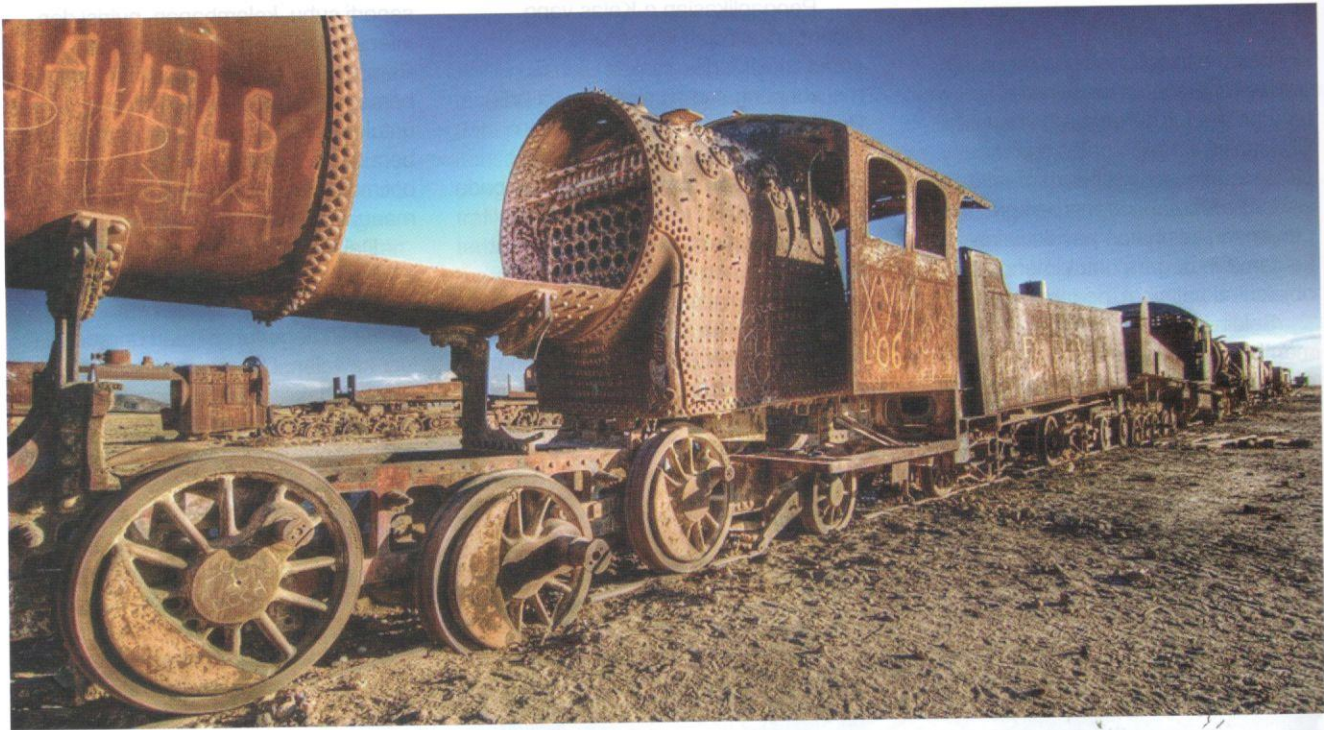


# Kakisan Besi Proses Semula Jadi



**K**akisan ialah fenomena tidak diingini yang melupuskan kilauan dan keindahan objek serta menyingkatkan jangka hayatnya. Kakisan logam memusnahkan logam dengan mengubahnya menjadi oksida atau produk kakisan yang lain. Kakisan secara umum boleh ditakrifkan sebagai tindak balas kimia atau elektrokimia antara bahan yang lazimnya melibatkan logam dengan persekitarannya sehingga

mengakibatkan kemerosotan pada bahan tersebut dan alam sekitar.

Proses kakisan secara semula jadi ini menukarkan logam asal kepada bentuk yang lebih stabil, seperti oksida, hidroksida, atau sulfida, yang membawa kepada kegagalan, kerosakan, kemerosotan atau degradasi terhadap bahan atau logam tersebut. Berdasarkan gambar yang ditunjukkan, beberapa contoh kerosakan yang berlaku pada

kenderaan yang disebabkan oleh kakisan.

