

KINETIKA KOROSI ATMOSFER PADA LOGAM BAJA LUNAK

Oleh :
Noegroho Hadi

INTISARI

Pengamatan sifat korosi atmosfer logam baja lunak (*mild steel*), dilakukan dengan menggantung coupon logam tersebut di atmosfer. Pengamatan dilakukan pada lingkungan udara industri dan pantai di daerah Cilacap. Kecepatan korosinya secara kinetik dapat diformulasikan sebagai :

$$Y = KX^N, \text{ di mana}$$

K dan N adalah nilai konstan empiris yang dapat dipakai untuk menentukan arah dan laju pengkaratan. Persamaan tersebut dapat juga dipakai untuk memperkirakan sifat-sifat korosi atmosfer untuk jangka panjang (± 10 tahun).

ABSTRACT

Atmospheric corrosion behavior was evaluated on sky-ward surfaces of mild steel coupons exposed in both industrial and marine environments.

The behavior in every case can be accurately described by the same general kinetic relationship $Y = KX^N$, where the empirically determined coefficients (K and N) can be used to separate the tendency for a corrosion product to form from the effect of that corrosion product on the subsequent reaction. This specific kinetic equation which apply in each case can be used to reliably predict long term atmospheric corrosion behavior (± 10 years).

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia masalah korosi perlu mendapatkan perhatian yang sungguh-sungguh, mengingat wilayahnya yang tropis, dengan curah hujan dan kandungan senyawa-senyawa pencemar dari lautan yang tinggi serta kelembaban berada di atas ambang kritis.

Di daerah industri, lingkungan atmosfer ini akan lebih korosif dengan adanya pengaruh dari senyawa NO_x , H_2S , SO_4 , Cl dan sebagainya.

Ditinjau dari mekanisme korosi atmosfer, sebagian besar proses korosi ini berlangsung menurut reaksi elektrokimia.

Bila dalam lingkungan elektrolit terdapat garam-garam terlarut, maka daya hantar lingkungan akan bertambah.

Korosi Lingkungan atmosfer dapat dibedakan sebagai berikut:

- korosi lingkungan atmosfer laut
- korosi lingkungan atmosfer industri
- korosi lingkungan atmosfer perkotaan

Tetapi pada prakteknya batas antara berbagai lingkungan atmosfer tersebut kadang-kadang tidak jelas.

Untuk sebuah kota yang padat penduduknya maupun daerah industri, yang kebetulan terletak di tepi pantai, ketiga jenis lingkungan atmosfer tersebut saling mempengaruhi.

Suhu udara akan sangat berpengaruh pada reaksi korosi. Menurut teori Arrhenius, kecepatan korosi baja di lingkungan atmosfer akan naik dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu sebesar 10°C .

Pengaruh kelembaban udara relatif sangat menentukan proses korosi atmosfer, terutama pada logam besi dan baja.

Untuk lingkungan atmosfer yang mengandung 0,01% SO₂, harga kelembaban kritis akan menjadi 60%.

Pada kelembaban kritis, molekul-molekul uap air yang sudah tercemar akan menempel di permukaan logam, membentuk lapisan dengan ketebalan antara 15 - 90 μ. Lapisan ini terbentuk dengan adanya ikatan Van der Waals. Semakin tebal lapisan ini, semakin cepat proses perusakan. Menurut Rosenfeld, *et. al.* kecepatan korosi mencapai maksimum pada tebal lapisan molekul air mencapai 150 μ.

Penyebab korosi tidak hanya oleh proses kimiawi atau elektrokimiawi saja tapi juga oleh adanya pengaruh kehidupan mikroba pada permukaan logam tersebut.

Untuk melihat laju korosi ataupun pengukuran berat akibat korosi, perlu dipelajari kinetika dari reaksi korosi.

II. REAKSI KINETIKA

Pengamatan cuaca lingkungan atmosfer pantai dan industri sangat perlu untuk mendukung studi kinetika korosi atmosfer.

Studi yang telah dilakukan di daerah Cilacap menunjukkan bahwa kelembaban nisbi (RH) besar, di atas titik kritis, berkisar 85% - 100% dan temperatur berkisar 25°C - 32°C.

Besarnya kelembaban nisbi akan berakibat bahwa senyawa pencemar yang ada di udara akan terserap oleh uap air dan menempel pada permukaan logam.

Sebagai contoh pada RH 90%, senyawa SO₂ yang ada di udara akan dapat terserap 100% oleh uap air yang ada.

Senyawa pencemar yang ada di lingkungan atmosfer daerah ini adalah belerang, chlorida, posphat, CO₂ amoniak, nitrat, dan lain-lain.

