

# PENCEGAHAN KOROSI DAN SCALE PADA PROSES PRODUKSI MINYAK BUMI

**HALIMATUDDAHLIANA**

Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknik  
Universitas Sumatera Utara

## BAB I PENDAHULUAN

Minyak bumi adalah suatu senyawa hidrokarbon yang terdiri dari karbon (83-87%), hidrogen (11-14%), nitrogen (0,2-0,5%), sulfur (0-6%), dan oksigen (0-3,5%). Proses produksi minyak dari formasi tersebut mempunyai kandungan air yang sangat besar, bahkan bisa mencapai kadar lebih dari 90%. Selain air, juga terdapat komponen-komponen lain berupa pasir, garam-garam mineral, aspal, gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S. Komponen-komponen yang terbawa bersama minyak ini menimbulkan permasalahan tersendiri pada proses produksi minyak bumi. Air yang terdapat dalam jumlah besar sebagian dapat menimbulkan emulsi dengan minyak akibat adanya emulsifying agent dan pengadukan. Selain itu hal yang tak kalah penting ialah adanya gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S yang dapat menyebabkan korosi dan dapat mengakibatkan kerusakan *pada casing, tubing, sistem perpipaan dan surface facilities*. Sedangkan ion-ion yang larut dalam air seperti kalsium, karbonat, dan sulfat dapat membentuk kerak (*scale*). Scale dapat menyebabkan pressure drop karena terjadinya penyempitan pada sistem perpipaan, tubing, dan *casing* sehingga dapat menurunkan produksi.

## BAB II KOROSI

Korosi adalah suatu proses elektrokimia dimana atom-atom akan bereaksi dengan zat asam dan membentuk ion-ion positif (kation). Hal ini akan menyebabkan timbulnya aliran-aliran elektron dari suatu tempat ke tempat yang lain pada permukaan metal.

Secara garis besar korosi ada dua jenis yaitu :

### ➤ **Korosi Internal**

yaitu korosi yang terjadi akibat adanya kandungan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S pada minyak bumi, sehingga apabila terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.

### ➤ **Korosi Eksternal**

yaitu korosi yang terjadi pada bagian permukaan dari sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara bebas dan permukaan tanah, akibat adanya kandungan zat asam pada udara dari tanah.

### 2.1. Tempat-tempat Terjadinya Korosi Pada Produksi Minyak

Masalah korosi yang terjadi dilapangan produksi minyak adalah

#### 1. *Down Hole Corrosion*

High Fluid level pada jenis pompa angguk di sumur minyak dapat menyebabkan terjadinya stress pada rod bahkan dapat pula terjadi corrosion fatigue. Pemilihan material untuk peralatan bottom hole pump menjadi sangat renting. Pompa harus dapat tahan terhadap sifat-sifat korosi dari fluida yang diproduksi dan tahan pula terhadap sifat abrasi.

## 2. *Flowing well*

Anulus dapat pula digunakan untuk mengalirkan inhibitor ke dasar tubing dan memberikan proteksi pada tabung dari kemungkinan bahaya korosi. Pelapisan dengan plastik dan memberikan inhibitor untuk proteksi tubing dapat pula digunakan pada internal tubing surface.

## 3. *Casing Corrosion*

Casing yang terdapat di sumur-sumur produksi bervariasi dari yang besar sampai yang concentric acid. Diperlukan perlindungan katodik untuk external casing. Korosi internal casing tergantung dari komposisi annular fluid.

## 4. *Well Heads*

Peralatan dari well heads, terutama pada well gas tekanan tinggi, sering mengalami korosi yang disebabkan oleh kecepatan tinggi dan adanya turbulensi dari gas.

## 5. *Flow Lines*

Adanya akuntansi dari deposit di dalam flow line dapat menyebabkan korosi dan pitting yang akhirnya menyebabkan kebocoran. Internal corrosion di dalam flow line dapat dicegah dengan inhibitor.

## 2.2. Tipe korosi di Lapangan Minyak

Tipe-tipe korosi di lapangan minyak pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut:

### 1. *Uniform Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi pada permukaan logam yang berbentuk pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang sebagai akibat permukaan terkonversi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka. misalnya permukaan luar pipa.

### 2. *Pitting Corrosion*

yaitu korosi yang berbentuk lubang-lubang pada permukaan logam karena hancurnya film dari proteksi logam yang disebabkan oleh rate korosi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lainnya pada permukaan logam tersebut.

