

SCALE TREATMENT PADA PIPA DISTRIBUSI CRUDE OIL SECARA KIMIAWI

M. Syahri¹⁾, Bambang Sugiarto²⁾

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Yogyakarta^{1,2)}

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta 55283

Telp. (0274) 486889; (0274) 7497910

Email : mohsyahri@gmail.com

Abstrak

Pada bagian fasilitas produksi sering dijumpai adanya masalah-masalah yang dapat mengganggu pendistribusian minyak mentah (crude oil), hal ini umumnya disebabkan oleh terbentuknya endapan (scale) disepanjang pipa distribusi. Scale merupakan padatan hasil kristalisasi dan pengendapan mineral dari air formasi yang terproduksi bersama minyak dan gas. Terbentuknya scale diprediksi karena air yang mengandung ion-ion yang membentuk komponen-komponen yang kelarutannya terbatas atau Penyebab langsung pembentukan scale adalah penurunan tekanan, perubahan temperatur dan percampuran dua macam air yang susunan mineralnya tidak saling cocok. scale yang terbentuk pada pipa-pipa akan memperkecil diameter dan menghambat aliran fluida pada system pipa tersebut. Terganggunya aliran fluida dapat menyebabkan suhu semakin naik dan tekanan menjadi semakin tinggi, maka kemungkinan pipa akan pecah dan rusak. Dalam penelitian ini, sample scale berasal dari bagian dalam pipa distribusi minyak bumi yang ada di lapangan minyak X milik Pertamina. Proses pelarutan scale dilakukan dalam bejana berpengaduk berisi larutan HCL, H₂SO₄ ataupun campuran HCl dan CuSO₄ dengan berbagai variasi konsentrasi dan laju pengadukan. Dari hasil penelitian diperoleh kelarutan scale dalam campuran HCl dan CuSO₄ dengan konsentrasi 20% memberikan hasil yang relatif lebih baik bila dibandingkan dengan larutan HCL maupun H₂SO₄ dengan konsentrasi yang sama.

Key words: crude oil, scale.

PENDAHULUAN

Dalam proses pendistribusian minyak mentah atau *crude oil*, sering dijumpai adanya masalah-masalah yang dapat mengganggu aliran fluida yang melewati pipa. Salah satu problematika yang sering terjadi pada proses pendistribusian *crude oil* adalah terbentuknya endapan yang disebut kerak (*scale*). *Scale* adalah hasil pengendapan mineral yang berasal dari air formasi yang terproduksi bersama minyak dan gas. Kerak didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi [1]. Kerak yang terbentuk pada pipa-pipa akan memperkecil diameter dan menghambat aliran fluida pada system pipa tersebut. Terganggunya aliran fluida dapat menyebabkan suhu semakin naik dan tekanan menjadi semakin tinggi, maka kemungkinan pipa akan pecah dan rusak. Penyebab terbentuknya *scale* adalah penurunan tekanan, perubahan temperatur, dan bercampurnya dua macam mineral yang susunan mineral yang dikandungnya tidak saling cocok.

Adanya *scale* menimbulkan banyak masalah dalam proses produksi minyak dan gas karena dapat mengganggu proses pendistribusian fluida, disamping itu biaya yang harus dikeluarkan untuk keperluan pembersihan dan pencegahannya juga tinggi.

Pencegah terbentuknya kerak diladang-ladang minyak khususnya di dalam pipa distribusi *crude oil* adalah dengan menginjeksikan bahan-bahan kimia yang dapat mencegah kerak (*scale inhibitor*). Dalam penelitian ini telah dilakukan penambahan berbagai bahan kimia seperti HCl, CuSO₄ dan campuran HCl dengan CuSO₄ untuk berbagai variasi konsentrasi

Pada umumnya *scale inhibitor* yang digunakan diladang-ladang minyak dibagi atas dua tipe, yaitu *scale inhibitor* anorganik dan *scale inhibitor* organik. Senyawa anorganik fosfat yang umum digunakan sebagai *inhibitor* adalah kondensat fosfat dan dehidrat fosfat. Anorganik fosfat banyak digunakan sebagai *scale inhibitor* sebelum berkembangnya fosfonat, fosfat ester, dan polimer. Pada dasarnya bahan-bahan kimia ini mengandung group P-O-P dan cenderung untuk melekat pada permukaan kristal. Ikatan oksigen-fosfor ini sangat tidak stabil dalam larutan encer dan akan terhidrolisa (bereaksi dengan air) menghasilkan

