



Jurnal Artikel

Kajian Korosi Pada Retak Tegang Material AISI 304 Dengan Variasi Pembebanan Menggunakan Media Air Laut

Betrand Adriyanto¹, Yovial Mahyoedin*, Duskiardi, Wenny Marthiana, Iqbal

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

¹adriyanto@gmail.com

*Corresponding author – Email : yovial@bunghatta.ac.id

Artikel Info - : Received : 29 Juni 2025 ; Revised : 14 Juli 2025; Accepted: 15 Juli 2025

Abstrak

Background: Penelitian ini melakukan analisis terhadap laju korosi yang disebabkan oleh retak tegang pada pipa baja AISI 304 yang direndam dalam akuarium berisi air laut alami dan mengamati masalah retakan yang muncul pada sampel pipa baja AISI 304 setelah diuji korosi. Metode pengujian menggunakan C-ring, dengan variasi pembebanan 0 kN, 3 kN, dan 5 kN. Material dicelup dalam media air laut selama 5 hari, 10 hari, dan 15 hari. Pengujian dilakukan dengan mengambil kehilangan berat sampel, perhitungan laju korosi dan pengamatan retak yang terjadi dengan mikroskop optik. Kehilangan berat dan laju korosi dipengaruhi oleh besarnya beban dan lamanya waktunya pencelupan. Pengujian menunjukkan kehilangan berat dan laju korosi terbesar terjadi pada spesimen dengan beban 5 kN dan waktu pencelupan 15 hari dengan nilai kehilangan beratnya 20 gram dan laju korosinya 0,14740 mm/y dan yang terkecil terjadi pada beban 0 kN dengan kehilangan berat 17 gram dengan laju korosi 0,04625 mm/y.

Kata kunci: AISI 304; C-ring; laju korosi; air laut

Abstract

Background: This study analyzes the corrosion rate caused by stress cracking in AISI 304 steel pipes immersed in an aquarium containing natural seawater and examines the cracking issues that appear in the AISI 304 steel pipe samples after corrosion testing. The testing method used the C-ring technique with load variations of 0 kN, 3 kN, and 5 kN. The material was immersed in the seawater medium for 5 days, 10 days, and 15 days. The tests were conducted by measuring the weight loss of the samples, calculating the corrosion rate, and observing the cracks using an optical microscope. The weight loss and corrosion rate were influenced by the magnitude of the applied load and the duration of immersion. The results showed that the highest weight loss and corrosion rate occurred in the specimen with a 5 kN load and 15-day immersion, with a weight loss of 20 grams and a corrosion rate of 0.14740 mm/y. Meanwhile, the lowest values were observed in the specimen with a 0 kN load, which had a weight loss of 17 grams and a corrosion rate of 0.04625 mm/y.

Keywords: AISI 304; C-ring; corrosion rate; seawater



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Metal : Manufaktur, Energi, Material Teknik, Uhamka, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution ([CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)) license.

Pendahuluan

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif. Korosi dapat juga diartikan sebagai serangan yang merusak logam karena logam bereaksi secara kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. *Stress corrosion cracking* (SCC) atau korosi retak tegang merupakan kegagalan intergranular pada baja akibat kegiatan gabungan antara tegangan tarik statik dengan

lingkungan khusus. SCC terjadi karena butiran logam yang berubah bentuk yang diakibatkan karena logam mendapatkan perlakuan khusus seperti diregang, ditekuk, dan ditarik sehingga butiran menjadi tegang dan butiran sangat mudah bereaksi dengan lingkungan secara perlahan-lahan yang disebabkan perambatan retak (Priyotomo, 2016).

Bentuk korosi ini sangat lazim dijumpai di lingkungan industri. SCC terjadi karena adanya tiga faktor yang saling

berkaitan, yaitu adanya tegangan tarik, lingkungan yang korosif, dan material yang rentan terhadap korosi (Bayuseno dan Chrisman, 2014). Sumber dari tegangan dapat dilihat dari berbagai macam seperti tegangan pakai, tegangan sisa, panas, pengaruh permesinan atau pengaruh pengelasan (Sitorus, 2012).

