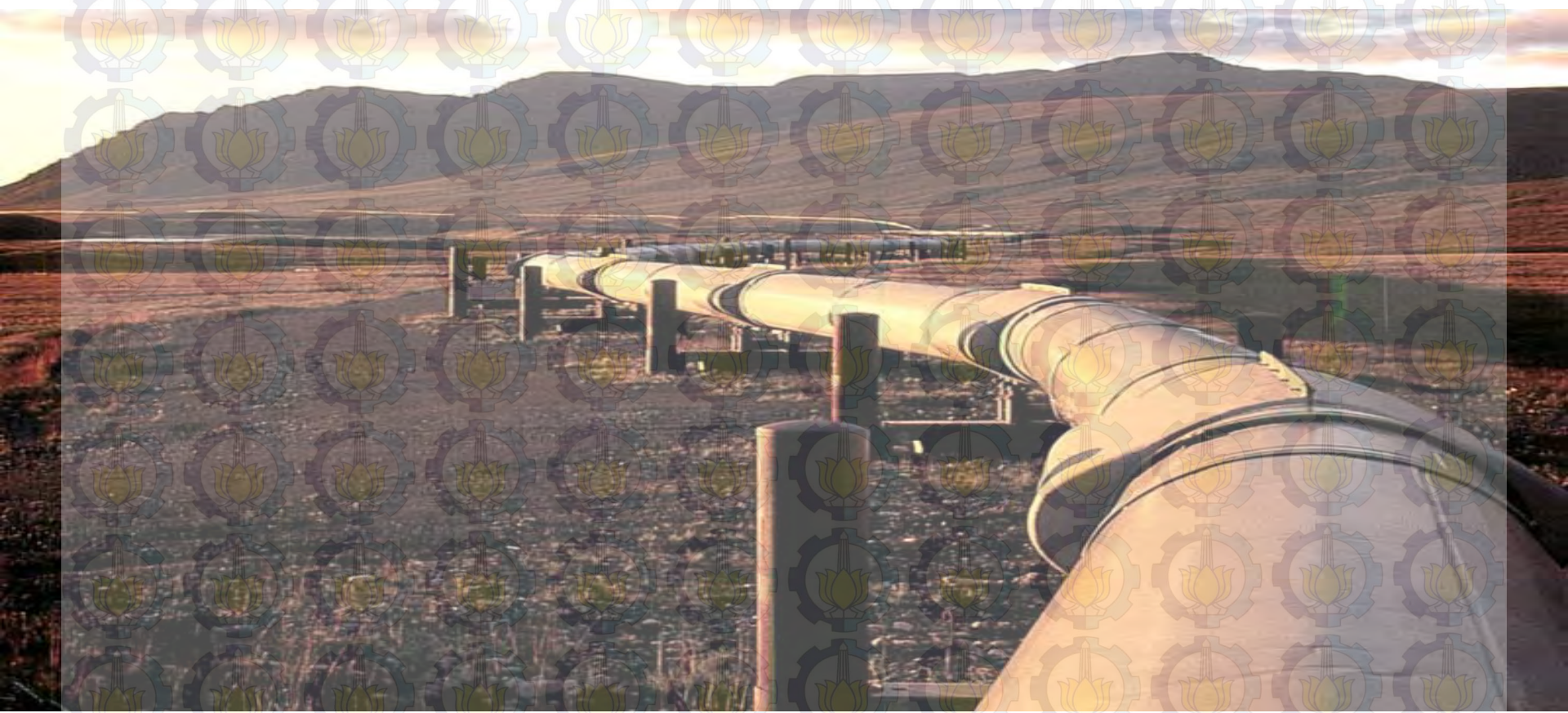




PENGARUH GORESAN LAPIS LINDUNG DAN PH TANAH TERHADAP ARUS PROTEKSI SISTEM *IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP)* PADA PIPA API 5 L GRADE B



Oleh:
Trendy Leo Pratama (2711 100 082)

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., S.T., M.T.

The background of the slide features a repeating pattern of a light blue gear with a yellow lotus flower inside it, arranged in a grid. A dark grey horizontal bar is positioned across the middle of the slide, containing the title text.

BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang



Industri Minyak dan Gas tidak bisa lepas dari masalah korosi

Diberi coating



Coating rusak

1. Butuh dana yang besar
2. Butuh solusi

Rumusan Masalah




1. Bagaimana pengaruh luas goresan lapis lindung terhadap arus proteksi sistem ICCP pada pipa API 5L *grade B*?

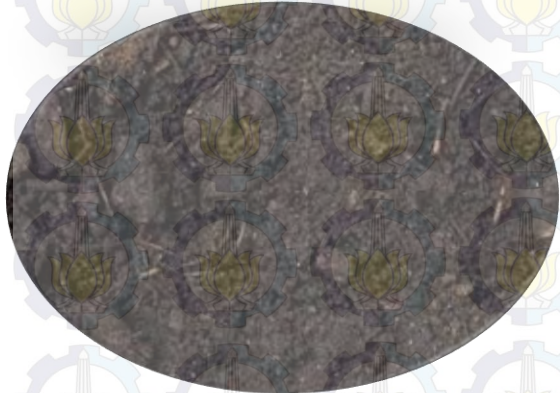


2. Bagaimana pengaruh tingkat keasaman (pH) tanah terhadap arus proteksi sistem ICCP pada pipa API 5L *grade B*?

Tujuan Penelitian



1. Memahami pengaruh luas goresan lapis lindung terhadap arus proteksi sistem ICCP pada pipa API 5L *grade B*.



2. Memahami pengaruh tingkat keasaman (pH) tanah terhadap arus proteksi sistem ICCP pipa API 5L *grade B*.

Batasan Masalah

Material baja karbon rendah API 5L *grade B* homogen

Diasumsikan spesimen berada pada kondisi atmosfer yang sama (konsentrasi O₂ sama)

Kelembapan udara pada lingkungan sama

Perubahan temperatur dan pH pada lingkungan diabaikan

Lapis lindung yang digunakan menutup permukaan spesimen dengan sempurna, selain goresan yang sengaja dibuat

Manfaat Penelitian

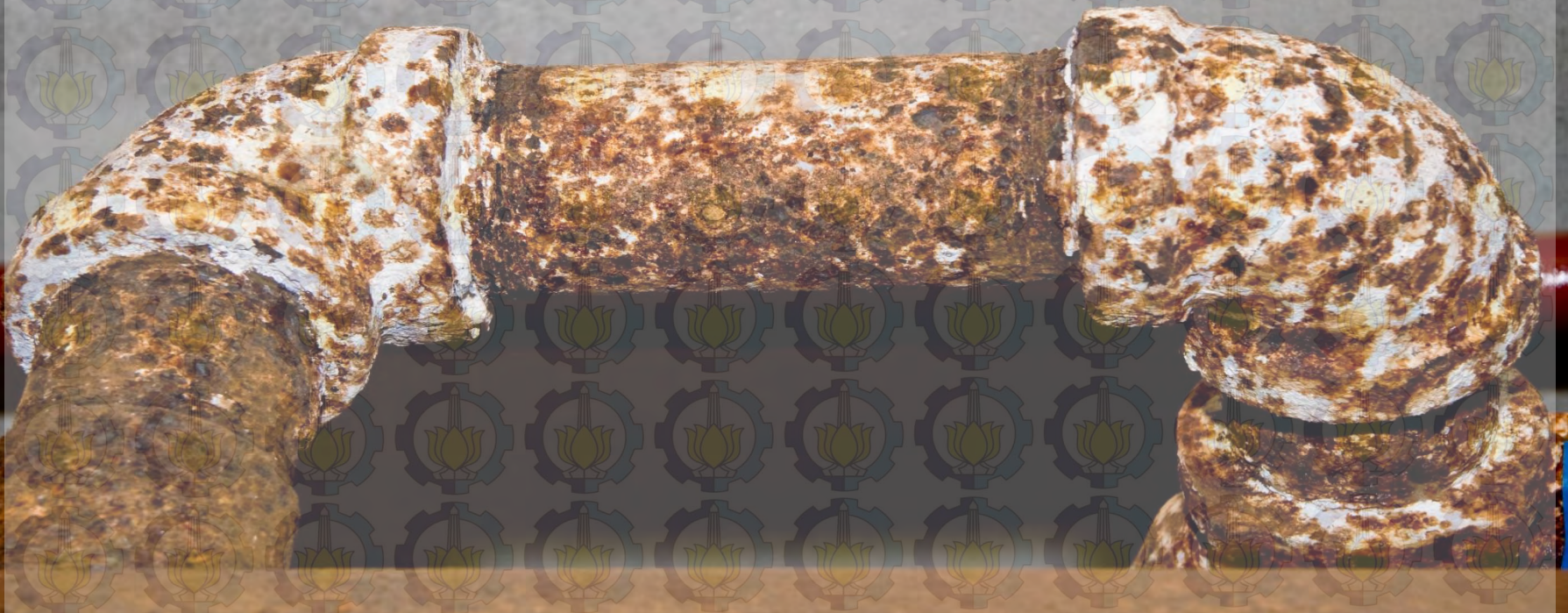
Menjadi referensi untuk menentukan arus proteksi yang harus diberikan agar sesuai dengan kondisi *pipeline* dengan kondisi *coating* yang memiliki goresan

Mengembangkan keilmuan mengenai proteksi katodik khususnya ICCP dalam aplikasinya di industri minyak dan gas

The background of the slide features a repeating pattern of a light blue gear with a yellow lotus flower inside it, arranged in a grid. A dark grey horizontal bar is positioned across the middle of the slide, containing the title text.

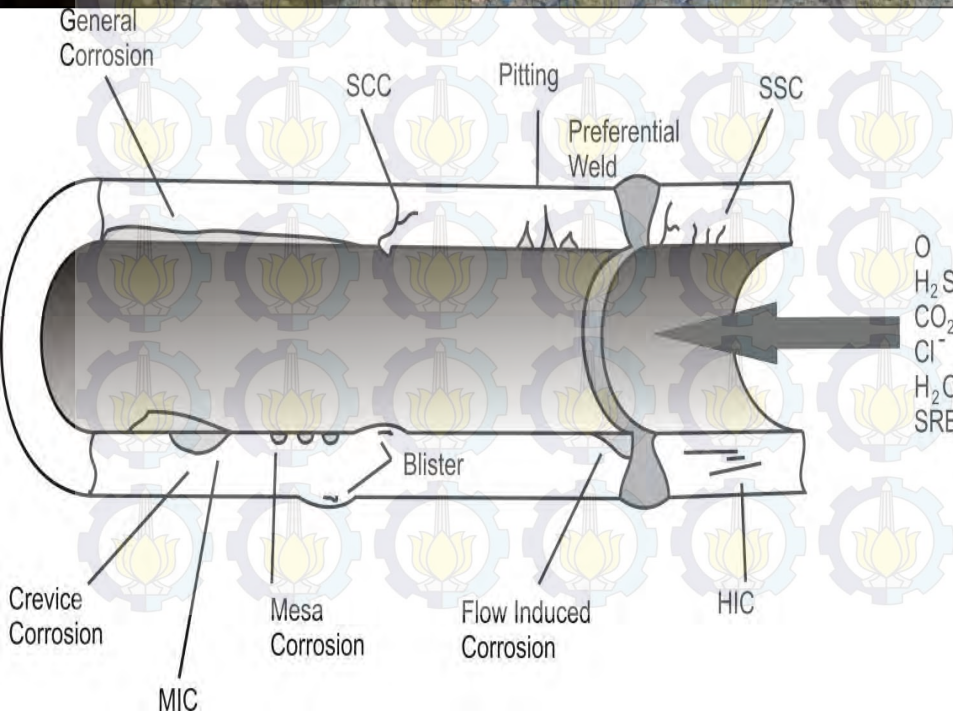
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian korosi adalah perusakan atau penurunan mutu dari material akibat bereaksi dengan lingkungannya (Fontana, 1987)



Korosi

Korosi pada *Pipeline* Industri Minyak dan Gas



Pada pipa industri minyak dan gas terdapat air, garam CO₂, H₂S atau bahkan bahan abrasif (pasir) yang berpotensi untuk korosi internal (Roberge, 2000)

Pengoperasian pipa pada *pipeline* membutuhkan proteksi pada permukaan eksternal pipa, karena pipa pada *pipeline* kerap terekspos lingkungan dan cenderung berinteraksi dengan lingkungan. Pada akhirnya, akan timbul korosi pada pipa *pipeline* (Rafferty, 1989)

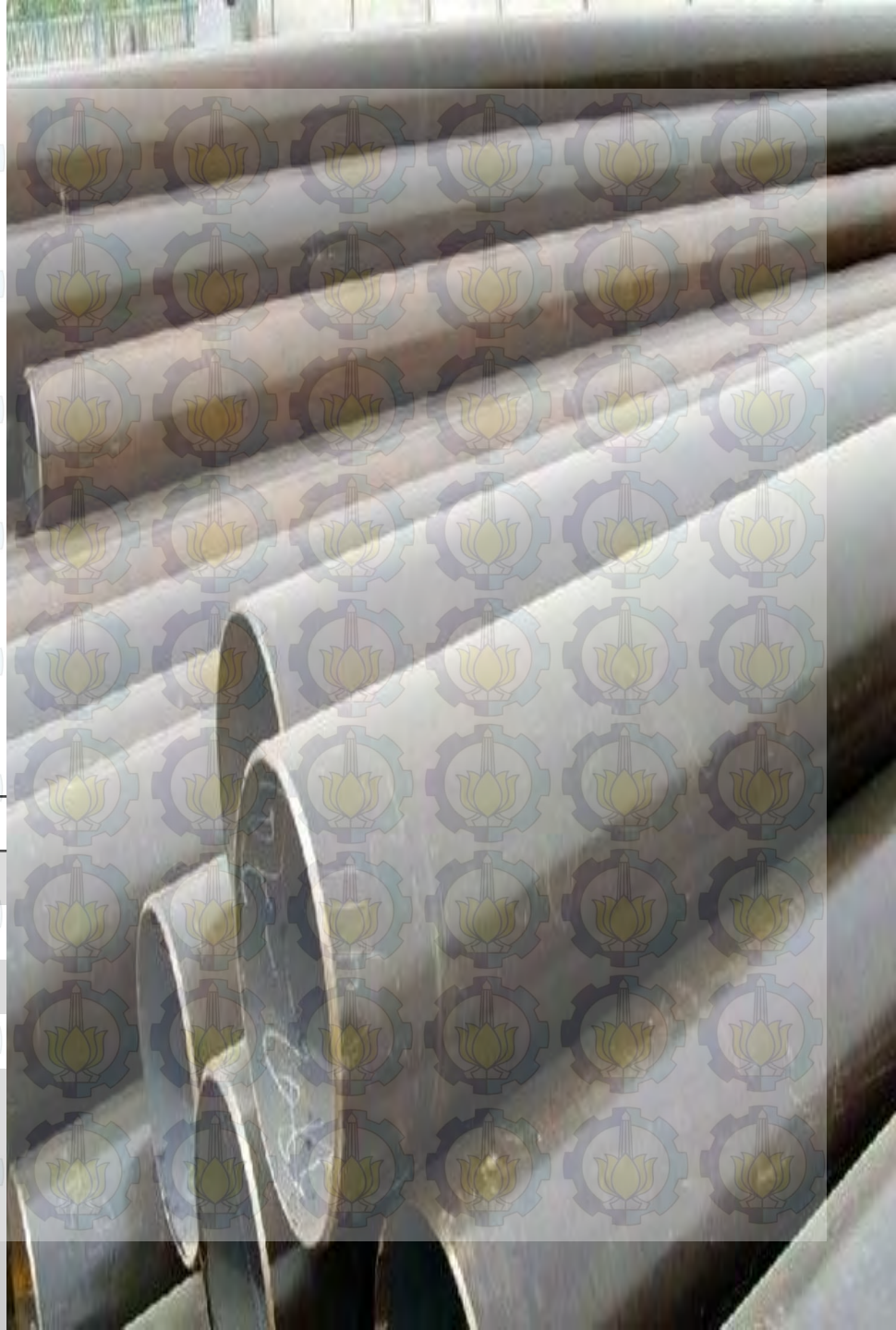
Material Pipa

API 5L *grade B*

Tabel Komposisi Kimia Pipa API 5L *grade B*

(Sumber: Specifications for Line Pipe)

