

PERAN INHIBITOR KOROSI PADA PROSES DAN HASIL PRODUKSI BAJA: STUDI LITERATUR REVIEW

Sahril Sabirin^{1,a}, Andika Cahya Febiawan^{2,b}, Ardika Achmad Gustama^{3,c},
Faris Ahmad Irfany^{4,d}, Yudi Oktavia Ramadhan^{5,e}, Ananda Yhuto Wibisono
Putra^{6,f}

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Ciwaru raya, No. 25, serang, Banten, 42114 indonesia

^a2284210024@untirta.ac.id, ^b2284210021@untirta.ac.id, ^c2284210052@untirtaac.id,
^d2284210027@untirta.ac.id, ^e2284210060@untirta.ac.id, ^fwyhuto@untirta.ac.id

Abstrak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui definisi korosi, jenis-jenis korosi, perlindungan korosi pada proses produksi baja, perlindungan korosi menggunakan inhibitor, jenis-jenis inhibitor, dan jenis inhibitor untuk berbagai material. Pendekatan penelitian ialah kualitatif dengan metode penelitian studi literatur review. Data hasil penelitian yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis secara sistematis sumber pustaka berupa artikel ilmiah, buku, disertai dan tesis dari sumber yang terpercaya. Hasil penelitian ini mengkaji proses perlindungan korosi pada proses dan hasil produksi baja menggunakan berbagai jenis inhibitor. Hasilnya adalah Bahan kumparan yang digulung dikenai garis pengawetan terus menerus untuk menghasilkan gulungan baja galvanis, yang dapat menyebabkan terjadinya korosi material, antara lain pengaruh konsentrasi lingkungan. Proses korosi dapat dicegah dengan berbagai cara, salah satunya ialah dengan inhibitor. Jenis inhibitor yang digunakan terdiri dari bahan organik dan anorganik. Inhibitor anorganik yang digunakan ialah EonCor W203, sedangkan inhibitor organik yang digunakan adalah ekstrak daun jambu biji, daun teh, kedelai dan kopi.

Kata kunci. *korosi, baja, pickling, inhibitor*

Abstract.

This study aims to determine the definition of corrosion, types of corrosion, corrosion protection in the steel production process, corrosion protection using inhibitors, types of inhibitors, and types of inhibitors for various materials. The research approach is a qualitative approach with a literature review research method. The research data obtained were analyzed descriptively and quantitatively. This research was conducted by systematically analyzing literary sources in the form of scientific articles, books, accompaniments and theses from reliable sources. The results of this study examine the process of corrosion protection in steel production processes and products using various types of inhibitors. The result is that the coiled coil material is subjected to a continuous curing line to produce galvanized steel coils, which can lead to corrosion of the material, among other things by environmental concentrations. The corrosion process can be prevented in various ways, one of which is with an inhibitor. The types of inhibitors used consist of organic and inorganic materials. The inorganic inhibitors used were EonCor W203, while the organic inhibitors used were extracts of guava leaves, tea leaves, soybeans and coffee.

Keywords: *Corrosion, Steel, Pickling, Inhibitor*

Pendahuluan

Kata korosi berasal dari kata “*corrosion*” yang berarti kerusakan logam karat. Korosi biasanya didefinisikan sebagai proses penghancuran suatu logam/kekuatan logam menurun baik secara kimiawi maupun elektrokimia akibat reaksi dengan lingkungan. Salah satu jenis logam adalah baja karbon rendah. Untuk material baja yang banyak digunakan diindustri pertambangan, konstruksi dan logam seperti konstruksi jembatan karena sifatnya yang kuat, tetapi juga memiliki kelemahan yaitu tidak tahan dengan korosi [1]. Korosi merupakan masalah utama bagi dunia industri. Efek korosi dapat berupa kerugian langsung dan kerusakan tidak langsung pada peralatan, mesin dan struktur bangunan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dapat dibagi menjadi 2 bidang, yaitu material itu sendiri dan lingkungan. Faktor material meliputi kemurnian logam, struktur material, teknik pencampuran material, bentuk kristal, dll. Faktor lingkungan meliputi polusi udara, suhu, kelembaban dan adanya bahan kimia korosif. [2]