Pipa gas bawah laut adalah komponen yang beresiko terhadap terjadinya korosi retak tegang. Dilain pihak, pengelasan pada sambungan pipa dapat memberikan tegangan sisa terhadap pipa. Selain itu, adanya media air laut dengan kadar garam yang tinggi dikombinasikan dengan tegangan sisa yg diberikan akibat pengelasan menyebabkan pipa bawah laut berkemungkinan besar akan mengalami korosi retak tegang. Permasalahan ini sering dialami pipa bawah laut sehingga menyebabkan pipa bocor. Pipa bawah laut tidak hanya mengalami korosi tetapi juga retak (Adrian, 2009). Air laut sendiri merupakan lingkungan yang korosif untuk besi dan baja, terutama karena resistivitas air laut sangat rendah ($\pm 25 \text{ Ohm-cm}$) dibandingkan resistivitas air tawar ($\pm 4000 \text{ Ohm-cm}$) (Munasir, 2009).

Beberapa penelitian berkaitan korosi retak tegang telah banyak dilakukan. Putrandono dan Bayuseno (2014) melakukan penelitian dengan menggunakan material kuningan pada beban bervariasi dalam media air. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa media korosif dan tegangan yang dialami material berpengaruh pada korosi retak tegang yang terjadi. Semakin besar tegangan maka korosi yang terjadi juga semakin cepat. Pada penelitian yang lain, Badaruddin dan Sugiyanto (2014) menggunakan spesimen baja karbon rendah yang sebelumnya telah diberi efek *shot peening* pada media air laut. Adanya *shot peening* menyebabkan peningkatan nilai kekerasan pada material akibat adanya deformasi plastis yang dapat menimbulkan efek pengerasan regangan dan tidak ditemukan korosi retak tegang pada material yang mengalami *shot peening*.

Pada penelitian yang lain, Bayuseno dan Chrisman (2014) menggunakan material AISI 304 dengan metode u-bend dalam media HCl 1M. Hasil penelitian menunjukan bahwa tebal bahan berpengaruh pada laju korosi. Pelat tebal 6 mm mengalami korosi lebih cepat dibandingkan pelat tebal 3 mm. Selain itu terjadinya korosi menyebabkan sifat mekanik material turun. (Putrandono dan Bayuseno, 2014).

Penelitian ini menumpukan perhatian terhadap fenomena terjadinya korosi retak tegang pada material pipa yang berada pada lingkungan dengan kadar garam yang tinggi dalam air laut dan adanya tegangan sisa yang dialami pipa yang menjadi pemicu terjadinya korosi retak tegang.

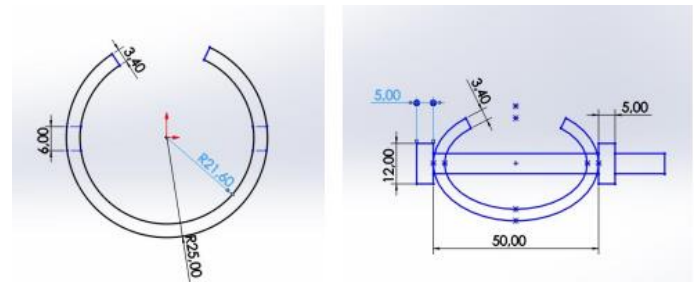
Metode

Lingkup Penelitian

Pengujian menggunakan pipa baja AISI 304 yang berbentuk C-ring dan dipersiapkan sebanyak 19 buah

dengan diameter lubang untuk pemasangan baut 6 mm. Baja AISI 304 adalah baja tahan karat (*stainless steel*) yang struktur mikronya didominasi oleh fasa austenit. Bahan ini banyak digunakan karena ketahanannya terhadap korosi. Namun, AISI 304 bisa rentan terhadap korosi lokal seperti korosi celah dan pitting di lingkungan yang mengandung klorida (misalnya air laut) (Viera *et al.*, 2017) ataupun sensitisasi dan intergranular (Tokuda *et al.*, 2021).