Elemen	Kadar (%)
Carbon	0.22
Mangan	1.2
Phospor	0.025
Sulfur	0.015
Others (Columbium/Niobium, vanadium, titanium or combination)	0.04



Material Coating



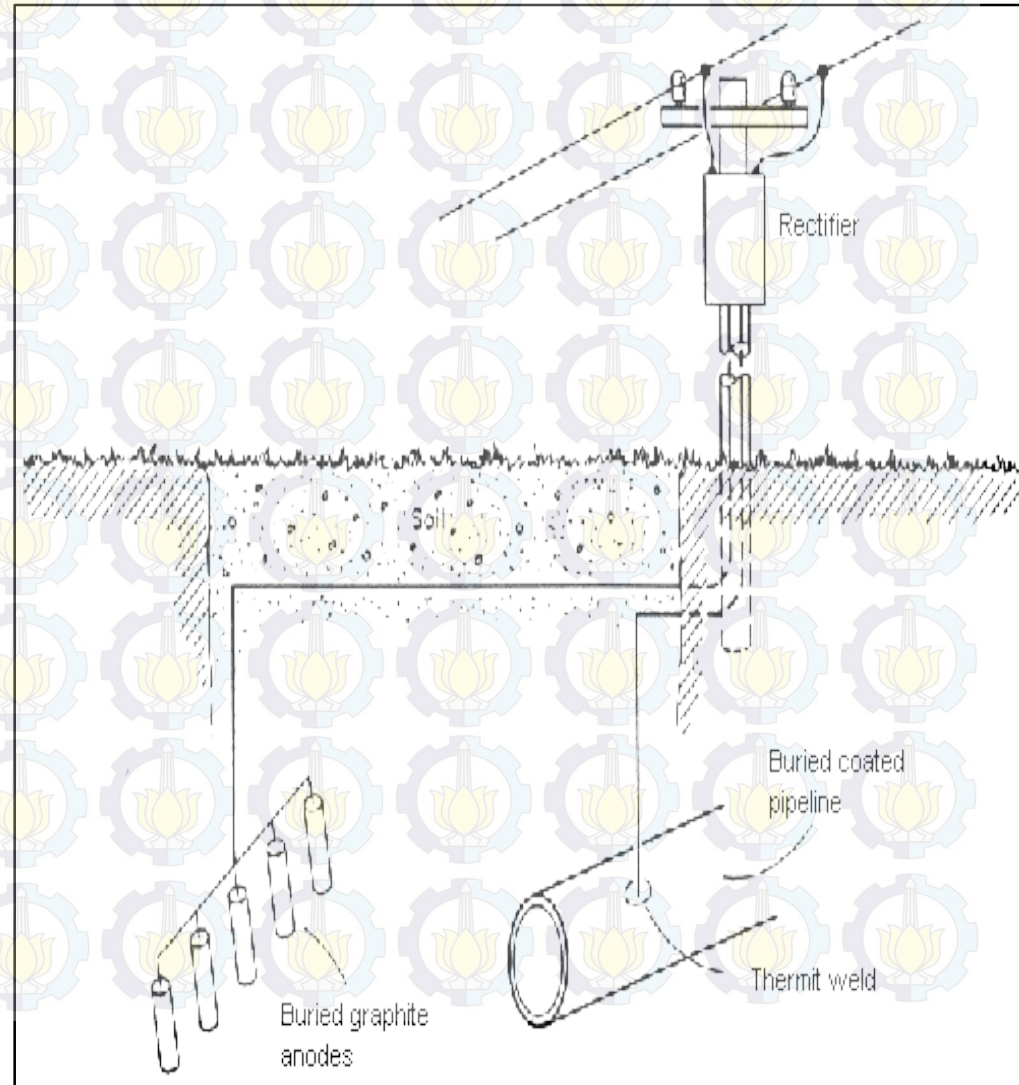
Zinc Chromate & Epoxy Filler

Sistem Proteksi Katodik *Impressed Current Cathodic Protection*

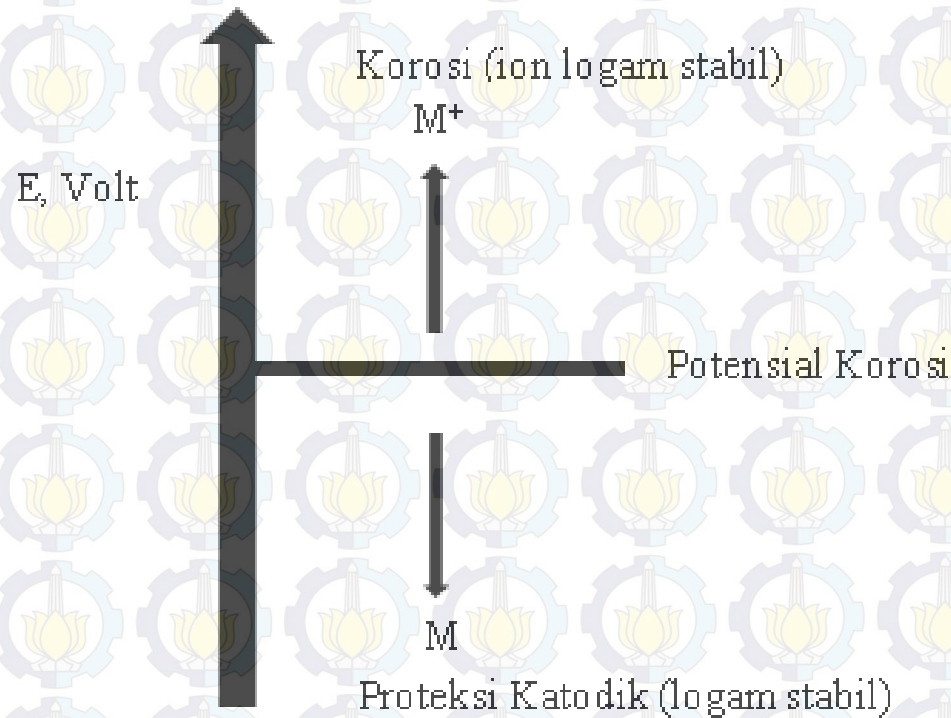
Menjadikan struktur menjadi katoda

Struktur terproteksi jika diberi pasokan elektron (Reduksi)

Sumber arus DC memberi *supply* elektron ke sistem selama berkerja (Proteksi)



Potensial Korosi



- Merupakan potensial campuran (*mixed potential*) antara potensial anodik dan katodiknya pada rangkaian terbuka (*open circuit potentials*), pada nilai potensial ini pada umumnya logam akan terkorosi.
- Makin besar arus listrik yang dialirkan, makin besar penurunan potensialnya dan logam makin stabil atau tingkat laju korosinya makin rendah.

Pengukuran Arus Proteksi

Half Cell Potential Electrode

Potensial Korosi
= Potensial
antara Anoda
dan Katoda

Beda antara
Potensial
Elektroda
dengan
Reference

Indikator tingkat
korosi sistem

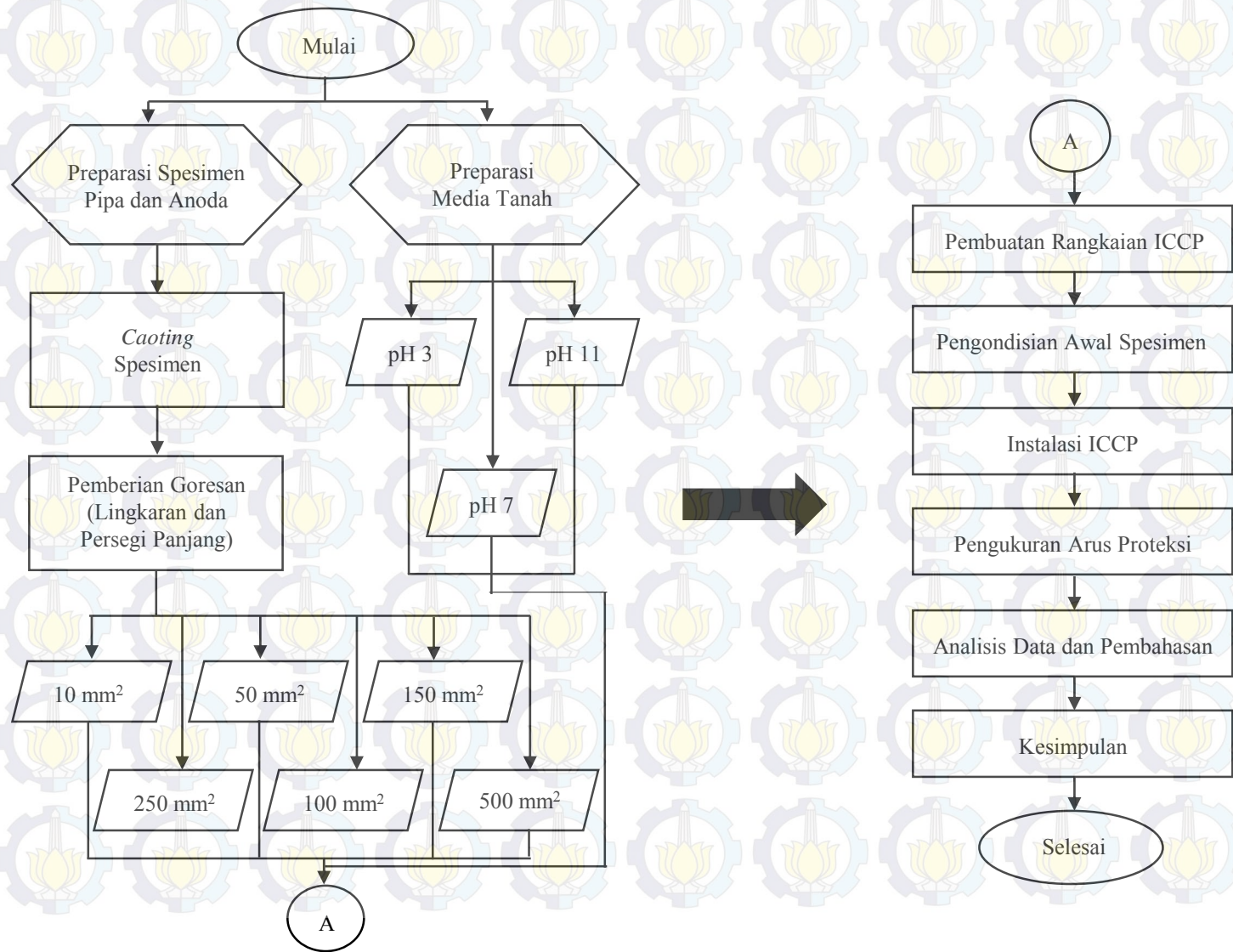
Potential (V vs. Cu/CuSO ₄)	Condition of steel
-0.5 to -0.6	Intense corrosion
-0.6 to -0.7	Corrosion
-0.7 to -0.8	Some protection
-0.8 to -0.9	Cathodic protection
-0.9 to -1.0	Some overprotection
-1.0 to -1.1	Increased overprotection
-1.1 to -1.4	Increasingly severe overprotection, coating disbondment and blistering, increasing risk of hydrogen embrittlement

Logam	Potensial Proteksi, -V (CSE)
Baja aerobik	0,85
Baja anaerobik	0,95
Timbal	0,60
Tembaga	0,50-0,65
Aluminium	0,95-1,20
Lebih dari satu logam / paduan dalam satu kesatuan	Potensial diturunkan sampai yang diperlukan untuk proteksi katodik yang paling negatif



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Standar yang Digunakan

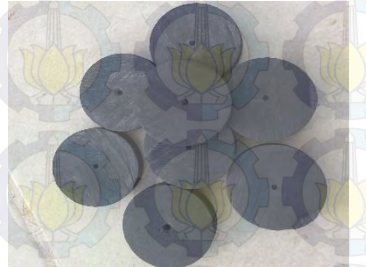
API 5L Specification for Line Pipe

*NACE Standard TM-0169-95
Laboratory Corrosion Testing of
Metals*

Bahan Penelitian



(1)



(2)



(3)



(4)



(7)



(8)



(9)



(10)



(11)

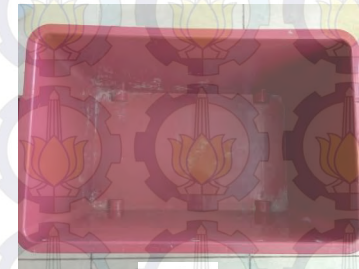
1. Pipa API 5L *grade B*
2. Anoda Grafit
3. *Epoxy Coating*
4. *Cat Zinc Chromate*
5. Aquades
6. Tanah
7. *Filler Perekat (Filler Lem Tembak)*
8. Asam Klorida (HCl) 1M
9. Natrium Hidroksida (NaOH) 1M
10. Kertas Ampelas
11. *Karet Sponge*

Alat Penelitian

1. Gergaji Mesin
2. Gergaji Tangan
3. *Container Box* Plastik
4. Kaca Bening sebagai Sekat antar
5. Multimeter Digital
6. Avometer
7. pH Meter
8. Rectifier
9. Rollmeter
10. Lakban
11. Kuas
12. Elektroda Standar Cu/CuSO_4
13. Mesin Bor
14. Penggaris
15. Gunting
16. Mesin Gerinda
17. Tang
18. Kikir
19. Mur & Baut
20. Kabel
21. Spidol
22. *Jack Connector*



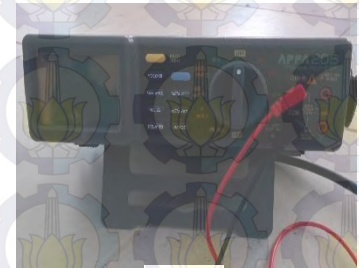
(1)