Korosi pada dasarnya yaitu proses *electrochemical process*, elektrokimia ini terdiri dari komponen yaitu:

a) Anoda

Anoda biasanya menimbulkan korosi dengan melepaskan elektron dari atom logam netral untuk membentuk ion yang sesuai. Ion-ion ini dapat tetap berada dalam larutan atau bereaksi membentuk produk korosi yang tidak larut.

b) Katoda

Katoda pada umumnya tidak menimbulkan korosi, meskipun dalam kondisi bisa. Reaksi katodik merupakan reaksi reduksi. Reaksi katodik tergantung pada pH larutan tertentu.

c) Elektrolit

Elektrolit merupakan larutan yang menghantarkan listrik. Elektrolit ini dapat berupa larutan asam, basa dan garam. Elektrolit memegang peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat memberikan kontak listrik antara anoda dan katoda. Anoda dan katoda harus terhubung secara elektrik. Harus ada sambungan listrik antara anoda dan katoda agar arus dapat mengalir di dalam sel korosi. Jika anoda dan katoda terbuat dari logam yang sama, tidak diperlukan sambungan fisik.[3]

Korosi adalah proses degradasi logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia logam dengan lingkungan. Secara umum, lingkungan yang paling korosif adalah udara lembab, air laut, gas yang mudah terbakar, hidrogen sulfida, asam, basa, dan tanah. Proses korosi logam harus dikontrol karena dapat menimbulkan akibat seperti *downtime*, pemadaman listrik, kehilangan produk, polusi dan bencana yang tidak berwujud.[4]

Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kualitatif dengan teknik analisis menggunakan teknik analisis deskriptif. Untuk data hasil penelitian yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis secara sistematis sumber Pustaka berupa artikel ilmiah, buku, disertai dan tesis dari sumber terpercaya. Hasil penelitian ini mengkaji proses perlindungan korosi pada proses dan hasil produksi baja menggunakan berbagai jenis inhibitor.

Pembahasan

Korosi mengacu pada penurunan atau penurunan kualitas material sebagai akibat dari reaksi kimia antar logam dan lingkungannya. Proses korosi dapat terjadi pada semua bahan logam. Korosi terjadi secara perlahan dan membatasi umur material, Korosi merupakan proses alami, proses tersebut tidak dapat dicegah. Besi juga dapat diartikan logam yang mudah berkarat [5].

A. Jenis-jenis Korosi

Sebagian besar logam terjadi secara alami sebagai oksida, karbonat, atau bijih sulfida yang stabil. Secara umum, jenis korosi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Korosi Seragam

Korosi seragam adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia air dan udara lembab dengan nilai pH rendah, menyebabkan logam menjadi lebih tipis karena diregangkan. Korosi ini bisa dicegah yaitu material yang tepat.

2. korosi sumur

Korosi lubang adalah korosi yang disebabkan oleh komposisi logam yang tidak homogen pada antarmuka korosi yang terbentuk dengan baik. Korosi ini dapat dicegah dengan:

- a) Diberikan *coating*
- b) Menggunakan inhibitor

3. Korosi erosi

Korosi erosi adalah korosi akibat abrasi, mengakibatkan bagian yang tajam dan kasar yang rentan terhadap korosi, dan juga dapat disebabkan oleh cairan yang sangat berat yang dapat menimbulkan korosi film pelindung pada logam. Korosi ini biasanya terjadi pada pipa dan propeller. Korosi ini dapat dicegah dengan cara yaitu:

- a) Diberi *coating*
- b) Diberi inhibitor

4. korosi galvanis

Korosi yang disebabkan oleh adanya dua logam berbeda dalam elektrolit, menyebabkan lebih banyak logam anoda yang terkorosi. Korosi ini dapat dicegah dengan cara-cara berikut:

- a) Pilih isolator yang cukup tebal
- b) Masang proteksi katodik

5. Korosi tegangan

Ini terjadi karena perlakuan khusus pada logam mengubah bentuk partikel logam. Ini membuat butiran menjadi tegang dan butiran ini bereaksi sangat mudah dengan lingkungan.

