

# ANALISA KOROSI PADA JERUJI SEPEDA MOTOR SECARA VISUAL

Samsudi Raharjo, Rubiyanto, JP  
Staf Pengajar FT. Universitas Muhammadiyah Semarang

## ABSTRAK

Salah satu komponen terpenting dari sebuah kendaraan bermotor roda dua yaitu jeruji (spoke). Jeruji berfungsi sebagai penghubung antara komponen *velg* dan *brake drum*. Komponen jeruji dibuat melalui proses manufaktur rod. Logam dasarnya berupa baja karbon rendah. Logam tersebut dilapisi oleh logam seng. Dalam penggunaan kendaraan otomotif tidak luput dari pengaruh lingkungan sekitar. Lapisan *coating* di permukaan logam bertujuan untuk memisahkan lingkungan sekitar dari logam, maupun untuk mengendalikan lingkungan mikro pada permukaan logam [2]. Semua proses dalam alur produksi komponen kendaraan bermotor seperti proses pemilihan bahan baku, manufaktur, *finishing*, *packaging* dan *shipping* berpotensi untuk menghasilkan terjadinya suatu kegagalan akibat korosi. Ketahanan material terhadap korosi tergantung dari berbagai faktor antara lain elektrokimia, metalurgi, sifat kimia fisika dan termodinamika [1].

Kata-kata kunci: jeruji, korosi, coating

### 1. Pendahuluan

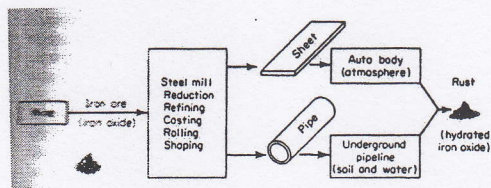
Dalam setiap kasus, korosi berdampak pada kerugian ekonomis yang cukup besar, sementara dilain pihak, banyak yang dapat dilakukan untuk mengatasinya. Salah satu contoh dari kerugian ini diantaranya adalah korosi yang terjadi pada suatu jembatan, yang menghabiskan biaya milyaran rupiah untuk mengatasinya. Contoh lainnya adalah jika sebuah pabrik kimia menghabiskan USD 400,000 pertahun untuk biaya perawatan korosi pada divisi asam sulfat, walaupun kondisi karat yang terjadi tidak begitu parah [1]. Sedangkan biaya akibat korosi pada produk otomotif juga secara personal membutuhkan biaya yang cukup tinggi. Sebagai contoh adalah korosi yang terjadi pada sistem bahan bakar, radiator,

sistem pembuangan dan body mobil itu sendiri. Korosi merambah semua bagian dan tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia: di dalam dan diluar rumah, di jalan, dilaut, pabrik, dan bahkan pesawat ruang angkasa sekalipun tidak luput dari korosi. Pada kenyataannya dari sisi ekonomi kehidupan manusia akan berubah drastis jika tidak ada korosi. Industri stainless steel tidak akan pernah ada, dan tembaga hanya akan dimanfaatkan untuk kebutuhan elektronik. Walaupun korosi tidak dapat dihindari, kerugian yang diakibatkannya dapat dikurangi.

### 2. Definisi Korosi

Korosi didefinisikan sebagai kerusakan atau berkurangnya material atau bahan karena reaksi material atau bahan

tersebut dengan lingkungannya. Terkadang definisi korosi ini hanya dibatasi pada material logam. Namun bahan non logampun sesungguhnya tidak luput dari pengaruh korosi dan memerlukan penanganan. Contoh korosi pada bahan non logam adalah adanya kerusakan cat dan karet akibat sinar matahari atau substansi kimia. Proses terjadinya korosi dapat lambat atau cepat. Korosi pada logam dapat didefinisikan juga sebagai proses kebalikan ekstraksi logam seperti ditunjukkan pada gambar 1. dibawah ini [1]:



Gambar 1. Proses kebalikan metalurgi

### 3. Klasifikasi korosi

Korosi diklasifikasikan dengan banyak cara yang berbeda. Salah satunya adalah membagi korosi dalam suhu tinggi dan suhu rendah. Lainnya membagi korosi dalam klasifikasi kombinasi langsung (oksidasi) dan korosi elektrokimia. Dalam analisis ini yang digunakan adalah (1) korosi basah dan (2) korosi kering.

Korosi basah terjadi jika terdapat cairan, yang biasanya berupa solusi elektrolit cair dan berkontribusi paling besar dalam terjadinya korosi. Sedangkan korosi kering terjadi tanpa adanya cairan atau solusi cairan dalam prosesnya. Korosi kering sering diasosiasikan dengan temperatur tinggi.

