



PENDAHULUAN



Korosi adalah proses kerusakan atau penurunan kualitas suatu logam akibat reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya. Korosi terjadi karena adanya reaksi oksidasi dan reduksi antara logam dengan lingkungan. Oksidasi merupakan reaksi yang melepaskan elektron, sedangkan reduksi adalah reaksi yang menerima elektron. Korosi sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah tangga maupun di industri. Korosi atau karat pada logam dapat disebabkan oleh faktor dari dalam logam itu sendiri maupun reaksi kimia dengan lingkungan yang menyebabkan logam mengalami kerusakan (Maitimu, et al., 2024).



Secara umum, korosi bisa dipandang sebagai suatu proses perusakan logam yang berlangsung melalui reaksi elektrokimia yang terjadi secara spontan, dengan tujuan untuk mencapai keseimbangan dengan lingkungan di sekitarnya (S. Utomo, 2015).



Gambar 1. Contoh korosi pada paku
(Sumber: Kompas.com)

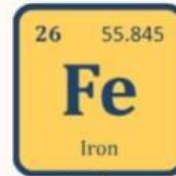


Korosi merupakan suatu fenomena alam yang tidak dapat dihentikan sepenuhnya, tetapi prosesnya dapat dikendalikan atau diperlambat.

FACTS

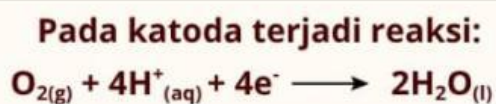


korosi pada besi dalam lingkungan yang lembab membentuk sel volta sederhana, di mana besi (Fe) menjadi anoda (oksidasi) dan oksigen (O₂) menjadi katoda (reduksi).

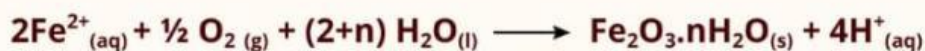


PROSES KOROSI

elektron dipermukaan Fe mereduksi O₂ menjadi H₂O



Proses pembentukan karat terjadi ketika ion Fe yang berada di tetesan air bereaksi dengan O₂ dan H₂O. Berikut reaksi perkartan:

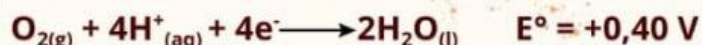


(Sumber: [blog guru kimia.com](http://blog.guru.kimia.com))

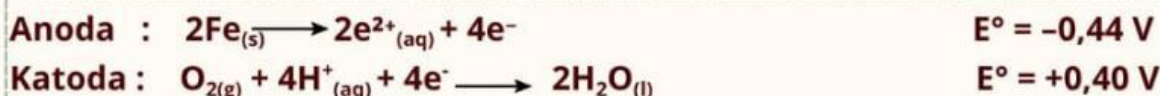
Pada proses ini terbentuk dua daerah reaksi, yaitu daerah anoda dan daerah katoda. Pada daerah anoda, besi mengalami oksidasi dengan melepaskan elektron dan berubah menjadi ion besi(II) sehingga sebagian logam besi akan larut dalam air dan menyebabkan terbentuknya cekungan pada permukaan logam. Reaksi oksidasi yang terjadi pada anoda dapat dituliskan sebagai:



Elektron yang dihasilkan dari reaksi ini kemudian mengalir melalui logam menuju daerah lain pada permukaan besi yang lebih kaya oksigen dan berperan sebagai katoda. Pada daerah katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu oksigen dari udara bereaksi dengan air dan elektron yang berasal dari anoda sehingga menghasilkan ion hidroksida (OH^{-}). Reaksi reduksi tersebut dapat dituliskan sebagai:

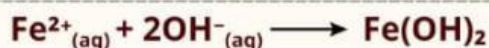


Berdasarkan konsep reaksi oksidasi dan reduksi, reaksi keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut:

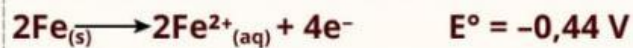


Nilai E° sel yang positif menunjukkan bahwa reaksi korosi pada besi berlangsung secara spontan. Oleh karena itu, besi dapat teroksidasi ketika berada di lingkungan yang mengandung air dan oksigen sehingga terbentuk ion Fe^{2+} yang selanjutnya membentuk karat.