Korosi ini dicegah dengan cara-cara yaitu:

- a) Diberikan inhibitor
- b) Direlaksasi

6. Korosi celah

Korosi logam berhubungan dengan korosi logam lain di dalamnya terdapat mulut anodik dan katodik karena mulut tersebut kaya akan kandungan O₂ karena terdapat retakan yang dapat menjebak kotoran dan air. Korosi di cegah dengan cara berikut ini:

- a) Diberikan isolator
- b) Dibersihkan jika ada kotoran

7. Korosi mikrobiologi

Korosi mikroba korosi disebabkan oleh mikroorganisme termasuk bakteri, jamur, dan protozoa. Memengaruhi timbulnya atau tingkat korosi di daerah tersebut mikroorganisme yang umumnya terkait pada permukaan yang terkorosi dan kemudian pasang pada permukaan logam dalam bentuk lapisan tipis atau bilayer. Jenis korosi ini dapat dicegah dengan cara berikut:

- a) Memilih logam yang tepat
- b) Diberikan lapisan logam

8. Korosi Lelah

Korosi ini disebabkan oleh tegangan siklus berulang dari pemadatan logam semakin lama waktu yang dibutuhkan logam untuk pecah akibat pelepasan logam. Korosi ini biasanya terjadi pada turbin uap, sumur minyak, dan baling-baling yang ada di kapal. Untuk jenis korosi dapat di cegah dengan cara-cara yaitu:

- a) Menggunakan inhibitor
- b) Pilih bahan yang tepat. [6]

B. Perlindungan Korosi Pada Proses Produksi Baja (*Pickling*)

Sistem ekstraksi merupakan bagian penting dari sistem kelistrikan. Logam adalah bahan utama perangkat elektronik dan dapat berkarat selama penyimpanan. Korosi ini dicegah agar tidak berlanjut karena lapisan tidak melekat pada logam yang terkorosi. Seperti besi tuang, temper menggunakan larutan asam klorida (HCl) untuk menggetsa logam.

Tergantung pada sistem produksi di industri galvanisasi, proses pengawetan dapat dilakukan secara terus menerus atau secara *batch*. Garis pengawetan terus menerus menggulung gulungan untuk menghasilkan gulungan baja galvanis. Sedangkan sistem bath pickling biasanya dilakukan pada gulungan yang sebelumnya telah dibentuk menjadi pipa atau semacamnya, kemudian diberi lapisan galvanis.

Inhibitor korosi asam adalah cairan yang mencegah karat yang disebabkan oleh asam klorida (HCl) yang digunakan dalam pengawetan logam. Ironisnya, HCl adalah penghilang karat, memiliki sifat melarutkan karat, dan HCl sendiri adalah bahan kimia kaustik (menyebabkan korosi) karena bersifat asam. Oleh karena itu, sangat penting untuk menyediakan penangkal kimiawi selama proses penyembuhan.

EonCor W203 adalah inhibitor korosi asam yang berfungsi sebagai "penawar" selama proses *curing*. Antara lain dapat mengurangi konsumsi asam saat kebocoran dihentikan. Sangat efektif untuk membersihkan permukaan logam dan membuat logam bersinar. [7] Keuntungan menggunakan EonCor W203 dalam proses ini adalah:

1. Pencegahan pengawetan berlebih selama pengawetan terus menerus Karena aksi korosif yang kuat dari asam pengawetan selama pengawetan terus menerus, pengawetan berlebihan dapat menyebabkan penipisan yang ekstrim pada bagian strip. Ini meningkatkan risiko kerusakan strip dan mengganggu pemrosesan lebih lanjut.
2. Mengurangi paparan uap asam Uap asam yang bersifat *pickling* dapat menyebabkan material logam lainnya seperti peralatan dan struktur bangunan di sekitar area *pickling* menjadi rapuh akibat korosi asam. [8]

