

Analisa Proses Korosi Besi Safetyrailing Pada Material Pipa Besi Sch 40

Anggurit Aji Bayu Asmara¹, Arya Mahendra Sakti, S.T., M.T.²

¹ S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

² D4 Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: ¹anggurit.18059@mhs.unesa.ac.id, ²aryamahendra@unesa.ac.id)

Abstrak: Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh lama waktu proses laju korosi pada zat pelapis/coating dengan produk pasaran lainnya dalam mencegah korosi pada safety railing besi di PDAM Karangpilang Surabaya. Proses korosi pada pipa baja Sch.40 yang terjadi akibat pemberian air tawar dan klorin kadar tinggi. Dalam penelitian ini digunakan dua metode penelitian, yaitu metode perendaman dan Coating Thickness Gauge, dengan menggunakan pipa besi ASTM A53/A530 Sch.40 sebagai obyek penelitian. Data hasil penelitian ini menunjukkan berat besi yang telah dilapisi cat dan direndam selama 3 dan 6 hari, korosi yang signifikan terjadi akibat media air kimia tersebut. Berat besi yang sudah dilapisi 118,8209 gram turun menjadi 117,0216 gram setelah direndam. Uji Thickness Gauge menggunakan alat Dry Film Thickness menunjukkan ketebalan pelapisan pipa besi ASTM A53/A530 Sch.40 berkurang sebanyak 0,01 mm sampai 0,03 mm. penurunan ketebalan pelapisan terus meningkat secara signifikan.

Kata kunci: korosi, pipa besi ASTM A53/A530 Sch.40, thickness gauge, uji perendaman.

Abstract: This study aims to compare the effect of the length of processing time on the corrosion rate of coating substances with other market products in preventing corrosion of iron safety railings at PDAM Karangpilang Surabaya. The corrosion process on the Sch.40 steel pipe that occurs due to the addition of high levels of alum and chlorine. In this study, two research methods were used, namely the immersion method and the Coating Thickness Gauge, using ASTM A53/A530 Sch.40 iron pipe as the research object. The data from this study showed that the weight of iron that had been coated with paint and soaked for 3 and 6 days, significant corrosion occurred due to the chemical water media. The weight of the coated iron was 118.8209 grams, which decreased to 117.0216 grams after being soaked. The Thickness Gauge test using the Dry Film Thickness tool showed that the thickness of the ASTM A53/A530 Sch.40 iron pipe coating decreased by 0.01 mm to 0.03 mm. the decrease in coating thickness continues to increase significantly.

Keywords: ASTM A53/A530 Sch.40 steel pipe, corrosion, immersion test, thickness gauge.

© 2023, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, produk fabrikasi diproduksi dan dirancang agar tahan terhadap lingkungan, terutama produk logam. Logam merupakan bahan yang banyak digunakan dalam perangkat penunjang kehidupan manusia. Sebuah logam dapat rusak oleh korosi (Fontana, 1987).

Korosi adalah reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya yang menyebabkan karat dan kerusakan logam Baja merupakan salah satu bahan logam yang paling banyak digunakan dalam industri (Trethewey dan Chamberlein, 1991).

Ketahanan korosi baja dipengaruhi oleh unsur-unsur paduan yang dikandungnya seperti nikel (Ni), kromium (Cr) dan mangan (Mn). Ketiga elemen akan mempengaruhi sifat anti-korosi. Baja laterit nikel adalah baja yang diolah dari bijih nikel laterit kadar rendah. Baja ini dapat diklasifikasikan sebagai baja

paduan rendah dengan kandungan nikel dan krom yang lebih sedikit dibandingkan baja tahan karat (Herbirowo dan Adjiantoro, 2016).

Baja tahan karat adalah baja tahan karat yang tahan korosi karena mengandung unsur paduan minimal 18% krom dan 8% nikel. Baja tahan karat dapat dibuat dengan mencampurkan feronikel (18-20% Ni. 75-78% Fe) dalam nikel ferrochromic cair yang dioksidasi sebelum pembuatan baja. Feronikel yang ditambahkan disesuaikan dengan kandungan nikel dari ferrokrom nikel. Korosi adalah penguraian logam dan campurannya oleh lingkungan elektrokimia. Secara termodinamika, korosi terjadi karena perbedaan besar nilai potensial elektroda anodik dan katoda. Fenomena korosi logam sangat umum dalam kehidupan sehari-hari dan sering diabaikan. Meskipun masalah korosi tidak dapat dihindari, tetapi dapat dikendalikan dan dihindari. Pencegahan korosi dapat dicapai dengan melapisi

permukaan logam, proteksi anodik, proteksi katodik dan penggunaan inhibitor korosi.

