

Pengaruh Bentuk Geometri terhadap Laju Korosi Baja Karbon dalam Larutan NaCl 3,5%

Rudi Hartono¹, Amat Umron^{1*}, Utdin F Amali¹

¹Universitas Khairun, Ternate

*E-mail : rudi.hartono2107@gmail.com

Received 4 Februari 2026; Received in revised form 13 Februari 2026; Accepted 13 Februari 2026

Abstract

The geometry of metal components is an important factor influencing corrosion behavior, particularly localized corrosion. This study aims to analyze the effect of geometric variations on the corrosion rate of carbon steel through a simulated laboratory experimental approach. Carbon steel specimens were fabricated with three different geometries, namely flat surface, sharp-edged surface, and crevice geometry. Corrosion testing was conducted using immersion and potentiodynamic polarization methods in a 3.5% NaCl solution. The analyzed parameters included mass loss corrosion rate, corrosion potential, and corrosion current density. The results showed that crevice specimens exhibited the highest corrosion rate, followed by sharp-edged specimens, while flat surfaces demonstrated the best corrosion resistance. This behavior is attributed to the formation of differential aeration cells and non-uniform current density distribution caused by geometric variations. These findings highlight the importance of considering geometric design in corrosion mitigation strategies for metal components.

Keywords: Corrosion; Geometry; Crevice Corrosion; Carbon Steel; 3,5% NaCl

Abstrak

Geometri komponen logam merupakan faktor penting yang memengaruhi perilaku korosi, terutama korosi lokal. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi bentuk geometri terhadap laju korosi baja karbon melalui eksperimen laboratorium simulatif. Spesimen baja karbon dibuat dalam tiga variasi geometri, yaitu permukaan datar, bersudut tajam, dan bercelah. Pengujian dilakukan menggunakan metode perendaman dan polarisasi potensiodinamik dalam larutan NaCl 3,5%. Parameter yang dianalisis meliputi laju kehilangan massa, potensial korosi, dan rapat arus korosi. Hasil menunjukkan bahwa spesimen bercelah memiliki laju korosi tertinggi, diikuti oleh spesimen bersudut tajam, sedangkan permukaan datar menunjukkan ketahanan korosi terbaik. Fenomena ini disebabkan oleh terbentuknya sel aerasi diferensial dan ketidakhomogenan distribusi rapat arus akibat variasi geometri. Hasil penelitian menegaskan pentingnya pertimbangan desain geometri dalam mitigasi korosi komponen logam.

Kata kunci: Baja Karbon; Geometri, Korosi; Korosi Celah; NaCl 3,5%

1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan salah satu penyebab utama degradasi dan kegagalan dini komponen logam pada berbagai sektor industri, seperti konstruksi, transportasi, dan energi. Baja karbon masih menjadi material yang banyak digunakan karena biaya rendah dan sifat mekaniknya yang baik, namun material ini memiliki ketahanan korosi yang relatif rendah, khususnya pada lingkungan yang mengandung ion klorida [1]. Oleh karena itu, pemahaman terhadap faktor-faktor yang memengaruhi laju korosi menjadi hal yang

penting dalam upaya peningkatan umur pakai dan keandalan struktur logam.

Sebagian besar penelitian korosi berfokus pada pengaruh komposisi material, kondisi lingkungan, serta metode perlindungan seperti pelapisan dan inhibitor [2], [3]. Namun demikian, dalam aplikasi nyata, komponen logam jarang memiliki bentuk geometris yang sederhana. Keberadaan sudut tajam, celah sempit, dan diskontinuitas geometris sering kali tidak dapat dihindari dan berpotensi menjadi lokasi awal terjadinya korosi lokal. Penelitian-

penelitian terbaru menunjukkan bahwa geometri komponen berperan penting dalam memengaruhi distribusi oksigen, potensial elektrokimia, dan rapat arus pada permukaan logam [4], [5].

Beberapa studi melaporkan bahwa geometri bercelah dan diskontinuitas bentuk dapat memicu terbentuknya sel aerasi diferensial yang mempercepat korosi lokal pada baja karbon di lingkungan klorida [6], [7]. Turnbull dan Zhou [4] serta Nazari et al. [5] menunjukkan bahwa variasi bentuk secara signifikan meningkatkan rapat arus korosi dan mempercepat pelarutan logam pada area anodik. Temuan serupa juga dilaporkan dalam penelitian berbasis prosiding, yang menekankan bahwa desain struktur yang tidak optimal dapat menjadi faktor dominan terjadinya korosi lokal meskipun material yang digunakan sama [8], [9].