ortofosfat yang tidak aktif atau tidak berfungsi sebagai *scale inhibitor*. Reaksi ini biasa disebut sebagai reversi [2]. *Scale inhibitor* organik yang biasa digunakan adalah organo fosfonat, organo fosfat ester, dan polimer-polimer organik. Organo fosfat efektif untuk kerak CaSO_4 , organo fosfonat efektif untuk kerak CaCO_3 , dan polimer-polimer organik efektif untuk kerak CaCO_3 , CaSO_4 , dan BaSO_4 . Prinsip kerja dari *scale inhibitor* yaitu pembentukan senyawa kompleks (*chelate*) antara *scale inhibitor* dengan unsur-unsur pembentuk kerak. Senyawa kompleks yang terbentuk larut dalam air sehingga menutup kemungkinan pertumbuhan kristal yang besar. Disamping itu dapat mencegah kristal kerak untuk melekat pada dinding pipa [3].

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan *inhibitor* adalah : keefektifan, kestabilan, kecocokan dan biaya. Sifat dari *scale inhibitor* yang sangat diharapkan stabil dalam air pada waktu yang panjang dan temperatur yang tinggi. Organo fosfor lebih stabil bila dibandingkan dengan *scale inhibitor* anorganik polifosfat. Ikatan langsung antara karbon-fosfor menyebabkan organo fosfat lebih stabil melawan reversi terhadap waktu, temperatur, dan pH [3].

Untuk menanggulangi *scale* yang sudah terbentuk didalam pipa dapat dilakukan dengan injeksi asam. Penginjeksian asam ini berfungsi untuk menghancurkan *scale* yang sudah terbentuk di dalam pipa. Penggunaan jenis asam tertentu tergantung dari jenis *scale* yang ingin dihilangkan. Jenis jenis *scale* dapat ditunjukkan pada table 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Scale yang Umum Dijumpai Pada Ladang Minyak

Name	Chemical Formula	Primary Variable
Calcium Carbonat (Calcite)	CaCO_3	Partial pressure of CO_2 , temperature total dissolved salts
Calcium Sulfat (host common) Gypsum Hemi-hydrate Anhydrite	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ CaSO_4	Temperatur, total dissolved salt, pressure
Barium Sulfat Strontium Sulfat	BaSO_4 SrSO_4	Temperatur, total dissolved salts, pressure
Iron Compound Ferrous Carbonat Ferrous Sulfite Ferrous Hydroxide Ferric Hydroxide Ferric Oxide	FeCO_3 FeS $\text{Fe}(\text{OH})_2$ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ Fe_2O_3	Corrosion, dissolved gasses, pH

Scale dapat terjadi di formasi, lubang sumur, rangkain pompa dalam sumur, tubing, casing, flow line, manifold, separator, tangki, dan peralatan produksi lainnya.

Scale kalsium karbonat merupakan hasil reaksi antara kalsium dengan ion karbonat atau ion bikarbonat dengan persamaan reaksi sebagai berikut:

Reaksi Pembentukan Asam



Dari persamaan reaksi di atas, terlihat bahwa semakin bertambahnya CO_2 di dalam air, maka air akan bersifat semakin asam (pH-nya turun). Bila ion HCO_3^- dan Ca^{2+} yang ada di dalam air berasosiasi, maka akan terjadi reaksi:



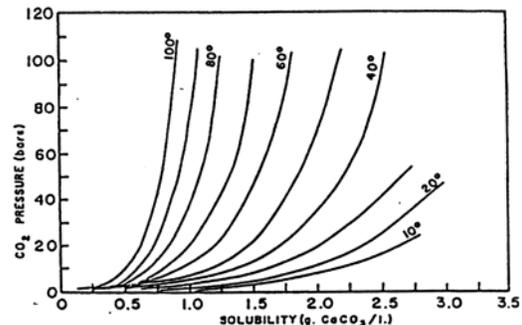
Persamaan reaksi di atas menunjukkan bahwa endapan CaCO_3 cenderung akan terbentuk bila gas CO_2 terlepas dari air (pH semakin besar). *Scale* yang terbentuk akan menempel pada permukaan batuan formasi atau pada peralatan produksi sehingga akan mengganggu proses produksi mulai dari permukaan dinding sumur sampai peralatan produksi.

PENYEBAB TERBENTUKNYA KERAK CaCO_3

Penurunan Tekanan

Dengan diproduksinya fluida formasi secara terus menerus tentu akan menyebabkan turunnya tekanan formasi. Penurunan tekanan ini terjadi pada formasi ke dasar sumur, dari dasar sumur ke permukaan dan dari *well head* ke tangki pengumpul. Dengan turunnya tekanan ini akan menyebabkan terlepasnya CO_2 dari ion-ion bikarbonat (HCO_3^-). Adanya gas CO_2 didalam air akan membentuk suatu asam yang disebut asam karbonat.

