

Studi Kasus: Analisis Laju Korosi Terhadap Berbagai Jenis Paku

Muh. Supwatul Hakim¹, Dwi Hermayantiningsih^{1*}, Yuni Nainggolan¹, Tina Sugiyani¹, Wenika Simbolon¹, Yuneta¹, Anasthasya Silalahi¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya

* Email: dwiherma@mipa.upr.ac.id (penulis korespondensi)

Diterima: 15 Jan 2024

Direvisi: 29 Jan 2024

Published: 31 Jan 2024

Abstract— This research aims to determine the corrosion rate of different types of nails by immersing them in water of the same quality. The method used is weight loss method. Each nail was immersed in water for 1–7 days and then weighed every day. The highest corrosion rate was obtained for steel nails with an average corrosion rate of 0.09 mmpy and the lowest corrosion rate was obtained for wall nails with an average corrosion rate of 0.02 mmpy. The largest difference in nail weight after soaking was for the umbrella nail at 0.48 grams, while the smallest difference in nail weight was for the wall nail at 0.11 grams.

Keywords— corrosion; corrosion rate; metal

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada berbagai jenis paku yang berbeda dengan cara melakukan perendaman pada air dengan kualitas yang sama. Metode yang digunakan adalah metode kehilangan berat. Masing-masing paku direndam dalam air selama 1-7 hari dan kemudian ditimbang beratnya setiap hari. Laju korosi tertinggi diperoleh pada paku baja dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,09 mmpy dan laju korosi terendah pada paku tembok dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,02 mmpy. Selisih berat paku tertinggi setelah perendaman adalah paku payung sebesar 0,48 gram, sedangkan selisih berat paku terendah adalah paku tembok sebesar 0,11 gram.

Kata kunci— korosi; laju korosi; logam

I. PENDAHULUAN

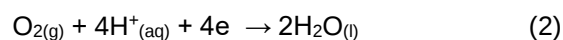
Korosi menjadi permasalahan utama dari besi dan baja, karena dapat menurunkan kualitas material. Baja merupakan salah satu unsur pembuatan paku. Ada beberapa jenis paku, diantaranya paku tembok, paku payung, paku beton, paku kawat baja, paku *cloud head* dan lain-lain, namun paku beton dianggap sebagai yang paling kuat dalam pemanfaatannya dan proses pembuatannya. Paku beton banyak digunakan dalam konstruksi bangunan besar untuk menyambung kayu yang kuat atau untuk keperluan sehari-hari seperti menggantung pakaian di rumah atau kantor. Namun, seperti baja, korosi juga dapat memengaruhi kualitas paku beton [1]. Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam yang terjadi akibat reaksi redoks antara logam tertentu dengan zat-zat yang berada di sekitarnya dan menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan. Secara umum, dalam bahasa sehari-hari, korosi sering disebut sebagai perkaratan pada besi. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan

oksigen (udara) mengalami reduksi. Karat logam umumnya berupa oksida atau karbonat. Rumus kimia karat besi adalah $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, suatu zat padat yang berwarna coklat-merah.

Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi bertindak sebagai anoda, di mana besi mengalami oksidasi.



Elektron yang dibebaskan di anoda mengalir ke bagian lain dari besi yang bertindak sebagai katoda, di mana oksigen tereduksi.



Ion besi (II) yang terbentuk pada anoda selanjutnya teroksidasi membentuk ion besi (III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi, yaitu karat besi [2].

Korosi dapat terjadi karena proses fisik, kimia, maupun biologi yang saling berinteraksi. Korosi fisik dapat terjadi melalui kontak antara logam dan ion di lingkungan. Korosi kimia terjadi karena adanya kontak dengan senyawa kimia yang dapat menyebabkan korosi, seperti asam atau merkuri.

Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi diantaranya oksigen terlarut yang berperan dalam sebagian proses korosi, ketika konsentrasi *dissolved oxygen* (DO) meningkat, kecepatan korosi juga akan meningkat. Konsentrasi *total dissolved solid* (TDS) sangat penting karena air yang mengandung TDS menjadi penghantar arus listrik yang lebih baik dibandingkan dengan air tanpa TDS. Aliran listrik diperlukan untuk terjadinya korosi pada pipa logam. Oleh karena itu, jika konsentrasi TDS meningkat, kecepatan korosi akan meningkat. Kemudian, kenaikan pH dan alkalinitas akan meningkatkan kecepatan korosi. Semakin tinggi temperatur, reaksi kimia terjadi lebih cepat, dan peningkatan temperatur air umumnya meningkatkan kecepatan korosi. Tipe logam juga mempengaruhi terjadinya korosi, logam yang mudah memberikan elektron atau mudah teroksidasi akan lebih rentan terhadap korosi.