C. Perlindungan Korosi Pada Baja Menggunakan Inhibitor

Inhibitor adalah bahan kimia yang ditambahkan ke lingkungan Anda yang dapat mengurangi korosi di lingkungan logam. Inhibitor adalah zat yang melapisi dan melindungi logam. Dalam kasus korosi, lapisan ini hanya terdiri dari beberapa lapisan atom besar. Perbedaan harus dibuat antara inhibitor aman dan inhibitor berbahaya. Inhibitor keselamatan adalah zat yang

memperlambat laju korosi tanpa meningkatkan keparahannya. Korosi Meskipun inhibitor berbahaya, mereka adalah zat yang memperlambat laju korosi tetapi meningkatkan intensitas efek korosi.[9]

Seperti dibahas di atas, inhibitor korosi didefinisikan sebagai berikut zat kimia yang bila ditambahkan ke media tertentu membantu mengurangi tingkat serangan pengaruh lingkungan pada bahan logam. Dalam hal tegangan rendah, baik secara terus menerus maupun secara periodik pada selang waktu tertentu mencatat bahwa mekanisme kerja inhibitor korosi terdiri dari tiga cara. Mekanisme pertama ialah Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan film yang beberapa molekul inhibitor tebal. Hanya lapisan ini yang terlihat dengan alat tertentu, tapi itu bisa memblokir sesuatu Serangan lingkungan pada logam.

Mekanisme inhibitor kedua yaitu melalui pengaruh lingkungan (misalnya nilai pH) menyebabkan inhibitor mengendap dan kemudian juga mulai menyerap pada permukaan logam melindungi terhadap korosi. Curah hujan yang terjadi di permukaan cukup logam untuk melihat lapisan dengan mata. Mekanisme terakhir yaitu logam pertama kali terkorosi oleh inhibitor yang menghasilkan zat kimia dimana produk korosi dibentuk oleh peristiwa adsorpsi Lapisan pasif pada permukaan logam. Inhibitor juga berperan dalam menghilangkan komponen agresif untuk lingkungan. [10]

1. Jenis-Jenis Inhibitor Menurut Bahan Dasar

a. Inhibitor Organik:

Dapat mencegah korosi dengan adsorpsi kimia bahan organik pada permukaan logam melalui ikatan heteroatom. Inhibitor ini terbuat dari bahan organik. Contoh: Senyawa dengan gugus.

b. Inhibitor Anorganik:

Inhibitor ini merupakan inhibitor mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam komposisinya. Komponen dasar inhibitor anorganik adalah kromat, nitrit, silikat dan fosfat. Inhibitor anorganik bertindak sebagai inhibitor anodik karena inhibitor ini mengandung gugus. Senyawa ini juga sangat berguna dalam lapisan anti korosi, tetapi kerugian utamanya adalah toksisitasnya.[11]

2. Jenis-jenis Inhibitor Menurut Respon Yang Diambat

a. Inhibitor Anodik

Inhibitor anoda menyerap di anoda dan menahan korosi di area ini. Karena korosi terjadi pada anoda, penggunaan inhibitor anodik sangat efektif. Namun, jika inhibitor ini tidak menutupi seluruh permukaan anoda, maka akan menyebarkan katoda.

Inhibitor anodik mengurangi laju korosi dengan memperlambat reaksi anodik. Inhibitor anodik membentuk lapisan pasif melalui reaksi ion logam yang terkorosi menciptakan film pasif tipis yang menutupi anoda (permukaan logam) dan lapisan ini mencegah anoda runtuh. Lapisan pasif dibuat potensi korosi tinggi atau inhibitor anodik meningkatkan polarisasi anodik. Senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor anodik adalah: kromat, nitrit, nitrat, Molibdat, silikat, fosfat, borat.

b. Inhibitor Katoda

Inhibitor katodik adalah zat yang mencegah reaksi katodik. Reaksi katodik berhenti bahkan jika reaksi O_2 terjadi atau reaksi menetralkan ion hidrogen. Inhibitor katodik, meskipun inhibitor logam tidak berbahaya, biasanya bersifat pasif, tetapi tidak memperbaiki sifat korosi.

