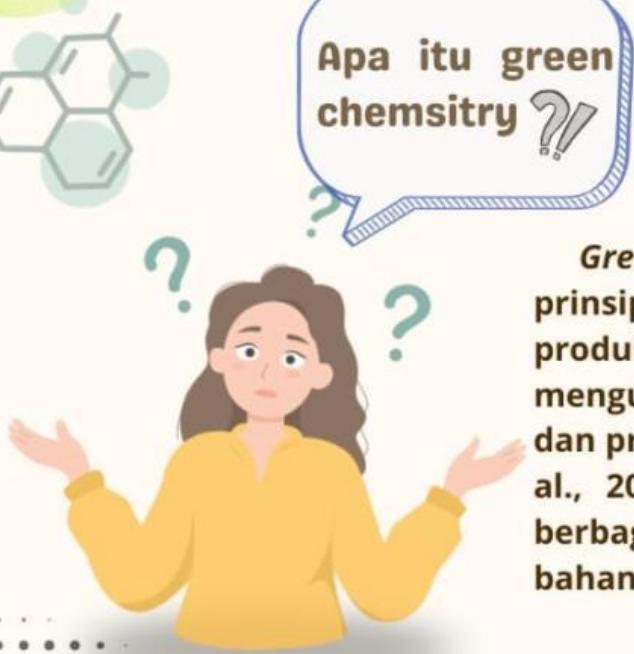


PENDAHULUAN



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 diperbarui, 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

Contoh: Menggunakan plastik biodegradable atau plastik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme



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 kesalahan. Sedangkan pada materi elektrokimia prinsip *green chemistry* yang dapat diterapkan mencegah timbulnya limbah, dan desain efisiensi energi (Anggraeni, *et al.*, 2024).



PENDAHULUAN

Korosi atau perkaratan adalah proses degradasi yang terjadi pada bahan logam, dimana logam mengalami reaksi dan berubah menjadi ion pada permukaan yang bersentuhan dengan lingkungan yang mengandung oksigen dan air. Kerusakan yang disebabkan oleh korosi pada benda-benda logam dapat mengakibatkan kerusakan pada infrastruktur dan barang-barang tersebut.



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

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



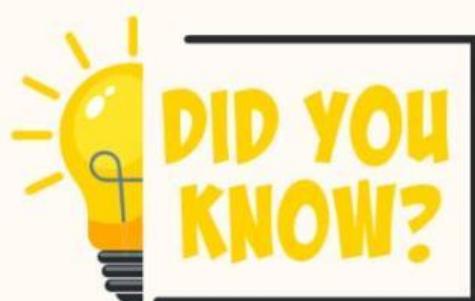
Mudah didapatkan



Biaya murah



Dapat diperbaharui



Sebelum inhibitor sintetis ditemukan, para pelaut menggunakan minyak tumbuhan dan ramuan herbal untuk melapisi logam agar tidak cepat berkarat.



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.



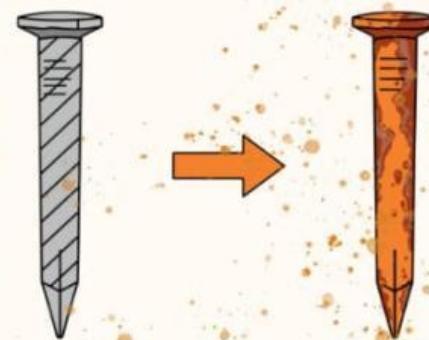


Gambar 3. Tanaman teh
(Sumber: Pixabay.com)

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 Fe(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.



REAKSI REDOKS & ELEKTROKIMIA

A REAKSI REDUKSI-OKSIDASI



Persamaan reaksi redoks dikatakan setara jika jumlah atom dan jumlah muatan di ruas kiri sama dengan jumlah atom dan jumlah muatan di ruas kanan. Pada dasarnya reaksi redoks berlangsung di dalam pelarut air sehingga penyetaraan persamaan reaksi redoks selalu melibatkan ion H⁺ dan OH⁻. Terdapat dua metode untuk menyetaraan reaksi redoks, yaitu dengan cara setengah reaksi dan cara bilangan oksidasi.

