



Analisa Pengaruh H₂SO₄ dan HNO₃ Terhadap Laju Korosi dan Ketangguhan Baja ST 60

M. F. I. Jihad, H. Ma'mun, M. B. Haryanto A. Burhanudin, M. F. Febriandyono

Universitas PGRI Semarang, Indonesia

Email: hisyam@upgris.ac.id*

Abstrak

Baja ST 60 merupakan jenis baja karbon sedang yang banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan permesinan karena memiliki kekuatan dan ketangguhan yang cukup baik. Namun demikian, baja ini rentan mengalami kerusakan ketika terpapar lingkungan korosif, khususnya media asam. Korosi adalah proses degradasi logam yang terjadi akibat reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya, yang dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik, perubahan struktur mikro, serta kegagalan komponen secara dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh larutan asam sulfat (H₂SO₄) dan asam nitrat (HNO₃) terhadap laju korosi dan ketangguhan baja ST 60 dengan variasi waktu perendaman selama 1, 3, dan 4 hari. Metode penelitian yang digunakan meliputi perendaman spesimen baja ST 60 dalam masing-masing larutan asam, pengukuran laju korosi, pengujian ketangguhan menggunakan metode dampak Charpy, serta pengamatan kerusakan permukaan melalui foto makro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis larutan asam menyebabkan peningkatan laju korosi dan penurunan ketangguhan baja ST 60 seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Larutan asam HNO₃ menghasilkan laju korosi yang lebih tinggi dan distribusi kerusakan yang lebih merata dibandingkan larutan asam H₂SO₄, sehingga berdampak pada penurunan ketangguhan baja ST 60 yang lebih signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis media korosif dan durasi paparan memiliki peran penting terhadap performa mekanik baja ST 60.

Kata kunci: ST 60; Korosi; H₂SO₄; HNO₃; Perendaman; Ketangguhan.

Abstract

ST 60 steel is a type of medium carbon steel that is widely used in the construction and machining fields because it has quite good strength and toughness. However, this steel is prone to damage when exposed to corrosive environments, especially acidic media. Corrosion is a metal degradation process that occurs due to electrochemical reactions between metals and their environment, which can lead to a decrease in mechanical properties, changes in microstructures, and premature failure of components. This study aims to determine the effect of sulfuric acid (H₂SO₄) and nitric acid (HNO₃) solutions on the corrosion rate and toughness of ST 60 steel with a variation of soaking time of 1, 3, and 4 days. The research methods used include immersion of ST 60 steel specimens in each acid solution, corrosion rate measurement, toughness testing using the Charpy impact method, and observation of surface damage through macro photos. The results showed that both types of acid solutions caused an increase in the corrosion rate and a decrease in the toughness of ST 60 steel as the soaking time increased. HNO₃ acid solutions result in a higher corrosion rate and more even damage distribution than H₂SO₄ acid solutions, resulting in a more significant decrease in the toughness of ST 60 steel. These findings suggest that the type of corrosive media and duration of exposure have an important role in the mechanical performance of ST 60 steel.

Keywords: ST 60, Corrosion, H₂SO₄, HNO₃, Immersion, Toughness.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi menuntut material konstruksi yang kuat dan tahan kondisi ekstrem. Baja, khususnya baja karbon menengah seperti baja ST 60 memiliki komposisi utama karbon 0,45% serta unsur silikon, mangan, dan sulfur dalam jumlah kecil. Baja ini banyak

digunakan karena kekuatan tarik sebesar 600 N/mm², keuletan, ketahanannya terhadap beban dinamis maupun statis, titik lebur tinggi, kemampuan las dan mesin yang baik. Material ini umum dipakai pada tangki, kapal, jembatan, rel kereta, dan alat berat. Namun, penelitian menunjukkan bahwa struktur baja, termasuk baja ST 60, rentan mengalami korosi akibat ion sulfat dan klorida, sehingga dapat menurunkan kapasitas dukung dan menjadi perhatian penting dalam Teknik sipil dan transportasi (Santoso., 2019). Pada dasarnya sifat ketangguhan korosi bergantung pada kandungan karbon pada suatu baja. Semakin tinggi kandungan karbon pada suatu baja menunjukkan bahwa ketahanan terhadap korosi semakin baik (Kusumawati., 2024; Nasution., 2018).