3. Jenis Inhibitor Berdasarkan Jenis Material

a. Baja ASTM A36

Pelat baja ASTM A36 merupakan baja ringan, berkekuatan tinggi yang baik dan juga dikombinasikan dengan sifat baja lunak mengoperasikan mesin dan juga mengelas. Beberapa produk ini digunakan baja jenis ini sebagai bangunan, tangki dan pipa. Baja ASTM A36 juga dipilih sebagai benda uji sifat mekanik dan mekanis, Struktur mikro dengan perlakuan panas [12].

Untuk baja ASTM A36, inhibitor organik yang berasal dari turunan minyak sawit yang digunakan dalam uji korosi. Minyak kelapa sawit yang diubah melalui proses sulfonasi menjadi 2 jenis inhibitor yaitu. PKO metilsulfonat ester, dimurnikan. [13] dan PKO sulfonasi. [14]

b. Baja ASTM A106

Baja ASTM A106 atau disebut juga ASME SA 106 adalah pipa baja karbon seamless yang digunakan untuk aplikasi temperature tinggi. baja ini merupakan spesifikasi yang mencakup pipa dinding nominal carbon steel berjenis seamless untuk aplikasi industry yang membutuhkan ketahanan terhadap suhu tinggi. Untuk pipa ini banyak digunakan didunia industri minyak, kimia, PLN dan pembangunan kapal. [15].

Faktor yang dapat menyebabkan terjadinya korosi pada material salah satunya adalah pengaruh konsentrasi lingkungan. Terjadinya proses korosi dapat dicegah dengan beberapa cara. Salah satunya adalah penggunaan inhibitor. Untuk baja ASTM A106, inhibitor jenis ini sudah tersedia di alam dan tidak mencemari lingkungan. Untuk inhibitor

organik diperoleh dengan mengekstraksi beberapa bahan alami. Inhibitor yang digunakan antara lain daun jambu biji, daun teh, kedelai, dan kopi.[16]

c. Baja ASTM A285

Baja Pelat A285 adalah baja rendah hingga sedang yang digunakan dalam pembuatan bejana tekan dan boiler baja karbon. Baja ini juga sering digunakan dalam tangki dan boiler standar daripada bejana bertekanan tinggi, karena baja ini kekuatan yang lebih sedikit. Baja A285 ini juga sering di gunakan di seluruh Industri Minyak, Gas dan Petrokimia.[7]

Baja A285 masuk kedalam inhibitor Ekstrak bahan alam organik, dapat digunakan sebagai larutan penghambat terhadap korosi. Untuk contoh inhibitornya adalah dengan ekstrak getah pinus, tembakau, kopi dan gambir. [17]

d. Baja ASTM A53

Baja atau Pipa ASTM A53 memiliki nama lain yaitu ASME/; SA53. baja ini biasanya digunakan dalam aplikasi mekanik. Namun, baja ini juga dapat digunakan dalam saluran uap, udara, gas, dan air. Spesifikasi baja ini sangat cocok untuk proses pengelasan dan pembentukan selama penggulangan, pembengkokan, dan flanging dengan persyaratan khusus. [18]

Korosi pada baja ASTM A53 disebabkan oleh penurunan kualitas logam reaksi elektrokimia dengan lingkungan. Untuk cara mencegah terjadinya proses korosi salah satunya dengan metode penggunaan inhibitor. Inhibitor organik adalah inhibitor yang tidak beracun, harganya murah, tersedia di alam, dan tidak merusak lingkungan. Inhibitor organik diperoleh mengekstraksi beberapa bahan alami seperti daun jambu biji benih [19], daun teh [12], kedelai [16] dan kopi. [17]

