



PENGARUH PERSENTASE LARUTAN DAN WAKTU PERENDAMAN TERHADAP LAJU KOROSI DAN LIFETIME BAJA S45C

Ahmad Arif Hendriyanto¹, Maula Nafi², Mastuki³, Harjo Seputro⁴

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email:

aa9785213@gmail.com
maula.nafi@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Korosi merupakan proses degradasi logam yang terjadi secara alami akibat interaksi elektrokimia antara material dan lingkungannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi larutan NaCl (70%, 80%, dan 90%) serta durasi perendaman (10, 20, dan 30 hari) terhadap laju korosi dan umur sisa (lifetime) baja S45C. Pengujian laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan massa berdasarkan ASTM G31-72, sedangkan perhitungan lifetime mengacu pada standar API 570. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi terkecil sebesar 0,048739 mpy diperoleh pada konsentrasi 70% dengan durasi 10 hari, sedangkan laju korosi terbesar sebesar 0,121847 mpy terjadi pada konsentrasi 90% pada durasi 10 dan 30 hari. Sebaliknya, lifetime tertinggi mencapai 14.943 tahun dan terjadi pada variasi dengan laju korosi terendah, sementara lifetime terendah sebesar 5.977 tahun dijumpai pada variasi dengan korosi tertinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaCl dan durasi perendaman cenderung mempercepat korosi dan memperpendek umur pakai material. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengendalian korosi pada penggunaan material baja di lingkungan yang bersifat korosif.

Kata kunci: *Baja S45C, Immersion, Laju korosi, Lifetime, NaCl, ASTM G31-72, API 570*

ABSTRACT

Corrosion is a degradation process of metals that naturally occurs due to electrochemical interactions between the material and its environment. This study aims to evaluate the effect of different NaCl solution concentrations (70%, 80%, and 90%) and immersion durations (10, 20, and 30 days) on the corrosion rate and remaining lifetime of S45C steel. The corrosion rate was determined using the weight-loss method based on ASTM G3172, while the lifetime estimation referred to the API 570 standard. The results showed that the lowest corrosion rate of 0.048739 mpy was obtained at 70% concentration with 10 days of immersion, while the highest rate of 0.121847 mpy occurred at 90% concentration for 10 and 30 days. Conversely, the highest lifetime of 14,943 years was obtained at the lowest corrosion rate, and the lowest lifetime of 5,977 years was found at the highest corrosion rate. These findings indicate that increasing NaCl concentration and immersion duration accelerates corrosion and shortens the remaining service life of the material. The outcomes of this study are expected to serve as a reference for corrosion control in the application of steel materials in corrosive environments

Keywords: *S45C Steel, Immersion, Corrosion Rate, Lifetime, NaCl, ASTM G31-71, API 570*

PENDAHULUAN

Korosi merupakan proses degradasi material logam akibat interaksi dengan lingkungan yang bersifat elektrokimia. Proses ini menyebabkan penurunan sifat mekanik dan umur pakai material, khususnya pada baja karbon yang banyak digunakan dalam aplikasi teknik. Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh besar terhadap korosi adalah keberadaan elektrolit, seperti larutan natrium klorida (NaCl), yang dapat mempercepat reaksi oksidasi pada permukaan logam.

Baja S45C merupakan baja karbon sedang yang banyak diaplikasikan pada komponen mekanik seperti poros, roda gigi, dan komponen struktur lainnya. Material ini memiliki kekuatan mekanik yang baik, namun ketahanan korosinya relatif rendah dibandingkan baja paduan atau baja tahan karat. Oleh karena itu, baja S45C rentan mengalami korosi ketika digunakan pada lingkungan yang mengandung elektrolit.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi persentase larutan NaCl dan waktu perendaman terhadap laju korosi baja S45C menggunakan metode kehilangan berat berdasarkan standar ASTM G31-72. Selain itu, dilakukan perhitungan lifetime (umur sisa material) berdasarkan pendekatan API 570.

PROSEDUR EKSPERIMEN

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon S45C berbentuk silinder pejal dengan diameter 20 mm dan tinggi 20 mm. Spesimen dibersihkan dan ditimbang untuk memperoleh berat awal sebelum perendaman.