Sebenarnya akan lebih mudah diterima jika korosi diklasifikasikan dari bentuk manifestasinya. Dasar dari klasifikasi ini adalah tampilan dari logam yang

terkorosi. Tiap tampilan dapat diklasifikasikan hanya secara visual saja, walaupun terkadang pembesaran atau bantuan alat visual akan sangat membantu atau memang diperlukan. Berdasarkan ini, klasifikasi korosi dibagi menjadi delapan yang masing-masing adalah unik dan saling berkaitan. Kedelapan jenis korosi tersebut adalah: (1) seragam; (2) korosi galvanik; (3) korosi celah (*crevice corrosion*); (4) pembentukan lobang (*pitting*); (5) korosi intergranular (*butiran*); (6) pelepasan selektif (*selective leaching*); (7) korosi erosi; (8) korosi tegangan (*stress corrosion*).

#### 1. Seragam (*uniform attack*)

Korosi seragam adalah jenis korosi yang paling sering terjadi. Biasanya diakibatkan oleh reaksi kimia atau elektrokimia. Korosi jenis ini terbentuk pada permukaan yang terbuka pada cakupan yang cukup luas. Logam yang terkena korosi akan menipis dan kemudian mengalami kegagalan. Biasanya terjadi pada logam yang terendam dalam suatu cairan pada jangka waktu yang cukup lama. Korosi jenis ini kurang diperhitungkan secara teknis karena umur suatu peralatan dapat diperkirakan dan prosesnya mudah diprediksikan, tidak seperti jenis korosi lainnya yang lebih sulit diprediksikan. Selain itu korosi jenis ini dapat mudah ditangani dengan metode penanganan korosi yang baku dan umum.

#### 2. Korosi Galvanik

Karat galvanis dihasilkan akibat adanya kontak dua jenis material berbeda yang berhubungan dalam suatu lingkungan [3]. Prinsip terjadinya karat galvanis adalah reaksi sebagaimana sel galvanis,

yang merupakan pengkaratan elektro kimiawi apabila dua macam metal yang berbeda potensial dihubungkan langsung didalam elektrolit yang sama. Elektron mengalir dari metal yang kurang mulia (anodik) menuju ke metal yang lebih mulia (katodik). Akibatnya metal yang kurang mulia berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif metal bereaksi dengan ion negatif yang berada dalam elektrolit menjadi garam metal. Karena peristiwa tersebut, permukaan anode kehilangan metal sehingga terbentuklah sumur-sumur karat atau jika merata disebut dengan surface attack atau serangan karat permukaan.[4]. Tabel dibawah ini menunjukkan standar emf dari beberapa logam:

**Tabel 1.** Standar emf dari beberapa logam

	Metal-metal ion equilibrium (unit activity)	Electrode potential vs. normal hydrogen electrode at 25°C, volts
↑ Noble or cathodic	Au-Au <sup>3+</sup>	+1.498
	Pt-Pt <sup>2+</sup>	+1.2
	Pd-Pd <sup>2+</sup>	+0.987
	Ag-Ag <sup>+</sup>	+0.799
	Hg-Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	+0.788
	Cu-Cu <sup>2+</sup>	+0.337
	H <sub>2</sub> -H <sup>+</sup>	0.000
↓ Active or anodic	Pb-Pb <sup>2+</sup>	-0.126
	Sn-Sn <sup>2+</sup>	-0.136
	Ni-Ni <sup>2+</sup>	-0.250
	Co-Co <sup>2+</sup>	-0.277
	Cd-Cd <sup>2+</sup>	-0.403
	Fe-Fe <sup>2+</sup>	-0.440
	Cr-Cr <sup>3+</sup>	-0.744
	Zn-Zn <sup>2+</sup>	-0.763
	Al-Al <sup>3+</sup>	-1.662
	Mg-Mg <sup>2+</sup>	-2.363
	Na-Na <sup>+</sup>	-2.714
	K-K <sup>+</sup>	-2.925

Source: A. J. de Bethune and N. A. S. Loud, "Standard Aqueous Electrode Potentials and Temperature Coefficients at 25°C," Clifford A. Hampel, Skokie, Ill., 1964. See also Table 9-1. These potentials are listed in accordance with the Stockholm Convention. See J. O'M. Bockris and A. K. N. Reddy, *Modern Electrochemistry*, Plenum Press, New York, 1970.