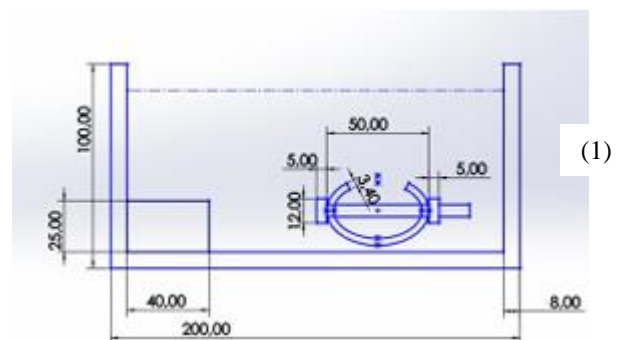
Bentuk dan dimensi spesimen dibuat mengikuti standar ASTM G38-01. Berikut sketsa gambar C-ring yang belum diberi pembebanan dan setelah diberi pembebanan (gambar 1)



Gambar 1. Spesimen C-ring sebelum dan setelah pembebanan

Benda uji terlebih dahulu diberi pembebanan bervariasi, yang dilakukan oleh baut, dengan nilai 0 kN (tanpa beban), 3 kN dan 5 kN.

Benda uji yang telah diberi beban diuji menggunakan metode pencelupan dimana seluruh benda uji tercelup ke dalam aquarium kaca yang berisikan media air laut, dengan tebal kaca 8 mm, dan volume 10 x 10 x 20 cm (gambar 2).



Gambar 2. Spesimen dalam aqurium kaca

Laju korosi dapat diperoleh dari persamaan (Robert, 2002):

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

Dimana:

CR = Laju korosi (mm/y), W = Berat hilang (mg)

K = Konstanta, 8.76, T = waktu exposure (jam)

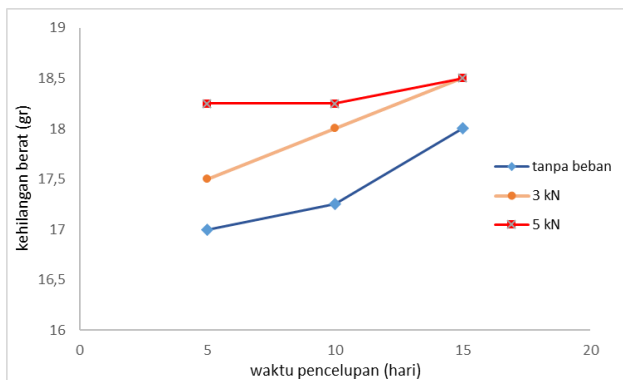
A = luas permukaan (cm²), D = massa jenis baja (g/cm³)

Berat hilang dihitung dengan menimbang berat sebelum (W_1) dan setelah terkena lingkungan air laut (W_2), $W = W_1 - W_2$ selama waktu yang ditentukan yaitu 5, 10 dan 15 hari. Luas permukaan dihitung dari seluruh permukaan spesimen yang tercelup.

Hasil dan Pembahasan

a. Kehilangan Berat Spesimen

Hasil pengujian kehilangan berat yang dilakukan dengan menggunakan metode pencelupan ditunjukkan pada gambar 3. Kehilangan berat spesimen dihitung menggunakan persamaan (1) dengan durasi waktu bervariasi seperti yang ditentukan.



