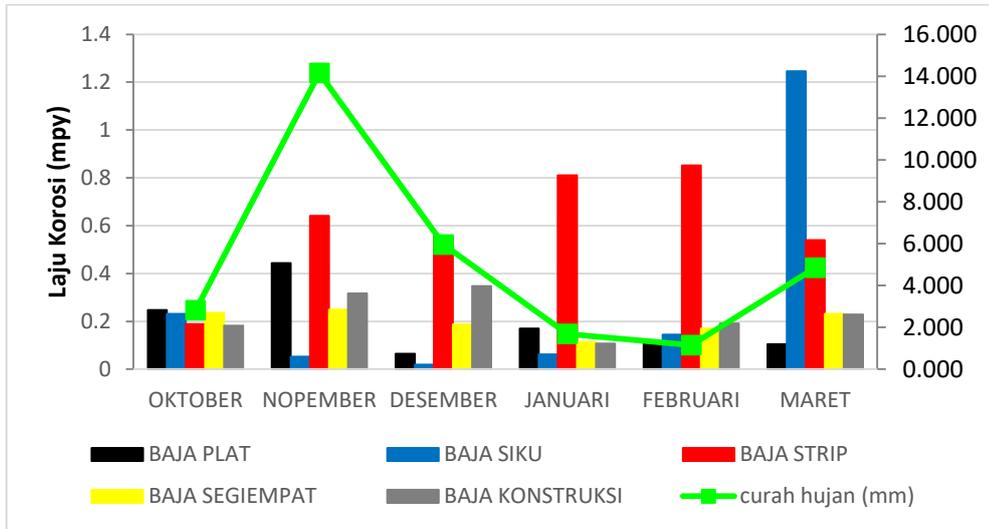


Gambar 4.46 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur

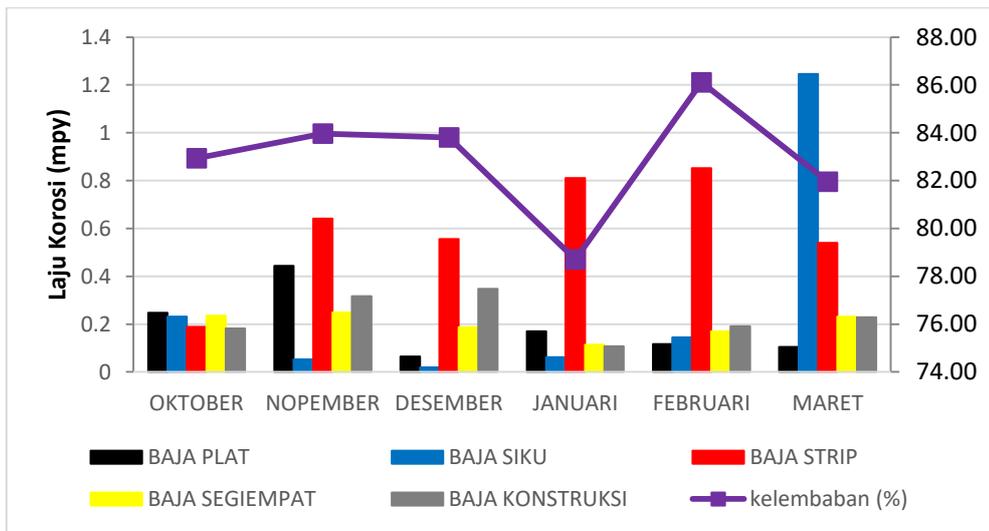


Gambar 4.47 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin

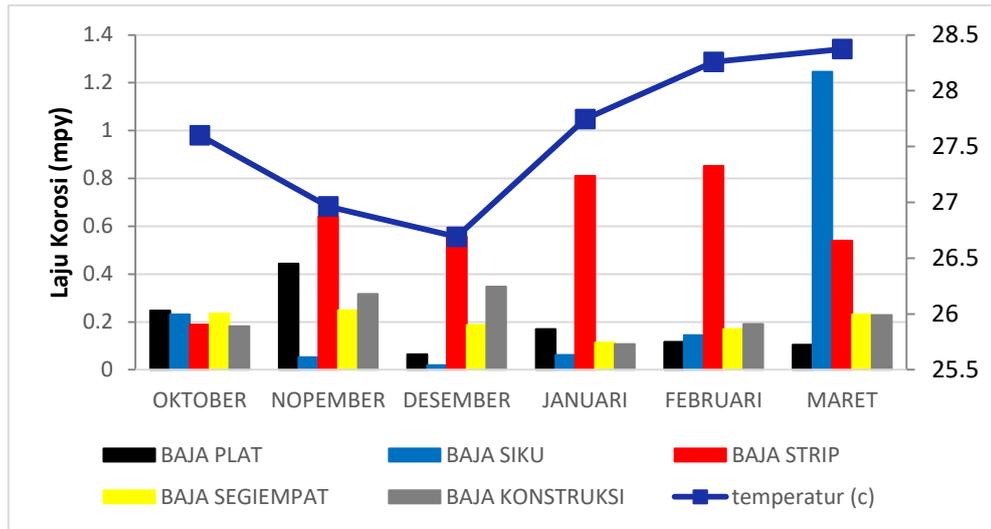
d. LOKASI T



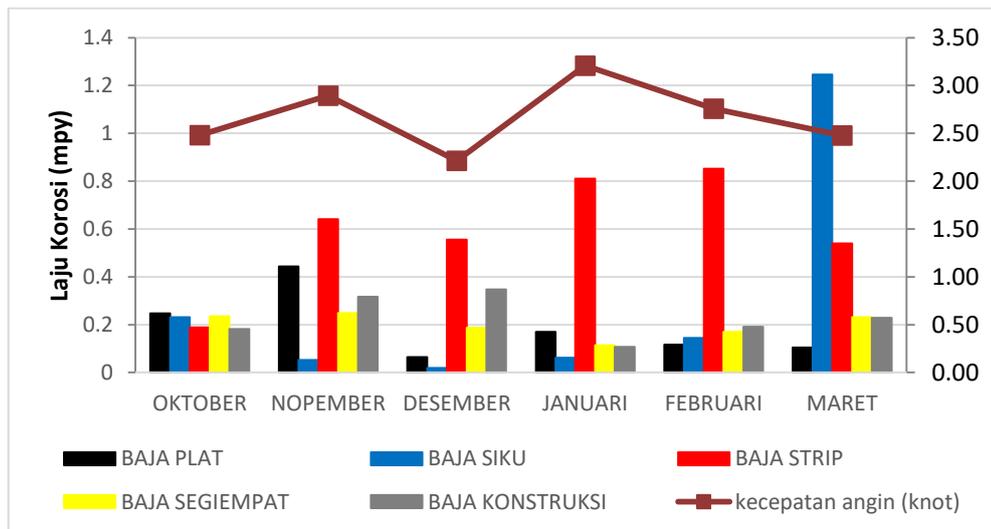
Gambar 4.48 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan