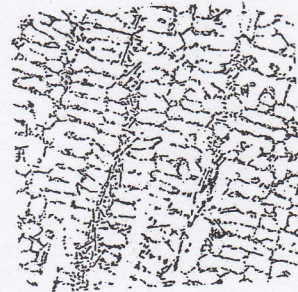
Adapun secara visual dapat

ditentukan karena sifatnya yang spesifik, yaitu perbedaan jenis logam. Contoh dari karat galvanis adalah sebagai berikut:



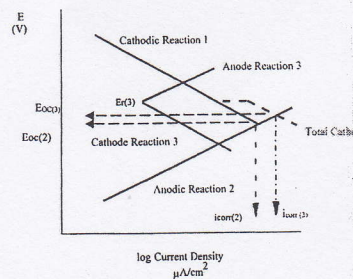
**Gambar 2.** korosi galvanis pada timah dan baja dilapis seng. Panah menunjukkan daerah korosif.

Sedangkan secara mikro korosi galvanik dapat dilihat sebagai berikut:



**Gambar 3.** Korosi sel galvanik mikro paduan Al-Si yang mudah terkorosi

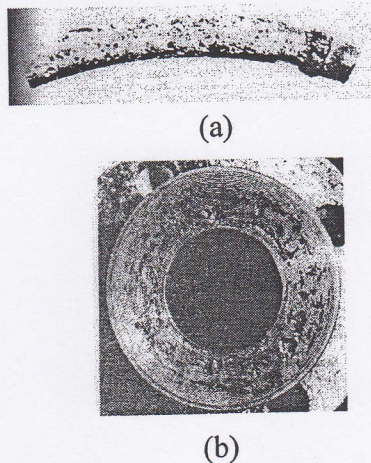
Potensi terjadinya korosi galvanis akan meningkat jika jumlah paduan ditambah, seperti ditunjukkan pada gambar4. berikut ini [3]:



**Gambar 4.** Potensi terjadinya korosi galvanis jika jumlah paduan ditambah

### 3. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Sering juga disebut dengan korosi lokal, yang biasa terjadi pada celah dan daerah lain pada logam yang terekspose pada daerah korosif. Secara visual korosi celah (*crevice corrosion*) dapat dengan mudah dikenali. Korosi jenis ini diakibatkan adanya kontak antara logam dengan permukaan bukan logam. Selain itu dapat juga diakibatkan oleh adanya solusi cairan atau suspensi yang mengendap pada permukaan logam panas. Korosi celah (*crevice corrosion*) dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 5.** Korosi celah (*crevice corrosion*)

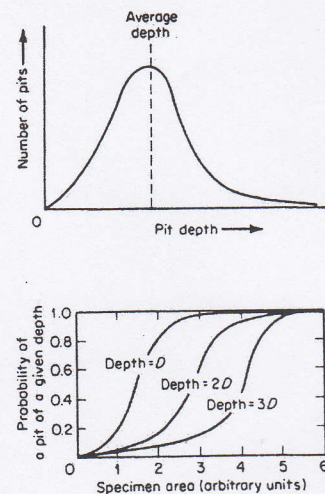
### 4. Pembentukan lobang (*pitting*)

Pitting adalah bentuk serangan korosi pada suatu lokal yang berakibat pada terbentuknya lobang pada logam. Lobang yang terbentuk biasanya berdiameter kecil, dapat terisolir atau saling berdekatan sehingga membentuk permukaan yang kasar. Pitting ini biasa disebut dengan kavitasi. Gambar 6 dibawah ini menunjukkan pitting secara visual:



**Gambar 6.** Pitting pada 18-8 stainless steel akibat asam klorida.

Sedangkan hubungan antara kedalaman lobang (*pitting*) dengan jumlah lobang yang terjadi serta kedalaman lobang sebagai fungsi dari area yang terekspose ditunjukkan pada gambar 7 dibawah ini:

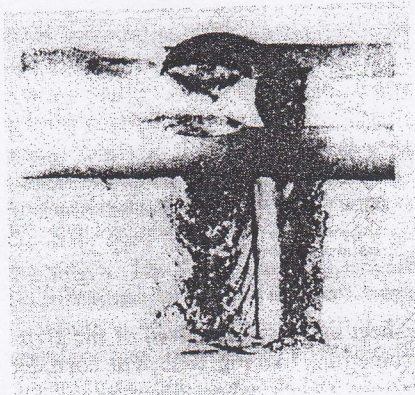


**Gambar 7.** Hubungan antara kedalaman lobang (*pitting*) dengan jumlah lobang yang terjadi serta kedalaman lobang sebagai fungsi dari area yang terekspose