Zat pelapis organik (*Organic coating*) sering digunakan untuk mencegah korosi pada logam. Kinerja optimum dari lapisan penghalang akan didapat bila permukaan logam telah dipreparasi dengan baik. Pemilihan metode preparasi permukaan bergantung pada logam yang akan dilapisi, bentuk dan ukuran komponen logam, sistem pelapisan, dan kondisi lingkungan di mana komponen logam ditempatkan (Karim & Yusuf, 2012).

Metode analisis data pada penelitian ini menggunakan metode uji perendaman dan uji *thickness* dari metode uji A ini dapat mendeskripsikan data dengan nilai, dan faktual mengenai hasil yang diperoleh saat pengujian yang berpengaruh terhadap ketahanan korosi material pipa besi ASTM A53/A530. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai ketahanan korosi terhadap pengujian rendam yang sudah dilapisi zat pelapis dengan media air kimia.

DASAR TEORI

Prinsip Terjadinya Korosi

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi kimia antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungan yang menghasilkan senyawa – senyawa yang tidak dikehendaki. Akibat adanya reaksi korosi, suatu material akan mengalami perubahan sifat ke arah yang lebih rendah atau dapat dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang atau mengalami penurunan mutu (Kr. Trethewey, 1991:64).

Korosi atau secara awam lebih dikenal dengan istilah perkaratan adalah suatu fenomena kimia pada bahan logam di berbagai macam lingkungan. Penyelidikan tentang sistem elektrokimia telah banyak membantu menjelaskan mengenai korosi ini, yaitu reaksi kimia antara logam itu sendiri. Jadi, dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen.

Korosi merupakan masalah teknis dan ilmiah yang serius. Di negara-negara maju sekalipun, masalah ini secara ilmiah belum tuntas terjawab hingga saat ini. Selain merupakan masalah ilmu permukaan yang merupakan kajian dan perlu ditangani secara fisika, korosi juga menyangkut kinetika reaksi yang menjadi wilayah kajian para ahli kimia. Korosi juga menjadi masalah ekonomi karena menyangkut umur, penyusutan dan efisiensi pemakaian suatu bahan maupun peralatan dalam kegiatan industri.

Ada dua aspek penting yang mempengaruhi proses korosi yaitu logam dan lingkungannya. Dari sisi logam yang mempengaruhi adalah komposisi kimia dan elektroda las yang digunakan. Sedangkan dari segi lingkungan, beberapa aspek yang berpengaruh adalah kadar tawas.

Ada beberapa faktor penyebab terjadinya korosi, tergantung pada beberapa hal yaitu:

- a) Kadar klorida
- b) Kadar pH
- c) Kadar Oksigen
- d) Suhu

Korosi yang terjadi dilingkungan air kimia di dorong oleh faktor – faktor: kadar gas dalam air kimia (*aerosols*), hujan (*rain*), embun (*dew*), kondensasi (*condensation*), dan tingkat kelembapan (*humidity*) serta resivitas.

1. Kandungan air hujan

Uap air atau H₂O, Air hujan memiliki kandungan utama yaitu uap air atau H₂O. kandungan uap air ini merupakan yang paling dominan dengan persentase sebesar 99,9% dan sisanya tergantung pada lapisan atmosfer yang dilaluinya. Mungkin kita sudah mengetahui tentang siklus hujan. Bagaimana hujan terjadi dari awal mula hingga turun ke bumi bahkan menjadi hujan lagi. Nah dari proses terjadinya hujan tersebut ada yang namanya penguapan dari sumber- sumber air yang ada di planet bumi. Dari proses tersebut yang membawa uap air dan membentuk awan-awan yang kecil, dari awan kecil tersebut kemudian menggumpal menjadi awan besar. Uap air ini sifatnya aman selama uap tersebut berasal dari sumber air di permukaan bumi yang aman bagi manusia pula.