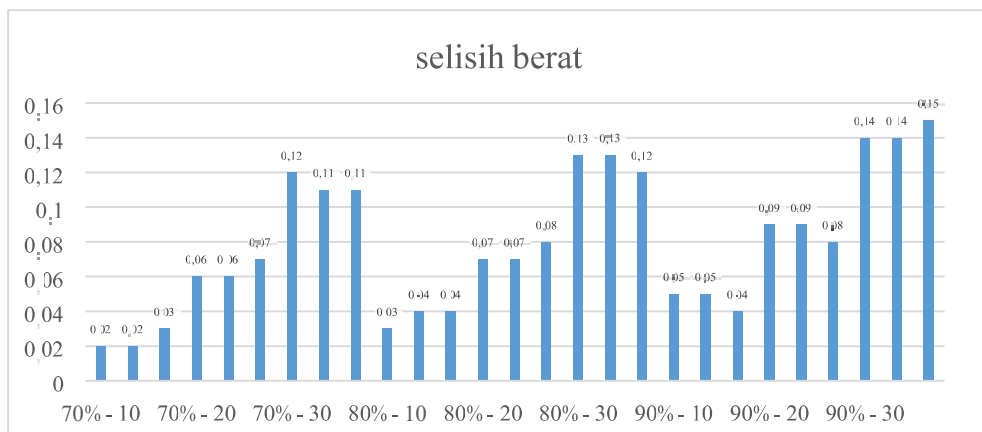
Korosi dilakukan menggunakan metode immersion test dengan media larutan NaCl pada variasi persentase 70%, 80%, dan 90% dengan waktu perendaman 10, 20, dan 30 hari. Setelah perendaman, spesimen dibersihkan dari produk korosi sesuai ASTM G31-72 dan ditimbang kembali untuk memperoleh kehilangan berat.

Laju korosi dihitung menggunakan metode kehilangan berat dan dinyatakan dalam satuan mil per year (mpy). Selanjutnya, nilai laju korosi dikonversi ke mm/tahun untuk perhitungan lifetime menggunakan pendekatan API 570.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Immersion

Pengujian Immersion (Pencelupan) pada baja dilakukan untuk mengukur atau mengevaluasi ketahanan korosi material tersebut terhadap media tertentu seperti air laut, asam dan bahan kimia lainnya. Dalam penelitian ini menggunakan NaCl 3% dengan variasi waktu dan persentasenya, dalam hasil pengujian akan menunjukkan tren akan menunjukkan hasil konsisten antara variasi dan persentase



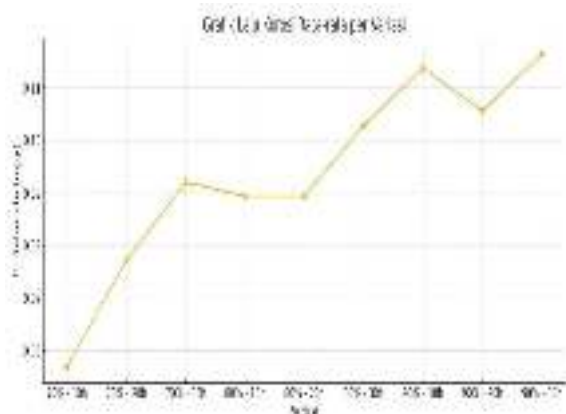
Gambar 1. grafik selisih pengujian immersion

Berdasarkan tabel hasil pengujian immersion, terlihat bahwa selisih berat spesimen baja S45C mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Pada setiap variasi persentase NaCl, nilai selisih berat pada 30 hari selalu lebih besar dibandingkan 10 dan 20 hari. Hal ini menunjukkan bahwa proses korosi berlangsung secara kumulatif, di mana semakin lama spesimen terpapar lingkungan korosif, semakin banyak material yang mengalami oksidasi dan terlepas dari permukaan logam. Fenomena ini sejalan dengan mekanisme korosi elektrokimia, di mana reaksi anodik dan katodik terus berlangsung selama terdapat elektrolit dan perbedaan potensial pada permukaan logam.

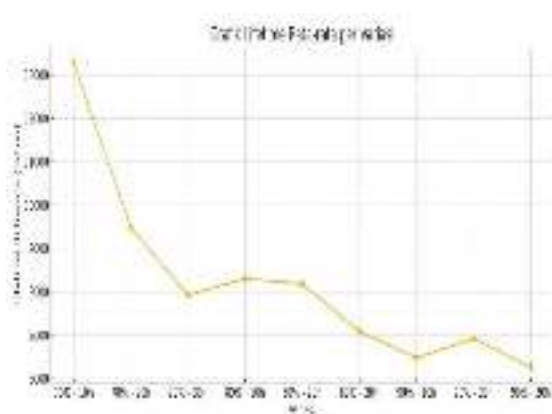
Selain pengaruh waktu, peningkatan persentase larutan NaCl juga memberikan dampak signifikan terhadap besarnya selisih berat spesimen. Pada waktu perendaman yang sama, spesimen yang direndam dalam larutan NaCl 90% menunjukkan kehilangan berat yang lebih besar dibandingkan dengan 80% dan 70%. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi ion klorida (Cl^-) dalam larutan, yang bersifat agresif terhadap baja karbon. Ion klorida dapat mempercepat kerusakan lapisan pasif pada permukaan logam serta meningkatkan konduktivitas larutan, sehingga laju reaksi elektrokimia menjadi lebih cepat dan proses korosi semakin intensif.