Senyawa pencemar tersebut selain berpengaruh langsung terhadap reaksi korosi, pada konsentrasi tertentu akan merupakan

nutrient yang baik bagi beberapa jenis mikroba.

Mikroba tertentu, baik bakteri maupun jamur, akan berpengaruh terhadap proses pengkaratan.

Hubungan antara penurunan berat logam karena korosi dan waktu, akan mengikuti hubungan kinetika sebagai berikut :

$$Y = KX^N, \text{ di mana}$$

$$Y = \text{penurunan berat dalam gr/m}^2$$

$$X = \text{waktu dalam tahun}$$

$$K, N = \text{bilangan konstante empiris}$$

Karakteristik dan sifat korosi akan ditentukan oleh kedua bilangan konstante empiris, K dan N. Dari persamaan ini kita akan dapat memperkirakan proses korosi untuk jangka panjang.

Nilai K merupakan kriteria dari proses korosi awal yang merupakan reaksi awal antara lingkungan dan permukaan logam.

Nilai N merupakan kriteria pengukuran untuk jangka panjang dan akan menentukan arah laju korosi.

III. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian proses korosi atmosfer yang dilakukan, terutama ditekankan pada aspek lingkungannya, di samping aspek mekanisme prosesnya. Kegiatan penelitian dilakukan sebagian besar di lapangan, daerah kilang minyak Cilacap dan pantai Nusakambangan, ditambah dengan pemeriksaan/analisa di laboratorium biokonversi PPPTMGB "LEMIGAS". Pengamatan ini sementara memakan waktu ± 2 tahun.

Penelitian yang dilakukan meliputi :

1. Pengamatan dan pengumpulan data meteorologi daerah Cilacap, antara lain curah hujan, kelembaban nisbi, pancaran sinar matahari, suhu udara, arah dan kecepatan angin.
2. Pengujian di lapangan, yaitu mengamati dan menimbang penurunan berat akibat pengkaratan secara berkala.

3. Menganalisa kandungan unsur-unsur korosif yang ada di atmosfer lokasi yang bersangkutan.

Pengamatan dan pengujian dilakukan di empat lokasi, masing-masing tiga lokasi di dalam area kilang minyak Cilacap. dan satu lokasi di pinggir pantai Nusakambangan.

Untuk melihat senyawa pencemar yang ada, selain dengan pemeriksaan kandungan unsur-unsur korosif di udara juga dengan menampung air hujan.

Logam yang diuji dari bahan *mild steel*, yang dibuat menjadi *coupon*. Logam yang dipakai mempunyai komposisi sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi Coupon (PPPTMGB "LEMIGAS")

Unsur-unsur	Komposisi, % berat
Fe	95.26
Cu	0.09
Cr	0.60
Ni	0.07
Mn	0.35
Si	0.05
P	0.24

IV. HASIL PENELITIAN

Pengamatan lingkungan atmosfer daerah Cilacap telah dimulai Juni 1983. Dari evaluasi data meteologi daerah Cilacap dapat diketahui arah dan kecepatan angin, curah hujan, kelembaban nisbi dan pancaran sinar matahari (tabel 1).

Senyawa pencemar udara yang dapat dianalisa dari air hujan meliputi senyawa belerang dalam bentuk sulfat dan sulfida, fosfat, chlorida, CO_2 , carbonat nitrat dan kation yang dapat dianalisa yaitu K, Na, Mg, amoniak

Senyawa-senyawa tersebut memang telah dikenal sebagai senyawa-senyawa yang dapat merusak permukaan logam dan menimbulkan pengkaratan.

Selain menimbulkan pengkaratan ga-

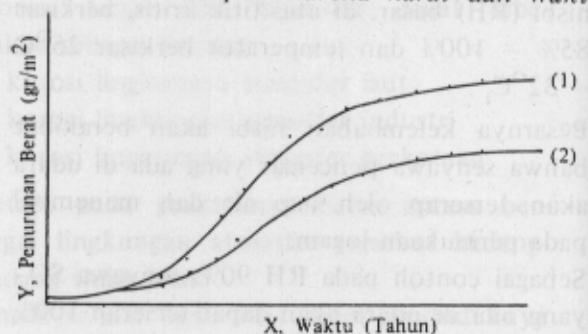
ram-garam ini dalam lingkungan hidrokarbon akan merupakan nutrisi yang baik bagi pertumbuhan mikroba. Mikroba tersebut dapat secara langsung maupun tidak langsung merusak logam. Perusakan ini akan berbentuk karat.