2. Kandungan air sungai

Air sungai mengandung zat zat berupa carbon dioksida (CO₂)1 sulfur dioksida (SO₂)1 sulfur trioksida (SO₃), oksigen (O₂) dan lain – lain. Kandungan gas gas tersebut biasanya bersifat korosif dan penyebab oksidasi. Sedangkan zat lain yang terdapat dalam air, adalah zat yang bersifat cair juga. Kandungan zat cair dalam air dapat berupa asam , basa, dan minyak, yang berasal dari limbah industri. Asam – asam dalam air menimbulkan air bersifat korosif terhadap peralatan dari logam, sedangkan amoniak cair bersifat korosif terutama pada tembaga (Cu), kuningan (Cu – Zn), alumunium brazz (Cu – Al). Sedangkan zat yang kasat penyebab kekeruhan adalah kandungan zat padat pada air. Tetapi ada juga tidak terlihat mata tetapi berpengaruh pada sifat sifat

air, seperti seperti kalsium khlorida ($CaCl_2$), magnesium sulfat ($MgSO_4$), magnesium chlorida ($MgCl_2$), natrium chlorida ($NaCl$), natrium silikat (Na_2SiO_3).

Garam – garam kalsium dan magnesium menjadikan air bersifat sadah (ditandai dgn tidak berbusanya sabun sewaktu kita mencuci atau mandi) serta dapat menimbulkan kerak ($CaCO_3, CaSO_3$) dan dapat menjadi lumpur yang sangat halus ($MgCO_3, Mg(OH)_2$).

Garam magnesium mudah terhidrolisa dan membentuk asam, sehingga air bersifat korosif. Garam natrium silikat (Na_2SiO_3) dalam air panas akan menghasilkan kerak silikat yang sangat keras seperti porselin, kristalnya sangat kecil, padat dan rapat. Garam – garam chlorida seperti natrium chloride ($NaCl$) dalam air juga bersifat korosif.

Jenis – Jenis Korosi

Ada beberapa jenis korosi yang umum terjadi pada logam:

- Korosi Galvanis (*Bemetal Corrosion*)**
Korosi galvanis Disebut juga korosi dwilogam yang merupakan perkaratan elektrokimiawi apabila dua macam metal yang berbeda potensial dihubungkan langsung di dalam elektrolit yang sama.
- Korosi Jarum/Sumuran (*Pitting*)**
Korosi sumuran adalah korosi lokal yang terjadi pada permukaan yang terbuka akibat pecahnya lapisan pasif.
- Korosi Celah**
Korosi celah adalah korosi lokal yang terjadi pada celah diantara dua komponen. Mekanisme terjadinya korosi celah ini diawali dengan terjadi korosi merata diluar dan didalam celah, sehingga terjadi oksidasi logam dan reduksi oksigen.
- Korosi Seragam/Merata (*Uniform*)**
Korosi yang disebabkan lingkungan yang korosif, pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis.
- Korosi Kavitasi (*Cavitation Corrosion*)**
Terjadi karena tingginya kecepatan cairan menciptakan daerah-daerah bertekanan tinggi dan rendah secara berulang-ulang pada

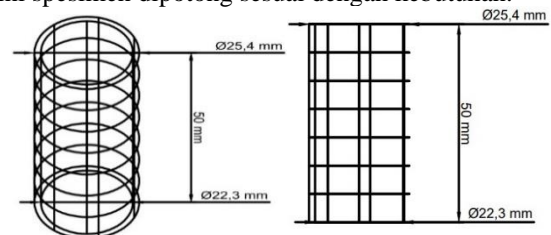
permukaan peralatan dimana cairan tersebut mengalir.