Korosi adalah reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya yang menurunkan mutu material. Korosi dapat terjadi merata atau lokal (pitting) dan dapat mengubah sifat fisik serta mekanik logam, sehingga berpotensi menyebabkan kegagalan struktur jika tidak dikendalikan (Darmawi dkk., 2022; Qusayyi dkk., 2024). Fenomena korosi pada baja ST 60, khususnya yang terjadi akibat pengaruh larutan asam, menjadi topik penting untuk dikaji lebih dalam. Ini disebabkan karena sebagian besar struktur baja sering kali bersentuhan langsung dengan lingkungan korosif dan terpapar macam-macam larutan. Salah satu cara untuk menganalisis dampak korosi terhadap baja adalah melalui pengujian ketangguhan (Hasibuan., 2018).

Perendaman baja dalam larutan H₂SO₄ mempercepat pembentukan oksida yang menimbulkan retakan mikro dan menurunkan ketahanan mekanik, sementara larutan HNO₃ menyebabkan kerusakan mikrostruktur lebih agresif berupa pitting yang mempercepat kegagalan material. Asam sulfat H₂SO₄ adalah asam anorganik kuat yang mudah larut dalam air dan merupakan salah satu bahan kimia dengan tingkat produksi terbesar di dunia. Asam nitrat HNO₃ adalah asam mineral kuat yang sangat korosif dan bersifat sebagai oksidator. Cairan ini awalnya bening namun dapat menguning akibat penguraian dengan oksigen (Nursyawaly dkk., 2019; Septiani dkk., 2019).

Pada tahun 1998, telah diteliti pengaruh waktu rendaman terhadap laju korosi tembaga. Selama 10 hari pencelupan, penelitian sebelumnya tidak mampu melihat pengaruh perubahan lingkungan atau ketahanan korosi tembaga karena reaksi korosi hanya terjadi pada waktu waktu tertentu. Laju korosi umumnya diukur dengan dua metode: kehilangan berat dan elektrokimia, Pada penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat, yaitu menghitung selisih berat awal dan berat akhir setelah periode perendaman (Hutauruk., 2017). Penelitian menunjukkan bahwa laju korosi pada pipa baja karbon dan galvanis meningkat seiring kenaikan salinitas dan lamanya perendaman, pipa galvanis lebih tahan korosi dibanding baja karbon, dengan laju korosi tertinggi pada baja karbon mencapai 0,793289 mm/tahun.

Pengamatan mikro juga menunjukkan korosi merata dan kerusakan permukaan, meskipun ketahanan korosi keduanya masih tergolong baik (Kevin., 2013). Laju korosi pada baja ASTM A36 menggunakan metode celup diam laju korosi terbesar pada waktu pencelupan 30 menit yaitu sebesar 156,46 mm/tahun, sedangkan untuk metode celup putar laju korosi terbesar pada waktu 30 menit nilainya sebesar 40,56 mm/tahun. Laju korosi terbesar terhadap 2 metode tersebut terdapat pada pencelupan 30 menit dikarenakan pada 30 menit kadar keasaman pada larutan H₂SO₄ masih tinggi dan belum terkontaminasi oleh lingkungan (Farkhani dkk., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan larutan H₂SO₄ dan

larutan HNO₃ terhadap laju korosi dan ketangguhan dampak baja ST 60. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah perbedaan waktu perendaman baja ST 60. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini dapat memperkaya kajian ilmu material dan metalurgi, khususnya terkait mekanisme korosi baja karbon sedang ST 60 dalam media asam H₂SO₄ dan HNO₃ serta pengaruhnya terhadap penurunan ketangguhan material.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, ada beberapa bahan yang disiapkan sebelum pelaksanaan penelitian, antara lain: baja ST 60, amplas 2000#, asam H₂SO₄ dan asam HNO₃. Material baja ST 60 yang digunakan penelitian sesuai dengan standar ASTM E 23, dengan dimensi panjang 55 mm, tebal 10 mm, tinggi 10 mm, dan dalam takikan 2 mm dengan sudut 45°.