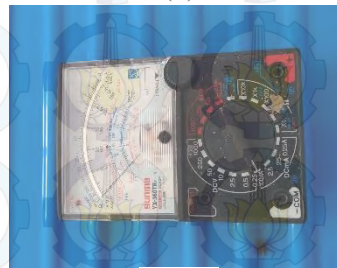
(3)



(4)



(5)



(6)



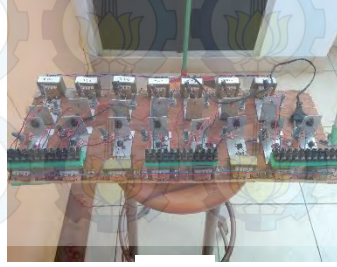
(7)



(16)



(13)



(8)



(12)

Langkah Penelitian

Preparasi
Katoda
dan
Anoda

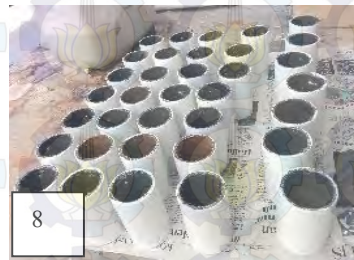
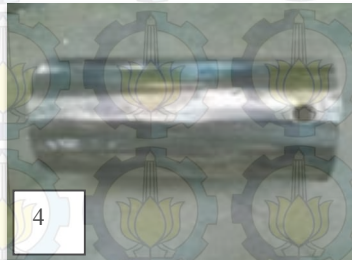
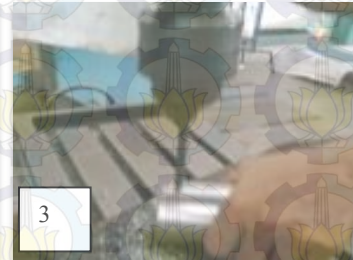
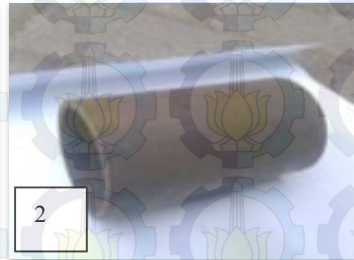
Pemberian
Coating
dan
Goresan

Pembuatan
Media
Elektrolit

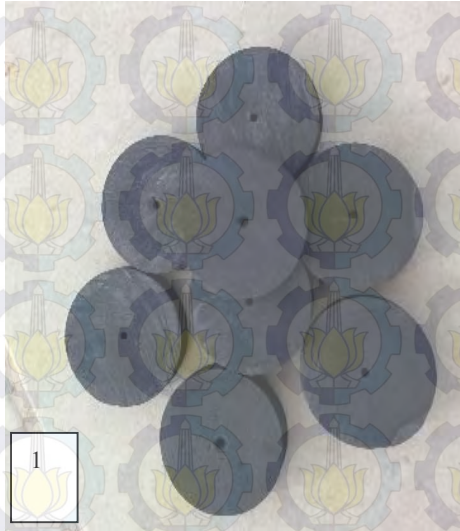
Pembuatan
Rangkaian
ICCP dan
Imersi

Pengukuran
Arus
Proteksi

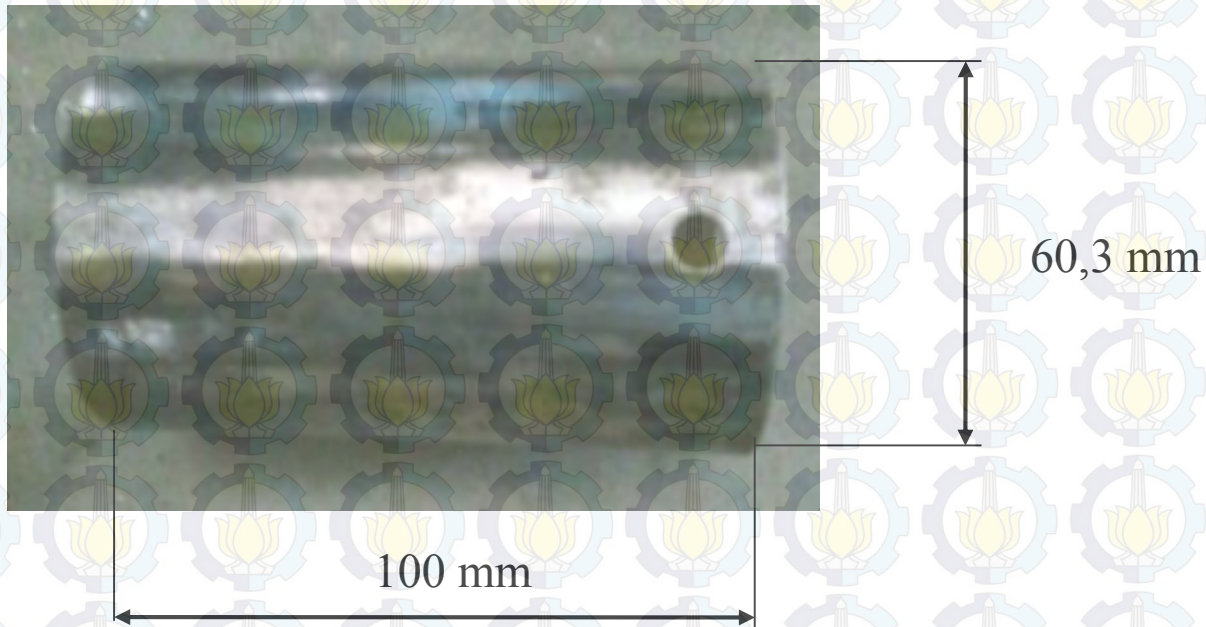
Langkah Preparasi Katoda



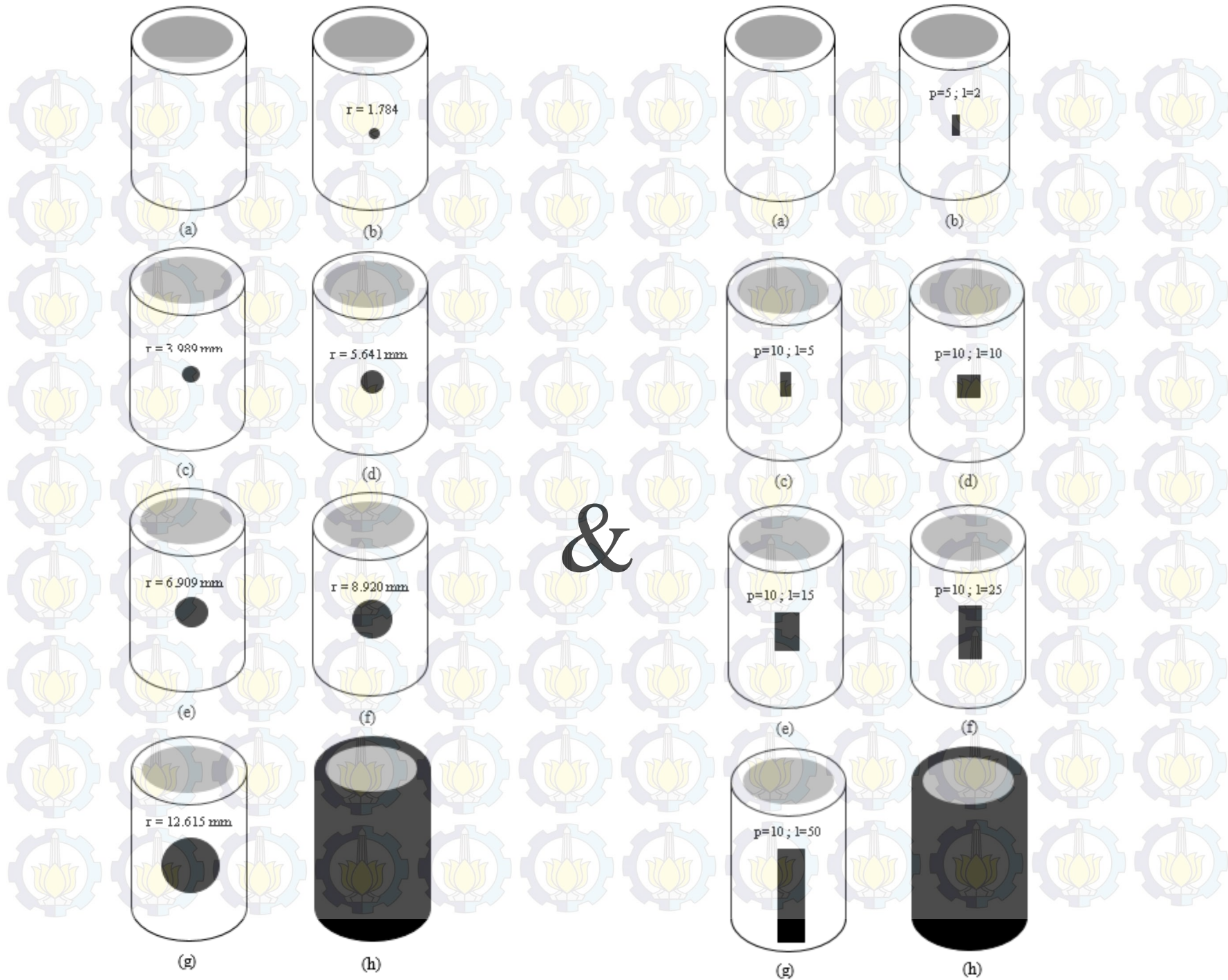
Langkah Preparasi Anoda



Langkah Pemberian Goresan dan *Coating*



Gambar dan Dimensi Katoda (Pipa API
5L grade B)



Pembuatan Media Elektrolit

Luas Permukaan Katoda

$$SA = \pi \cdot OD \cdot L$$

$$SA = 3.14 \times 60.3 \times 100$$

$$SA = 18934.2 \text{ mm}^2 = 189.342 \text{ cm}^2$$

Berdasar **NACE Standard TM 0169-95**, rasio minimum untuk volume larutan (elektrolit) terhadap luas permukaan spesimen adalah **20 mL/cm²**

- Volume tanah minimum untuk 1 spesimen:

$$\begin{aligned} V_{\text{elektrolit}} &= 20 \text{ mL/cm}^2 \times 189.342 \text{ cm}^2 \\ &= 3786.84 \text{ mL} = \pm 3.8 \text{ L (Dibuat 4 L)} \end{aligned}$$

- Volume tanah minimum untuk 8 spesimen (1 elektrolit):

$$\begin{aligned} V_{\text{elektrolit}} &= 8 \times 4 \text{ L} \\ &= 32 \text{ L} \end{aligned}$$

Volume larutan elektrolit yang digunakan sebesar 1 liter untuk setiap spesimen. Sehingga untuk satu box yang berisi 8 spesimen, dibutuhkan volume elektrolit sebanyak:

$$V = 8 \times 1 \text{ L} = 8 \text{ L}$$

Perhitungan pH 3 (Dengan HCl 1M)

$$\text{pH} = 3 \text{ maka } [\text{H}^+] = 10^{-3}$$

$$\text{Jadi, } M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1 \cdot V_1 = 10^{-3} \cdot 1000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

Perhitungan pH 11 (Dengan NaOH 1M)

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$11 + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pOH} = 3, \text{ maka } [\text{OH}^-] = 10^{-3}$$

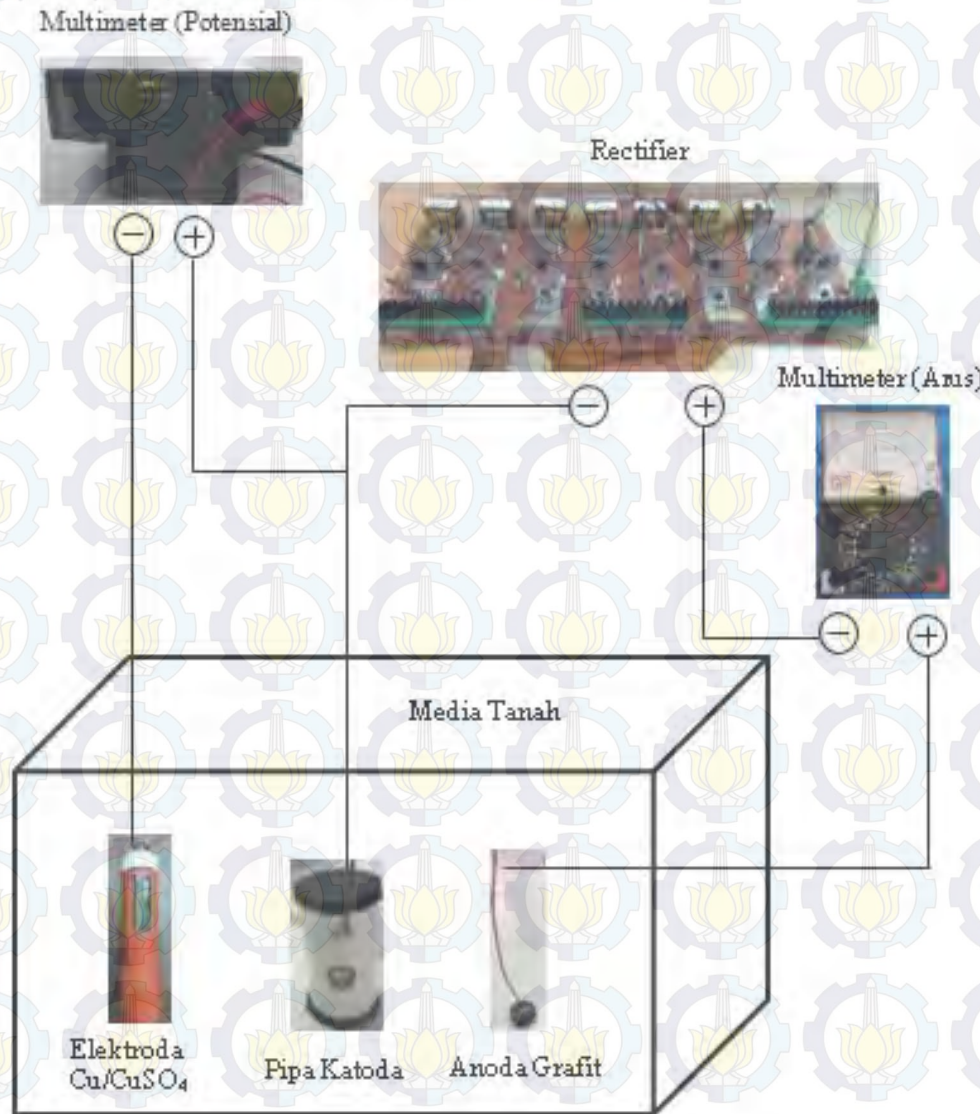
Jadi,

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1 \cdot V_1 = 10^{-3} \cdot 1000 \text{ ml}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