Meskipun pengaruh geometri terhadap korosi telah banyak dibahas secara teoritis, data eksperimental yang membandingkan secara langsung laju korosi pada variasi bentuk geometri dengan kondisi uji yang terkontrol masih terbatas, khususnya untuk skala laboratorium sederhana yang aplikatif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk geometri terhadap laju dan karakteristik korosi baja karbon dalam larutan NaCl 3,5% menggunakan metode kehilangan massa dan pengujian elektrokimia. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis dalam pengendalian korosi serta menjadi pertimbangan dalam perancangan komponen logam yang lebih tahan terhadap korosi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Material dan Variasi Geometri

Material yang digunakan adalah baja karbon rendah. Spesimen dibuat dengan tiga variasi bentuk:

- G1: Permukaan datar
- G2: Permukaan bersudut tajam (90°)
- G3: Spesimen bercelah (celah ±0,5 mm)

2.2 Metode Pengujian

Pengujian dilakukan dalam larutan NaCl 3,5% pada suhu ruang menggunakan:

- Uji perendaman selama 168 jam (ASTM G31)

- Uji polarisasi potensiodinamik untuk memperoleh E_{corr} dan I_{corr}

Perhitungan Laju Korosi Berdasarkan Kehilangan Massa. Laju korosi baja karbon ditentukan menggunakan metode kehilangan massa (weight loss method) sesuai dengan standar ASTM G31. Prinsip metode ini adalah mengukur selisih massa spesimen sebelum dan sesudah pengujian perendaman dalam media korosif selama waktu tertentu.

$$CR = \frac{\rho \cdot A \cdot t}{K \cdot \Delta W} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

CR = laju korosi (mm/tahun)

K = konstanta konversi (87,6 untuk satuan mm/tahun)

ΔW = kehilangan massa (mg)

ρ = densitas material (g/cm³)

A = luas permukaan spesimen yang terpapar (cm²)

t = waktu perendaman (jam)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bentuk geometri berpengaruh signifikan terhadap laju korosi baja karbon dalam larutan NaCl 3,5%. Tabel 1 dan Gambar 1 bahwa spesimen dengan permukaan datar menunjukkan laju korosi terendah, sedangkan spesimen bersudut tajam dan bercelah mengalami peningkatan laju korosi, dengan nilai tertinggi pada geometri bercelah sebesar 0,52 mm/thn. Hasil ini mengindikasikan bahwa geometri kompleks mempercepat terjadinya korosi lokal meskipun material dan lingkungan pengujian dibuat seragam.

Berdasarkan uji kehilangan massa, spesimen bercelah mengalami pelarutan logam yang lebih besar akibat terbatasnya difusi oksigen di dalam celah. Kondisi ini membentuk sel aerasi diferensial yang menjadikan area celah bersifat anodik dan lebih rentan terhadap korosi. Fenomena ini sejalan dengan teori korosi yang dikemukakan oleh Fontana [2] serta Revie dan Uhlig [10], dan diperkuat oleh hasil penelitian Turnbull dan Zhou [4] serta Fajardo dan Bastidas [7].

Hasil pengujian elektrokimia pada Tabel 2 menunjukkan bahwa peningkatan kompleksitas geometri menyebabkan nilai potensial korosi (E_{corr}) menjadi lebih negatif dan rapat arus korosi (I_{corr}) meningkat. Menurut Landolt dan Popov [3], nilai I_{corr}

yang tinggi mencerminkan laju reaksi elektrokimia korosi yang lebih cepat. Nazari et al. [5] dan Zhang et al. [11] menjelaskan bahwa sudut tajam dan celah menyebabkan ketidakhomogenan distribusi rapat arus dan rasio luas katoda terhadap anoda yang tidak seimbang, sehingga mempercepat korosi lokal. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian yang diperoleh dalam studi ini.

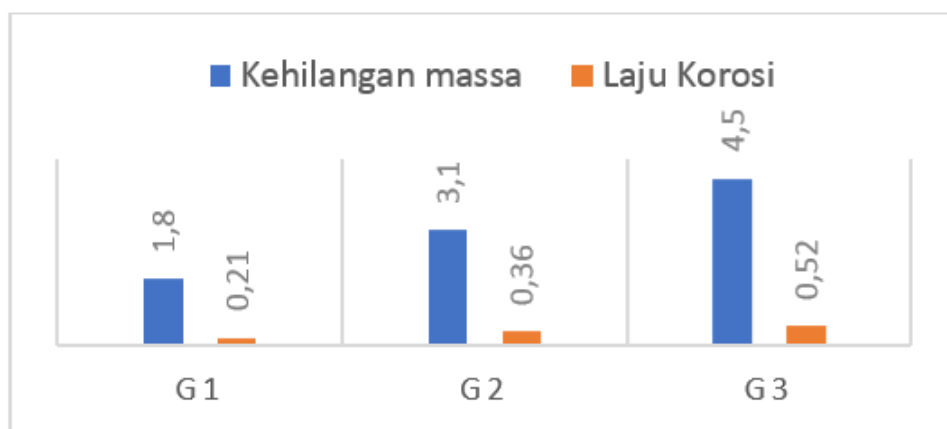
Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk geometri memiliki peran penting dalam menentukan ketahanan korosi baja karbon. Oleh karena itu, selain pemilihan material dan metode proteksi, aspek desain geometri perlu dipertimbangkan secara serius dalam upaya mitigasi korosi, sebagaimana direkomendasikan oleh Roberge [1] dan Jones [12].