### 3. *Stress Corrosion Cracking*

yaitu korosi berbentuk retak-retak yang tidak mudah dilihat, terbentuk dipermukaan logam dan berusaha merembet ke dalam. Ini banyak terjadi pada logam-logam yang banyak mendapat tekanan. Hal ini disebabkan kombinasi dari tegangan tarik dan lingkungan yang korosif sehingga struktur logam melemah.

### 4. *Erosion Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi karena tercegahnya pembentukan film pelindung yang disebabkan oleh kecepatan alir fluida yang tinggi, misalnya abrasi pasir,

### 5. *Galvanic Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi karena terdapat hubungan antara dua metal yang disambung dan terdapat perbedaan potensial antara keduanya.

### 6. *Crevice Corrosion*

yaitu korosi yang terjadi di sela-sela gasket, sambungan bertindih, sekrup-sekrup atau kelingan yang terbentuk oleh kotoran-kotoran endapan atau timbul dari produk-produk karat.

### 7. *Selective Leaching*

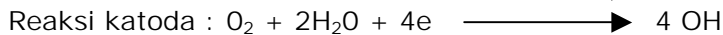
korosi ini berhubungan dengan melepasnya satu elemen dari Campuran logam. Contoh yang paling mudah adalah desulfurisasi yang melepaskan zinc dari paduan tembaga.

## 2.3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Korosi

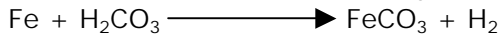
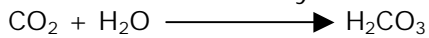
Laju korosi maksimum yang diizinkan dalam lapangan minyak adalah 5 mpy (mils per year, 1 mpy = 0,001 in/year), sedangkan normalnya adalah 1 mpy atau kurang. Umumnya problem korosi disebabkan oleh air. tetapi ada beberapa faktor selain air yang mempengaruhi laju korosi) diantaranya:

### 1. Faktor Gas Terlarut.

- Oksigen (O<sub>2</sub>), adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada mild steel alloys akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Kelarutan oksigen dalam air merupakan fungsi dari tekanan, temperatur dan kandungan klorida. Untuk tekanan 1 atm dan temperatur kamar, kelarutan oksigen adalah 10 ppm dan kelarutannya akan berkurang dengan bertambahnya temperatur dan konsentrasi garam. Sedangkan kandungan oksigen dalam kandungan minyak-air yang dapat menghambat timbulnya korosi adalah 0,05 ppm atau kurang. Reaksi korosi secara umum pada besi karena adanya kelarutan oksigen adalah sebagai berikut :



- Karbondioksida (CO<sub>2</sub>), jika karbondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas, biasanya bentuk korosinya berupa pitting yang secara umum reaksinya adalah:



FeCO<sub>3</sub> merupakan corrosion product yang dikenal sebagai sweet corrosion

### 2. Faktor Temperatur

Penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Apabila metal pada temperatur yang tidak uniform, maka akan besar kemungkinan terbentuk korosi.

### 3. Faktor pH

pH netral adalah 7, sedangkan pH < 7 bersifat asam dan korosif, sedangkan untuk pH > 7 bersifat basa juga korosif. Tetapi untuk besi, laju korosi rendah pada pH antara 7 sampai 13. Laju korosi akan meningkat pada pH < 7 dan pada pH > 13.

### 4. Faktor Bakteri Pereduksi atau Sulfat Reducing Bacteria (SRB)

Adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H<sub>2</sub>S, yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi.

### 5. Faktor Padatan Terlarut

- Klorida (Cl), klorida menyerang lapisan mild steel dan lapisan stainless steel. Padatan ini menyebabkan terjadinya pitting, crevice corrosion, dan juga menyebabkan pecahnya alloys. Klorida biasanya ditemukan pada campuran minyak-air dalam konsentrasi tinggi yang akan menyebabkan proses korosi. Proses korosi juga dapat disebabkan oleh kenaikan konduktiviti larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif, laju korosinya juga akan lebih tinggi.
- Karbonat (CO<sub>3</sub>), kalsium karbonat sering digunakan sebagai pengontrol korosi dimana film karbonat diendapkan sebagai lapisan pelindung permukaan metal, tetapi dalam produksi minyak hal ini cenderung menimbulkan masalah scale.
- Sulfat (SO<sub>4</sub>), ion sulfat ini biasanya terdapat dalam minyak. Dalam air, ion sulfat juga ditemukan dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan bersifat kontaminan, dan oleh bakteri SRB sulfat diubah menjadi sulfida yang korosif.