Persamaan reaksi redoks dikatakan setara jika jumlah atom dan jumlah muatan di ruas kiri sama dengan jumlah atom dan jumlah muatan di ruas kanan. Pada dasarnya reaksi redoks berlangsung di dalam pelarut air sehingga penyetaraan persamaan reaksi redoks selalu melibatkan ion H⁺ dan OH⁻. Terdapat dua metode untuk menyetaraan reaksi redoks.



Apa saja metode yang digunakan untuk menyetaraan reaksi redoks?



1

Penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi

Metode untuk menyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi lebih praktis dibanding cara bilangan oksidasi.

Metode untuk menyetarakan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi lebih praktis dibanding cara bilangan oksidasi. Cara ini dapat berlangsung dalam suasana asam maupun basa.

- Penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana asam

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk menyetarakan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana asam adalah sebagai berikut.

1. Ditulis perubahan ion yang terjadi.
2. Bagian yang kekurangan oksigen ditambahkan H_2O
3. Bagian yang kekurangan hidrogen ditambahkan H^+ .
4. Menyamakan muatan ruas kiri dan ruas kanan dengan menambahkan elektron.
5. Menjumlahkan setengah reaksi oksidasi dengan setengah reaksi reduksi dan pada akhir reaksi jumlah elektron dihilangkan.

- Penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana basa

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk menyetarakan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi dalam suasana basa adalah sebagai berikut.

1. Ditulis perubahan ion yang terjadi.
2. Bagian yang kekurangan oksigen ditambahkan OH^- .
3. Bagian yang kekurangan hidrogen ditambahkan H_2O .
4. Menyamakan muatan ruas kiri dan ruas kanan dengan menambahkan elektron.
5. Menjumlahkan setengah reaksi oksidasi dengan se tengah reaksi reduksi dan pada akhir reaksi jumlah elektron dihilangkan.



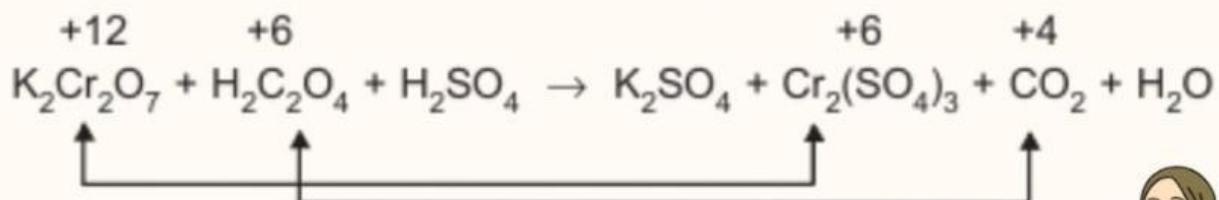
Penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi

Bagaimana cara menyetarakan persamaan reaksi redoks dengan cara bilangan oksidasi??

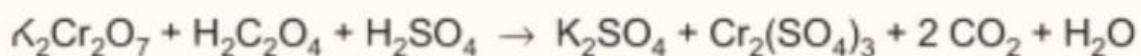


Langkah-langkah menyetarakan persamaan reaksi redoks dengan cara bilangan oksidasi sebagai berikut.