Tabel 1. Laju Korosi Baja Karbon pada Variasi Geometri

Geometri	Kehilangan Massa (mg/cm ²)	Laju Korosi (mm/tahun)
G1 – Datar	1,8	0,21
G2 – Sudut Tajam	3,1	0,36
G3 – Celah	4,5	0,52

Tabel 2. Parameter Polarisasi Potensiodinamik

Geometri	E_{corr} (mV vs Ag/AgCl)	I_{corr} (μ A/cm ²)
G1 – Datar	-520	4,2
G2 – Sudut Tajam	-565	7,6
G3 – Celah	-610	11,8



Gambar 1. Grafik Kehilangan Massa (mg/cm²) dan Laju Korosi (mm/th)

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa bentuk geometri memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju dan karakteristik korosi baja karbon dalam larutan NaCl 3,5%. Spesimen dengan geometri bercelah menunjukkan laju korosi tertinggi, diikuti oleh spesimen bersudut tajam, sedangkan spesimen dengan permukaan datar memiliki ketahanan korosi terbaik.

Peningkatan laju korosi pada geometri bercelah dan sudut tajam disebabkan oleh terbentuknya sel aerasi diferensial, ketidakhomogenan distribusi rapat arus, serta rasio luas katoda terhadap anoda yang tidak seimbang. Kondisi ini mempercepat reaksi elektrokimia korosi dan memicu terjadinya korosi lokal, meskipun material dan lingkungan pengujian dibuat seragam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada seluruh rekan kerja yang terlibat dan Prodi Teknik Mesin Unkhair sehingga penelitian bisa selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. Roberge, *Corrosion Engineering: Principles and Practice*, New York: McGraw-Hill, 2008.
- [2] M. G. Fontana, *Corrosion Engineering*, 3rd ed., New York: McGraw-Hill, 1986.
- [3] B. N. Popov, *Corrosion Engineering: Principles and Solved Problems*, Oxford: Elsevier, 2015.
- [4] A. Turnbull and L. Zhou, "Effect of geometry and crevice conditions on localized corrosion of carbon steel in chloride environments," *Corrosion Science*, vol. 165, pp. 108–117, 2020.
- [5] M. Y. Nazari, M. R. Amini, and A. Davoodi, "Influence of geometric discontinuities on localized corrosion behavior of steel," *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 29, no. 4, pp. 2456–2464, 2020.
- [6] J. Hou, X. Li, and Y. Cheng, "Role of differential aeration induced by geometry on corrosion behavior of pipeline steel," *Electrochimica Acta*, vol. 354, pp. 136–145, 2020.
- [7] S. Fajardo and J. M. Bastidas, "Effect of crevice geometry on corrosion mechanisms of carbon steel in NaCl solution," *Materials and Corrosion*, vol. 72, no. 5, pp. 789–798, 2021.
- [8] A. Turnbull, "Localized corrosion associated with geometric effects in carbon steel structures," in *Proceedings of the International Corrosion Conference (CORROSION)*, NACE International, Houston, TX, USA, 2019, pp. 1–10.
- [9] M. R. Amini and A. Davoodi, "Electrochemical study of geometry-induced corrosion in steel structures," in *Materials Today: Proceedings*, vol. 42, Elsevier, 2021, pp. 245–251.
- [10] R. W. Revie and H. H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control*, 4th ed., Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008.
- [11] K. Zhang, Y. Wu, and X. Chen, "Electrochemical investigation of crevice corrosion influenced by structural geometry in carbon steel," *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 907, pp. 116–124, 2022.
- [12] D. A. Jones, *Principles and Prevention of Corrosion*, 2nd ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996.
- [13] L. Wang, Z. Liu, and H. Luo, "Experimental study on geometry-induced localized corrosion of steel in marine environments," *Ocean Engineering*, vol. 234, pp. 109–118, 2021.
- [14] S. Fajardo, J. M. Bastidas, and M. Morcillo, "Influence of crevice geometry on corrosion mechanisms of carbon steel in chloride media," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 480, no. 1, IOP Publishing, 2019, pp. 1–7.
- [15] L. Wang and Z. Liu, "Effect of geometric discontinuities on localized corrosion behavior of pipeline steel," in *Proceedings of the International Conference on Materials, Metallurgy and Corrosion*, IEEE, 2020, pp. 55–60.