## 2.4. Pencegahan Korosi

Dengan dasar pengetahuan tentang elektrokimia proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi. Banyak cara sudah ditemukan untuk pencegahan terjadinya korosi diantaranya adalah dengan cara proteksi katodik, coating, dan pengk chemical inhibitor.

### *Proteksi Katodik*

Untuk mencegah terjadinya proses korosi atau setidaknya untuk memperlambat proses korosi tersebut, maka dipasanglah suatu anoda buatan di luar logam yang akan diproteksi. Daerah anoda adalah suatu bagian logam yang kehilangan elektron. Ion positifnya meninggalkan logam tersebut dan masuk ke dalam larutan yang ada sehingga logam tersebut berkarat.

Terlihat disini karena perbedaan potensial maka arus elektron akan mengalir dari anoda yang dipasang dan akan menahan melawan arus elektron dari logam yang didekatnya, sehingga logam tersebut berubah menjadi daerah katoda. Inilah yang disebut Cathodic Protection.

Dalam hal diatas elektron disuplai kepada logam yang diproteksi oleh anoda buatan sehingga elektron yang hilang dari daerah anoda tersebut selalu diganti, sehingga akan mengurangi proses korosi dari logam yang diproteksi.

Anoda buatan tersebut ditanam dalam suatu elektrolit yang sama (dalam hal ini tanah lembab) dengan logam (dalam hal ini pipa) yang akan diproteksi dan antara dan pipa dihubungkan dengan kabel yang sesuai agar proses listrik diantara anoda dan pipa tersebut dapat mengalir terus menerus.

### *Coating*

Cara ini sering dilakukan dengan melapisi logam (coating) dengan suatu bahan agar logam tersebut terhindar dari korosi.

### *Pemakaian Bahan-Bahan Kimia (Chemical Inhibitor)*

Untuk memperlambat reaksi korosi digunakan bahan kimia yang disebut inhibitor corrosion yang bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan metal. Lapisan molekul pertama yang terbentuk mempunyai ikatan yang sangat kuat yang disebut chemisorption. Corrosion inhibitor umumnya berbentuk fluid atau cairan yang diinjeksikan pada production line. Karena inhibitor tersebut merupakan masalah yang penting dalam menangani korosi maka perlu dilakukan pemilihan inhibitor yang sesuai dengan kondisinya. Material corrosion inhibitor terbagi 2, yaitu :

#### 1. Organik Inhibitor

Inhibitor yang diperoleh dari hewan dan tumbuhan yang mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari organik inhibitor antara lain:

- Turunan asam lemak alifatik, yaitu: monoamine, diamine, amida, asetat, oleat, senyawa-senyawa amfoter.
- Imdazolines dan derivatinya

#### 2. Inorganik Inhibitor

Inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari inorganik inhibitor antara lain kromat, nitrit, silikat, dan pospat.

## BAB III SCALE

Istilah scale dipergunakan secara luas untuk deposit keras yang terbentuk pada peralatan yang kontak atau berada dalam air. Dalam operasi produksi minyak bumi sering ditemui mineral scale seperti  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ , dan  $\text{MgSO}_4$ . Senyawa-senyawa ini dapat larut dalam air. Scale  $\text{CaCO}_3$  paling sering ditemui pada operasi produksi minyak bumi. Akibat dari pembentukan scale pada operasi produksi minyak bumi adalah berkurangnya produktivitas sumur akibat tersumbatnya penorasi, pompa, valve, dan fitting serta aliran.

Penyebab terbentuknya deposit scale adalah terdapatnya senyawa-senyawa tersebut dalam air dengan jumlah yang melebihi kelarutannya pada keadaan kesetimbangan. Faktor utama yang berpengaruh besar pada kelarutan senyawa-senyawa pembentuk scale ini adalah kondisi fisik (tekanan, temperatur, konsentrasi ion-ion lain dan gas terlarut).