Perbedaan nilai selisih berat antar spesimen dalam satu variasi yang sama masih berada dalam rentang yang relatif kecil, sehingga dapat dikatakan hasil pengujian cukup konsisten. Variasi kecil tersebut dapat disebabkan oleh faktor mikro seperti ketidaksamaan kondisi permukaan, perbedaan mikrostruktur baja, serta distribusi produk korosi yang tidak merata. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kombinasi antara tingginya persentase NaCl dan lamanya waktu perendaman merupakan faktor utama yang mempercepat terjadinya korosi pada baja S45C, yang selanjutnya akan berdampak pada meningkatnya laju korosi dan menurunnya umur pakai (lifetime) material.

Hasil Perhitungan Laju Korosi dan Lifetime



Gambar 2. Grafik Hasil Laju Korosi



Gambar 3. Grafik Hasil Lifetime

Laju korosi rata-rata menunjukkan bahwa peningkatan kadar air tanah berbanding lurus dengan peningkatan laju korosi baja S45C, di mana variasi 70%, 80%, dan 90% masing-masing memperlihatkan tren kenaikan dari 10 hingga 30 hari. Menariknya, nilai rata-rata pada kondisi 80% untuk 10 hari dan 20 hari sama, yang menunjukkan adanya pembentukan lapisan karat pasif yang sementara menurunkan atau menstabilkan laju korosi pada hari ke-20. Selain itu, variasi 90% pada 10 hari memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan 20 hari karena terjadi fase awal korosi yang sangat cepat (initial corrosion burst) ketika kelembaban sangat tinggi, sebelum kemudian tertahan sementara oleh lapisan karat yang terbentuk. Secara keseluruhan, pola ini sesuai dengan karakteristik korosi tanah, di mana kelembaban tinggi mempercepat reaksi elektrokimia, namun pembentukan karat dapat menyebabkan fluktuasi laju korosi pada periode tertentu.

Lifetime rata-rata menunjukkan tren menurun seiring meningkatnya kadar air tanah dan lamanya waktu perendaman. Pada kadar air 70%, umur sisa material masih tinggi, namun mulai turun konsisten pada 20 dan 30 hari akibat meningkatnya laju korosi. Variasi 80% memperlihatkan pola yang hampir sama, tetapi sedikit lebih rendah karena kelembaban yang lebih tinggi mempercepat reaksi elektrokimia. Pada 90%, lifetime menjadi yang terendah karena kadar air sangat tinggi menghasilkan lingkungan elektrolit yang lebih konduktif, sehingga korosi lebih agresif. Peningkatan dan penurunan kecil antar variasi disebabkan efek pembentukan lapisan karat pasif sementara yang dapat memperlambat korosi sesaat sebelum meningkat kembali.

Hubungan Hasil Perhitungan Laju korosi dan Lifetime

Hubungan antara hasil perhitungan laju korosi (Cr) dengan lifetime (Tr) menunjukkan pola keterbalikan yang konsisten. Lifetime dihitung dengan acuan API 570 dalam satuan mm/tahun, sehingga Cr dalam mpy dikonversi ke mm/year menggunakan faktor 0,0254. Semakin besar nilai Cr yang diperoleh dari pengujian, semakin kecil nilai Tr yang dihasilkan. Misalnya, spesimen dengan Cr sekitar 0,048 mpy memiliki Tr lebih dari 14.900 tahun, sedangkan spesimen dengan Cr sekitar 0,121 mpy hanya memiliki Tr sekitar 5.977 tahun. Hal ini terjadi karena tingkat penipisan ($\Delta t/CR$) pada material akan semakin cepat ketika laju korosi meningkat, sehingga umur pakai material pun semakin pendek.