Safety Railing

Safety Railing atau *Temporary Guard Rail* adalah teralis pengaman sementara yang digunakan untuk pengaman agar pekerja tidak melewati pinggir area yang berbahaya. Biasanya area berbahaya yang dimaksud adalah yang memiliki ketinggian dan juga selalu ramai dilewati oleh banyak orang saat pekerjaan dilakukan. Ditakutkannya jika pekerja tidak berhati – hati dalam melihat area sekitar maka nanti akan bisa terjadi accident atau kecelakaan yang mengakibatkan terlukanya pekerja. *Safety Railing* merupakan salah satu *safety equipment* yang wajib untuk dipasang ketika berada di project konstruksi yang sedang berjalan. Namun fungsi utama dari pagar pengaman atau *temporary guard rail* adalah pelindung agar pekerja yang melewatinya terlindungi dari bahayanya terjatuh dari ketinggian atau tercebur ke kolam yang berisi air kimia yang berada di PDAM. *Temporary Guard Rail* sudah dilapisi dengan lapisan cat anti karat yang tahan terhadap panas matahari dan air hujan. Panas dan hujan yang biasanya menjadi musuh utama material logam bisa diatasi dengan baik oleh (*Temporary Guard Rail* dan *Handrail*) adalah susur yang dirancang untuk digenggam agar dapat memberikan keamanan atau topangan. Biasanya bahan pembuatan dari *Temporary Guard Rail* ini terbuat dari Metal yang membuat bahan tersebut cukup kokoh yang kemudian dikaitkan dengan struktur lantai beton maupun plat besi. Kemudian untuk warna dari *Temporary Guard Rail* sendiri biasanya di cat dengan warna yang cerah seperti contohnya adalah warna kuning atau biru. Pemilihan warna kuning atau biru dilakukan supaya Pekerja bisa melihat dengan jelas dimana *Temporary Guard Rail* berada agar mereka bisa melakukan antisipasi. Fungsi dari *Temporary Guard Rail* adalah memberikan peringatan kepada pekerja, tentang area mana saja yang memiliki tepian berbahaya. Selain itu dengan adanya *Temporary Guard Rail*, Pekerja bisa tahu sejauh mana mereka boleh menginjakkan kaki di area tempat mereka bekerja.

Pipa Besi ASTM A53/A530

Obyek dari penelitian ini adalah pipa besi ASTM A53/A530 Sch 40 dilapisi lapisan cat, Untuk penelitian ini spesimen dipotong sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 1. Obyek Penelitian (Anggurit, 2023)

Keterangan dimensi ukuran:

- Diameter luar = 25,4 mm

- Diameter dalam = 22,3 mm
- Panjang = 50 mm
- Ketebalan = 3,1 mm

Rumus Laju Korosi

Laju korosi pada umumnya dapat diukur dengan metode kehilangan berat.

Rumus:

$$CR = \frac{K \times W}{A \times D \times T} \quad (1)$$

$$A = (\pi \cdot r^2) + (2 \cdot \pi \cdot r \cdot t) \quad (2)$$

$$D = \rho = \frac{m}{v} \quad (3)$$

$$v = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (4)$$

Dimana:

- CR = Laju korosi (mm/s)
 W = Massa yang terkorosi (gram)
 A = Luas permukaan (mm²)
 D = Densitas logam (g/mm³)
 T = Waktu (Second)
 K = 2,78 x 10³
 m = Massa yang belum terkorosi (gram)
 v = Volume benda (mm³)
 t = Panjang (mm)

TABEL I
Satuan Laju Korosi (ASTM Section I vol 01.01 2002).

Satuan Laju Korosi yang Digunakan	Nilai Konstanta (K)
<i>Mils per year (mpy)</i>	3,45 x 10 ⁶
<i>Inches per year (ipy)</i>	3,45 x 10 ³
<i>Inches per month (ipm)</i>	2,87 x 10 ²
<i>Milimetres per year (mm/y)</i>	8,76 x 10 ⁴
<i>Micrometres per year (µm/y)</i>	8,76 x 10 ⁷
<i>Picometres per second (pm/s)</i>	2,78 x 10 ⁶
<i>Grams per square metre per hour (g/m²h)</i>	1,00 x 10 ⁴ x D
<i>Miligrams per square decimetre per day (mdd)</i>	2,40 x 10 ⁶ x D
<i>Micrograms per square metre per second (µg/m²s)</i>	2,78 x 10 ⁶ x D

Zat pelapis anti karat atau *coating*

Zat pelapis anti karat atau coating adalah sebuah zat untuk melindungi suatu logam dari korosi atau berkarat. Salah satu zat pelapis anti karat berupa cat semprot maupun cat yg menggunakan kuas. untuk merknya banyak sekali, salah satunya ada merk emco lux primer, jotun gardex premium gloss, nippon paint bondelac 2in1. Dengan komposisi:

- a) Naphtha (petroleum), hydrotreated heavy, (<0.1% Benzene)
- b) Solvent naphtha (petroleum), light arom.
- c) Xylene
- d) 2-butanone oxime
- e) 2-ethylhexanoic acid, zirconium salt
- f) calcium bis(2-ethylhexanoate)
- g) Oleic acid, compound
- h) 3-iodo-2-propynyl butylcarbamate (IPBC)

Ada 3 cat untuk menganalisa ketebalan pelapis dari cat yang akan digunakan pada spesimen:

1. Emco Lux Primer

Emco Lux Primer merupakan salah satu cat besi anti karat yang memiliki kandungan alkyd primer khusus yang bisa masuk ke dalam pori-pori dari besi. Kandungan tersebut juga akan menutup pori-pori, sekaligus melindungi besi supaya tidak terkena karat dan korosi. Emco Lux Primer sudah memiliki daya rekat yang tinggi, sehingga bisa memberikan hasil akhir cat yang bisa menempel dengan sempurna.