Dari sudut sains, kakisan bermaksud kehilangan elektron daripada pengoksidaan atom logam tersebut hasil tindak balas redoks antara logam dengan persekitarannya, sama ada air, asid, alkali, garam, minyak, pengilat logam yang agresif dan bahan kimia yang lain. Kakisan yang paling utama merupakan kakisan besi keluli atau dikenali sebagai

pengaratan. Pengaratan merupakan satu proses pembentukan besi oksida dikenali sebagai karat hasil tindak balas besi bersama-sama air dan udara.

Besi yang digunakan secara meluas dalam pelbagai industri dikenali sebagai keluli. Proses pembentukan keluli bermula daripada proses penguraian bijih besi pada suhu 1500°C kepada bentuk logam besi. Logam besi tersebut kemudiannya digabungkan dengan karbon dan logam yang lain, seperti nikel, kromium, mangan, fosfor, silikon atau tungsten, untuk menghasilkan keluli.

Semua logam bersama-sama karbon akan berfungsi sebagai agen pengeras aloi keluli tersebut. Ejen pengerasan akan menghalang dislokasi daripada berlaku di dalam kristal besi dan menghalang lapisan kekisi daripada meluncur antara satu sama lain. Daya kemuluran, kekerasan dan kekuatan tegangan keluli bergantung pada jumlah karbon dan agen pengerasan lain yang terdapat dalam aloinya. Keluli dikelaskan kepada keluli karbon ringan, sederhana dan tinggi berdasarkan peratusan karbon dalam aloinya.

Keluli ringan merupakan keluli yang digunakan secara meluas sebagai bahan binaan dalam banyak industri seperti industri pembinaan, pembuatan, automotif dan petrokimia. Ada banyak produk industri yang dihasilkan daripada keluli ringan (rujuk gambar). Penggunaan keluli ringan yang meluas disebabkan oleh ciri fizikalnya yang sangat baik seperti ringan, mudah dibersihkan, mempunyai kekuatan, ketahanan, kemuluran dan rintangan kakisan yang tinggi.

Selain itu, keluli lembut merupakan keluli pilihan bagi pembinaan ekonomi kerana harganya yang lebih murah dan mempunyai keupayaan untuk dikitar semula dengan baik tanpa memusnahkan atau kehilangan mana-mana sifat fizikalnya semasa dikitar semula. Namun demikian, keluli lembut ialah aloi yang sangat reaktif dan mudah diubah menjadi besi oksida yang biasanya dikenali sebagai karat dengan kehadiran air, oksigen dan ion.

Pengaratan merupakan tindak balas elektrokimia yang berlaku pada permukaan besi. Proses ini berlaku pada dua kawasan yang dikenali sebagai terminal anod dan katod (rujuk rajah).