Dengan demikian, perhitungan Cr dan Tr saling mendukung satu sama lain: semakin tinggi nilai Cr, semakin kecil nilai Tr, dan sebaliknya. Besarnya nilai Tr pada sampel tertentu dipengaruhi oleh bentuk spesimen berupa batang padat berdiameter 20 mm, sehingga cadangan ketebalan material relatif besar. Namun, walaupun lifetime terlihat cukup besar dalam satuan tahun, pola hubungan matematis dan eksponensial antara Cr dan Tr tetap menunjukkan bahwa kondisi paling korosif (90% tanah basah) menghasilkan penurunan umur material paling signifikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi konsentrasi larutan NaCl (70%, 80%, dan 90%) serta variasi waktu perendaman (10, 20, dan 30 hari) terhadap laju korosi dan umur sisa (lifetime) baja S45C, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi konsentrasi NaCl terhadap laju korosi dan umur baja S45C
 - Semakin tinggi konsentrasi NaCl, laju korosi baja S45C semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan nilai laju korosi terendah 0,048739 mpy pada konsentrasi 70%–10 hari, dan laju korosi tertinggi 0,121847 mpy pada konsentrasi 90%–10 dan 90%–30 hari.
 - Meningkatnya laju korosi menyebabkan penurunan lifetime baja S45C. Lifetime tertinggi 14.943 tahun terjadi pada laju korosi paling rendah, sedangkan lifetime terendah 5.977 tahun terjadi pada laju korosi tertinggi.
 - Dengan demikian, konsentrasi NaCl berbanding lurus dengan laju korosi, namun berbanding terbalik dengan lifetime material.
2. Pengaruh lama perendaman terhadap laju korosi dan umur baja S45C
 - Semakin lama baja S45C direndam, tren laju korosi cenderung meningkat, meskipun beberapa variasi menunjukkan fluktuasi akibat kondisi permukaan dan pembentukan produk korosi.
 - Variasi waktu perendaman 30 hari menghasilkan nilai laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan waktu perendaman 10 hari pada konsentrasi NaCl yang sama.
 - Peningkatan laju korosi akibat durasi perendaman mengakibatkan lifetime material semakin menurun.
 - Dengan demikian, durasi perendaman yang lebih lama mempercepat proses korosi, sehingga umur pakai baja semakin pendek.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaCl dan lama perendaman merupakan faktor dominan yang mempercepat korosi baja S45C, sehingga perlu dipertimbangkan pada penggunaan baja dalam lingkungan laut atau media yang mengandung klorida tinggi.

Sebagai tindak lanjut dan saran saya untuk penelitian berikutnya adalah :

1. disarankan menambahkan variasi konsentrasi NaCl yang lebih luas atau menggunakan media korosif lain (HCl, H₂SO₄, air laut alami) agar perilaku korosi dapat dianalisis lebih komprehensif.
2. Perlu dilakukan analisis SEM, EDS, dan XRD yang lebih mendalam untuk mengidentifikasi jenis fasa korosi dan mekanisme serangan korosi yang lebih detail.
3. Untuk aplikasi industri, baja S45C yang bekerja pada lingkungan dengan kadar klorida tinggi perlu diberi perlindungan tambahan, seperti cat pelindung, inhibitor, atau galvanisasi, guna memperpanjang umur pakai material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eka Aprilia (2018) “Analisis Laju Korosi dan Lifetime Pipa Underground Baja Karbon A53 dengan Wrapping Protection” Fakultas Teknik Perpipaian dan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [2] Iqbal Panji Nugraha (2023) “Pengaruh waktu perendaman material baja S45C dengan menggunakan inhibitor terhadap ketahanan korosi ” Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
- [3] Fredison Dian Sinaga (2022). “Pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi pada baja karbon St 37 dalam medium korosif NaCl 3% menggunakan inhibitor ekstrak daun waru” Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- [4] Mohammad Rizal (2020) “ Analisa Perbedaan Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Baja S45C Dengan Perlakuan Quenching Dan Tempering Pada Media Udara, Air, Dan Oli Untuk Aplikasi Poros Motor Roda Tiga” Jurnal JTM. Volume 8 No.2 Tahun 2020 Halaman 89-94
- [5] Wildan Saugi (2021). “Pengaruh faktor fisika, kimia, dan biologi laju korosi” Borneo Journal of Science and Mathematics Education, Vol.1, No.1.
- [6] Hillel, D. (1998) “Pemodelan Infiltrasi Air dan Transfer Zat Terlarut dalam Zona Vadosa Heterogen sebagai Fungsi Memasuki Laju Aliran” Fisika Tanah Lingkungan: Dasar-dasar, Penerapan, dan Pertimbangan Lingkungan. Pers Akademik, Waltham.
- [7] Zilfikar Syaiful (2022) “Analisis Laju Korosi dan Lifetime Material Stainless Steel” Jurnal Saintis Volume 3 No.2, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
- [8] Ardi Prasetya Yanuar, Herman Pratikno, Harmin Sulistyo Titah (2016) “Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan” Jurnal Teknik ITS, 5(2), hlm. G129-G133.
- [9] M. Fajar Sidiq “Analisa Korosi dan Pengendaliannya” Jurnal Foundry Vol. 3 No. 1 ISSN : 2087-2259
- [10] Tierza Yulia Waworundeng, Samuel M. J. S. Tuny, Berthy Pelasula “Journal Mechanical Engineering (JME). VOL 2. NO.2