Laju korosi merupakan tingkat penyebaran atau penurunan kualitas bahan seiring berjalannya waktu. Dalam mengukur laju korosi, satuan yang umum digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy, standar British). Material biasanya memiliki tingkat ketahanan terhadap korosi dengan nilai laju korosi berkisar antara 1 hingga 200 mpy. Pengelompokan tingkat ketahanan material berdasarkan laju korosi dapat ditemukan dalam tabel berikut [3].

Tabel 1. Tingkat Ketahanan Korosi berdasarkan laju korosi

Relative Corrosion Resistance	Approximate metric Equivalent				
	Mpy	mmpy	$\mu\text{m/py}$	nm/yr	pm/yr
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	50-100	20-50
Poor	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Pada penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh terjadinya korosi dan laju korosi pada berbagai jenis paku yang berbeda.

Alat yang digunakan

Gelas plastik, benang, lidi, dan timbangan.

Bahan

Bahan-bahan yang di pakai dalam penelitian ini adalah Paku tembok, paku payung, paku kawat baja, yang didapatkan dari Toko Bahan Bangunan di Kota Palangka Raya. Material penyusun paku adalah baja dengan Panjang yang berbeda. Panjang berturut-turut dari paku tembok, paku payung dan paku kawat baja adalah 2 cm, 5 cm, dan 4 cm. Air yang digunakan untuk merendam paku adalah air kran/ air tanah dengan pH 5 yang berasal dari salah satu rumah peneliti yang berada di Kota Palangka Raya.

Langkah Kerja

Sebanyak 3 gelas plastik disiapkan dan masing-masing diisi dengan air hingga setengah penuh. Paku yang sudah disiapkan ditimbang untuk mengetahui berat awalnya menggunakan timbangan. Kemudian masing-masing paku tersebut diikat dengan benang dibagian tengah. Ujung benang tersebut diikatkan pada lidi. Lidi yang sudah terikat dengan benang dan paku diletakkan dibagian atas gelas sehingga paku tergantung didalam air dan tidak terkena wadah. Paku direndam didalam air selama 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari dan dilakukan penimbangan berat paku setiap hari.



Gambar 1. Proses perendaman paku

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

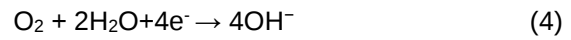
Berdasarkan literatur korosi merupakan proses perusakan logam karena reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya [4]. Pada pengamatan yang dilakukan terhadap berbagai jenis paku yang direndam di dalam air keran, yang mana air keran tersebut memiliki nilai pH 5, menunjukkan logam mulai teroksidasi. Proses ini melibatkan dua reaksi utama yaitu oksidasi logam (proses anodik) dan reduksi oksigen atau ion hidrogen (proses katodik).

Semakin rendah pH ($\text{pH} \leq 4$) maka kemungkinan logam tersebut untuk terkorosi semakin besar karena daerah logam terurai menjadi ion logam berada di lingkungan asam. Adapun reaksi kimia pada logam (paku) dinyatakan sebagai berikut :



Berdasarkan reaksi tersebut paku atau logam (M) mengalami oksidasi dengan

melepaskan elektron menjadi ion positif (M^+). Kemudian ion elektron yang dihasilkan dari reaksi anodik akan berpartisipasi dalam proses katodik, di mana oksigen dari udara dan air mereduksi dan membentuk ion hidroksida (OH^-).



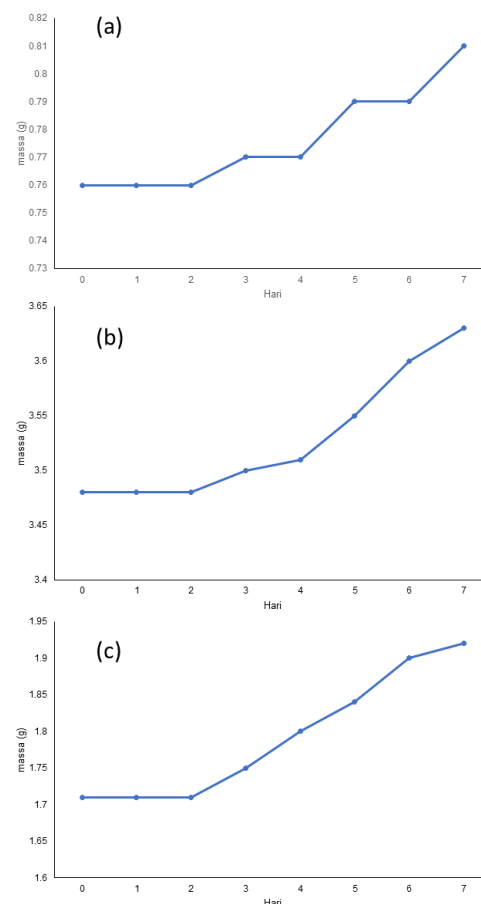
Oksigen tersebut berfungsi pada proses reduksi pada karat logam.