2. Jotun Gardex Premium Gloss

Jotun Gardex Premium Gloss. Selain melindungi permukaan besi dari karat, cat ini juga dapat memberikan tampilan yang indah pada permukaan besi. Salah satu kelebihan dari cat Jotun Gardex Premium Gloss adalah cat ini hampir tidak memiliki bau, sehingga aman untuk digunakan di dalam ruangan Jotun Gardex Premium Gloss bisa diaplikasikan untuk besi dan kayu, memanfaatkan cat ini untuk melindungi permukaan pagar kayu atau pagar besi di rumah dengan mudah.

3. Nippon Paint Bodelac 2in1

Bodelac 2-in-1 adalah cat dasar sintesis dengan kandungan alkyd yang berfungsi untuk menjadi pengikat, cat dasar sekaligus cat akhir yang berfungsi untuk melindungi permukaan besi dari karat. Cat ini dibuat dengan teknologi tinggi, yang membuat cat bisa melindungi besi dari karat dalam waktu yang lama. Cat ini memiliki daya lentur dan daya rekat yang tinggi, sehingga bisa menempel dengan mudah pada permukaan besi. Cat besi anti karat ini juga sudah disiapkan khusus untuk mengecat tanpa perlu adanya *finishing* tambahan.

METODE

Pada penelitian eksperimen ini menggunakan metode data kuantitatif deskripsi, yaitu mendeskripsikan data hasil pengujian secara sistematis dalam bentuk tabel grafik. Menggunakan 2 metode yaitu:

a) Metode Uji Perendaman

Penerapan yang mempengaruhi uji korosi perendaman. Faktor -faktor ini termasuk persiapan spesimen, peralatan, kondisi pengujian, dan pelaporan dari korosi. Praktek menekankan pentingnya merekam daftar periksa untuk melaporkan data uji kimia selama 3 hari dan 6 hari

b) Metode Uji *Thickness Gauge*

Coating Thickness Gauge merupakan adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur ketebalan cat profesional yang praktis dan didesain untuk mengukur lapisan non-destruktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dari analisa korosi pipa besi Sch 40 didapatkan data hasil perendaman pada

pipa besi selama 3 hari dan 6 hari mengalami perubahan yang cukup signifikan, seperti kehilangan berat (*weight loss*) dan berkurangnya ketebalan cat pelapis pada besi tersebut.

Untuk pencampuran bahan kimia dengan air sungai menggunakan takaran dari PDAM yaitu:

- Air sungai = 30L atau 30000ml
- TCCA = 30 gram
- Kaporit = 60 gram
- Tawas = 0,9 ml

Data yang telah didapatkan dipindahkan dalam bentuk tabel lalu digambarkan dalam bentuk grafik dan akan dideskripsikan, data yang telah diperoleh dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca dan mudah untuk dipahami.

TABEL II

Tabel Hasil pengujian metode Thickness gauge pada pipa besi ASTM A53/A530 Sch 40 (Anggurit, 2023)

Jenis cat	Ketebalan lapisan sebelum direndam			Ketebalan lapisan sesudah direndam		
	3 Titik (mm)			3 Titik (mm)		
	0,30	0,29	0,33	0,28	0,30	0,29
Emco lux primer	0,28	0,31	0,27	0,29	0,31	0,28
	0,32	0,28	0,29	0,27	0,29	0,30
	0,32	0,29	0,26	0,32	0,29	0,27
Jotun gardex premium gloss	0,28	0,30	0,28	0,28	0,32	0,29
	0,31	0,32	0,27	0,27	0,29	0,30
	0,35	0,29	0,27	0,31	0,33	0,28
Nippon paint bodelac 2in1	0,28	0,29	0,31	0,27	0,29	0,30
	0,32	0,27	0,29	0,32	0,28	0,30
Tanpa perlapisan cat	-	-	-	-	-	-