Skema Rancangan Penelitian



Kodefikasi Spesimen

Bentuk Gores Lingkaran

pH	Luas Gores (mm ²)	Kode
3	0	O3A
	10	O3B
	50	O3C
	100	O3D
	150	O3E
	250	O3F
	500	O3G
	18934,2	O3H
pH	Luas Gores (mm ²)	Kode
7	0	O7A
	10	O7B
	50	O7C
	100	O7D
	150	O7E
	250	O7F
	500	O7G
	18934,2	O7H
pH	Luas Gores (mm ²)	Kode
11	0	O11A
	10	O11B
	50	O11C
	100	O11D
	150	O11E
	250	O11F
	500	O11G
	18934,2	O11H

Bentuk Gores Persegi Panjang

pH	Luas Gores (mm ²)	Kode
3	0	P3A
	10	P3B
	50	P3C
	100	P3D
	150	P3E
	250	P3F
	500	P3G
	18934,2	P3H

pH	Luas Gores (mm ²)	Kode
7	0	P7A
	10	P7B
	50	P7C
	100	P7D
	150	P7E
	250	P7F
	500	P7G
	18934,2	P7H

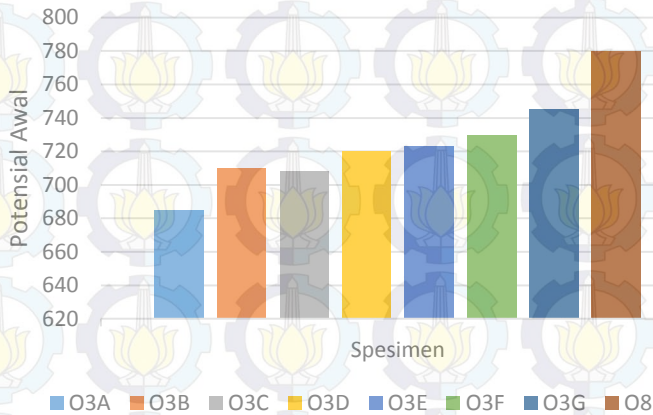
pH	Luas Gores (mm ²)	Kode
11	0	P11A
	10	P11B
	50	P11C
	100	P11D
	150	P11E
	250	P11F
	500	P11G
	18934,2	P11H



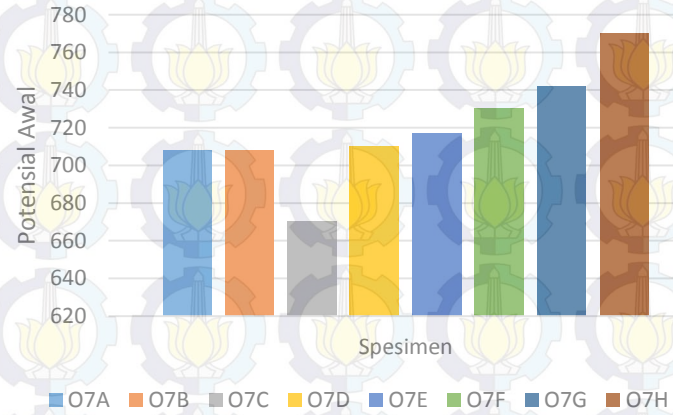
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pengkondisian Awal

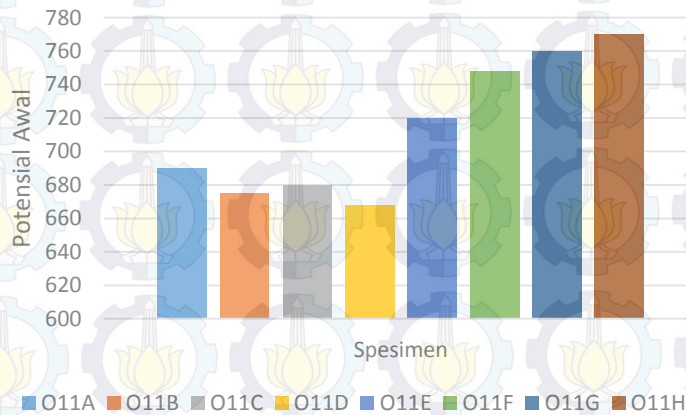
Grafik Potensial Awal Imersi Pipa dalam Elektrolit Tanah dengan Goresan Lingkaran



(a) pH 3

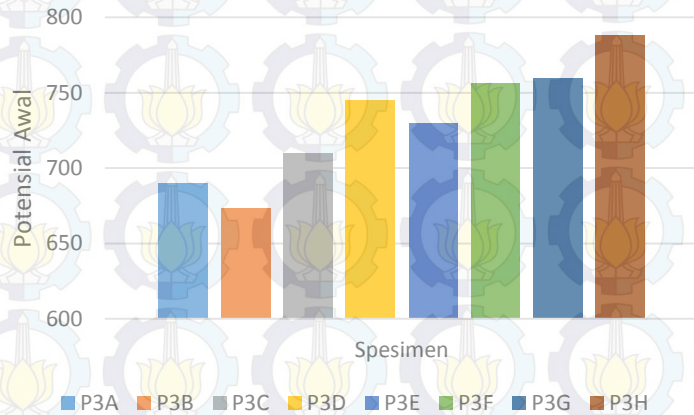


(b) pH 7

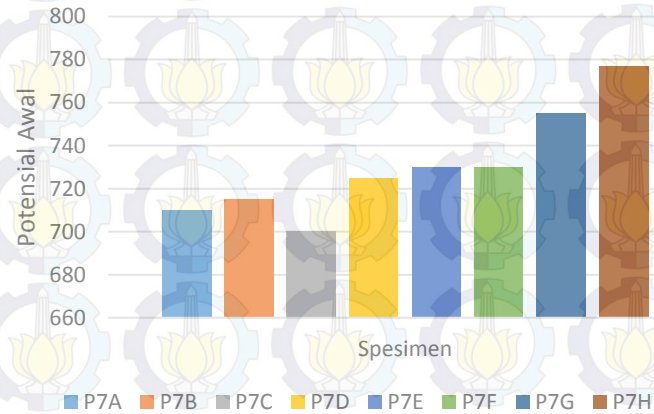


(c) pH 11

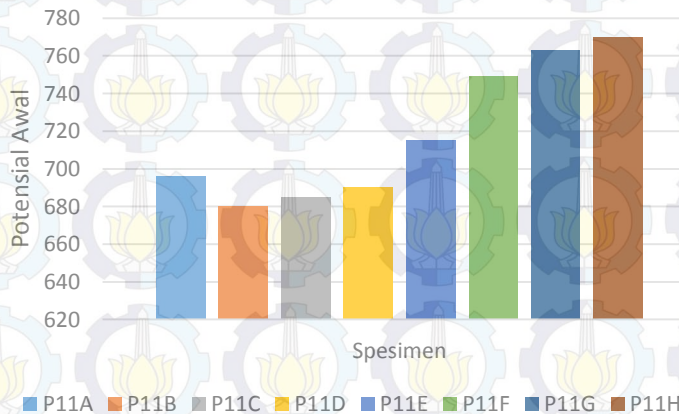
Grafik Potensial Awal Imersi Pipa dalam Elektrolit Tanah dengan Goresan Persegi Panjang



(a) pH 3

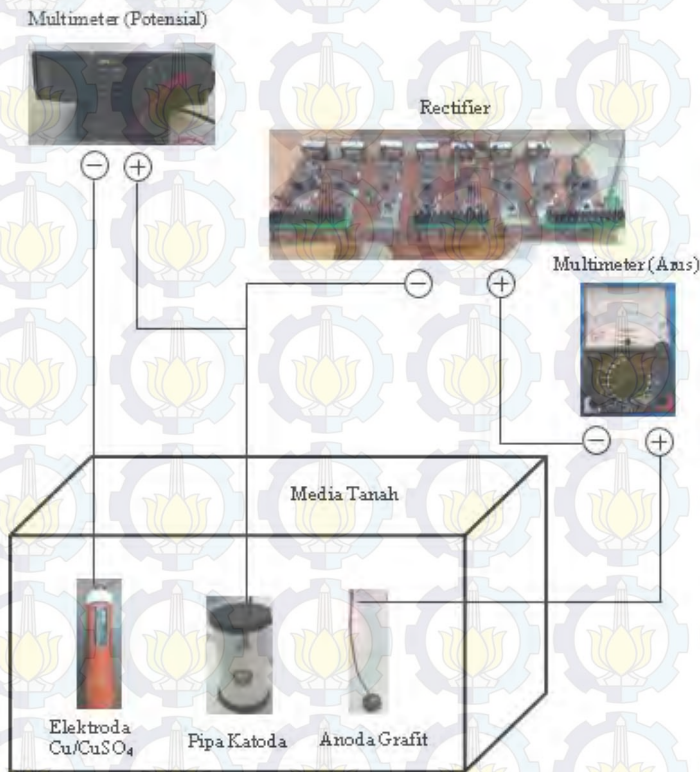


(b) pH 7



(c) pH 11

Pengukuran Arus Proteksi



- Arus Proteksi dipantau 7 hari
- Katoda : Pipa API 5L *grade B*
- Anoda : Grafit
- Rectifier
- Elektroda Cu/CuSO₄
- Avometer / Multitester Digital

Pengukuran arus proteksi menggunakan dua avometer, yaitu:

1. Avometer Satu, sebagai acuan nilai potensial -850 Mv vs. Elektroda referens Cu/CuSO₄
2. Avometer Dua, sebagai pengukur arus yang diberikan

Hasil Pengukuran Arus Proteksi ICCP dalam Media Tanah pH 3 dengan Cacat Gores Lingkaran

Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm²)

Pengujian hari ke-	10	50	100	150	250	500	Tanpa Goresan	Tanpa Coating
1	0.046	0.090	0.225	0.400	0.850	1.500	0.030	6.500
2	0.038	0.086	0.175	0.375	0.825	1.458	0.026	6.083
3	0.039	0.085	0.200	0.383	0.808	1.425	0.025	6.250
4	0.038	0.084	0.175	0.350	0.800	1.425	0.024	6.000
5	0.036	0.083	0.150	0.342	0.783	1.433	0.024	5.833
6	0.037	0.084	0.150	0.325	0.775	1.425	0.022	5.750
7	0.036	0.084	0.133	0.325	0.783	1.408	0.023	5.750
Rata-rata	0.039	0.085	0.173	0.357	0.804	1.439	0.025	6.024

Hasil Pengukuran Arus Proteksi ICCP dalam Media Tanah pH 3 dengan Cacat Gores Persegi Panjang

Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm²)

Pengujian hari ke-	Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm ²)						Tanpa Goresan	Tanpa Coating
	10	50	100	150	250	500		
1	0.047	0.092	0.250	0.433	1,250	1.850	0.030	6.500
2	0.042	0.086	0.242	0.400	0.750	1.783	0.026	6.083
3	0.041	0.085	0.225	0.383	0.833	1.775	0.025	6.250
4	0.040	0.085	0.200	0.358	0.750	1.750	0.024	6.000
5	0.040	0.084	0.200	0.375	0.750	1.742	0.024	5.833
6	0.038	0.084	0.183	0.333	0.708	1.725	0.022	5.750
7	0.038	0.084	0.175	0.325	0.750	1.733	0.023	5.750
Rata-rata	0.041	0.086	0.211	0.373	0.827	1.765	0.025	6.024

Hasil Pengukuran Arus Proteksi ICCP dalam Media Tanah pH 7 dengan Cacat Gores Lingkaran

Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm²)

Pengujian hari ke-	Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm ²)						Tanpa Goresan	Tanpa Coating
	10	50	100	150	250	500		
1	0.039	0.062	0.099	0.175	0.250	0.450	0.024	3.500
2	0.036	0.058	0.088	0.133	0.217	0.433	0.020	3.167
3	0.035	0.055	0.086	0.150	0.200	0.425	0.018	3.000
4	0.036	0.056	0.086	0.142	0.208	0.425	0.016	3.083
5	0.035	0.054	0.084	0.125	0.200	0.408	0.016	2.667
6	0.035	0.054	0.085	0.125	0.200	0.408	0.015	2.500
7	0.034	0.053	0.085	0.133	0.192	0.400	0.014	2.583
Rata-rata	0.036	0.056	0.088	0.140	0.210	0.421	0.018	2.929

Hasil Pengukuran Arus Proteksi ICCP dalam Media Tanah pH 7 dengan Cacat Gores Persegi Panjang

Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm²)

Pengujian hari ke-	Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm ²)							Tanpa Goresan	Tanpa Coating
	10	50	100	150	250	500			
1	0.040	0.063	0.100	0.183	0.292	0.492	0.024	3.500	
2	0.038	0.060	0.090	0.150	0.250	0.450	0.020	3.167	
3	0.036	0.058	0.089	0.167	0.250	0.458	0.018	3.000	
4	0.036	0.058	0.089	0.150	0.258	0.450	0.016	3.083	
5	0.035	0.055	0.086	0.125	0.233	0.442	0.016	2.667	
6	0.035	0.056	0.087	0.133	0.225	0.425	0.015	2.500	
7	0.035	0.055	0.087	0.125	0.225	0.425	0.014	2.583	
Rata-rata	0.037	0.058	0.090	0.148	0.248	0.449	0.018	2.929	

Hasil Pengukuran Arus Proteksi ICCP dalam Media Tanah pH 11 dengan Cacat Gores Lingkaran

Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm²)

Pengujian hari ke-	Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm ²)						Tanpa Goresan	Tanpa Coating
	10	50	100	150	250	500		
1	0.022	0.038	0.070	0.092	0.125	0.250	0.011	1.500
2	0.020	0.036	0.068	0.090	0.117	0.208	0.008	1.450
3	0.020	0.035	0.067	0.088	0.108	0.200	0.008	1.442
4	0.019	0.035	0.067	0.089	0.100	0.200	0.007	1.450
5	0.020	0.034	0.065	0.087	0.097	0.183	0.006	1.425
6	0.018	0.035	0.066	0.087	0.092	0.175	0.006	1.425
7	0.018	0.035	0.066	0.086	0.093	0.150	0.006	1.408
Rata-rata	0.020	0.035	0.067	0.088	0.105	0.195	0.008	1.443