### 5. Korosi intergranular (*butiran*)

Korosi jenis ini adalah korosi spesifik yang terjadi hanya pada lokasi yang berdekatan dengan batas dimana butiran-butiran terbentuk. Contoh yang paling umum adalah kerusakan akibat pengelasan (*weld decay*). Secara visual, korosi jenis ini

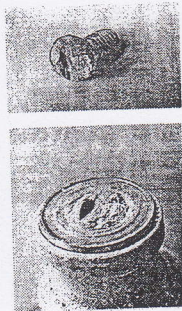
dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 10.** Korosi intergranular pada zona weld decay

6. *Pelepasan selektif (selective leaching)*

Adalah proses terlepasnya suatu bagian dari logam padat akibat adanya proses korosi. Biasanya terjadi pada logam paduan yang terpisah dari paduannya, seperti terlepasnya seng dari campuran tembaga, dan sebagainya.

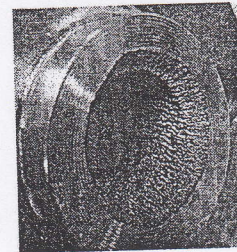


**Gambar 11.** Selective leaching secara visual.

7. *Korosi erosi*

Korosi erosi adalah percepatan atau peningkatan rasio pelepasan logam karena pergerakan relatif antara fluida korosif dan permukaan logam. Korosi ini melibatkan keausan

mekanis atau abrasi. Secara visual korosi jenis ini ditunjukkan dengan adanya ketidak rataan, gelombang atau pola yang sejenis. Biasanya dengan adanya korosi erosi ini, umur suatu bahan tidak lama atau akan segera mengalami kegagalan. Visualisasi dari korosi erosi ini dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 12.** Korosi akibat erosi

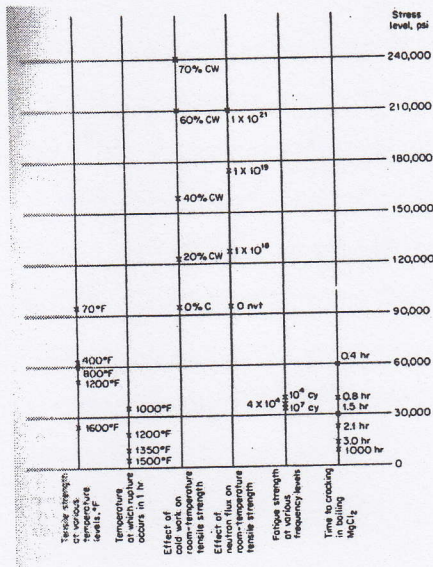
8. *Korosi tegangan (stress corrosion)*.

Stress corrosion cracking (SCC) adalah retakan yang diakibatkan adanya tensile stress yang simultan dan media korosi yang spesifik. Secara mikro, bentuk dari stress corrosion dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 13.** Potongan menyilang stress corrosion pada stainless steel (500x)

Sedangkan perbandingan tegangan patah dengan berbagai teknik dibandingkan dengan SCC dapat dilihat pada gambar 14. dibawah ini:

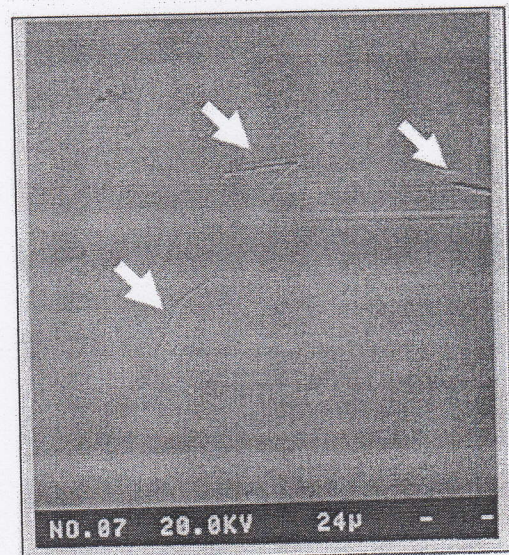
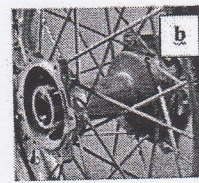
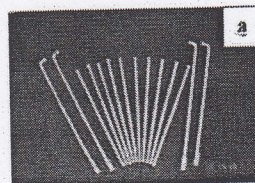


Gambar 14. Perbandingan tegangan patah dengan berbagai teknik dibandingkan dengan SCC