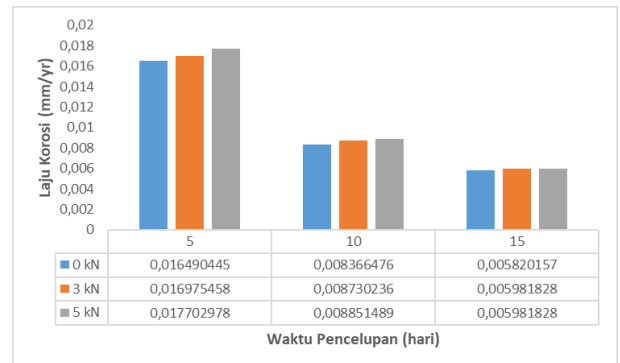
Gambar 3. Pengujian kehilangan berat.

Hasil yang diperoleh menunjukkan, semakin besar beban yang diberikan, kehilangan berat spesimen juga terlihat meningkat. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan peningkatan kehilangan berat terjadi cukup tinggi, baik pada spesimen tanpa beban maupun spesimen yang diberi beban, untuk semua durasi waktu. Namun demikian pada durasi pencelupan 15 hari, kehilangan berat tidak terlihat signifikan pada beban 5 kN yang hanya meningkat dari 18,3 gr menjadi 18,5 gram. Sementara itu pada durasi pencelupan 10 hari, peningkatan kehilangan berat terjadi cukup signifikan pada semua spesimen, baik spesimen tanpa beban maupun yang diberi beban. Hasil yang dilihat pada gambar 2, menunjukkan kehilangan berat meningkat drastis pada spesimen dengan beban 3 kN. Sementara, pada durasi waktu pencelupan yang sama peningkatan kehilangan berat dengan beban 5 kN tidak menunjukkan kecenderungan yang sama.

b. Laju Korosi

Pada gambar 4 ditunjukkan nilai laju korosi spesimen dengan beban bervariasi dan spesimen tanpa beban. Laju korosi terlihat meningkat drastis pada durasi awal pencelupan, lalu perlahan berkurang seiring bertambahnya durasi waktu pencelupan. Kecenderungan seperti itu terlihat pada spesimen dengan beban maupun spesimen tanpa beban. Perilaku tersebut menunjukkan bahwa laju

korosi meningkat cepat di awal terpaparnya material pada lingkungan yang korosif, lalu laju korosi mulai melambat seiring waktu terpaparnya material pada lingkungan korosif tersebut.



Gambar 4. Laju korosi.

Perilaku seperti itu disebabkan oleh permukaan material pada awal terpaparnya material tersebut dilingkungan korosif masih murni dan reaktif, sehingga ion-ion agresif dengan mudah menyerang permukaan logam. Kondisi demikian menyebabkan reaksi-reaksi elektrokimia terjadi tanpa hambatan berarti (Zou Cheng *et al*, 2019).

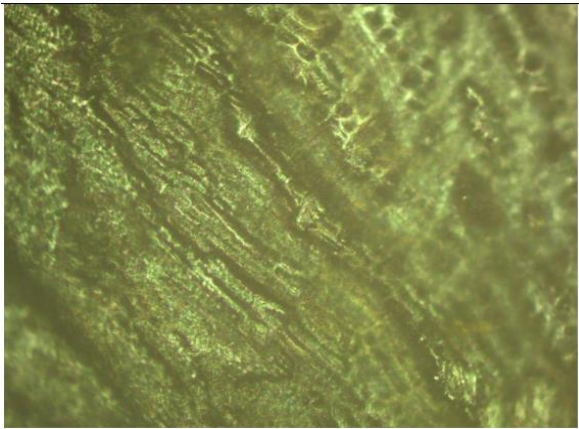
Laju korosi yang melambat dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti terbentuknya lapisan oksida yang menutupi sebagian permukaan logam sehingga menghambat difusi oksigen. Terbentuknya oksida pasif juga akan mempengaruhi laju korosif (Jiang *et al*, 2023. Yue *et al* (2021) dalam penelitiannya menyatakan bahwa laju korosi menurun dalam 1–3 jam dan mencapai keadaan seimbang setelah sekitar 3–5 jam karena terbentuk lapisan pasif yang padat dan tangguh. Elnas *et al* (2020) dalam penelitiannya menemukan bahwa lapisan oksida menurunkan laju korosi secara signifikan dalam 4 minggu pertama, meskipun sedikit meningkat di minggu-minggu berikutnya.