### 3.1. Petunjuk dan Identifikasi Masalah Scale dan Kemungkinan Penyebabnya di lapangan Operasi

Di lapangan operasi masalah scale dan kemungkinan penyebabnya dapat dilihat dari:

#### 1. Untuk warna terang atau putih

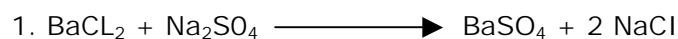
- a. Bentuk fisik : Keras, padat, dan gambar halus  
Penambahan HCL 15%: Tidak Larut  
Komposisi :  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  dalam air yang terkontaminasi
- b. Bentuk fisik : Panjang, padat kristalnya seperti mutiara  
Penambahan HCL 15% : Larut tanpa ada gelembung gas, larutan menunjukkan adanya  $\text{SO}_4$  dengan  $\text{BaCl}_2$   
Komposisi: Gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dalam air terkontaminasi dari dalam air super saturation.
- c. Bentuk fisik : Padat, halus, kristal berbentuk penambahan HCL 15%. Mudah arut dan ada gelembung gas.  
Komposisi :  $\text{CaCO}_3$ , campuran  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$  jika dilarutkan perlahan-lahan.

#### 2. Untuk warna gelap dari coklat sampai dengan hitam

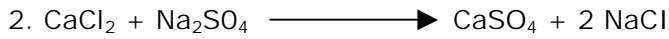
- a. Bentuk fisik : Padat dan coklat  
Penambahan HCL 15%: Residu berwarna putih, pada pemanasan berwarna coklat  
Komposisi : Sama dengan 1a dan 1b untuk residu warna putih, yang berwarna coklat adalah besi oksida yang merupakan produk korosi atau pengendapan yang disebabkan oleh oksigen
- b. Bentuk fisik : Padat berwarna putih  
Penambahan HCL 15%: Logam hitam larut perlahan-lahan dengan perubahan pada  $\text{H}_2\text{S}$ , putih, residu yang tidak larut  
Komposisi : Sama dengan 1a. dan 1b. diatas untuk residunya warna hitam adalah besi sulfida yang merupakan produk korosi.

### 3.2. Reaksi-Reaksi Yang Menyebabkan Scale

Reaksi-reaksi terbentuknya padatan deposit antara lain:



Barium sulfat terdapat dalam air terkontaminasi



Gypsum terdapat dalam air terkontaminasi atau supersaturation.



Kalsium karbonat terdapat dalam supersaturation karena penurunan tekanan, panas dan agitasi.

### 3.3 Pencegahan Scale dengan Scale Inhibitor

Scale inhibitor adalah bahan kimia yang menghentikan atau mencegah terbentuknya scale bila ditambahkan pada konsentrasi yang kecil pada air. Penggunaan bahwa kimia ini sangat menarik, karena dengan dosis yang sangat rendah dapat mencukupi untuk mencegah scale dalam periode waktu yang lama. Mekanisme kerja scale inhibitor ada dua, yaitu:

1. Scale inhibitor dapat teradsorpsi pada permukaan kristal scale pada saat mulai terbentuk. Inhibitor merupakan kristal yang besar yang dapat menutupi kristal yang kecil dan menghalangi pertumbuhan selanjutnya.
2. Dalam banyak hal bahan kimia dapat dengan mudah mencegah menempelnya suatu partikel-partikel pada permukaan padatan.

#### *Tipe Scale Inhibitor*

Kelompok scale inhibitor antara lain: inorganik poliphospat, Inhibitor organik, Fosfonat, ester fospat, dan polimer. Inorganik poliphospat adalah padatan inorganik non-kristalin. Senyawa ini jarang digunakan dalam operasi perminyakan. Kerugiannya adalah merupakan padatan dan bahan kimia ini mudah terdegradasi dengan cepat pada pH rendah atau pada temperatur-tinggi. Inhibitor organik biasanya dikemas sebagai cairan konsentrat dan tidak dapat dipisahkan sebagai bahan kimia stabil.

Ester fospat merupakan scale inhibitor yang sangat efektif tetapi pada temperatur diatas 175°C dapat menyebabkan proses hidrolisa dalam waktu singkat.

Fosfonat merupakan scale inhibitor yang baik untuk penggunaan pada temperatur diatas 350°F. Sedangkan polimer seperti akrilat dapat digunakan pada temperatur diatas 350°C.