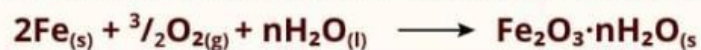
Dalam proses korosi, keberadaan air atau kelembapan berperan sebagai media yang memfasilitasi perpindahan ion pada permukaan logam. Ion Fe^{2+} yang terbentuk pada daerah anoda dan ion OH^{-} yang dihasilkan pada daerah katoda dapat bergerak melalui lapisan air menuju permukaan logam sehingga keseimbangan muatan pada kedua daerah tetap terjaga. Ion-ion tersebut kemudian bereaksi membentuk senyawa besi(II) hidroksida yang merupakan padatan berwarna hijau dengan reaksi sebagai berikut:



Senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_2$ merupakan salah satu produk awal dalam proses korosi besi yang terbentuk akibat reaksi redoks antara besi, oksigen, dan air. Dalam kondisi lingkungan yang masih mengandung oksigen, senyawa ini dapat mengalami oksidasi lebih lanjut sehingga menghasilkan senyawa karat yang lebih stabil.



Pada proses korosi, besi yang bereaksi dengan oksigen dan air akan membentuk senyawa besi oksida terhidrasi yang dikenal sebagai karat dengan rumus umum $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Besi yang mengalami korosi sering mengalami peningkatan massa karena ion Fe^{2+} yang terbentuk bereaksi kembali dengan oksigen dan air membentuk senyawa karat. Perbedaan tingkat hidrasi menyebabkan warna karat dapat bervariasi. Secara umum, reaksi pembentukan karat dapat dituliskan sebagai berikut:



n menunjukkan jumlah molekul air yang terikat pada senyawa karat (air kristal atau air hidrasi). Nilai n tidak tetap karena jumlah air yang bergabung dengan besi oksida dapat berbeda-beda tergantung kondisi lingkungan seperti kelembapan, suhu, dan lama proses korosi.

Korosi pada logam dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

- keberadaan air atau kelembapan
- Oksigen
- Konsentrasi elektrolit (misalnya garam dalam air)
- pH lingkungan
- Suhu
- Kondisi permukaan logam.

Untuk mengurangi atau memperlambat proses korosi, berbagai metode pencegahan dapat dilakukan. Salah satu cara yang umum adalah melapisi permukaan logam dengan cat, minyak, atau bahan pelindung lain agar logam tidak langsung kontak dengan air dan oksigen. Metode lain yang sering digunakan adalah perlindungan katodik, yaitu menghubungkan logam dengan logam lain yang lebih mudah teroksidasi sehingga logam utama terlindungi dari korosi. Selain itu, korosi juga dapat dicegah dengan menambahkan zat penghambat korosi atau inhibitor ke dalam lingkungan tempat logam berada.

PENDAHULUAN



APA ITU INHIBITOR??

Inhibitor adalah zat yang ditambahkan dalam jumlah kecil ke suatu sistem untuk memperlambat, menghambat, atau mencegah terjadinya suatu reaksi tertentu. Inhibitor korosi merupakan zat yang ketika ditambahkan ke suatu lingkungan mampu memperlambat laju korosi pada logam yang berada di dalamnya (Yulianti *et al*, 2016).

Berdasarkan bahan penyusunnya, inhibitor korosi terbagi menjadi dua kategori, yaitu inhibitor berbahan anorganik dan organik. Inhibitor organik berasal dari sumber-sumber alami yang mudah ditemukan di alam. (Yanuar *et al*, 2016).