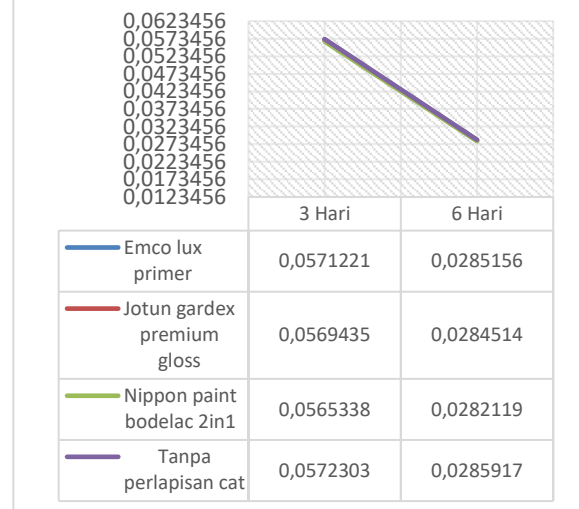
Pada proses sebelum pengecatan spesimen dilakukan pembersihan agar saat pengecatan spesimen tidak mengalami kecacatan, dan pengecatan ini dilakukan 2x lapis agar spesimen mendapatkan hasil yang baik, setelah selesai pengecatan spesimen dikeringkan lalu dilakukan pengujian metode *thickness gauge* dengan menggunakan alat *dry film thickness* yang sesuai pada pengujian yang dilakukan secara 3 titik agar bisa melihat hasil pengecatan jika mengalami tidak merata, standart pelapisan cat yaitu $\pm 0,30 \text{ mm}$.

TABEL III

Tabel Hasil berat sebelum direndam dan sesudah direndam

	3 hari		6 hari	
	Sebelum (gr)	Sesudah (gr)	Sebelum (gr)	Sesudah (gr)
Jenis cat	Emco lux primer	116,5784	116,1714	116,5784
	Jotun gardex premium gloss	116,5811	116,1703	116,5811
	Nippon paint bodelac 2in1	116,5965	116,1696	116,5965
	Emco lux primer	118,2953	117,9285	118,2953
	Jotun gardex premium gloss	118,3045	117,5229	118,3045
	Nippon paint bodelac 2in1	118,1376	117,3978	118,1376
	Emco lux primer	118,8727	117,7613	118,8727
	Jotun gardex premium gloss	118,8209	117,2444	118,7659
	Nippon paint bodelac 2in1	118,7645	117,1309	118,7945
	Tanpa perlapisan cat	115,5208	115,3355	115,5208

Grafik Perbandingan Laju Korosi



Gambar 2. Grafik Perbandingan Laju Korosi Pada 3 Jenis Cat dan Tanpa Lapisan Cat (Anggurit, 2023)

TABEL IV

Tabel Hasil Penelitian Laju Korosi (Anggurit, 2023)

	Laju Korosi		Rata-Rata
	3 hari (mm/s)	6 hari (mm/s)	
Jenis cat	Emco lux primer	0,0571221	0,0285156
	Jotun gardex premium gloss	0,0571202	0,0284943
	Nippon paint bodelac 2in1	0,0571124	0,0284903
	Emco lux primer	0,0571445	0,0285103
	Jotun gardex premium gloss	0,0569435	0,0284514
	Nippon paint bodelac 2in1	0,0569633	0,0284026
	Emco lux primer	0,0567863	0,0283466
	Jotun gardex premium gloss	0,0565617	0,0282271
	Nippon paint bodelac 2in1	0,0565338	0,0282119
	Tanpa perlapisan cat	0,0572303	0,0285917

Dari gambar 2 dan tabel 3 hasil pengujian metode perendaman spesimen yang dilapisi cat dan tidak dilapisi cat mengalami perubahan nilai dengan signifikan.

Perhitungan:

$$A_{Luas\ selimut\ luar} = (\pi \cdot r^2) + (2 \cdot \pi \cdot r \cdot t)$$

$$A_{Luas\ selimut\ luar} = \left(\frac{22}{7} \cdot 12,7 \cdot 12,7\right) + \left(2 \cdot \frac{22}{7} \cdot 12,7 \cdot 50\right)$$

$$A_{Luas\ selimut\ luar} = 506,9114285714286 + 3991,428571428571$$

$$A_{Luar\ selimut\ luar} = \mathbf{4498,34\ mm^2}$$

$$A_{Luas\ selimut\ dalam} = (\pi \cdot r^2) + (2 \cdot \pi \cdot r \cdot t)$$

$$A_{Luas\ selimut\ dalam} = \left(\frac{22}{7} \cdot 11,15 \cdot 11,15\right) + \left(2 \cdot \frac{22}{7} \cdot 11,15 \cdot 50\right)$$