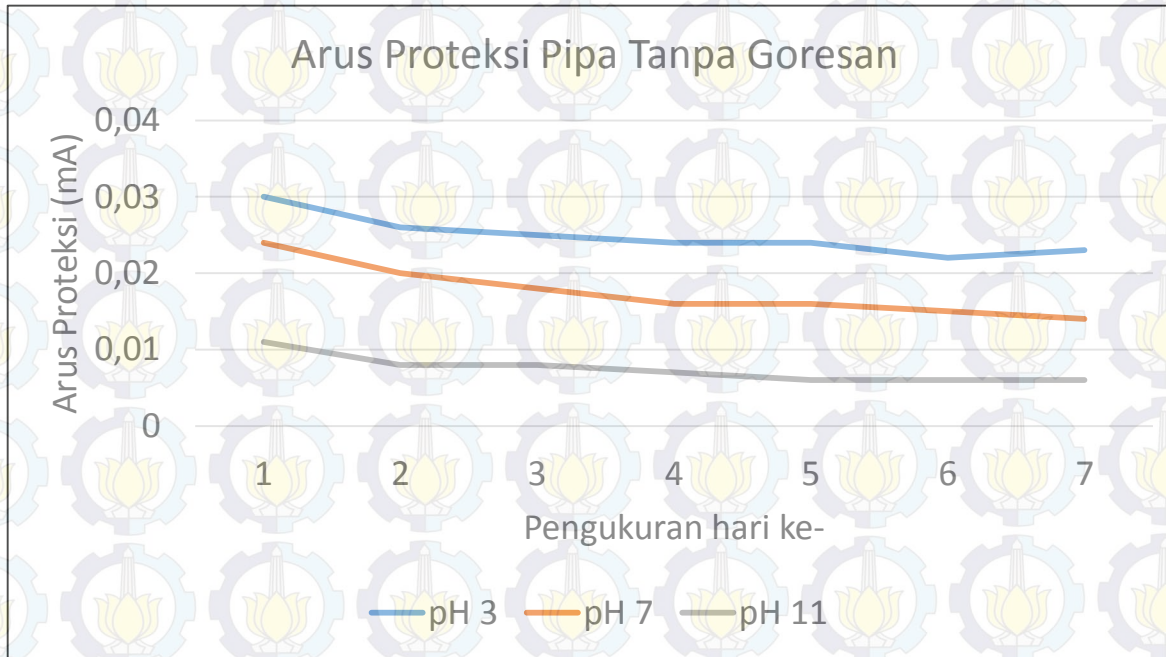
Hasil Pengukuran Arus Proteksi ICCP dalam Media Tanah pH 11 dengan Cacat Gores Persegi Panjang

Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm²)

Pengujian hari ke-	Arus Proteksi (mA) pada Luas Goresan (mm ²)							Tanpa Goresan	Tanpa Coating
	10	50	100	150	250	500			
1	0.022	0.039	0.072	0.093	0.150	0.275	0.011	1.500	
2	0.023	0.038	0.070	0.091	0.108	0.233	0.008	1.450	
3	0.020	0.036	0.069	0.091	0.125	0.200	0.008	1.442	
4	0.020	0.037	0.069	0.089	0.133	0.208	0.007	1.450	
5	0.019	0.036	0.068	0.089	0.100	0.200	0.006	1.425	
6	0.019	0.035	0.066	0.088	0.099	0.183	0.006	1.425	
7	0.018	0.035	0.066	0.088	0.097	0.175	0.006	1.408	
Rata-rata	0.020	0.037	0.069	0.090	0.116	0.211	0.008	1.443	

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

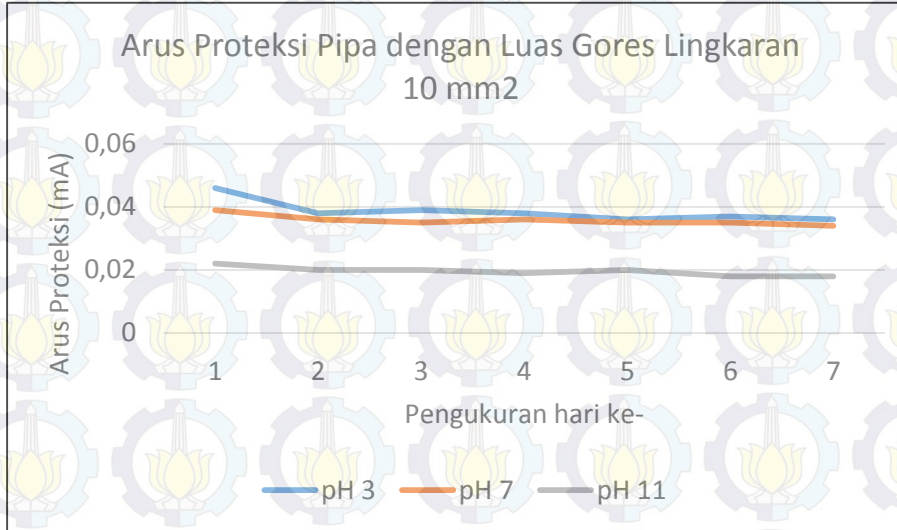
Pengukuran Arus Proteksi Pipa Tanpa Goresan



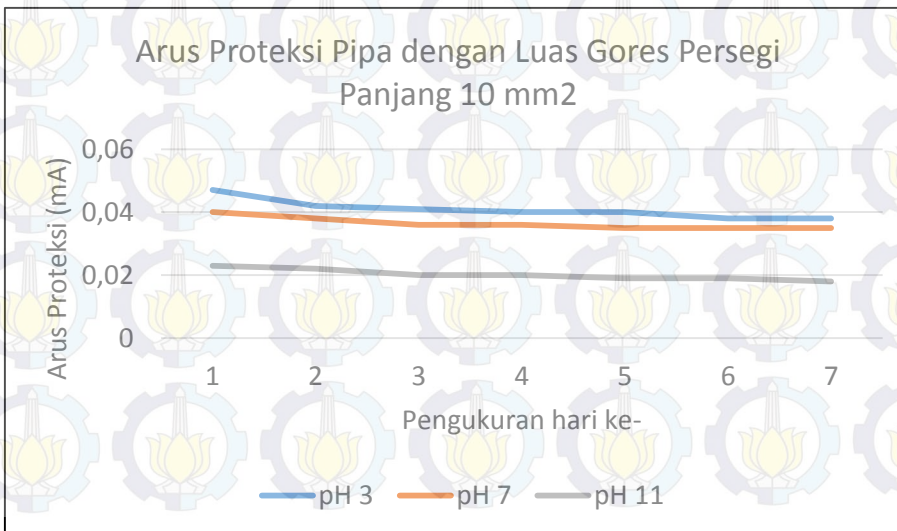
Gambar Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa Tanpa Goresan dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Pengukuran Arus Proteksi Pipa dengan Luas Goresan 10 mm²



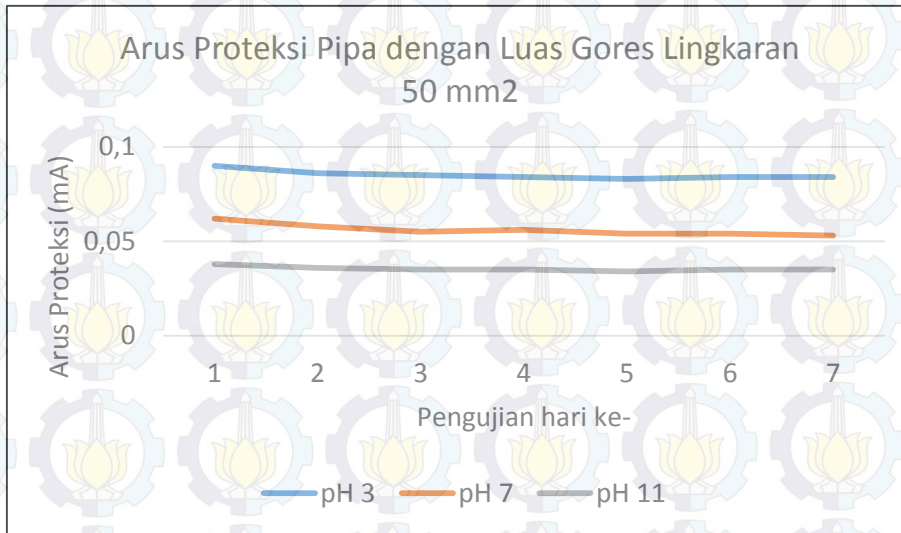
Gambar Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Lingkaran Seluas 10 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11



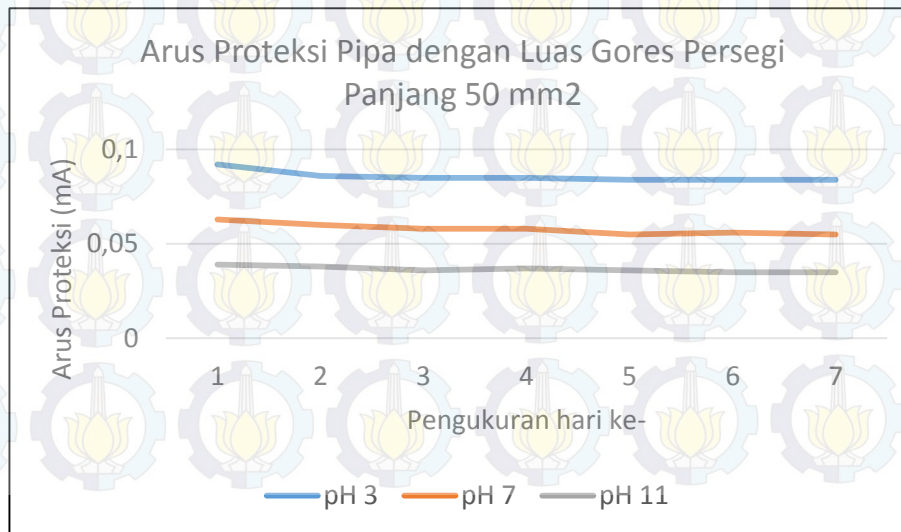
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Persegi Panjang Seluas 10 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Pengukuran Arus Proteksi Pipa dengan Luas Goresan 50 mm²



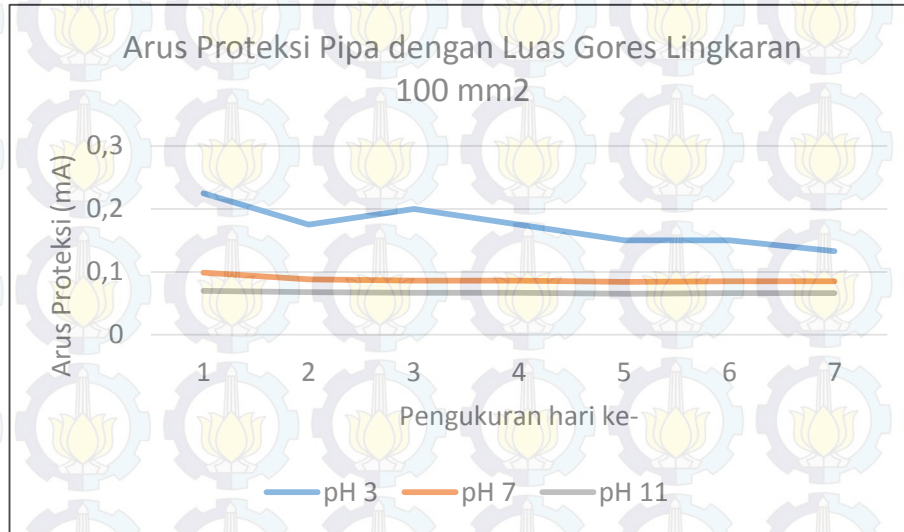
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Lingkaran Seluas 50 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11



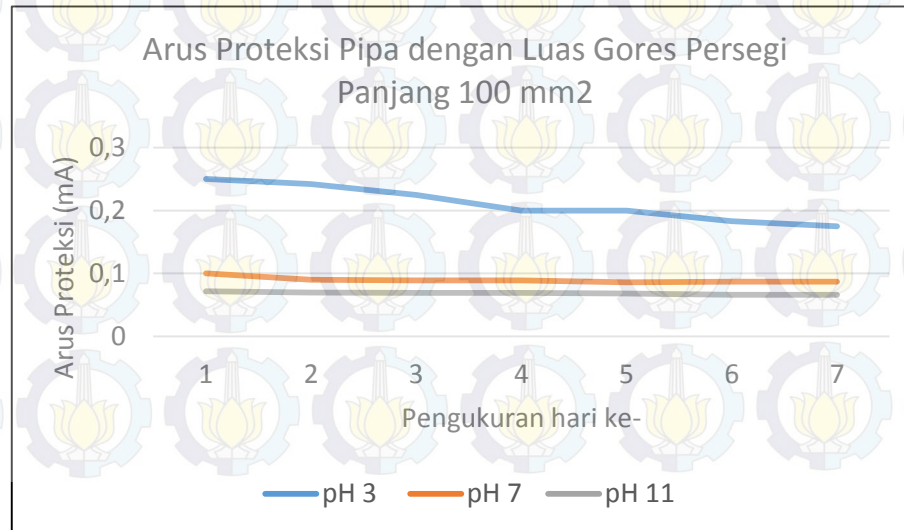
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Persegi Panjang Seluas 50 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Pengukuran Arus Proteksi Pipa dengan Luas Goresan 100 mm²



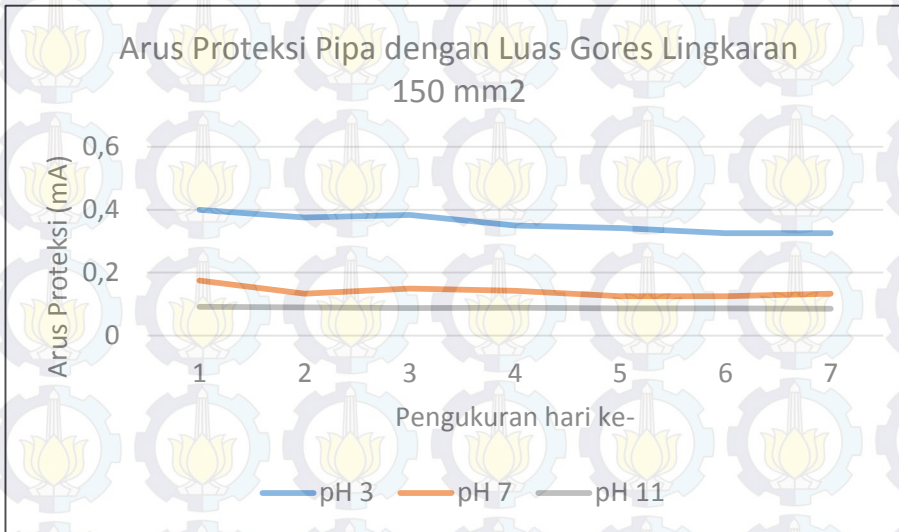
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Lingkaran Seluas 100 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11



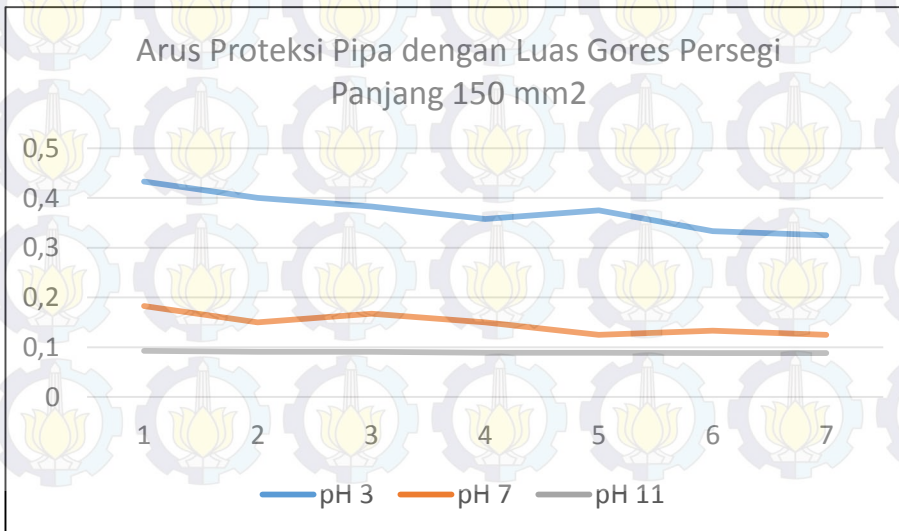
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Persegi Panjang Seluas 100 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Pengukuran Arus Proteksi Pipa dengan Luas Goresan 150 mm²