Selain efektif menurunkan laju korosi, inhibitor alami juga memiliki beberapa keunggulan, diantaranya:



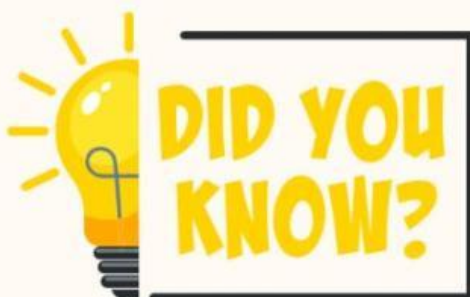
Tidak beracun

Mudah didapatkan

Biaya murah



Dapat diperbaharui



Sekitar tahun 1940-an, ekstrak tumbuhan dan minyak nabati sudah secara luas digunakan sebagai bahan pelapis (coating) untuk mencegah korosi pada logam (Dar, 2011)



Eh, tau nggak? Inhibitor korosi dari bahan kimia berbahaya bisa bikin lingkungan tercemar, lho!

Seriusan? Wah, berarti kita harus cari alternatif yang lebih ramah lingkungan, ya!!

Setuju! Biar alat tetap awet, tapi bumi juga tetap sehat!



Mengingat bahwa inhibitor korosi berbahan kimia dapat mencemari lingkungan, salah satu alternatif yang lebih aman adalah memanfaatkan bahan alami. Salah satu tanaman yang bisa digunakan sebagai inhibitor korosi adalah daun teh.



Gambar 2. Daun teh
(Sumber: Canva.com)



Daun teh (*Camellia sinensis*) merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di wilayah beriklim tropis dan subtropis, termasuk di Asia Selatan dan Asia Tenggara. Di Indonesia, tanaman teh tumbuh subur di berbagai daerah dataran tinggi seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Sumatra.



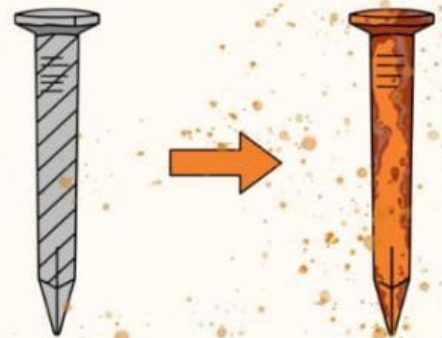


Gambar 3. Tanaman teh
(Sumber: Pixabay.com)

DID YOU KNOW?

Tanaman teh memiliki ciri fisik berupa bunga berwarna putih dan berbentuk bulat. Daunnya mengandung senyawa antioksidan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan inhibitor, salah satunya adalah tanin (25%) dan flavonoid (30%), yang dikenal sebagai senyawa organik yang efektif dalam menghambat korosi (Zhang et al., 2019; Indarti, 2022).

Korosi besi terjadi melalui reaksi elektrokimia dan redoks, di mana besi teroksidasi di anoda menjadi ion Fe^{2+} , melepaskan elektron, sedangkan di katoda, elektron tersebut diterima oleh oksigen dan air untuk membentuk ion OH^- . Ion Fe^{2+} kemudian bereaksi dengan OH^- membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang selanjutnya teroksidasi menjadi karat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

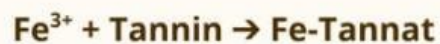
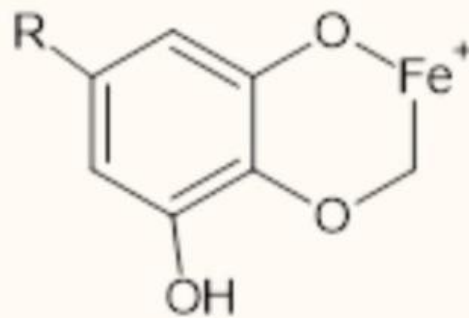
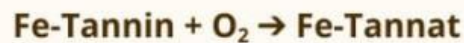
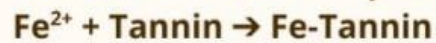


Proses ini dapat diperlambat dengan penggunaan daun teh sebagai inhibitor korosi. Senyawa aktif seperti polifenol, tanin, dan flavonoid dalam daun teh menempel pada permukaan logam, membentuk lapisan pelindung yang mengurangi kontak antara logam dengan air, oksigen, dan ion korosif. Lapisan ini menghambat reaksi oksidasi di anoda dan reaksi reduksi di katoda, sekaligus memperlambat aliran elektron dan perpindahan ion. Dengan mekanisme tersebut, daun teh bekerja sebagai inhibitor korosi alami yang efektif dan ramah lingkungan.