Tabel 2. Analisis Massa Paku

Jenis Paku	Berat Paku (g)							
	Sebelum	Hari ke 1	Hari ke 2	Hari ke 3	Hari ke 4	Hari ke 5	Hari ke 6	Hari ke 7
Paku Tembok	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	0,79	0,79	0,81
Paku Payung	3,48	3,48	3,48	3,50	3,51	3,55	3,60	3,63
Paku Kawat Baja	1,71	1,71	1,71	1,75	1,80	1,84	1,90	1,92

Berdasarkan data pada **Tabel 2** dilakukan pengamatan terhadap perubahan massa paku setelah dilakukan perendaman selama 1-7 hari. Laju korosi merupakan kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan (logam) terhadap waktu akibat terkena lingkungan korosif seperti udara, air, atau tanah, yang menyebabkan degradasi atau kerusakan material logam. Laju korosi umumnya dihitung menggunakan metode kehilangan berat atau metode elektrokimia [5]. Pada penelitian ini laju korosi ditentukan menggunakan metode kehilangan berat yang melibatkan pengukuran massa paku akibat korosi yang terjadi.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, terdapat hubungan antara waktu perendaman dengan laju korosi pada paku. Laju korosi pada paku atau bahan logam secara umum dipengaruhi oleh berbagai faktor, serta hubungan antara waktu dan massa karat. Beberapa faktor yang memengaruhi laju korosi melibatkan interaksi antara logam, lingkungan, dan waktu yang menjadi faktor penting dalam proses korosi. Umumnya korosi terjadi seiring berjalannya waktu. Dimana, semakin lama logam berada dalam lingkungan korosif, maka semakin besar kemungkinan korosi akan terjadi. Berikut adalah grafik perubahan massa paku disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap massa paku (a). Paku Tembok, (b). Paku Payung, dan (c) Paku Baja

Gambar 2 menunjukkan hubungan lama perendaman dengan masa paku yang dihasilkan. Lamanya waktu perendaman menyebabkan massa paku akan semakin meningkat. Dalam proses ini, logam (paku) akan bereaksi dengan oksigen atau senyawa lain dalam suatu lingkungan korosif, yang dapat mengakibatkan pelepasan ion besi ke dalam larutan. Ion-ion ini kemudian bereaksi lebih lanjut dengan air dan oksigen untuk membentuk senyawa besi oksida yang tidak larut dan kemudian akan menempel pada permukaan paku sebagai lapisan karat. Hal inilah yang menyebabkan penambahan massa pada paku. Berdasarkan penelitian Ko, dkk (2021) yang mana komposisi logam dengan kadar karbon yang tinggi dapat membuat logam lebih rentan terhadap korosi karena sifat-sifatnya yang kurang tahan terhadap pengaruh lingkungan korosif [6].

Laju Korosi

Analisis laju korosi dapat dilakukan dengan menggunakan metode kehilangan berat yaitu 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 sebagai berikut:

$$\text{Laju Korosi (mmpy)} = \frac{K.W}{D.A.T} \quad (5)$$

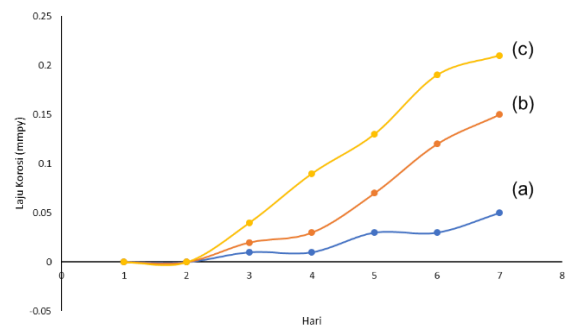
Keterangan:

- K = Ketetapan ($8,76 \times 10$)
- W = Perubahan massa (gram)
- D = Massa Jenis (gram/mm)
- A = Luar Permukaan (mm)
- T = Waktu perendaman (detik)

Dari hasil penelitian diperoleh laju korosi pada masing-masing paku ditunjukkan pada Gambar 3.