Selain itu Baja ASTM 53 sejenis baja karbon rendah dan baja yang banyak digunakan untuk mengaplikasikan pipa lain. Dan untuk penggunaan inhibitor yang sebelum dijelaskan ada lagi yaitu dengan zat antosianin yang terkandung dalam ubi ungu yang dapat dijadikan sebagai inhibitor alami, karena di dalam ubi ungu terdapat zat antosianin yaitu antioksidan yang merupakan penghambat oksidasi [7]

e. Baja AISI 1018

Baja karbon rendah AISI 1018 memiliki kemampuan las yang sangat baik dan menghasilkan casing yang konsisten dan lebih keras serta dianggap sebagai baja terbaik untuk bagian karburasi. Baja ini memiliki daya tahan kuat dan fleksibilitas. Baja AISI

1018 dengan sifat mekanik yang lebih baik juga mencakup kemampuan mesin yang lebih baik dan kekerasan Brinell. [20]

Untuk Baja AISI 1018 ini masuk kedalam inhibitor ekstarak bahan alam, untuk itu dapat digunakan sebagai penghambat terjadinya korosi. Untuk contoh dari inhibitor tersebut adalah mengekstrak daun Ketapang. [21]

Kesimpulan

Korosi mengacu pada penurunan atau penurunan kualitas material sebagai akibat dari reaksi kimia antar logam dan lingkungannya. Proses korosi dapat terjadi pada semua bahan logam. Korosi terjadi secara perlahan dan membatasi umur material, sehingga suatu material yang diharapkan memiliki umur pakai yang panjang ternyata memiliki umur yang lebih pendek dari umur rata-ratanya.

Secara umum, jenis-jenis korosi dapat dibagi menjadi: korosi seragam, korosi *pitting*, korosi erosi, korosi galvanik, korosi tegangan, korosi celah (*crevice*), korosi mikroba dan korosi lelah. Proses pengawetan adalah bagian penting dari industri galvanisasi. Pengawetan disini juga menggunakan larutan asam klorida (HCl) untuk menyerang permukaan logam yang terkorosi.

Proses pengawetan dapat dilakukan secara terus menerus (*continuous*) atau bertahap (*batch*). Inhibitor korosi asam adalah cairan yang mencegah karat yang disebabkan oleh asam klorida (HCl) saat pengawetan logam. Penghalang adalah bahan kimia yang ditambahkan ke lingkungan yang dapat mengurangi serangan korosi lingkungan logam. Jenis inhibitor berbasis zat dasar, yaitu inhibitor organik dan inhibitor anorganik Menurut reaksi yang dihambat, jenis inhibitor adalah inhibitor anodik dan inhibitor katodik. Dan untuk tipe *barrier* berdasarkan jenis materialnya yaitu baja ASTM A36, baja ASTM A106, baja ASTM A285, baja ASTM A53 dan baja AISI 1018.

Jenis inhibitor yang digunakan terdiri dari bahan organik dan anorganik. Inhibitor anorganik yang digunakan ialah EonCor W203, sedangkan inhibitor organik yang digunakan adalah ekstrak daun jambu biji, daun teh, kedelai dan kopi.

Daftar Pustaka

- [1] R. Magga, M. Zuchry, Y. Arifin, and ..., "Analisis Laju/Ketahanan Korosi Pada Baja Karbon Rendah Akibat Tegangan Dalam Menggunakan Metode C-Ring," *Pros. Snitt ...*, 2018, [Online]. Available:

<http://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/view/601%0Ahttp://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/viewFile/601/407>