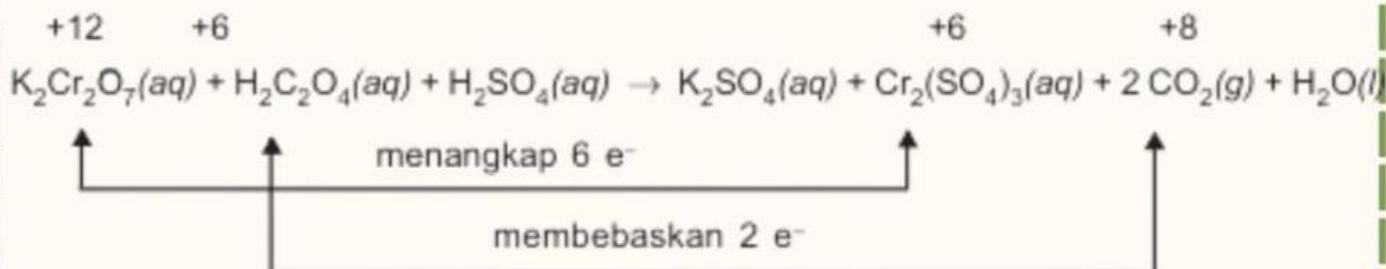
- Menentukan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dan menuliskan di atas lambang atomnya.



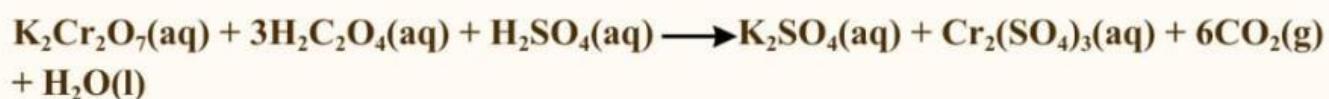
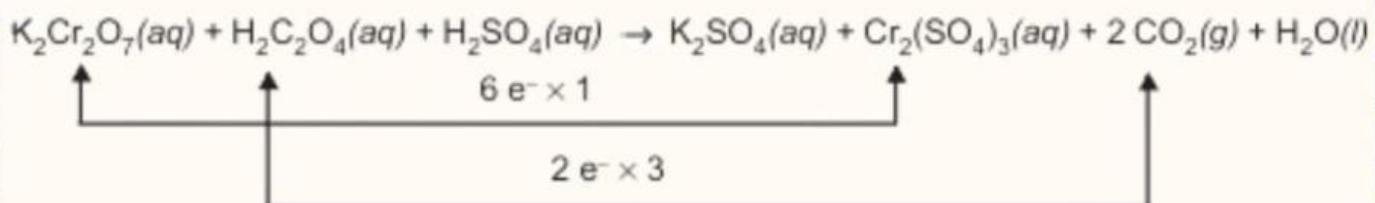
- Menyamakan unsur-unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



Menentukan jumlah elektron yang dibebaskan dan jumlah elektron yang ditangkap berdasarkan perubahan bilangan oksidasi dan jumlah atom yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



- Menyamakan jumlah elektron yang diterima dan jumlah elektron yang dilepaskan dengan mengalikannya.



- Tentukan koefisien reaksi zat-zat lain. Reaksi di atas yang belum berisi koefisiennya adalah H_2SO_4 , K_2SO_4 , dan H_2O .

Jumlah atom S di sebelah kiri = 1

Jumlah atom S di sebelah kanan = 4

Sehingga koefisien H_2SO_4 = 4

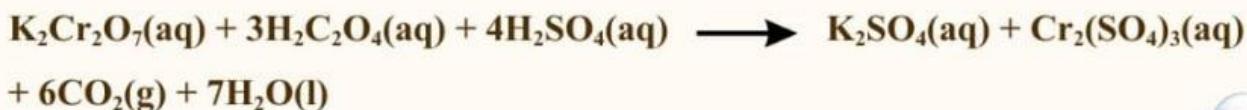
Koefisien K_2SO_4 = 1.

Jumlah atom H di ruas kiri = 14

Jumlah atom H di ruas kanan = 2

sehingga koefisien H_2O = 7.