Gambar 4.49 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban

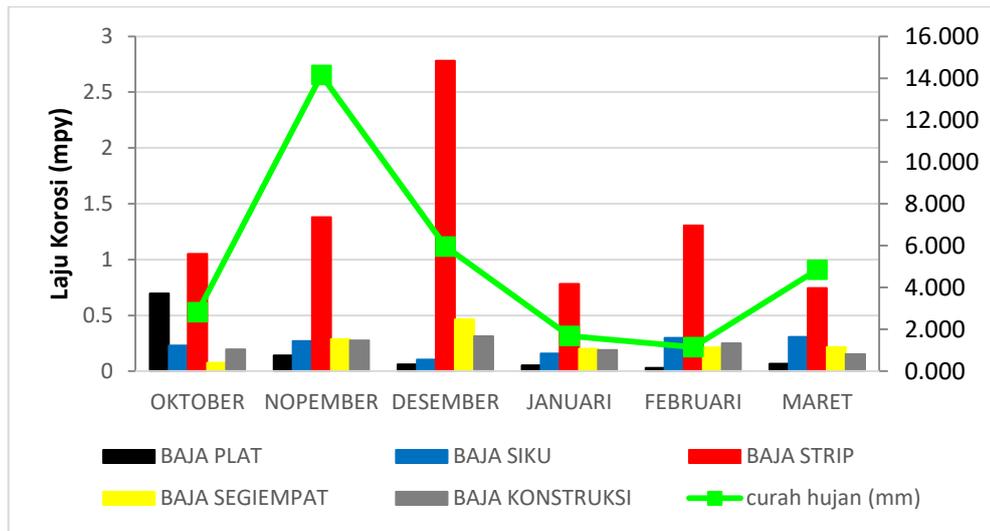


Gambar 4.50 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur

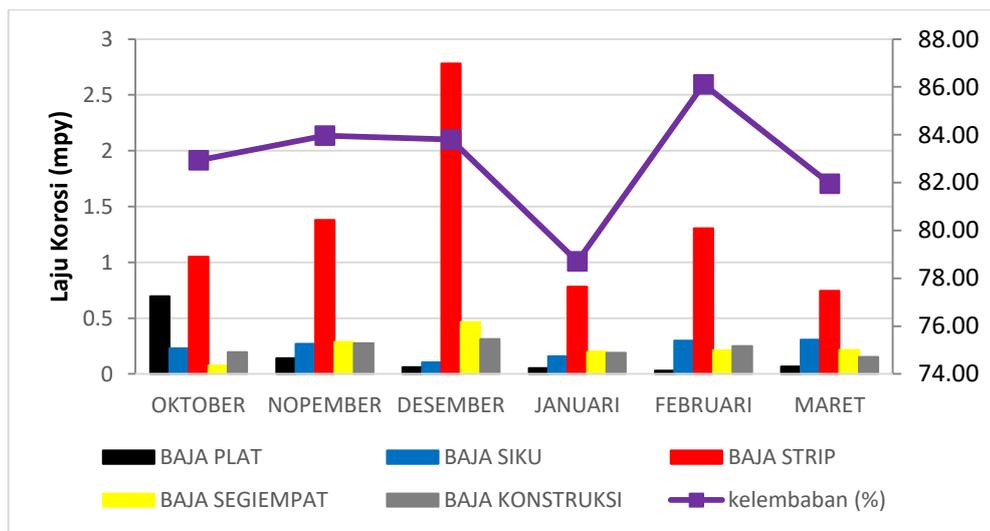


Gambar 4.51 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin

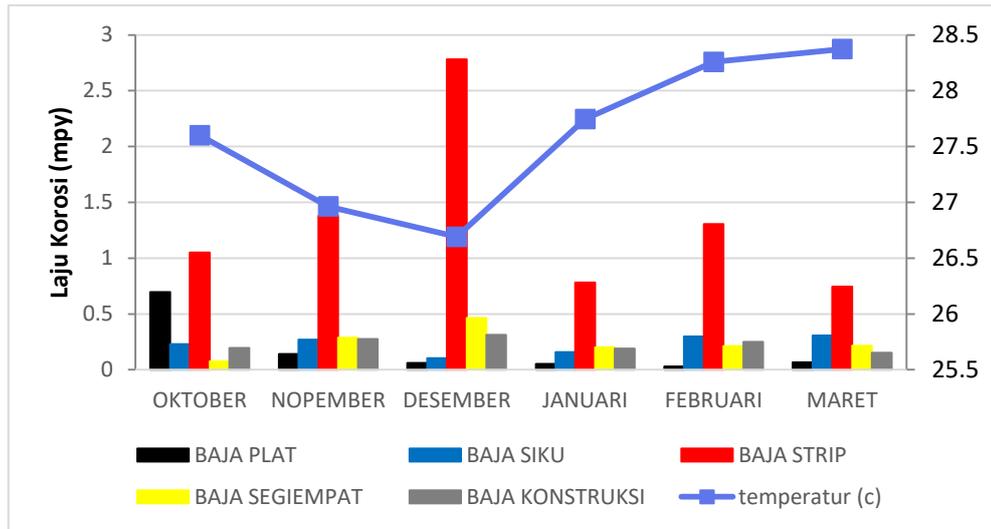
e. LOKASI B



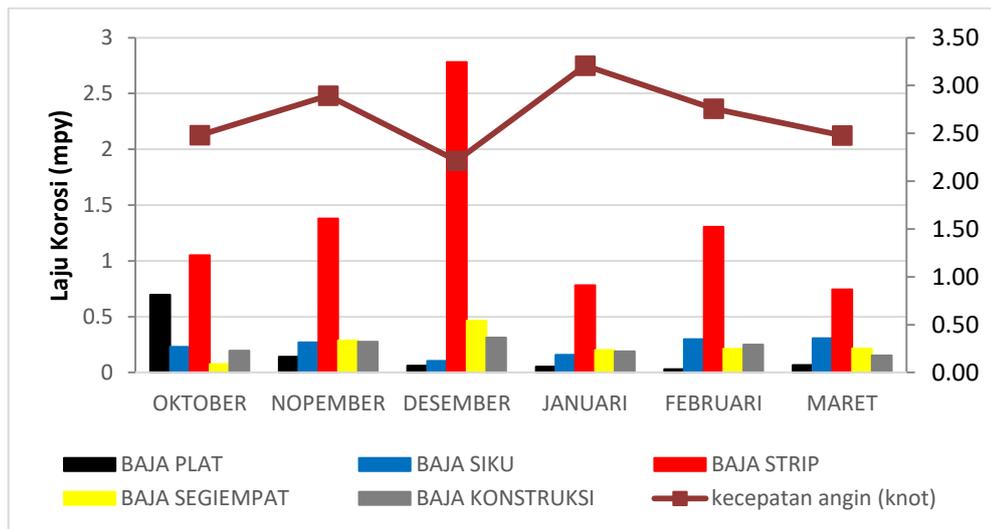
Gambar 4.52 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan curah hujan



Gambar 4.53 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kelembaban



Gambar 4.54 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan temperatur



Gambar 4.55 : Grafik hubungan antara laju korosi terhadap waktu ekspos dan kecepatan angin

BAB 5

KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan laju korosi atmosferik yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