#### 4. Pencegahan dan penanganan

Fungsi lapis lindung logam adalah memberikan lapisan yang mengubah sifat dari logam tersebut. Salah satu sifat logam berupa sifat ketahanan korosi. Logam komersial yang banyak digunakan di industri, struktur atau alat-alat yang digunakan di luar ruangan umumnya baja lapis lindung seng (galvanized steel). Baja tersebut mempunyai sifat permesinan baik, sifat baik saat pembentukan dingin. Pembuatan lapisan seng menggunakan metode pencelupan panas (hot dipping). Proses tersebut dilakukan dengan mencelupkan benda yang akan dilindungi ke dalam cairan panas logam pelindung. Cara ini dinamakan galvanizing karena bahan pelindung

utama seng. Seng bersifat anodik ( $E^0 = +0,76V$  SHE) dibandingkan logam dasarnya besi ( $E^0 = +0,44 V$  SHE) sehingga lapisan seng tersebut sebagai pelindung logam dasar dari lingkungan korosif. Lapisan seng secara elektrokimia melindungi logam dasar baja. Saat seng dipasangkan ke logam dasar baja, baja akan terpolarisasi potensial sehingga menjadi sifat katodik sedangkan seng bersifat anodik. Proses tersebut terjadi saat kerusakan lapisan seng akibat proses mekanik, *handling* atau kimia.

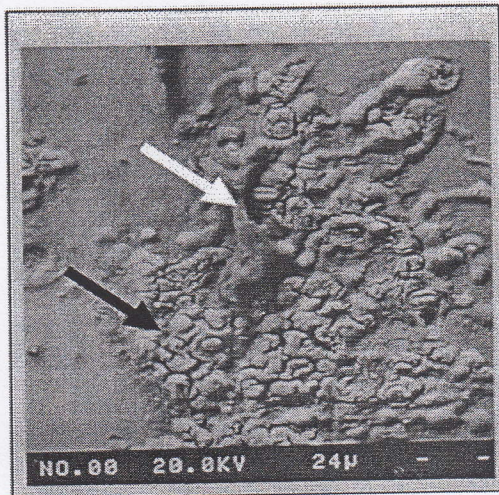
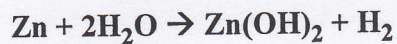


Gambar 16. Inisiasi korosi pada permukaan galvanis

Goresan-goresan yang ditunjukkan oleh anak panah putih seperti yang ditunjukkan pada gambar ini diprediksi sebagai inisiasi area yang akan membentuk sel korosi dengan komponen antara lain :

- Anoda (logam seng)
- Katoda (logam dasar baja)
- Elektrolit (udara/uap basah air laut)

Pada Gambar 2 terlihat produk karat hasil reaksi elektrokimia. Di bawah produk karat semua lapisan seng telah hilang dan hanya logam dasar Fe saja. Reaksi penipisan lapisan seng terjadi di dalam lingkungan elektrolit terlihat pada reaksi kimia di bawah ini



Gambar 2. Produk karat hasil reaksi elektrokimia

Pengujian EPMA (ElectroProbe Microanalyzer) pada Gambar 10 memperlihatkan mapping area adanya daerah mengandung klorida secara kualitatif. Indikasi ini bahwa ion klorida memberikan efek merusak terhadap lapisan seng jika lapisan tersebut tergores saat handling, pengerjaan atau shipping.

## 5. Analisis

Dari uraian korosi yang telah diuraikan diatas, secara visual dapat kita tentukan kemungkinan jenis-jenis korosi yang terjadi pada jeruji sepeda motor. Yang sering terjadi pada jeruji suatu motor berdasarkan ke-delapan jenis korosi diatas adalah korosi seragam yang merupakan bentuk korosi yang paling umum, korosi celah, yang mungkin terjadi akibat kesalahan produksi atau akibat pemakaian, pitting, selektif leaching dan korosi tegangan. Untuk korosi jenis lainnya dapat kita abaikan atau kita asumsikan tidak terjadi karena jeruji motor tidak dioperasikan dalam kondisi pengecualian jenis korosi yang telah dibahas.

### Literatur:

- [1] Mars G. Fontana, Corrosion Engineering, McGraw Hill Series In Materials Science And Engineering, 1986, p. 45-123
- [2] Richard Brown, An Introduction To Corrosion, Unknown Publishers, 2004
- [3] Sri Widharto, Karat Dan Pencegahannya, PT. Pradnya paramita, Indocor, 1999, p. 29-117