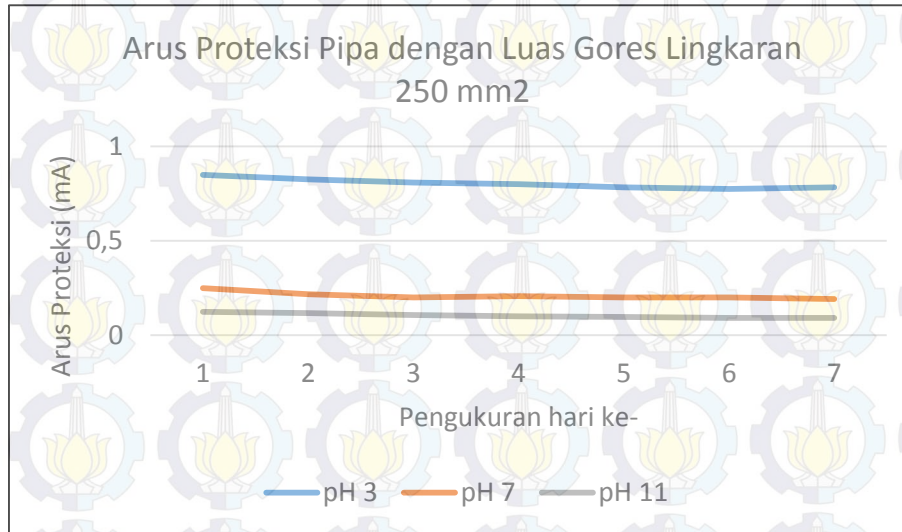
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Lingkaran Seluas 150 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11



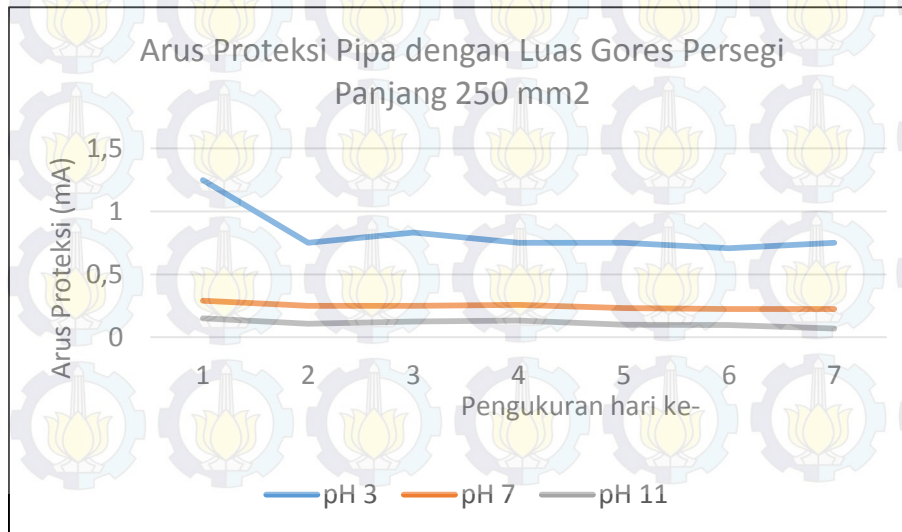
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Persegi Panjang Seluas 150 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Pengukuran Arus Proteksi Pipa dengan Luas Goresan 250 mm²



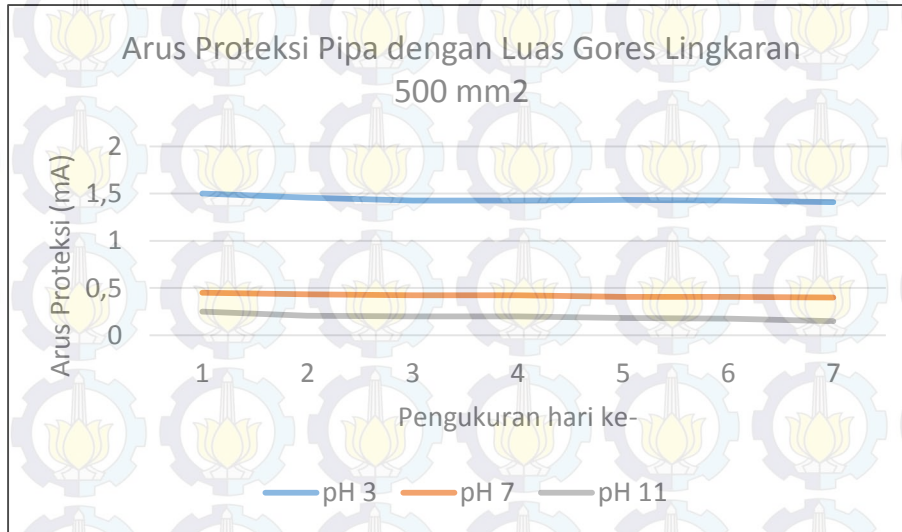
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Lingkaran Seluas 250 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11



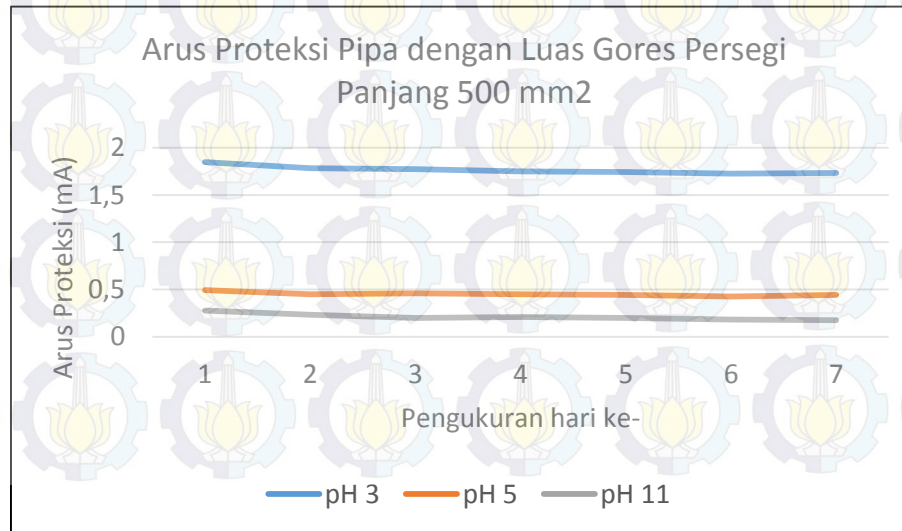
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Persegi Panjang Seluas 250 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Pengukuran Arus Proteksi Pipa dengan Luas Goresan 500 mm²



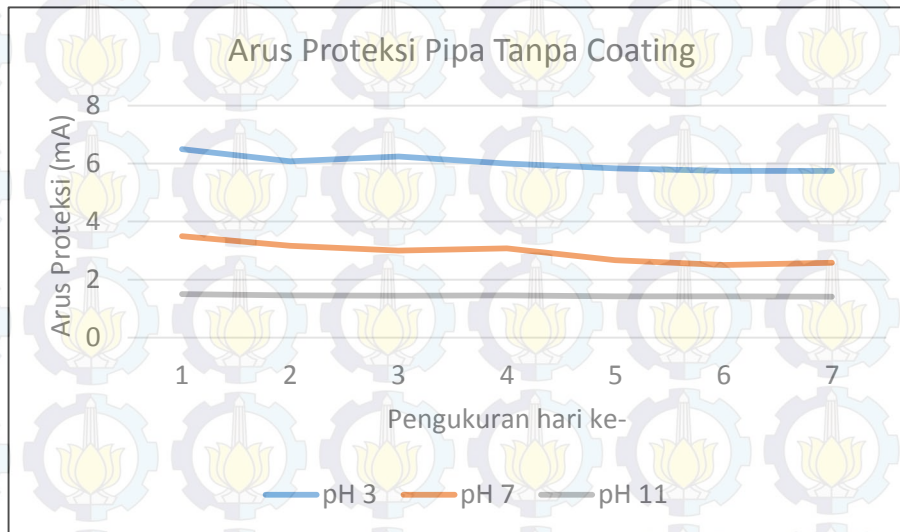
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Lingkaran Seluas 500 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11



Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa dengan Goresan Persegi Panjang Seluas 500 mm² dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

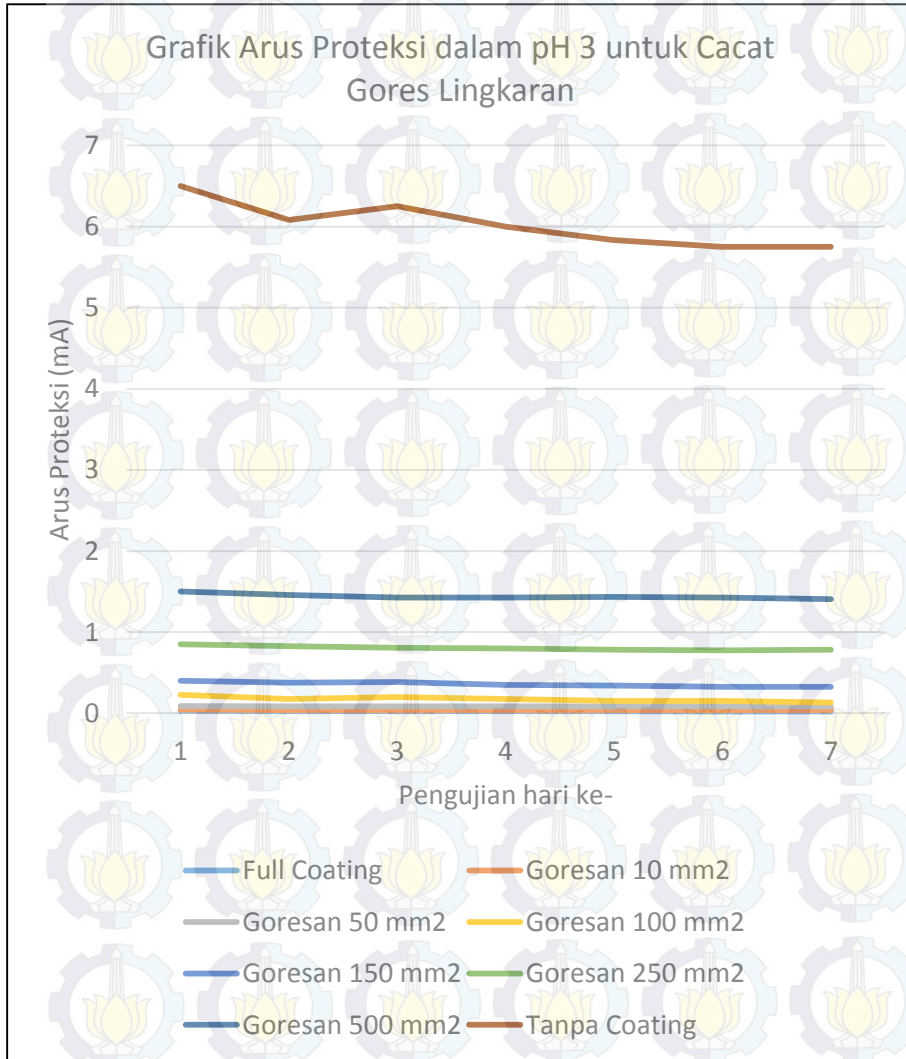
Pengukuran Arus Proteksi Pipa Tanpa *Coating*



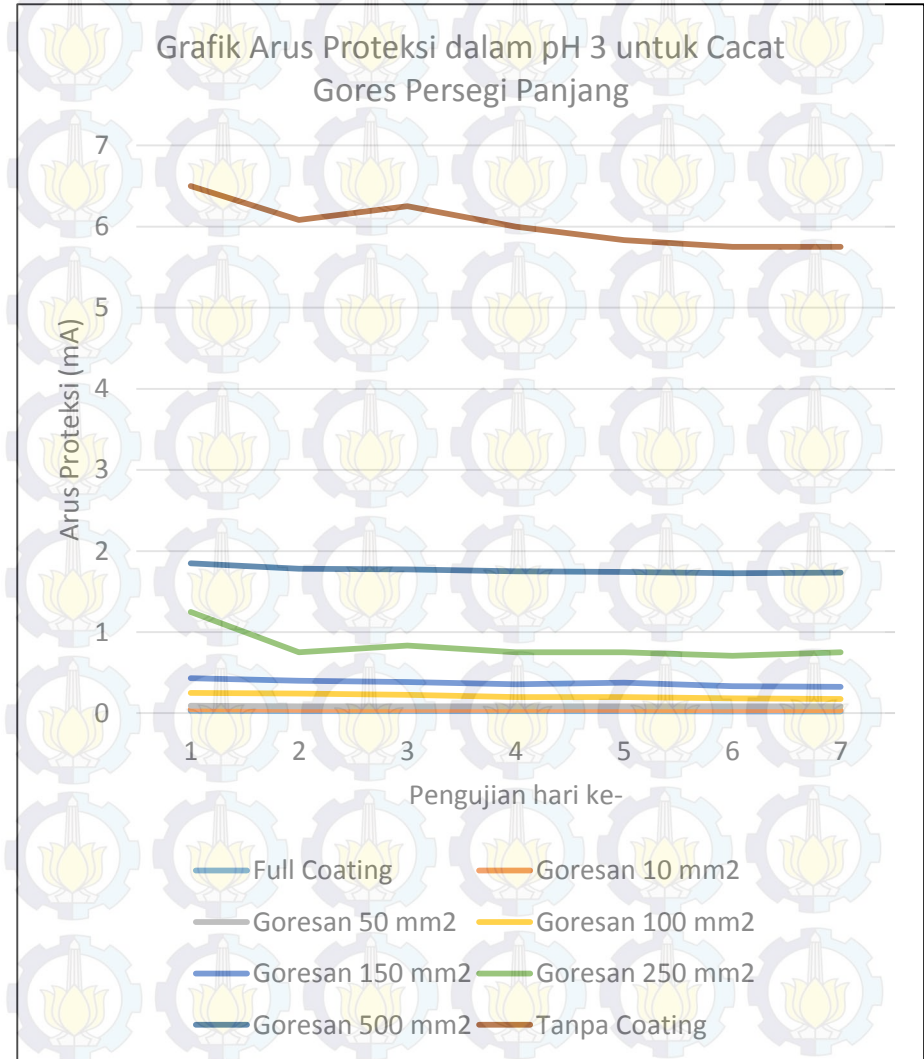
Grafik Perbandingan Arus Proteksi Pipa Tanpa *Coating* dalam Media Tanah pH 3, pH 7, dan pH 11