- [2] E. H. Prasetya, Ranto, and Suharno, "Pengaruh konsentrasi inhibitor asam askorbat dan konsentrasi larutan natrium klorida terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat," *J. Ilm. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 3, pp. 1–11, 2014.
- [3] M. F. Sidiq, "Electrochemical process," *Met. Finish.*, vol. 100, no. 2, p. 123, 2002, doi: 10.1016/s0026-0576(02)80201-x.
- [4] A. Setiawan and A. K. Dewi, "Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat," *J. Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 57–66, 2019.
- [5] 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 (H₂SO₄) dan Asam Klorida (HCl) dengan Waktu Bervariasi," *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 13–21, 2020, doi: 10.36655/sproket.v2i1.294.
- [6] B. Utomo, "Jenis Korosi Dan Penanggulangannya," *Kapal*, vol. 6, no. 2, pp. 138–141, 2009.
- [7] Y. K. Afandi, I. S. Arief, and Amiadji, "Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating," *Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [8] Eonchemicals, "Proses Pickling Batch atau Continuous dengan Acid Corrosion Inhibitor," *chemical solution*, Nov. 15, 2019. <https://www.eonchemicals.com/artikel/proses-pickling-dengan-acid-corrosion-inhibitor/> (accessed Dec. 15, 2022).
- [9] A. Rosen *et al.*, "Teaching and Teacher Education," *Teach. Teach. Educ.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–17, 2015, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1080/01443410.2015.1044943%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.581%0Ahttps://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2547ebf4-bd21-46e8-88e9-f53c1b3b927f/language-en%0Ahttp://europa.eu/.%0Ahttp://www.leg.st>
- [10] S. L. Butarbutar and G. R. Sunaryo, "Analisis Mekanisme Pengaruh Inhibitor Siskem pada Material Baja Karbon," *Pros. Semin. Nas. ke-17 Teknol. dan Keselam. PLTN Serta Fasilitas Nukl.*, pp. 559–566, 2011.
- [11] P. S. Sosiologi, F. Ilmu, S. Dan, I. Politik, and U. Jember, "Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember," pp. 1–45, 2016.
- [12] S. S. I. Mawarni, "Pengertian baja ASTM A36," *Galang Tanjung*, no. 2504, pp. 1–9, 2015.

- [13] T. Bantacut and W. Darmanto, "Sifat Korosif Surfaktan Mes (Metil Ester Sulfonat) Dari Minyak Sawit Dalam Pemilihan Bahan Surface Facilities Untuk Aplikasi Eor (Enhanced Oil Recovery) Corrosive Properties of Mes Surfactant (Methyl Ester Sulfonate) From Palm Oil in Selection of Surface," *Wahyudin Darmanto J Tek Ind Pert*, vol. 24, no. 2, pp. 105–113, 2014.
- [14] R. Christian, "Peningkatan Ketahanan Korosi pada baja ASTM A36 Menggunakan Inhibitor Minyak Kelapa Sawit dengan Metode Sulfonasi," *J. Univ. Pertamina*, 2020.
- [15] M. Nofri and A. Fardiansyah, "Analisis Sifat Mekanik Pipa Carbon Steel Grade a a106 Dan Grade B a53 Untuk Proses Produksi Pada Kilang Lng," *Bina Tek.*, vol. 14, no. 2, p. 119, 2018, doi: 10.54378/bt.v14i2.335.
- [16] A. P. Yanuar, H. Pratikno, and H. S. Titah, "Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 8–13, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.18938.
- [17] G. Haryono, B. Sugiarto, and H. Farid, "Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan" Pengemb. Teknol. Kim. untuk Pengolah. Sumber Daya Alam Indones.*, pp. 1–6, 2010.
- [18] B. Prameswari, "Studi efektifitas lapis galvanis terhadap ketahanan korosi pipa baja ASTM A53 di dalam tanah (underground pipe) = Study of galvanized coating effectiveness toward ASTM A53 steel pipe corrosion resistance in soil environment (underground pipe)," vol. 3, p. 7887.
- [19] R. Sugiharto, "Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Kopi Terhadap Laju Korosi Baja ST37 Dalam Media Asam Klorida Dan Natrium Klorida," pp. 8–34, 2018.
- [20] muhammad agus Wijaya, "Analisa Pengaruh Hardening dengan Variasi Temperature Austenite Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah AISI 1018 dengan Media Pendingin Air es yang ditambahkan Garam," 2021.
- [21] A. Berbagai, C. Hasil, C. Sedangkan, and L. Smaw, "C sampai 400," vol. 17, no. 2, 2021.