#### *Pemilihan Scale Inhibitor*

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis inhibitor untuk mendapatkall efektifitas kerja inhibitor yang baik adalah sebagai berikut:

- Jenis scale, dengan diketahuinya komposisi scale, dapat dilakukan pemilihan scale inhibitor yang tepat.
- Kekerasan scale.
- Temperatur, secara umum, inhibitor berkurang keefektifannya apabila temperatur meningkat. Setiap inhibitor mempunyai batas maksimum temperatur operas agar dapat berfungsi dengan baik.
- pH, kebanyakan scale inhibitor konvensional tidak efektif pada pH rendah.
- Kesesuaian bahan kimia, scale inhibitor yang digunakan harus sesuai dengan bahan kimia lain yang juga digunakan untuk kepentingan operasi seperti corrosion inhibitor. Beberapa scale inhibitor ada yang bereaksi dengan kalsium, magnesium atau barium membentuk scale pada konsentrasi yang tinggi.
- Padatan terlarut, semakin banyak padatan terlarut maka semakin tinggi konsentrasi inhibitor yang digunakan.
- Kesesuaian dengan kondisi air, kandungan ion-ion kalsium, barium, dan magnesium yang ada dalam air akan menyebabkan terjadinya reaksi dengan beberapa jenis inhibitor sehingga menimbulkan masalah baru yaitu

terbentuknya endapan. Sehingga jenis inhibitor harus dipilih sesesuai mungkin.

- Iklim, setiap inhibitor mempunyai titik lebur tertentu dan cara menginjeksikan ke dalam sistem, sehingga untuk menghindari terjadinya pembekuan ataupun perubahan komposisi dari inhibitor.

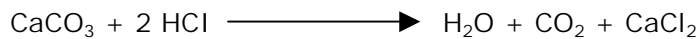
#### *Beberapa Jenis Scale Inhibitor*

##### 1. Hidrokarbon

Hidrokarbon diperlukan sebagai pelarut hidrokarbon digunakan untuk menghilangkan minyak, parafin, atau asphaltic materials yang menutupi scale yang terbentuk, karena apabila digunakan asam sebagai penghilang scale maka asam ini tidak akan bereaksi dengan scale yang tertutupi oleh minyak (oil coated scale), oleh sebab itu minyak harus dihilangkan terlebih dahulu dari scale dengan menggunakan hidrokarbon.

##### 2. Asam klorida

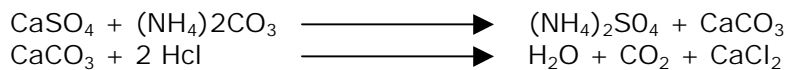
Asam klorida adalah bahan yang banya digunakan untuk membersihkan scale yang telah terbentuk. Bahan ini dapat digunakan pada berbagai kondisi. Asam klorida digunakan dengan konsentrasi 5%, 10%, atau 15% Hcl. Reaksi yang terjadi:



Corrothion inhibitor harus ditambahkan dalam Hcl untuk menghindari efek keasaman pada pipa yang dapat menyebabkan korosi.

##### 3. Inorganic Converters

Inorganic converters biasanya merupakan suatu karbonat atau hidroksida yang akan bereaksi dengan kalsium sulfat dan membentuk acid soluble calcium carbonate. Kemudian diikuti dengan penambahan asam klorida untuk melarutkan karbonat atau kalsium hidroksida yang terbentuk.



CO<sub>2</sub> yang terbentuk dari reaksi dengan asam ini akan membantu mengeluarkan secara mekanis scale yang mungkin tersisa. Inorganic converters sebaiknya tidak digunakan pada scale yang keras.

##### 4. Organic Converters

Organic converters seperti natrium sitrat, potassium asetat sering digunakan. Reaktan ini akan bereaksi dengan scale kalsium sulfat, sehingga scale akan menjadi lebih lunak dan mudah dibersihkan dengan melewati air.

##### 5. Natrium Hidroksida

Larutan 10% natrium hidroksida dapat melarutkan hingga 12,5% berat dari scale kalsium karbonat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cowan Jack C., et al, *Water Fanned Scale Deposit*, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- Maurice I Stewart, *Basic Gas Technology For CPI Engineers and Senior Field Personnel*, International Training and Development, CPI, 1997
- NACE, *Basic Corrosion Course Ninth Printing*, Houston, Texas 1978
- Ridwan Fakhri, *Basic Corrosion Engineering*, Petroleum Engineering PT CPI, Pekanbaru, 1993.