Sebelum perendaman, material diampelas menggunakan amplas 2000# dan ditimbang untuk mendapatkan berat awal. Material kemudian direndam secara terpisah dalam media larutan asam H₂SO₄ dan asam HNO₃ dengan suhu ruang $\pm 27^{\circ}\text{C}$, rentan waktu perendaman yaitu 1, 3, dan 4 hari. Rentan waktu ini dipilih untuk mengamati perubahan korosi dan pengaruh durasi terhadap laju korosi. Setelah perendaman, material ditimbang kembali untuk mengetahui berat akhir, lalu selisih berat dihitung sebagai laju korosi berdasarkan standar ASTM G1 dan ASTM G31-72 dengan metode kehilangan berat (*weight loss*).

Metode *weight loss* adalah salah satu metode klasik dan paling sederhana untuk menghitung laju korosi, metode ini melibatkan pengukuran berat sampel sebelum dan sesudah periode eksposur terhadap lingkungan korosif, metode kehilangan berat merupakan perhitungan kecepatan yang mengandalkan pengukuran kehilangan berat akibat korosi (Pudjiwati., 2024). Persamaan laju korosi dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

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

Keterangan:

K : 87,6 faktor konversi satuan dari mg ke g, cm ke mm, jam ke tahun

W : Kehilangan berat material akibat korosi (mg)

D : Densitas material baja (7,85 g/cm³)

A : Luas permukaan material (cm²)

T : Waktu perendaman material (jam)

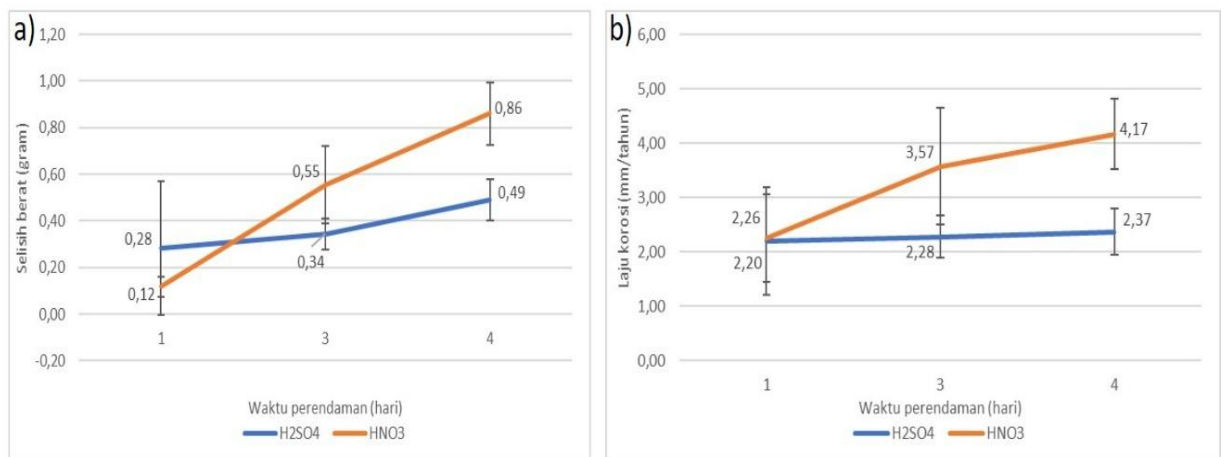
Pengujian dampak metode Charpy dilakukan untuk mengetahui ketangguhan baja ST 60 setelah korosi. Pengujian dampak Charpy digunakan untuk menilai ketangguhan material pada berbagai aplikasi industri. Dalam metode ini, pendulum menghantam bagian belakang takikan material yang diletakkan di atas tumpuan, pengujian ini bertujuan mengukur energi yang di transfer dan diserap oleh material sesuai standar ASTM E23, dengan nilai energi dampak dihitung sebagai energi yang diserap per luas penampang dibawah takikan material (Handoyo., 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Korosi

Berdasarkan pada Gambar 1a dibawah, baja ST 60 yang direndam dalam larutan asam H_2SO_4 kehilangan berat relatif stabil dan tidak menunjukkan kehilangan berat yang drastis seiring bertambahnya waktu perendaman. Kehilangan berat tercatat antara 0,28gram hingga 0,49 gram. Sedangkan baja ST 60 yang direndam dalam larutan asam HNO_3 kehilangan berat cenderung lebih tinggi seiring dengan bertambahnya waktu perendaman, kehilangan berat tercatat antara 0,12gram hingga 0,86 gram. Data ini memperlihatkan bahwa larutan asam HNO_3 lebih agresif dalam melarutkan material baja ST 60 dibandingkan dengan larutan asam H_2SO_4 terutama ketika waktu perendaman semakin lama.