Di sini terlihat bahwa penyebab proses pengkaratan adalah kompleks, sehingga pengamatannya seharusnya dilakukan lebih berhati-hati sehingga dapat membedakan reaksi pengkaratan atas dasar penyebabnya.

Mekanisme pengkaratan dimulai dari reaksi elektrokimia pada permukaan logam yang terlapis oleh air yang mengandung elektrolit (garam-garam dari udara). Hasil reaksi ini akan menimbulkan terjadinya karat yang berpori-pori dan akan merupakan perangkap dari air dan senyawa kimia yang terlarut. Keadaan ini selain akan menimbulkan daerah korosif juga akan menjadi tempat pertumbuhan mikroba. Mikroba ini ada yang mengeluarkan enzim perusak logam, ada juga yang mengeluarkan asam sulfat maupun asam sulfida. Hal ini akan menambah laju korosi pada permukaan logam tersebut.

Keadaan tersebut dapat terlihat dari pertumbuhan curve laju korosinya (Gambar 1).

Gambar 1. Hubungan penurunan berat coupon karena karat dan waktu



- (1) Curve korosi atmosfer yang dipengaruhi oleh mikroba
- (2) Curve korosi tidak dipengaruhi oleh mikroba (steril).

Hubungan antara penurunan berat karena reaksi korosi dan waktu, setelah melampaui waktu penyesuaian (*induction period*) akan berbentuk *curve exponential*

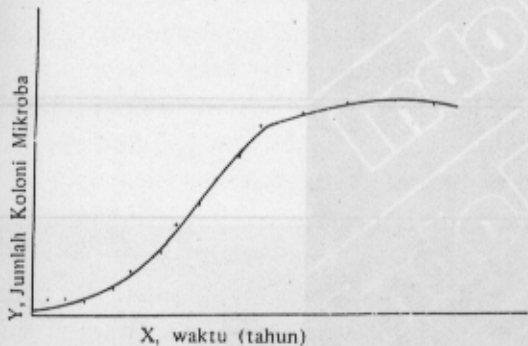
dan kemudian mendarat.

Curve ini akan mengikuti rumusan

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3$$

Pengamatan pertumbuhan mikroba dengan melihat banyak koloni yang dapat tumbuh pada permukaan coupon, menunjukkan curva seperti pada gambar 2.

Gambar 2. Hubungan pertumbuhan mikroba dengan waktu.



Persamaan curva tersebut secara keseluruhannya akan mengikuti persamaan pangkat tiga, yaitu :

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

Laju pertumbuhannya terjadi secara eksponensial khusus dan persamaan curve pada daerah pertumbuhan akan berbentuk

$$\frac{dy}{dx} = uy$$

Pertumbuhan mikroba pada titik maksimumnya akan datar atau menurun, hal ini kemungkinan disebabkan oleh sejumlah faktor lingkungannya, misalnya telah kehabisan cadangan energi di dalam sel dan dapat mati karena adanya zat racun yang ditimbulkan.

Pengamatan korosi pada ruang steril, menunjukkan adanya perbedaan yang menyolok pada laju korosinya (lihat gambar 1 curva 2)

Pada proses korosi yang dipengaruhi oleh mikroba (non steril) terlihat laju korosinya lebih besar, dapat mencapai 1.5 - 2 kali dari korosi yang terjadi hanya oleh proses kimiawi saja (untuk waktu selama ± 2 tahun) (periksa gambar 1)

V. KESIMPULAN

Korosi atmosfer akan dapat dipercepat oleh pengaruh kehidupan mikroba pada permukaan logam.

Atmosfer yang mempunyai RH tinggi dan mengandung garam SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- sedikit Cl^- dan K^+ , Na^+ , Mg^{++} , NH_4^+ merupakan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan mikroba.

Pertumbuhan mikroba akan tetap bila tercapai keseimbangan antara unsur-unsur hara tersebut dengan jumlah populasi mikroba yang ada.