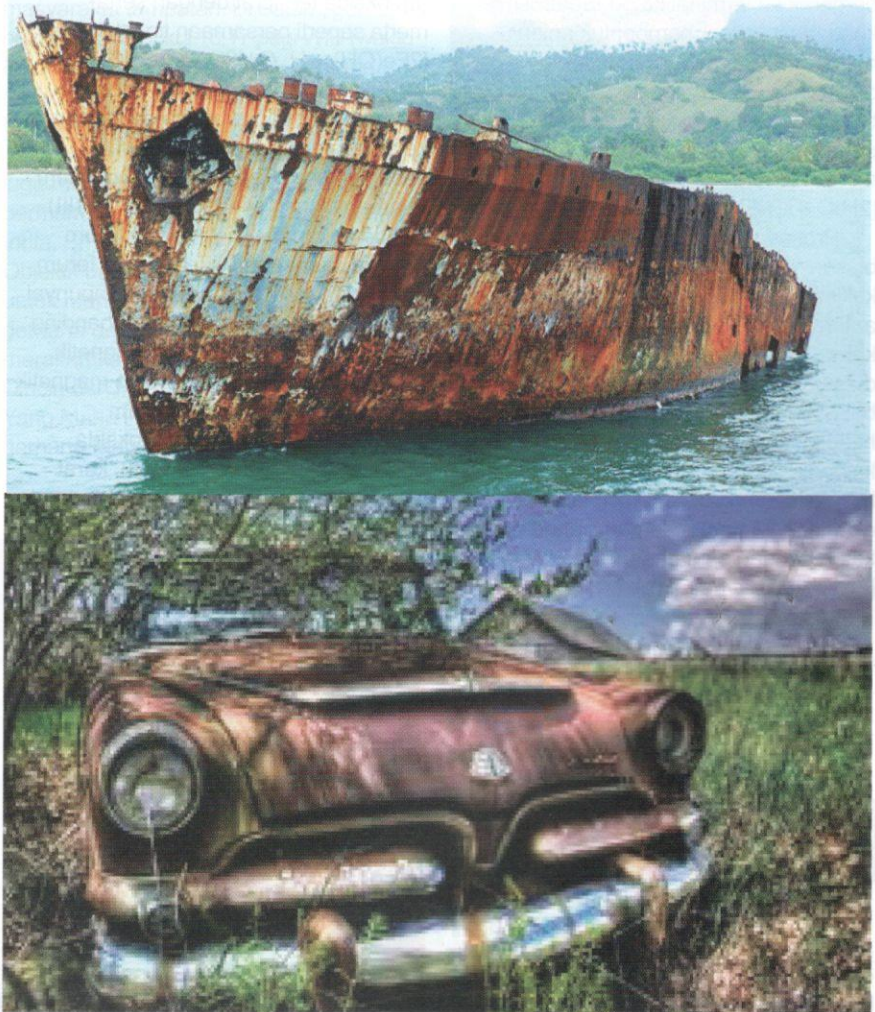
Tindak balas pertama berlaku di terminal anod apabila besi kehilangan elektron melalui tindak balas yang dikenali sebagai pengoksidaan seperti persamaan tindak balas  $[Fe \rightarrow Fe^{(2+)} + 2e]$ .

Apabila tindak balas pengoksidaan berlaku di terminal anod, kation ferum (II) hasil tindak balas tersebut akan melarut di dalam air dan besi mula terkakis. Proses ini merupakan tindak balas

yang sangat agresif dalam kebanyakan medium pengaratan.

Apabila proses pengaratan berlaku, kadar pengaratan biasanya dikawal oleh tindak balas di terminal katod yang pada umumnya adalah lebih perlahan daripada tindak balas di terminal anod. Proses ini boleh berlaku dalam dua keadaan, iaitu tanpa kehadiran oksigen atau dengan kehadiran oksigen. Tindak balas katod tanpa kehadiran oksigen adalah seperti persamaan  $[2H^+ + 2e \rightarrow H_2]$ .

Tindak balas katodik ini berlaku dengan lebih cepat dalam keadaan berasid. Hal ini dikatakan demikian kerana dalam persekitaran pH yang



Proses kakisan pada bahagian logam kenderaan.



Contoh produk yang diperbuat daripada keluli lembut.



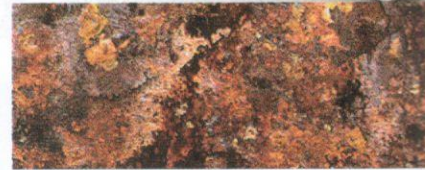
rendah, kadar keseimbangan elektrod hidrogen menjadi lebih dominan seterusnya meningkatkan kadar kakisan. Sebaliknya dalam medium larutan beralkali atau neutral, tindak balas kakisan akan berlaku dengan lebih perlahan.

Di dalam larutan beralkali atau neutral dengan kehadiran oksigen, molekul oksigen di dalam larutan akan bergerak ke terminal katod. Seterusnya keadaan ini akan membentuk anion hidroksida di terminal katod akan berlaku pada permukaan besi melalui tindak balas yang dikenali sebagai penurunan. Tindak balas penurunan tersebut adalah seperti persamaan  $[2H_2O + O_2 + 4e \rightarrow 4OH^-]$

Proses pengurangan besi yang berlaku biasanya akan membentuk pepejal kakisan hasil daripada tindak balas antara produk di terminal anod dengan katod. Kation ferum (II) yang terbentuk di terminal anod akan bertindak balas secara kimia dengan anion hidroksida yang terbentuk di terminal katod sehingga membentuk ferum (II) hidroksida. Tindak balas tersebut berlaku di antara sempadan terminal anod dan katod dengan persamaan tindak balas  $[Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2]$ .