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Perbandingan Arus Proteksi Pipa dalam Media Tanah pH 3



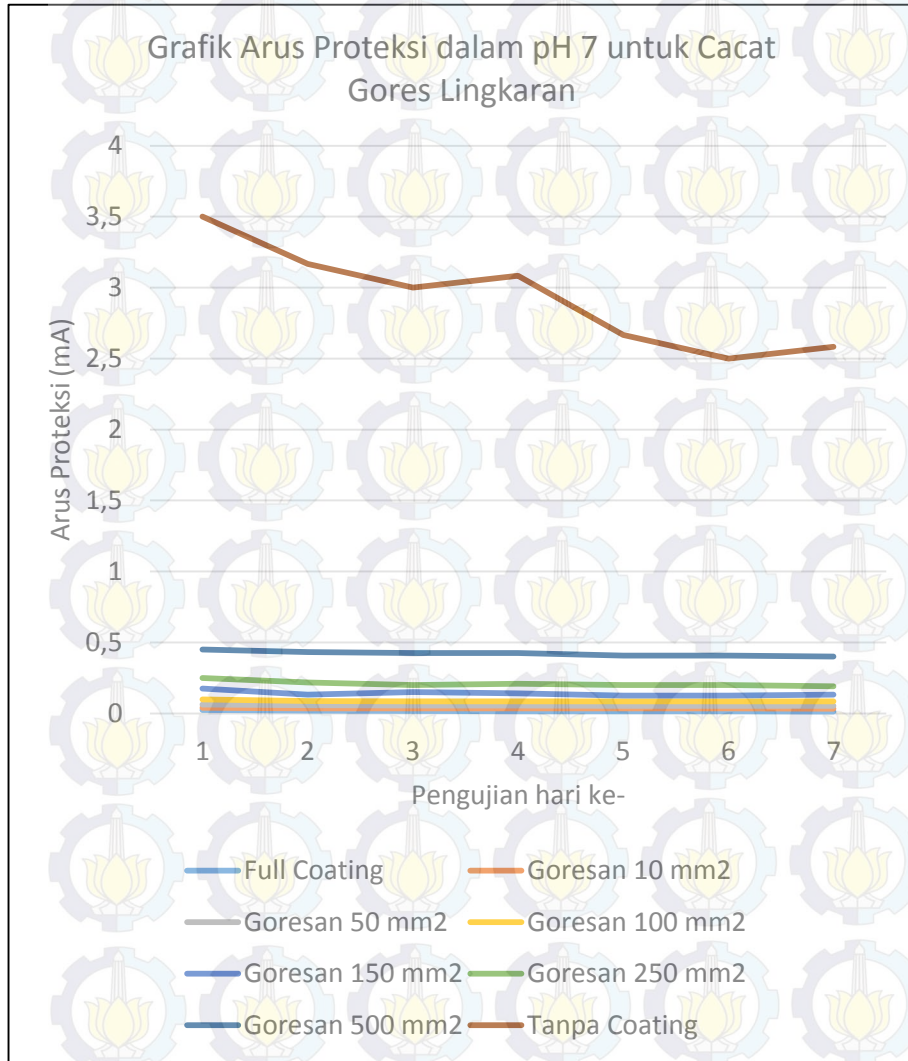
a) Cacat Gores Lingkaran



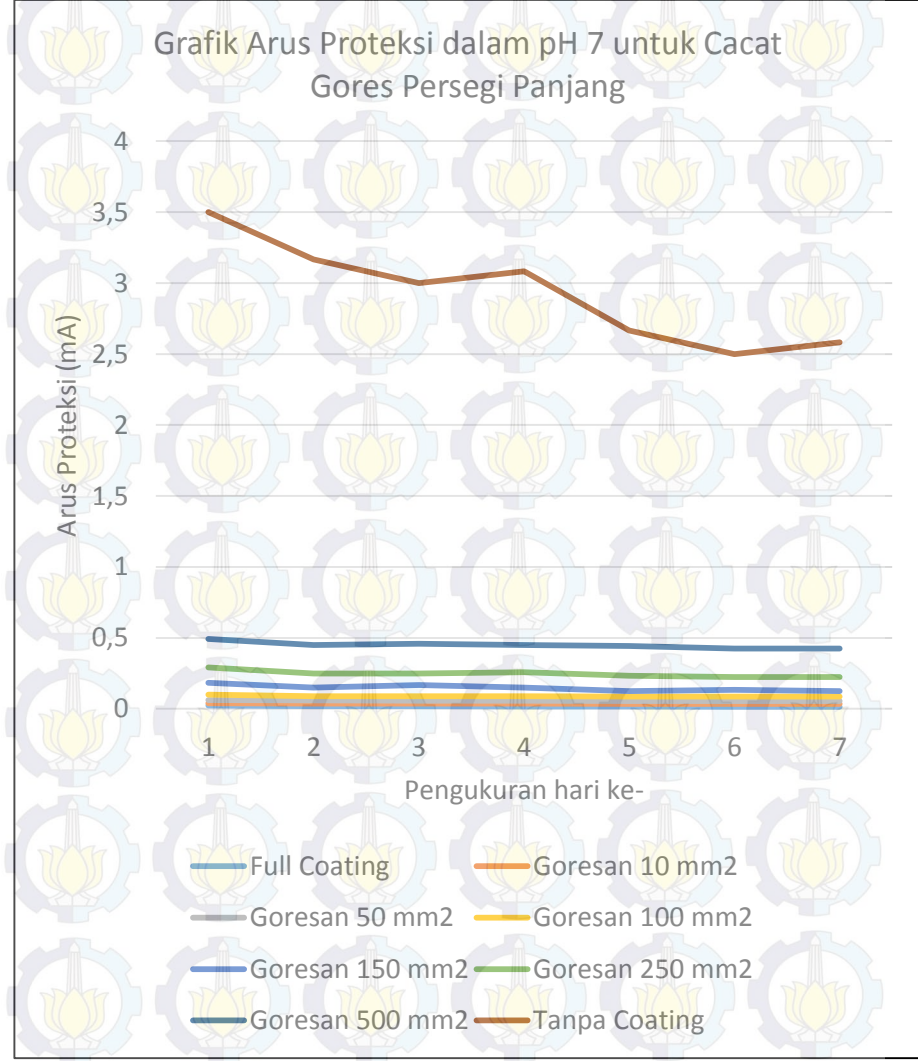
b) Cacat Gores Persegi Panjang

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Perbandingan Arus Proteksi Pipa dalam Media Tanah pH 7