Berdasarkan data pada Gambar 3, laju korosi pada Paku Tembok terendah adalah pada hari ke 1 dengan nilai laju korosi sebesar 0 mmpy, sedangkan laju korosi tertinggi terjadi pada hari ke 7 dengan nilai laju korosi sebesar 0,05 mmpy. Pada Paku Payung laju korosi terendah sebesar 0 mmpy, sedangkan laju korosi tertinggi sebesar 0,15 mmpy. Pada Paku Baja laju korosi terendah sebesar 0 mmpy, sedangkan laju korosi tertinggi sebesar 0,21 mmpy. Masing-masing paku mengalami kenaikan laju korosi dimulai pada hari ke 3 dan hingga mencapai laju korosi tertinggi pada hari

ke 7. Rata-rata laju korosi pada paku tembok sebesar 0,02 mmpy, paku tembok sebesar 0,06 mmpy dan paku baja sebesar 0,09 mmpy. Nilai laju korosi digambarkan sangat baik jika nilai laju korosi $< 0,02$ mmpy dan buruk sekali jika lebih besar sama dengan 5 mmpy [3], [7].



Gambar 3. Laju Korosi pada masing-masing paku (a) Paku Tembok, (b) Paku Payung dan (c) Paku Baja.

Tabel 3. Selisih berat paku setelah perendaman

Jenis Paku	Selisih berat paku per hari (g)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Paku Tembok	0.76	0	0	0.01	0.01	0.03	0.03	0.05
Paku Payung	3.48	0	0	0.02	0.03	0.07	0.12	0.15
Paku Baja	1.71	0	0	0.04	0.09	0.13	0.19	0.21

Pada Tabel 3 menunjukkan selisih berat paku setelah dilakukan perendaman. Selisih berat paku tertinggi setelah perendaman adalah paku payung sebesar 0,48 gram, sedangkan selisih berat paku terendah adalah paku tembok sebesar 0,11 gram. Jenis material penyusun paku dapat mempengaruhi berat karat yang terjadi. Pada umumnya paku yang tersusun dari komponen logam besi yang tinggi akan mengakibatkan proses terjadinya karat lebih cepat dan menimbulkan berat yang paku yang bertambah karena terbentuknya lapisan karat dipermukaan paku berupa $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa laju korosi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pH air, dan bahan/material paku. Hasil laju korosi yang terbesar diperoleh pada paku baja dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,09 mmpy dan laju korosi terendah pada paku tembok dengan nilai rata-rata laju korosi sebesar 0,02 mmpy. Selisih berat paku tertinggi setelah perendaman adalah paku payung sebesar 0,48 gram, sedangkan selisih

berat paku terendah adalah paku tembok sebesar 0,11 gram.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Tajudin, R. Rahmaniah, and I. Ihsan, "Perbandingan Laju Korosi Paku Beton Pada Medium Air Pdam Dan Air Limbah Ac (Air Conditioner)," *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 7, no. 1, p. 44, 2020, doi: 10.24252/jft.v7i1.13980.
- [2] Afandi, "Analisa laju korosi," *J. Tek. Its*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [3] M. G. Fontana, *Corrosion Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Company, 1986. doi: 10.5006/0010-9312-19.6.199.
- [4] M. Tampubolon, R. G. Gultom, L. Siagian, P. Lumbangaol, and C. Manurung, "Laju Korosi Pada Baja Karbon Sedang Akibat Proses Pencelupan Pada Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Asam Klorida (HCl) dengan Waktu Bervariasi," *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 13–21, 2020, doi: 10.36655/sprocket.v2i1.294.
- [5] N. A. Malau and A. W. Nugraha, "Indonesian Journal of Chemical State University of Medan," *Indones. J. Chem. Sci. Techonology*, vol. 5, no. 1, pp. 31–41, 2022.
- [6] S. J. Ko, S. R. Choi, M. S. Hong, W. C. Kim, and J. G. Kim, "Effect of imidazole as corrosion inhibitor on carbon steel weldment in district heating water," *Materials (Basel)*, vol. 14, no. 16, 2021, doi: 10.3390/ma14164416.
- [7] D. A. Jones, *Principles and Presentation of Corrosion*. Singapore: Prentice Hall, 1996. Accessed: Jan. 15, 2024. [Online]. Available: https://www.academia.edu/74928103/Principles_and_Presentation_of_Corrosion_D_A_Jones