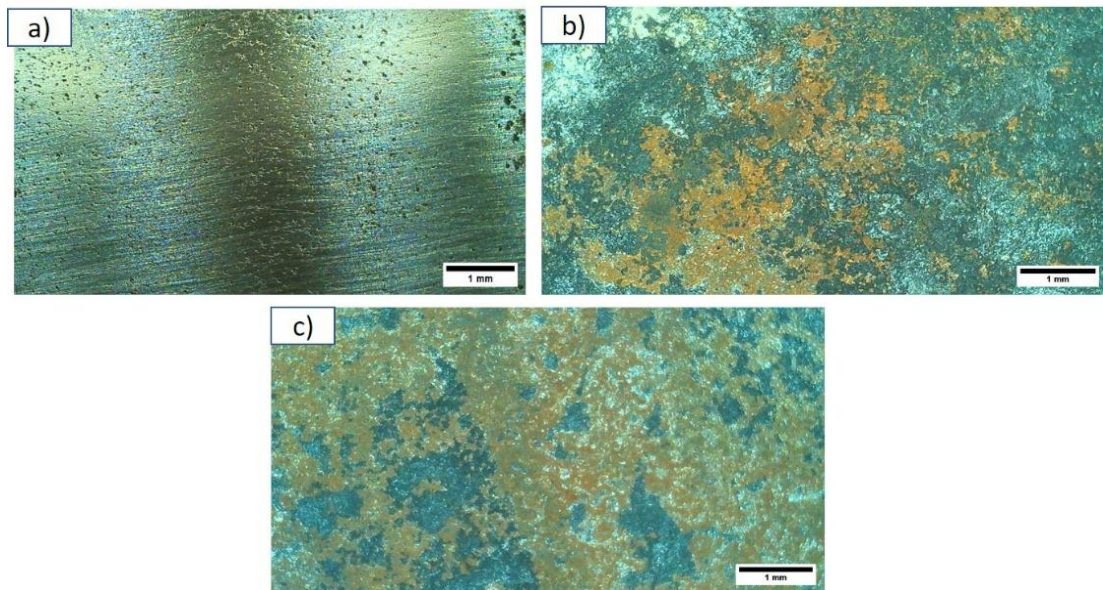
Data tersebut digunakan untuk menghitung laju korosi baja ST 60 yang telah direndam menggunakan larutan asam yang berbeda. Gambar 1b menunjukkan baja ST 60 yang direndam larutan asam H_2SO_4 tercatat laju korosi berkisar antara 2,20 mm/tahun hingga 2,37 mm/tahun hasil ini menunjukkan bahwa laju korosi yang disebabkan larutan asam H_2SO_4 naik dengan stabil dan tidak drastis, berbeda dengan baja ST 60 yang direndam larutan asam HNO_3 , tercatat laju korosi yang disebabkan berkisar antara 2,26 mm/tahun hingga 4,17 mm/tahun, hasil ini menunjukkan bahwa laju korosi yang disebabkan larutan asam HNO_3 lebih agresif dan menaikkan laju korosi dengan drastis. Laju korosi awal meningkat karena permukaan logam masih bersih dan bereaksi langsung dengan lingkungan, namun menurun pada menit berikutnya akibat terbentuknya lapisan korosi yang menghambat reaksi lebih lanjut.