Laju korosi yang melambat dapat juga disebabkan oleh penurunan gradien konsentrasi oksigen atau ion korosif, yaitu setelah banyak bereaksi, konsentrasi akan berkurang yang menyebabkan melambatnya reaksi korosif.

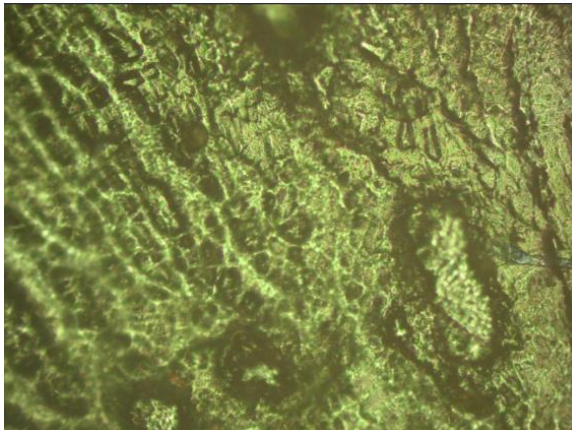
Dalam penelitian ini struktur mikro dari specimen dilakukan dengan pembesaran 100 kali. Pengamatan bertujuan untuk melihat fenomena yang terjadi pada material, secara visual, setelah dimasukkan ke media korosi selama 5 hari, 10 hari dan 15 hari yang telah diberikan pembebanan 0 kN, 3 kN, dan 5 kN.

Struktur mikro material ditunjukkan pada gambar 5, 6 dan 7 di bawah. Struktur mikro diambil dari sampel dengan pembebanan 5 kN. Hasil yang diperoleh menunjukkan korosi yang terjadi pada material terlihat lebih luas pada

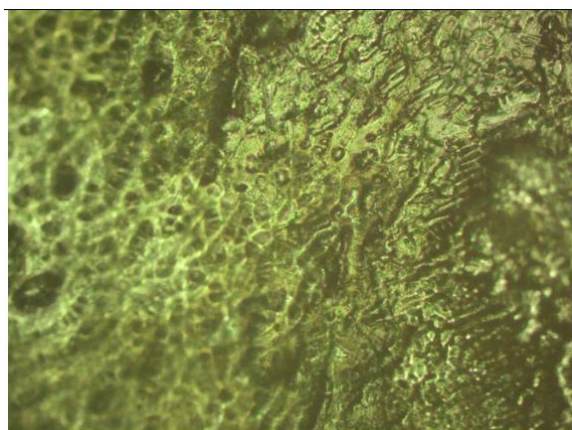
material dengan durasi pencelupan 15 hari, dibanding material dengan durasi pencelupan 5 dan 10 hari.



Gambar 5. Pembebanan 5 kN, waktu 5 hari



Gambar 6. Pembebanan 5 kN, waktu 10 hari



Gambar 7. Pembebanan 5 kN, waktu 15 hari

Kesimpulan

Hasil pengamatan terhadap perilaku korosi menunjukkan bahwa laju korosi logam cenderung tinggi pada tahap awal paparan terhadap lingkungan korosif,

kemudian mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai keadaan yang lebih stabil.

Fenomena ini secara umum disebabkan oleh beberapa mekanisme utama, seperti pembentukan lapisan oksida pada permukaan logam yang bertindak sebagai penghalang fisik dan kimiawi terhadap laju reaksi lebih lanjut. Fenomena itu dapat juga disebabkan oleh terbentuknya lapisan pelindung tipis di permukaan dalam menghambat laju serangan ion korosif. Penurunan konsentrasi relatif oksigen terlarut di dekat permukaan logam dapat juga mengurangi kecepatan reaksi elektrokimia.