$$A_{Luas\ selimut\ dalam} = 390,7278571428571 + 3504,285714285714$$

$$A_{Luas\ selimut\ dalam} = \mathbf{3895,013571428571\ mm^2}$$

$$A_{Total} = A_{Luas\ selimut\ luar} + A_{Luas\ selimut\ dalam}$$

$$A_{Total} = 4498,34\ mm^2 + 3895,013571428571\ mm^2$$

$$A_{Total} = \mathbf{8393,353571428571\ mm^2}$$

Jadi, untuk hasil perhitungan luas permukaan spesimen bentuk tabung dari selimut luar dan selimut dalam mendapatkan nilai hasil $A_{Total} = 8393,353571428571\ mm^2$

$$v_{luar} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$v_{luar} = \frac{22}{7} \cdot 12,7 \cdot 12,7 \cdot 50$$

$$v_{luar} = \mathbf{25345,57142857143\ mm^3}$$

$$v_{dalam} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$v_{dalam} = \frac{22}{7} \cdot 11,15 \cdot 11,15 \cdot 50$$

$$v_{dalam} = \mathbf{19536,39285714286\ mm^3}$$

$$v_{total} = v_{luar} + v_{dalam}$$

$$v_{total} = 25345,57142857143\ mm^3 + 19536,39285714286\ mm^3$$

$$v_{total} = \mathbf{44881,96428571429\ mm^3}$$

Jadi, untuk hasil perhitungan volume spesimen tersebut adalah $44881,96428571429\ mm^3$

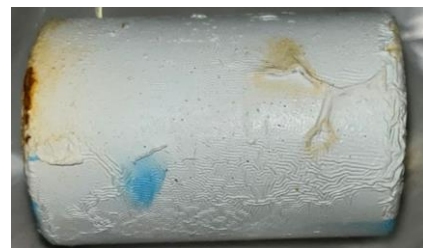
$$CR = \frac{K \times W}{A \times D \times T}$$

$$CR = \frac{2,78 \times 10^3 \times 115,2412}{8393,353571428571 \times \left(\frac{115,5208}{44858,9229}\right) \times 518400}$$

$$CR = \frac{320370,536}{8393,353571428571 \times 0,0025752 \times 518400}$$

$$\mathbf{CR = 0,0285917\ mm/s}$$

Jadi, untuk hasil laju korosi pada cat *Nippon Paint Bodelac 2in1* adalah $0,0285917\ mm/s$



Gambar 3. Hasil spesimen sesudah direndam selama 6 hari

SIMPULAN

Dapat disimpulkan untuk Nilai massa dan ketebalan lapisan yang berkurang sangat signifikan dalam setiap harinya atau setiap 24 jam dengan nilai kurang lebih 0,01 – 0,03.

Hasil pengambilan data saat sesudah perendaman selama 3 hari dan 6 hari dapat dilihat jika mengalami korosi yang kurang lebih sedikit parah, jika terus menerus terkena air kimia maka lama lama besi akan mengalami korosi seragam yang sangat parah dan bisa menyebabkan fatalnya pada pipa besi tersebut dengan nilai dari 118,7945 menjadi nilai 116,9030.

REFERENSI

1. Wahyu Sulistyono¹, Athanasius Priharyoto Bayuseno². *analisis korosi dan erosi di dalam pipa pdam semarang*. 2014; Vol. 2, No.4: 354-363.
2. Fontana, M. G., "Corrosion Engineering," New York McGraw-Hill Book Co. Singapore. 1987: 289-302
3. Callister, W.D., "Material Science and Engineering Seventh edition," John Wiley & Sons. New York. 2007: 174-182
4. Bardal, E. "Corrosion and Protection," Springer. London. 2003: 154-234

5. Kumala, R. "Mengenal Korosi dan Akibatnya, Serta Cara Pencegahannya dalam Kehidupan Sehari-hari," Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 2011: 354-363
6. Chamberlain, J., Trethewey, K.R., Corrosion, for students of science and engineering Korosi, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1991
7. ASTM, Metal Test Methods and Analytical Procedures, Annual Book of ASTM Standards. Sec. 1, Vol. 01.01., 2003: 467-485