Gambar 1. Grafik hasil pengujian: a) selisih berat (gram); b) laju korosi (mm/tahun)

Foto Makro

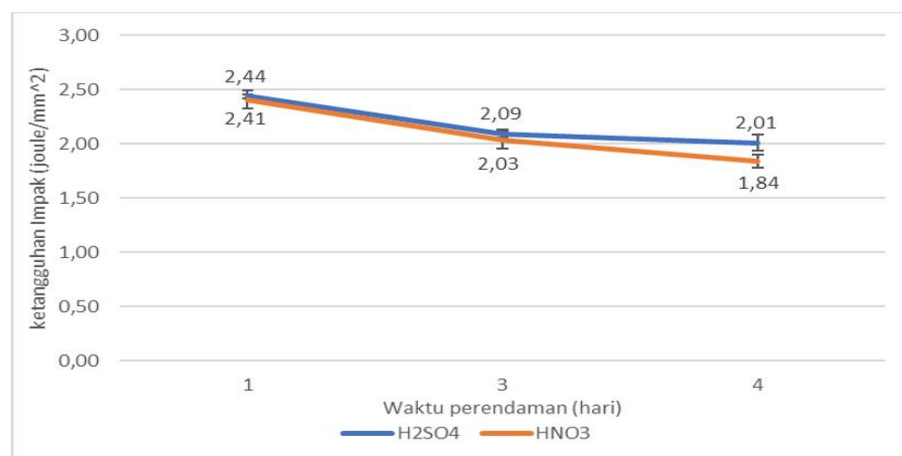
Berdasarkan pada Gambar 2, foto makro diambil tanpa rendaman (*raw*) ditunjukkan pada Gambar 2a dan sampel dengan perbedaan larutan rendaman (H_2SO_4 dan HNO_3) selama 4 hari ditunjukkan pada Gambar 2b dan 2c. Baja ST 60 yang direndam larutan asam H_2SO_4 mengalami korosi akan tetapi tidak merata, sedangkan baja ST 60 yang direndam dalam larutan asam HNO_3 terlihat korosi lebih merata seragam (*uniform corrosion*). Korosi ini muncul terlihat merata pada seluruh permukaan material dengan intensitas yang sama (Karyono dkk., 2017). Hasil ini menandakan bahwa larutan asam HNO_3 lebih agresif dalam menyebabkan korosi dibanding larutan asam H_2SO_4 .



Gambar 2. Foto makro dari berbagai kondisi baja ST 60: a) raw, b) H_2SO_4 , dan c) HNO_3

Pengujian Impak

Pada Gambar 3 dibawah merupakan grafik ketangguhan baja ST 60 menggunakan metode impak *Charpy*. Harga impak baja ST 60 pada rendaman larutan asam H_2SO_4 mengalami penurunan ketangguhan, tercatat harga impaknya berkisar antara 2,44 joule/mm² menurun hingga 2,01 joule/mm², penurunan ketangguhan baja ST 60 dengan rendaman asam H_2SO_4 dibanding masih stabil dibanding penurunan ketangguhan baja ST 60 yang diakibatkan oleh rendaman larutan asam HNO_3 yang mengalami penurunan ketangguhan lebih agresif, tercatat harga impak baja ST 60 dengan rendaman larutan asam HNO_3 berkisar antara 2,41 joule/mm² menurun hingga 1,84 joule/mm². Material yang disimpan lama dan terpapar macam larutan akan mengalami korosi. Hal tersebut menyebabkan logam mengalami penurunan kualitas akibat dari reaksi logam dengan lingkungan (Wijaya dkk., 2021). Korosi merupakan salah satu ancaman paling parah terhadap stabilitas dan kekuatan material dalam menahan beban-beban berulang maupun impak (Kasmuri dkk., 2023).