TABEL 1 SIFAT IKLIM DAERAH CILACAP
JUNI 1984 S/D AGUSTUS 1985
(DINAS METEOROLOGI CILACAP)

No.	Bulan	Arah Angin (derajat)	Pancaran Sinar matahari (%)	Suhu Udara ^o C			Kelembaban Relatif			Curah hujan (mm/bil)	Keterangan
				Max ^o C	Rata-rata ^o C	Min ^o C	Max(%)	Rata-rata %	Min(%)		
1.	Juni 1984	120	91%	29,4	25,9	22,1	100	85	74	226,5	
2.	Juli	120	70%	28,8	25,6	22,2	100	86	75	115,3	
3.	Agustus	120	83%	29,0	26,0	22,3	100	86	75	60,5	
4.	September	120	37,9%	28,0	25,6	22,4	100	88	76	1137,5	
5.	Oktober	120	60%	30,4	26,8	22,5	95	84	71	509,1	
6.	November	130	56%	30,6	27,0	23,2	94	84	73	349	
7.	Desember	180	54%	30,2	26,5	22,6	94	84	69	268	
8.	Januari 1985	300	59%	31,4	27,0	22,0	96	84	71	306,0	
9.	Februari	300	58%	31,9	27,2	22,9	94	82	75	180,9	
10.	Maret	120	63,1%	31,1	26,7	22,8	95	84	71	296	
11.	April	130	58,0%	31,4	27,4	23,2	94	83	68	257	
12.	Mei	120	-	30,7	27,1	23,7	93	85	71	221	
13.	Juni	120	-	30,2	26,3	22,6	93	85	72	367	
14.	Juli	120	87%	29,3	26,9	22,0	92	83	70	2680	
15.	Agustus	120	-	28,9	25,8	22,7	89	83	73	56	

^{*)} Dinas Meteorologi Cilacap

DAFTAR PUSTAKA

1. Monod J., "The Growth of Bacterial Cultures" *An Rev. Microbial* 3, 371, (1949).
2. NOEGROHO HADI, *Laporan Studi Korosi Atmosfer di kilang minyak Cilacap*, (1983, 1984) Jakarta.
3. Noegroho Hadi, "Pengamatan Korosi di Unit Pengolahan Minyak," *Lembaran Publikasi Lemigas No. 3/1984*.
4. Noegroho Hadi, "Korosi Atmosfer pada logam Carbon Steel", *Lembaran Publikasi Lemigas vol 18, no. 1/1984*.
5. Novick, A. "Growth of Bacteria," *An Rev. Microbial* 9, 97, (1955).
6. R.A. LEGAULT et. al., *Atmospheric Corrosion of Aluminized Steel* (1978), NACE.
7. Roger Y. Stainer et. al., *Microbial World*. Prentice Hall, New Jersey.



P.T. BHAITA LAJU TANKER

SHIPOWNER / OPERATORS / AGENTS
LIQUID CARRIERS SERVICES

MT. ANJASMORO	6035.56	TS	1980	NK/OCEAN GOING	INDONESIA	C.P.P. CARRIER
MT. BROTOJOYO	6015.80	TS	1980	NK/OCEAN GOING	PANAMA	C.P.P. CARRIER
MT. CANDRA DEWI	3605.71	TS	1981	NK/OCEAN GOING	PANAMA	CHEMICAL TANKER

Jalan Abdul Muis No.40 JAKARTA - INDONESIA

Telp. 343041, Cable : ARPRALINE Jkt, Telex : 46171 Layar IA



Petromin

Indo Energy '83

Indo Energy '85

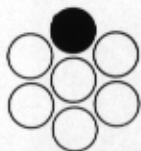
Indo Energy '87



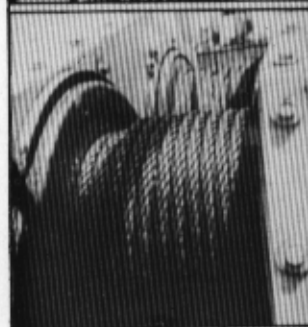
On our 10th
Birthday
Congratulations to
Indonesia

1000 YEARS
Oil Centenary

Pertamina 28th Anniversary



BRIPINDO



Blue Strand Wire Ropes

Over 100 years of service to the oil industry

The **Blue Strand** range of wire ropes is known world wide for both quality and reliability. The operation of offshore drilling units is a highly specialized and expensive business, the problems of exploration and exploitation are magnified by inaccessibility and weather conditions and the oil industry depends on high quality components and an efficient replacement service.

Blue Strand wire rope is manufactured in Indonesia by Bripindo, to API Specification. Bripindo is an associated company and is under technical license and supervision of British Ropes.

Blue Strand wire rope, is available in Improved Plough Steel or Extra Improved Plough Steel, in regular lay or langslay. Rotary drilling lines, anchor lines, derrick ropes, barge mooring lines are just some of the **Blue Strand** range manufactured in Indonesia.

Blue Strand, - the recognized quality rope for the Indonesian Oil Industry, - backed by British Ropes technical field personnel - available at all times to provide advice to the Oil Industry in Indonesia.

P.T. BRIPINDO UTAMA

Cilandak Commercial Estate, Building 404
Jakarta 12560, Indonesia
Telephone: 781112, 781117