Pada pengukuran laju korosi yang dilakukan pada lokasi PT. Tjipta Rimba Djaya dengan penelitian yang dilakukan selama 6 bulan telah mendapatkan hasil berupa rata-rata laju korosi untuk baja plat 0,369 mpy, baja siku 0,340 mpy, baja strip 1,159 mpy, baja segiempat 0,230 mpy, baja tulangan 0,330 mpy. Pada lokasi rumah pak Yudi juga telah didapatkan rata-rata laju korosi selama enam bulan untuk baja plat 0,163 mpy, baja siku 0,110 mpy, baja strip 0,704 mpy, baja segiempat 0,143 mpy, baja tulangan 0,229 mpy. Pada lokasi SMK Muhammadiyah 04 juga telah dilakukan pengukuran laju korosi dengan laju korosi rata-rata selama enam bulan untuk baja plat 0,237 mpy, baja siku 0,236 mpy, baja strip 0,987 mpy, baja segiempat 0,213 mpy, baja tulangan 0,430 mpy. Pada lokasi Tambak Udang milik warga yang dilakukan pengujian korosi juga telah didapatkan data laju korosi rata-rata pada lokasi tersebut, untuk baja plat 0,191 mpy, baja siku 0,292 mpy, baja strip 0,598 mpy, baja segiempat 0,197 mpy, baja tulangan 0,229 mpy. Pada lokasi rumah bu Juriati sebagai warga yang penulis lakukan penelitian dirumahnya tersebut juga telah selesai dilakukan dengan rata-rata laju korosi selama enam bulan dilakukan pengujian didapat hasil berupa baja plat 0,174 mpy, baja siku 0,228 mpy, baja strip 1,340 mpy, baja segiempat 0,243 mpy, baja tulangan 0,229 mpy.

Sehingga dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa baja yang paling rentan terhadap serangan laju korosi adalah baja strip, hal ini bisa dipengaruhi oleh komposisi dan proses pembuatan material. Dari hasil pengamatan yang dilakukan selama enam bulan pengukuran laju korosi atmosferik di lima titik lokasi dapat disimpulkan bahwa serangan yang terjadi pada lima titik lokasi tersebut masih dalam kategori yang sangat lambat untuk semua spesimen uji.

5.2 Saran

Beberapa hal yang harus dilakukan pada penelitian lanjutan nantinya dengan melakukan pengembangan beberapa hal yaitu :

1. Menggunakan alat pengukur cuaca MAWS (*Monitoring Automatic Weather Station*) untuk mengukur keadaan cuaca di setiap lokasi pengujian
2. Data pengukuran laju korosifitas atmosferik sebaiknya dilakukan selama satu tahun untuk mendapatkan data korosi yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM International, 2003, *ASM Handbook, Volume 13A*, Corrosion: ASM International.
- ASTM G-1 – 03 *ASTM Standards*, 1999, Vol 03.02, Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens
- ASTM G 50 – 76 *ASTM Standards*, 1997, Vol 03.02, Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests Metals.
- Broomfield, J.P., 1997 “*Corrosion of Steel in Concrete – Understanding, Investigation and Repair*”, London, U.K., E&FN Spon.
- Castano, J. G., Botero, C. A., Restrepo, A. H., Agudelo, E. A., Correa, E., Echeverría, F., 2010, “*Atmospheric corrosion of carbon steel in Colombia*”, *Corrosion Science* 52: 216–223.
- M.G. Fontana, dan N.D. Greene, 1983, “*Corrosion Engineering*”, 2nd. Edition, McGraw-Hill International.
- R. Suratman, 1990, “dasar-dasar korosi dan penanggulangannya” Lab. Teknik Produksi dan Pembentukan Material, ITB, Bandung.
- Roberge, Pierre R., 1999, “*Handbook of Corrosion Engineering*”, McGraw-Hill International.
- Schweitzer, philip A., 2007, “*Fundamentals of Metallic Corrosion: Atmospheric and Media Corrosion of Metals*”, 2nd. Edition, CCRC Press Taylor and Francis Group.
- Scully, J.C., 1983, *The Fundamentals of Corrosion*, Pergamon Press, Oxford.
- Sulistiono (2007). Korosi tingkatkan Biaya Perawatan (<https://www.its.ac.id/news/2007/06/21/> korosi tingkatkan biaya perawatan)
- Treathewey, KR. And Chamberlain, J, Korosi, 1991
- Uhlig, H.H., 1971, “*Corrosion and Corrosion Control an Introduction to Corrosion Science and Engineering*”, John Wiley and Sons Inc.
- Widyanto, B., 2008, “*Permasalahan Korosi dan Penanganannya di Industri Perminyakan di Indonesia*”, termuat di: www.migas-indonesia.net, diakses 25 Januari 2018.

The World Corrosion Organization termuat di: www.corrosion.org, diakses 12 Desember 2017.