Gambar 3. Hasil ketangguhan impak

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa waktu perendaman dapat mempengaruhi laju korosi baja ST 60, semakin lama waktu perendaman maka laju korosi semakin meningkat. Jenis larutan juga mempengaruhi korosi pada baja ST 60, dimana larutan asam HNO₃ bersifat lebih korosif dibanding larutan asam H₂SO₄. Ketangguhan baja ST 60 menurun dengan peningkatan waktu perendaman. Penurunan ketangguhan baja ST 60 paling signifikan pada rendaman larutan asam HNO₃ disebabkan oleh laju korosi yang agresif.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawi, T. K. D., Helmy, A., & Kasta, G. (2022). *Ahli korosi dasar* (Vol. II). Universitas Sriwijaya Press. <https://www.unsri.unsripress.ac.id>
- Farkhani, M. F., H., & Dzulfikar. (2020). Analisis laju korosi pada material baja ASTM A36 akibat pengaruh sudut bending dan aliran media korosi H₂SO₄ 10%. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 16(2), 97–104. <https://doi.org/10.36499/mim.v16i2.3761>
- Handoyo, Y. (2013). Perancangan alat uji impak Charpy kapasitas 100 Joule. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/view/735>
- Hariyono, H. (1998). *Studi pengaruh variasi lingkungan terhadap efisiensi inhibisi asam askorbat (vitamin C) pada laju korosi tembaga* [Skripsi, Universitas Kristen Petra]. <https://perpus.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=13449>
- Hasibuan, & Anshori, A. I. (2018). *Studi eksperimental laju korosi, kekerasan, dan dampak pada pegas daun truk baja paduan AISI 5160 akibat pengaruh media air, cairan abu vulkanik, dan air laut* [Skripsi, Universitas Sumatera Utara]. <https://repository.usu.ac.id/handle/123456789/9913>
- Hutauruk, & Yonatan, F. (2017). *Analisa laju korosi pada pipa baja karbon dan pipa galvanis dengan metode elektrokimia* (pp. 3–16). Institut Teknologi Sepuluh November. <http://repository.its.ac.id/44852>
- Karyono, T., R. G., & Pamungkas. (2017). Analisis teknik pencegahan korosi pada lambung kapal dengan variasi sistem pencegahan ICCP dibandingkan dengan SACP. *Jurnal Pendidikan Profesional*, 6, 7–17. <https://www.semanticscholar.org>
- Kasmuri, M., Fahimuddin, F., & Ghani. (2023). Pengaruh karat dalam jangka waktu relatif singkat terhadap ketangguhan patah pada baja. In *Seminar Nasional 2023 Sinergitas Era Digital 5.0 dalam Pembangunan Teknologi Hijau Berkelanjutan* (pp. 101–104). <https://ejournal.itn.ac.id/semsina/article/view/8143/4374>
- Kevin, J. P. (2013). Analisis laju korosi pada baja karbon dengan menggunakan air laut dan H₂SO₄. *Jurnal Poros Teknik Mesin*. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/poros/article/view/2393>
- Kusumawati, E. D., & Fahriani. (2024). Studi baja karbon rendah terhadap laju korosi. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*. <https://jurnal.uhn.ac.id/index.php/mechanical>
- Nasution, M. (2018). Karakteristik baja karbon terkorosi oleh air laut. *Buletin Utama Teknik*, 14(1). <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/804>
- Nursyawaly, A. (2019). *Proses pembuatan asam sulfat*. Politeknik Negeri Sriwijaya. <https://pdfcoffee.com/proses-pembuatan-asam-sulfatdoc-pdf-free.html>

- Pudjiwati, S., & Arwati, I. G. A. (2024). Metode pengujian laju korosi pada material baja karbon. In *Technological & Mechanical Engineering Seminar 2024* (pp. 29–40). <https://www.researchgate.net/publication/387567867>
- Qusayyi, A. A., Budi, A. W., & Amiruddin. (2024). Analisis pengaruh salinitas air dan waktu penyemprotan. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12, 1–11. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Roberge, P. (1999). *McGraw-Hill handbook of corrosion engineering*. McGraw-Hill. <https://books.google.co.id>
- Santoso, K. A. (2019). Analisa pengaruh laju korosi plat baja ST 40 dan stainless steel 304 terhadap larutan asam sulfat. *Jurnal Majamecha*, 1(1), 24–35. <https://doi.org/10.36815/majamecha.v1i1.365>
- Septiani, M., Santoso, & Majid, A. (2019). Efektivitas asam nitrat (HNO₃) sebagai pelarut alternatif pada proses acid wash terhadap plate electrolyzer di PT Kaltim Nitrate Indonesia. *Journal of Chemical Process Engineering*, 3(2), 17. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i2.258>
- Wijaya, A. (2021). *Pengujian impact terhadap spesimen yang telah terkorosi oleh perlakuan yang berbeda* [Skripsi, Universitas Sriwijaya]. <https://repository.unsri.ac.id/59099/9/RAMA.83203>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