Berbagai kajian menunjukkan bahwa kurva laju korosi terhadap waktu bersifat menurun eksponensial atau logaritmik, tergantung jenis logam, lingkungan, dan kondisi eksposur. Dengan demikian, pemahaman terhadap perilaku korosi ini penting untuk merancang strategi perlindungan material secara efektif, baik melalui pemilihan bahan, teknik pelapisan, maupun pemantauan laju korosi dalam jangka Panjang.

References

- Priyotomo G. 2016. Korosi Retak Tegang Material Stainless Steel AISI 304 Di Lingkungan $MgCl_2$. Material. Thesis for Master of Science.
- Bayuseno A.P., Chrisman. 2014. Analisis Stress Corrosion Cracking Austenitik Stainless Steel (AISI 304) dengan metode U-BEND pada media korosif HCL 1M. 2(1): 110–18. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 1
- Sitorus A. J. 2012. Pengaruh Tegangan Terhadap Kerentanan Korosi Retak Tegang SS 304 Dalam Lingkungan NaCl. Skripsi Fakultas Teknik UI.
- Adrian. 2009. Perilaku Korosi Material Baja Paduan Akibat Pengaruh Kondensat yang Berasal Dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.
- Putrandono F. E. Bayusenon, A. P. 2014. Analisis Stress Corrosion Cracking Aisi C20500 Dengan Variasi Pembebanan Pada Media Korosi Air. Jurnal Teknik Mesin. Vol 2, No 2
- Munasir. 2009. Laju Korosi Baja SC 42 Dalam Medium Air Laut Dengan Metode Immers Total. Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA.
- Badaruddin M., Sugiyanto. 2014. Efek Shot Peening Terhadap Korosi Retak Tegang (SCC) Baja Karbon Rendah Dalam Lingkungan Air Laut. Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra.
- Robert B. 2002. Corrosion Tests and Standards: Application and Interpretation. ASTM International.
- Zatkalíková V., L. Markovičová, Tatiana L., Alan V. 2017. Corrosion Behavior of AISI 304 Stainless Steel in Aggressive Chloride Environment. Manufacturing Technology, 17(4):639-643
- Tokuda S., I. Muto, Y. Sugawara and N. Hara. 2021. Effect of Sensitization on Pitting Corrosion at MnS and CrS in Type 304 Stainless Steel. Journal of The Electrochemical Society, Volume 168(9).
- Zuocheng Wang, Francesco Di-Franco, Antoine Seyeux, Sandrine Zanna, Vincent Maurice, Philippe Marcus. 2019.

- Passivation-induced physicochemical alterations of the native surface oxide film on 316L austenitic stainless steel. *Journal of the Electrochemical Society*. 166. C3376-C3388
- Haosen Jiang, Zuquan Jin, Xiaoying Zhang, Lixing Qian, Zhaoliang Zhou. 2023. The Effect of Temperatures on the Passivation Behavior of Q235 Steel in the Simulated Concrete Pore Solution. *Materials (Basel)*.16(2):588.
- Yue Zhang, Jun Xiao, Yishun Zhang, Wei Liu, Wei Pei, Aimin Zhao, Wei Zhang and Li Zeng. 2021. The study on corrosion behavior and corrosion resistance of ultralow carbon high silicon iron-based alloy. *Materials Research Express*, Volume 8, Number 2.
- Elnaz Moslehifard, Tahereh Ghaffari, Samineh Mohammadian-Navid, Mina Ghafari-Nia, Amirali Farmani, Farzad Nasirpour. 2020. Effect of chemical passivation on corrosion behavior and ion release of a commercial chromium-cobalt alloy. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 14(3):171–176
- Note:** Penulisan pustaka menggunakan **Mendeley** atau **EndNote** dengan *APA style 7 edition*.