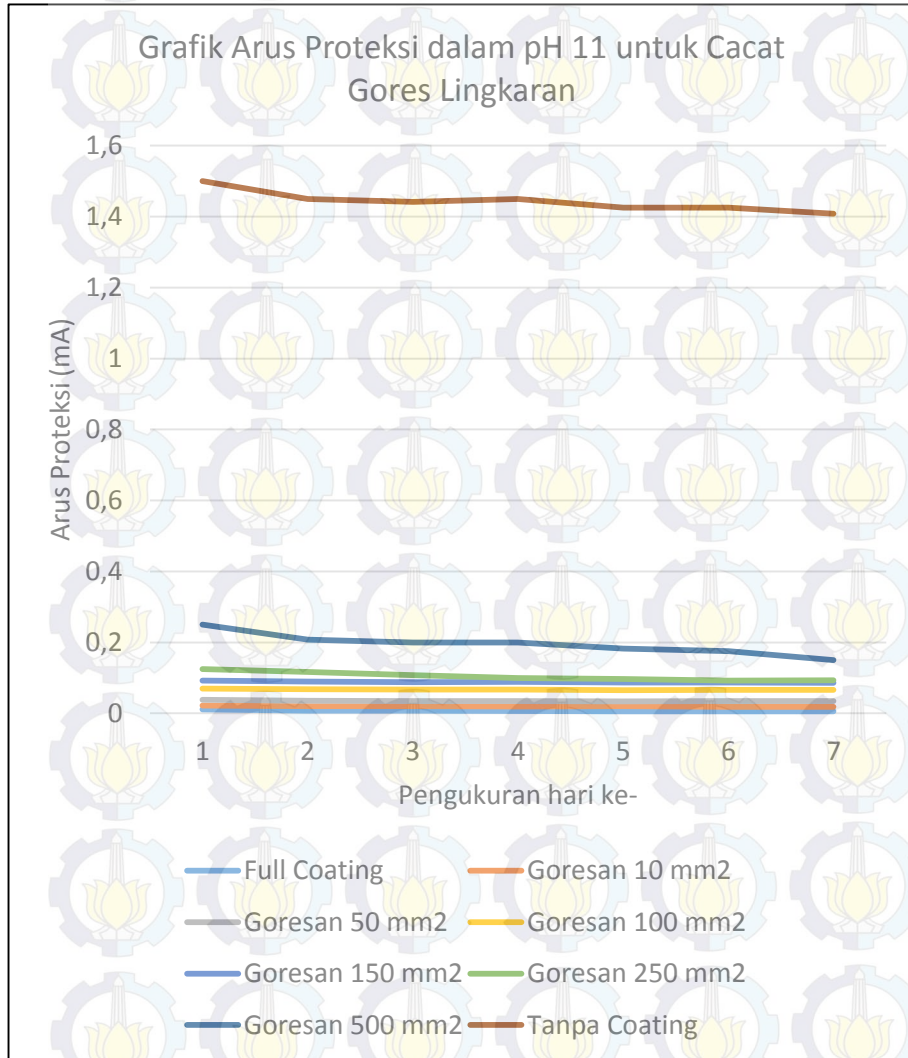
a) Cacat Gores Lingkaran



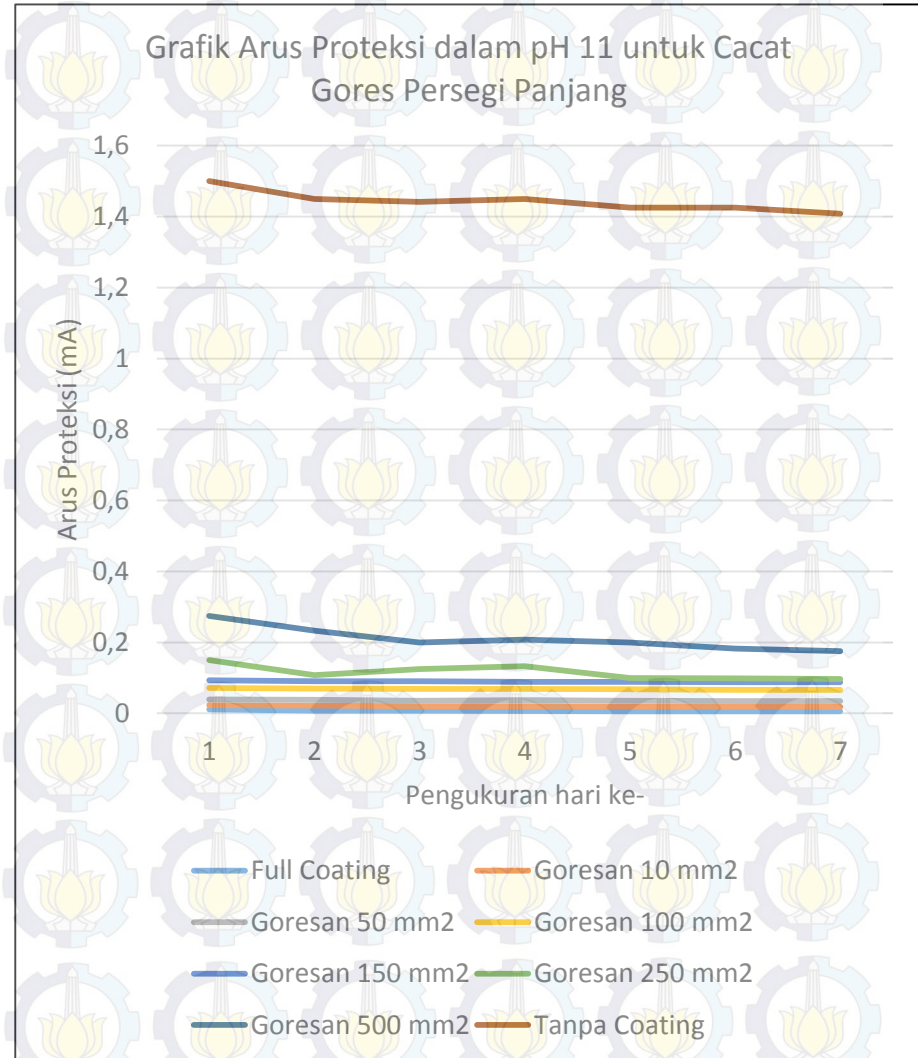
b) Cacat Gores Persegi Panjang

Hasil Pengukuran Arus Proteksi Pipa

Perbandingan Arus Proteksi Pipa dalam Media Tanah pH 11

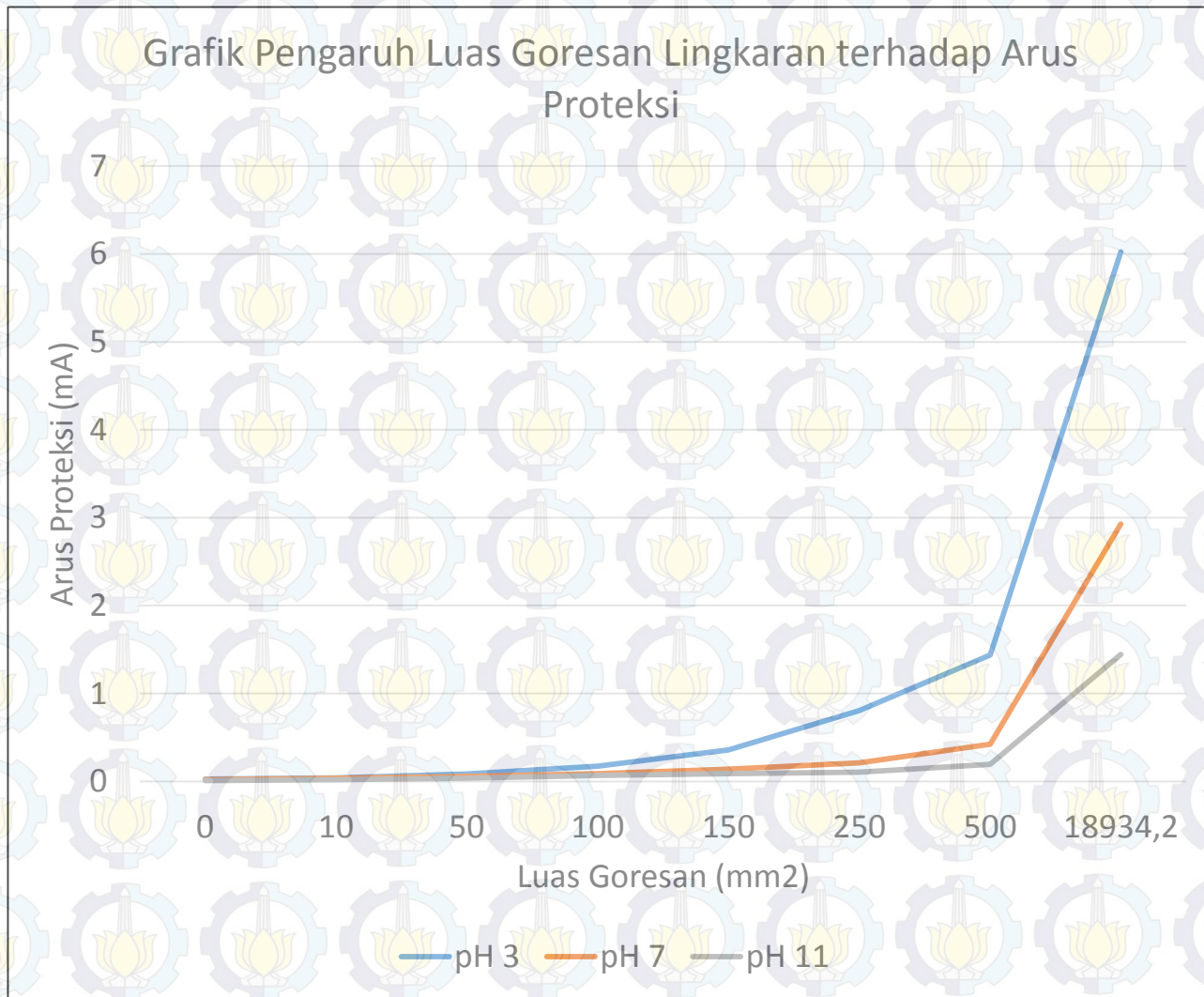


a) Cacat Gores Lingkaran



b) Cacat Gores Persegi Panjang

Grafik Pengaruh Luas Goresan terhadap Rata-rata Arus Proteksi



Cacat Gores Lingkaran

Grafik Pengaruh Luas Goresan terhadap Rata-rata Arus Proteksi



Cacat Gores Persegi Panjang

Pengukuran Arus Proteksi dalam pH Tanah yang Sama

Prosentase (%)
Goresan

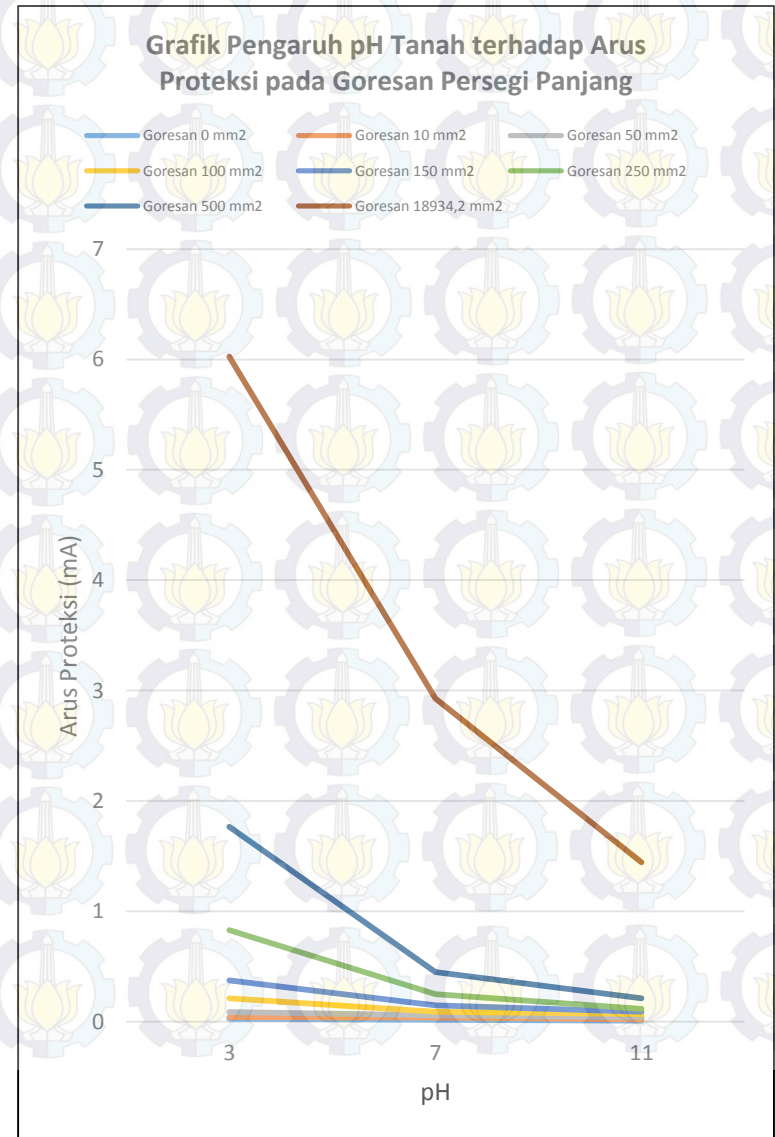
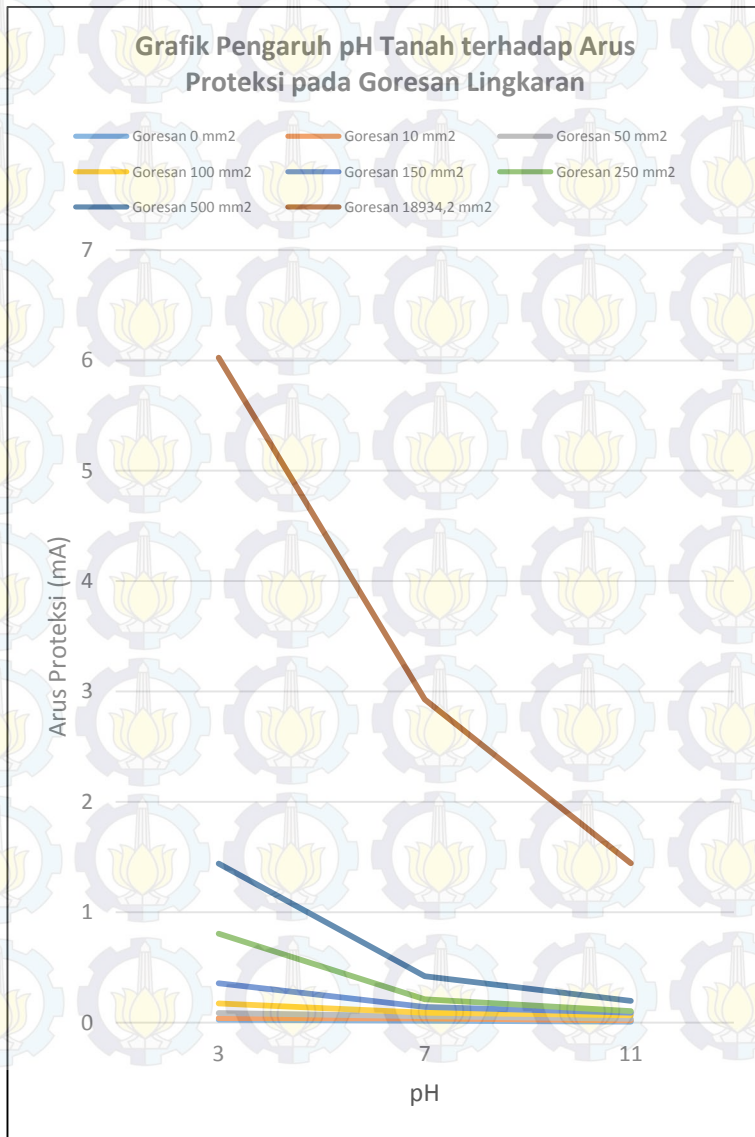


Arus Proteksi

Semakin BESAR luasan pipa yang kontak dengan lingkungan

(Arus proteksi sebanding dengan arus elektron)

Grafik Pengaruh pH Tanah terhadap Rata-rata Arus Proteksi

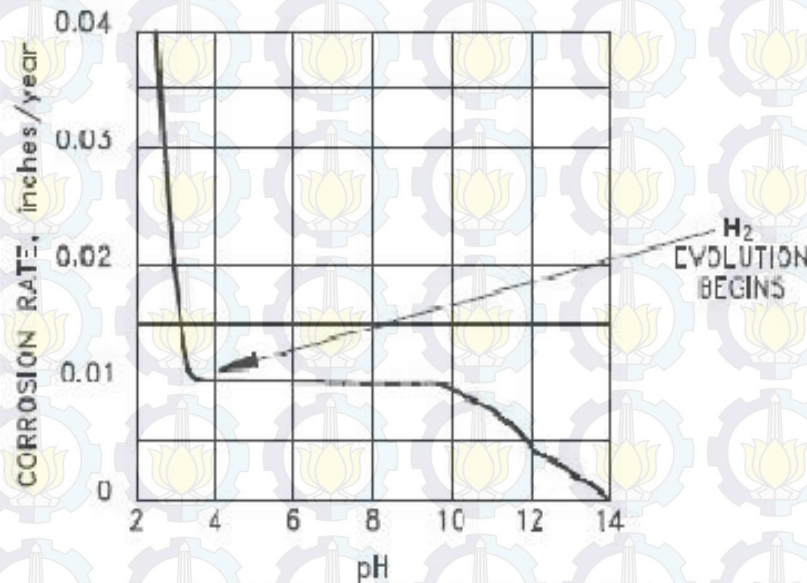


Pengukuran Arus Proteksi pada Goresan *Coating* yang Sama

pH Tanah



Arus Proteksi



Kurva Hubungan pH dengan Laju Korosi

Analisa Statistika Pengukuran



Regresi Linier Berganda

Analisa Varians
(ANOVA)

Regresi Linier Berganda

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

Dimana :

Y = Variabel Terikat a = Konstanta

x = Variabel Bebas b = Koefisien Regresi

$$b_1 = \frac{(\sum x_2^2)(\sum x_1y) - (\sum x_1x_2)(\sum x_2y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1x_2)^2}$$

$$b_2 = \frac{(\sum x_1^2)(\sum x_2y) - (\sum x_1x_2)(\sum x_1y)}{(\sum x_1^2)(\sum x_2^2) - (\sum x_1x_2)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b_1 \left(\frac{\sum X_1}{n} \right) - b_2 \left(\frac{\sum X_2}{n} \right)$$

Hasil Perhitungan:

a = 3,014962919

b₁ = 0,007208663

b₂ = 0,000182572

x₁ = pH Tanah

x₂ = Luas Gores

Y = Arus Proteksi

$$Y = 3,014962919 + 0,007208663 x_1 + 0,000182572 x_2$$

Analisa Varians (ANOVA)

Untuk Cacat Gores Lingkaran

Anova: Two-Factor
Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Row 1	8	8,946	1,11825	4,166943
Row 2	8	3,898	0,48725	0,990455
Row 3	8	1,961	0,245125	0,23779
Column 1	3	0,051	0,017	7,3E-05
Column 2	3	0,095	0,031667	0,000104
Column 3	3	0,176	0,058667	0,00063
Column 4	3	0,328	0,109333	0,00315
Column 5	3	0,585	0,195	0,020359
Column 6	3	1,119	0,373	0,142077
Column 7	3	2,055	0,685	0,439156
Column 8	3	10,396	3,465333	5,46213

ANOVA	Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
	Rows (pH)	3,251021	2	1,62551	2,56149	0,112722	3,738892
	Columns (Luas Gores)	28,88197	7	4,125996	6,501771	0,001519	2,764199
	Error	8,88434	14	0,634596			
	Total	41,01733	23				

F = F hitung

F crit = F teori

Ho = Hipotesis Awal

Hasil yang didapat :

- Untuk pH
Fhit < Fteori, artinya Ho ditolak
(pH tidak terlalu berpengaruh terhadap arus proteksi)
- Untuk Luas Gores
Fhit > Fteori, artinya Ho diterima
(Luas Gores berpengaruh besar terhadap arus proteksi)

Untuk Cacat Gores Persegi Panjang

Anova: Two-Factor
Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Row 1	7	9,327	1,332429	4,642149
Row 2	7	3,959	0,565571	1,106298
Row 3	7	1,986	0,283714	0,265233
Column 1	3	0,098	0,032667	0,000124
Column 2	3	0,181	0,060333	0,000604
Column 3	3	0,37	0,123333	0,005874
Column 4	3	0,611	0,203667	0,022346
Column 5	3	1,191	0,397	0,143031
Column 6	3	2,425	0,808333	0,700569
Column 7	3	10,396	3,465333	5,46213

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows (pH)	4,123734952	2	2,061867	2,895331	0,094175	3,885294
Columns (Luas Gores)	27,53645581	6	4,589409	6,444574	0,003143	2,99612
Error	8,545625048	12	0,712135			
Total	40,20581581	20				

F = F hitung

F crit = F teori

Ho = Hipotesis Awal

Hasil yang didapat :

- Untuk pH
Fhit < Fteori, artinya Ho ditolak
(pH tidak terlalu berpengaruh terhadap arus proteksi)
- Untuk Luas Gores
Fhit > Fteori, artinya Ho diterima
(Luas Gores berpengaruh besar terhadap arus proteksi)

Foto Makro Spesimen (Kondisi Awal)





pH 3



pH 7



pH 11



pH 3



pH 7



pH 11

The background of the slide features a repeating pattern of a light blue gear with a yellow lotus flower inside it, arranged in a grid. A dark grey horizontal bar is centered across the middle of the slide, containing the title text in white.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

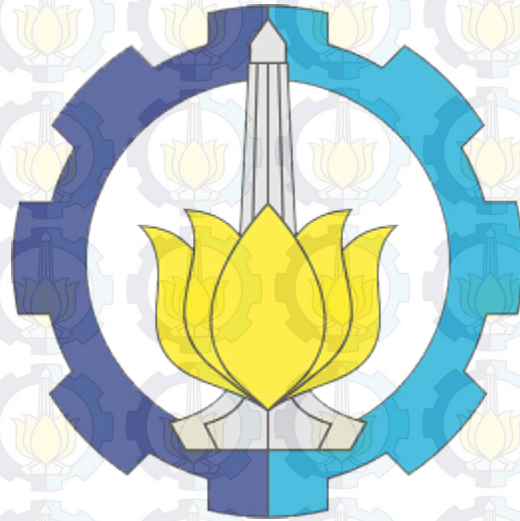
Kesimpulan

Dalam pH yang sama, arus proteksi yang dibutuhkan sistem ICCP meningkat seiring dengan semakin bertambah besarnya luas goresan

Dalam luas goresan yang sama, arus proteksi yang dibutuhkan sistem ICCP meningkat seiring dengan semakin rendahnya pH (semakin asam)

Saran

Menggunakan spesimen yang berbentuk pelat atau pipa pejal. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan masuknya air dari media tanah ke spesimen



Sekian dan Terima Kasih