Secara umumnya, ferum (II) hidroksida tulen adalah berwarna putih, namun ferum (II) hidroksida yang terhasil semasa proses pengurangan adalah berwarna biru kehijauan. Pembentukan ferum (II) hidroksida berwarna biru kehijauan hanya akan berlaku tanpa kehadiran oksigen. Dengan kehadiran oksigen terlarut, ferum (II) hidroksida akan dioksidakan kepada ferum (III) oksida terhidrat dengan serta-merta seperti persamaan tindak balas  $[2Fe(OH)_2 + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3]$ .

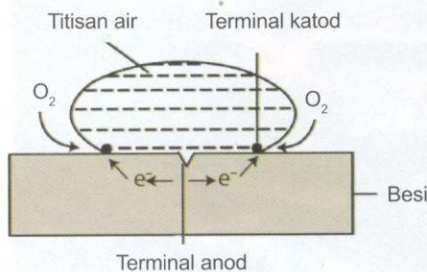
Ferum (III) oksida yang terbentuk merupakan pepejal berwarna perang kemerah-merahan yang dikenali sebagai karat. Pepejal ini wujud dalam dua bentuk, iaitu sebagai  $\alpha$  ferum (III) oksida bukan magnetik dan  $\gamma$  ferum (III) oksida magnetik. Ternyata  $\alpha$  ferum (III) oksida bukan magnetik mempunyai kestabilan yang lebih tinggi berbanding dengan  $\gamma$  ferum (III) oksida magnetik. Seterusnya  $\gamma$  ferum (III) oksida magnetik akan membentuk lapisan hitam sementara antara ferum (II) oksida dengan ferum oksida. Oleh itu, karat yang terbentuk biasanya terdiri daripada tiga lapisan oksida besi mengikut kawasan pengoksidaan yang berbeza-beza.



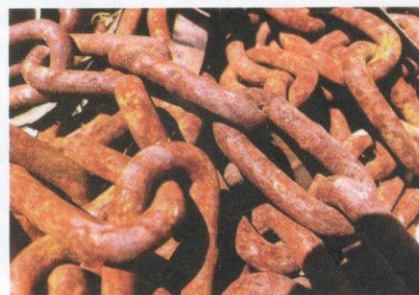
Pembentukan elemen karat baharu yang kompleks.

Tindak balas penghidratan dan pengoksidaan seterusnya akan terus berlaku dan karat akhirnya akan bertindak balas dengan elemen lain dalam persekitaran tersebut yang membentuk satu elemen kompleks yang baharu. Bagi logam dan persekitaran yang berlainan, pelbagai jenis tindak balas anodik dan katodik boleh berlaku dalam proses kakisan logam tersebut.

Kakisan besi merupakan suatu proses semula jadi yang bukan sahaja mengakibatkan kerosakan pada logam tersebut, malah mendatangkan pelbagai kemudahan kepada manusia dan alam sekitar. Namun demikian, proses semula jadi ini dapat dicegah atau dikurangkan dengan pelbagai teknik. Antara teknik yang digunakan oleh industri untuk memelihara produk besi daripada berkarat termasuklah dengan menggunakan saduran logam, salutan bahan kimia organik, seperti cat dan perencat kakisan, mengikut kesesuaian produk tersebut. Di samping mencegah pengurangan, teknik-teknik tersebut dapat menjadikan produk kelihatan lebih cantik, berkilat dan menarik. Kaedah ini juga dapat meningkatkan ketahanan produk, menjamin keselamatan pengguna, serta menjimatkan kos.



Rajah Tindak balas pengurangan yang berlaku di terminal anod dan katod.



Karat pada permukaan besi.

Wan Elyn Amira Wan Adnan, Pegawai Penyelidik di STRIDE, Kementerian Pertahanan Malaysia.