Senyawa tanin dapat membentuk kompleks dengan besi (II) dan besi (III). Kompleks besi (II)-tanin tidak berwarna dan sangat mudah larut dan teroksidasi. Dengan adanya oksigen, kompleks ini berubah menjadi kompleks besi(III)-tanin yang disebut tanat.

Kompleks inilah yang akan melekat pada permukaan besi yang akan menghalangi terjadinya proses korosi lebih lanjut karena kompleks tersebut akan terserap pada permukaan besi dan melindungi permukaan besi.

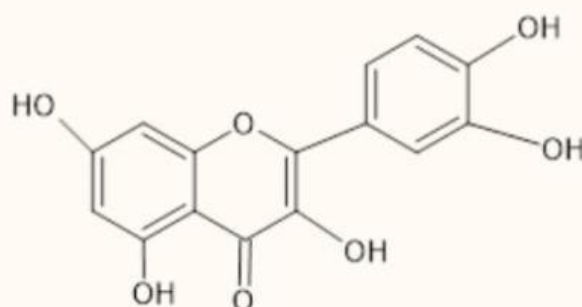
Reaksi Tanin Terhadap Besi :



Gambar 4 Struktur molekul Fe-Tannat

(Hermanta, 2021)

Selain tanin, ekstrak daun teh juga mengandung flavonoid yang termasuk dalam golongan senyawa polifenol. Senyawa flavonoid memiliki gugus hidroksil (-OH) dan atom oksigen yang dapat berinteraksi dengan permukaan logam melalui proses adsorpsi. Interaksi ini turut membantu pembentukan lapisan pelindung pada permukaan besi sehingga dapat memperlambat reaksi oksidasi yang menyebabkan korosi.



Gambar 5 Kerangka C6 - C3 - C6 Flavonoid

(Gloriana, 2021)



Apa itu green chemistry ?!



Green chemistry atau kimia hijau adalah suatu prinsip atau cara yang mendukung pembuatan produk atau proses yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan dan produksi bahan-bahan berbahaya (Mitarlis et al., 2016). Aspek-aspek kimia hijau mencakup berbagai upaya untuk mengurangi pemakaian bahan berbahaya,

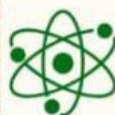
Penggunaan katalis dalam reaksi dan proses kimia, pemilihan reagen yang tidak beracun, pemanfaatan sumber daya yang dapat diperbaharui, peningkatan efisiensi atom, serta penggunaan pelarut yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang. (Prabawati & Wijayanto, 2015).

Berikut merupakan 12 prinsip *green chemistry*:



1. Mencegah limbah berbahaya (*Waste Prevention*): Proses kimia harus dirancang untuk mencegah terbentuknya limbah sejak awal, bukan mengolah limbah diakhir.

Contoh: Menggunakan bahan praktikum secukupnya agar tidak banyak sisa bahan kimia



2. Efisiensi atom (*Atom Economy*): Reaksi kimia sebaiknya memaksimalkan atom pereaksi menjadi produk utama.

Contoh: Reaksi pembentukan garam tanpa menghasilkan produk samping.



3. Sintesis yang lebih aman (*Less Hazardous Chemical Syntheses*):

Proses kimia dirancang agar menggunakan dan menghasilkan zat yang tidak berbahaya.

Contoh: Menggunakan bahan alami sebagai pengganti bahan kimia beracun.