Jadi, persamaan reaksinya:



B SEL ELEKTROKIMIA



Sel elektrokimia merupakan suatu sistem yang terdiri atas dua elektrode, yaitu katode dan anode, serta larutan elektrolit sebagai penghantar elektron. Pada katode terjadi reaksi reduksi dan pada anode terjadi reaksi oksidasi. Ada dua macam sel elektrokimia, yaitu sebagai berikut

1 Sel Volta (Sel Galvani)



Dalam sel ini energi kimia diubah menjadi energi listrik atau reaksi redoks menghasilkan arus listrik.

Sel volta atau sel galvani dapat menghasilkan arus listrik dan berlangsung secara spontan. Sel volta adalah sel elektrokimia yang menghasilkan arus listrik.

Potensial elektrode standar (E_\circ), merupakan potensial elektrode (potensial reduksi) yang diukur pada suhu 25°C, dan tekanan parsial 1 atm, dimana konsentrasi ion-ion yang terlibat dalam reaksi tersebut adalah 1 M.

Potensial elektrode standar dapat dipakai untuk memperkirakan apakah suatu reaksi redoks berlangsung secara spontan atau sebaliknya.

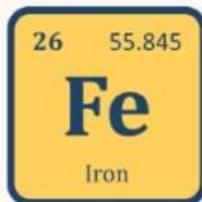
Potensial sel merupakan suatu kemampuan maksimum sel untuk mendorong elektron mengalir melalui rangkaian luar. Sel volta termasuk sel primer, sel sekunder dan bahan bakar.

Korosi bisa dianggap sebagai contoh sel volta karena melibatkan reaksi redoks (oksidasi dan reduksi) yang menghasilkan arus listrik.



EXAMPLE

korosi pada besi dalam lingkungan yang lembab membentuk sel volta sederhana, di mana besi (Fe) menjadi anoda (oksidasi) dan oksigen (O_2) menjadi katoda (reduksi).



Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis adalah sebuah sel elektrokimia di mana energi listrik digunakan untuk menjalankan reaksi redoks itu tidaklah spontan. Elektrolisis dapat didefinisikan sebagai reaksi peruraian zat menggunakan arus listrik.

Prinsip kerja dari sel elektrolisis yakni dengan menghubungkan kutub negatif dari sumber arus searah dengan katoda dan kutub positif ke anoda.

Sehingga kemudian akan terjadi overpotential yang menyebabkan suatu reaksi reduksi serta oksidasi yang tidak spontan bisa berlangsung.

Susunan Sel Elektrolisis

Secara umum, sel elektrolisis tersusun dari:

- Sumber listrik yang menyuplai arus searah (dc), misalnya baterai.
- Anode, yaitu elektrode tempat terjadinya reaksi oksidasi.
- Katode, yaitu elektrode tempat terjadinya reaksi reduksi.
- Elektrolit, yaitu zat yang dapat mengantarkan listrik.

Reaksi kimia yang memerlukan energi listrik:

Katode : kutub (-)

Anode : kutub (+)

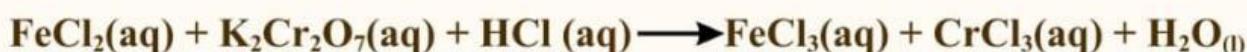


- Elektrolisis leburan/lelehan/cairan: unsur-unsur yang terlibat dalam reaksi adalah kation, anion dan elektrodenya.
- Elektrolisis larutan: unsur-unsur yang terlibat dalam reaksi adalah kation, anion, pelarut (air), dan elektrodenya.

AYO BERLATIH

Untuk melatih pemahamanmu, isilah soal dibawah ini dengan baik!

1. Perhatikan persamaan reaksi kimia berikut!



a. Tentukan bilangan oksidasi unsur-unsur yang ada dibagian reaktan.

b. Tentukan bilangan oksidasi unsur-unsur yang ada dibagian produk.

2. Korosi besi di lingkungan lembab dapat dianggap sebagai contoh sel volta sederhana. Jelaskan:

- Zat yang berperan sebagai anoda
- Zat yang berperan sebagai katoda
- jenis reaksi (oksidasi atau reduksi) yang terjadi pada masing-masing elektroda.