4. Mendesain bahan kimia yang aman (*Designing Safer Chemicals*):

Bahan kimia dibuat efektif tetapi tetap aman bagi manusia dan lingkungan.

Contoh: Menggunakan biopeptisida yang hanya menargetkan hama tertentu dan tidak membahayakan organisme lain.



5. Pelarut dan zat tambahan yang lebih aman (*Safer Solvents and Auxiliaries*):

Menggunakan pelarut dan zat tambahan harus dikurangi atau diganti dengan yang tidak berbahaya.

Contoh: Menggunakan pelarut air atau etanol sebagai pengganti pelarut organik berbahaya.



6. Efisiensi Energi (*Design for Energy Efficiency*): Menggunakan energi secukupnya dan efisien

Contoh: Praktikum dilakukan tanpa pemanasan berlebih



7. Penggunaan bahan baku terbarukan (*Use of Renewable Feedstocks*):

Bahan baku kimia berasal dari sumber yang dapat diperbaharui atau tidak akan habis.

Contoh: Pembuatan bioetanol dari tebu atau singkong sebagai bahan bakar alternatif



8. Mengurangi tahapan reaksi (*Reduce Derivatives*): Proses kimia sebaiknya dibuat sesederhana mungkin dengan menghindari langkah tambahan yang tidak diperlukan karena dapat menambah limbah.

Contoh: Melakukan reaksi secara langsung tanpa proses tambahan seperti pemurnian berulang.



9. Menggunakan katalis (*Catalysis*): Katalis adalah zat yang dapat mempercepat reaksi kimia tanpa ikut bereaksi, sehingga lebih efisien dibandingkan penggunaan pereaksi berlebih.

Contoh: Menggunakan enzim sebagai katalis dalam reaksi kimia..



10. Perancangan mudah terurai (*Design for Degradation*): Produk kimia harus dapat terurai menjadi zat yang tidak berbahaya setelah digunakan

Contog: Menggunakan plastik biodegradable atau plastik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganismenya



11. Penggunaan metode analisis langsung untuk mengurangi polusi (*Real-time Analysis for Pollution Prevention*): Proses reaksi harus dipantau selama berlangsung agar pembentukan zat berbahaya dapat dicegah.

Contoh: Penggunaan sensor gas untuk mendeteksi gas berbahaya yang mungkin terbentuk selama proses kimia.



12. Kimia yang lebih aman untuk pencegahan kecelakaan (*Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention*): Zat dan proses kimia harus dipilih untuk meminimalkan risiko kebakaran, ledakan dan paparan berbahaya.

Contoh: Menghindari bahan mudah meledak di laboratorium sekolah

Dengan prinsip ini, diharapkan dapat menangani masalah lingkungan seperti polusi dan pengelolaan limbah (Inayah *et al.*, 2022; Azzajjad *et al.*, 2024). Diantara 12 prinsip yang dapat diterapkan dalam pembelajaran yakni mencegah pemborosan, efisiensi energi, dan meminimalkan potensi bahaya (Mitarlis *et al.*, 2023).

Penerapan *green chemistry* telah berkembang di sekolah menengah. *Green chemistry* akan mengarah pada lebih sedikitnya penggunaan bahan dan proses yang berbahaya untuk mencapai masyarakat yang sehat dan berkelanjutan. Pemberian konsep ini sedini mungkin, sangat penting untuk membawa perubahan jangka panjang dalam pembelajaran kimia (Cannon *et al.*, 2023).

Penerapan *green chemistry* dalam pembelajaran kimia di sekolah menengah contohnya pada materi reaksi reduksi-oksidasi yaitu prinsip mencegah timbulnya limbah, desain bahan kimia yang lebih aman, pelarut dan faktor pembantu yang lebih aman, pemanfaatan sumber daya terbarukan, meminimalisasi potensi kecelakaan. Sedangkan pada materi elektrokimia prinsip *green chemistry* yang dapat diterapkan mencegah timbulnya limbah, dan desain efisiensi energi (Anggraeni, *et al.*, 2024).