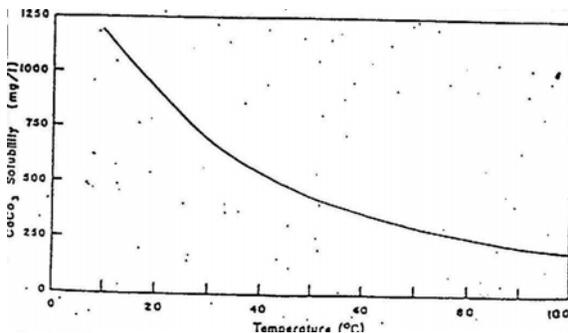
Perubahan tekanan yang terjadi pada reservoir secara langsung akan berpengaruh terhadap tekanan parsial CO_2 , sebab tekanan parsial CO_2 merupakan hasil kali komposisi mol CO_2 dengan tekanan total. Jumlah gas CO_2 yang terlarut dalam air sebanding dengan tekanan parsialnya, sehingga bila tekanan naik maka tekanan parsial CO_2 juga naik dan kelarutan gas CO_2 juga meningkat. Sebaliknya jika tekanan CO_2 turun akan menyebabkan berkurangnya kelarutan CaCO_3 sehingga kemungkinan terbentuknya *scale* CaCO_3 akan meningkat.



Gambar 1. Pengaruh Tekanan Terhadap Kelarutan CaCO_3

Perubahan Temperatur

Kebalikan dengan karakteristik kebanyakan mineral, kalsium karbonat akan menjadi sedikit larut dengan bertambahnya temperatur. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya temperatur akan terjadi penguapan, sehingga terjadi perubahan kelarutan menjadi lebih rendah dan ini akan mengakibatkan terjadinya pembentukan scale. Oleh sebab itu, scalling (pengendapan) tidak akan terjadi di permukaan tetapi dapat terjadi di formasi sumur injeksi jika temperatur sumur cukup tinggi. Ini juga merupakan alasan bahwa scale kalsium karbonat sering didapatkan pada pipa pembakar dari alat pemanas. Pada umumnya kelakuan dari daya larut kalsium karbonat merupakan fungsi temperatur, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Temperatur Terhadap Kelarutan CaCO₃

Bercampurnya dua jenis air yang berbeda

Apabila terjadi pencampuran dua jenis air formasi yang mana susunan kimianya berbeda, maka kemungkinan besar akan terjadi reaksi kimia yang membentuk padatan atau kristal yang kemudian akan mengendap.

Pengaruh Garam Terlarut

Semakin besar konsentrasi NaCl di dalam air, makin besar kelarutan CaCO₃, sehingga kemungkinan besar terjadinya scale CaCO₃ berkurang. Sebagai gambaran dengan menambahkan 200.000 mg/l garam NaCl ke dalam air destilasi menambah kelarutan CaCO₃ dari 100 mg/l menjadi 250 mg/l.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemungkinan terjadinya scale kalsium karbonat sebagai berikut:

- Bertambah dengan naiknya temperatur.
- Bertambah bila tekanan parsial CO₂ menurun.
- Bertambah dengan naiknya pH.
- Bertambah dengan berkurangnya jumlah garam terlarut.

Pengaruh pH

Dengan terdapatnya sejumlah CO₂ di dalam air akan memberikan pengaruh pH air dan daya larut dari kalsium karbonat. Dengan rendahnya pH akan semakin

kecil kemungkinan terdapatnya scale kalsium karbonat, dan kebalikannya jika semakin tinggi pH maka semakin banyak scale kalsium karbonat yang akan terbentuk.

PENANGANAN SCALE DENGAN PENGINJEKSIAN BAHAN KIMIA

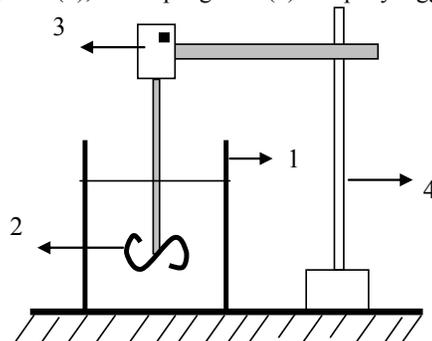
- Penanganan scale kalsium sulfat (CaSO₄).
Scale kalsium sulfat, lebih susah dihilangkan bila dibandingkan dengan scale kalsium karbonat. Scale kalsium sulfat dapat dihilangkan dengan melarutkannya ke dalam larutan alkalin kuat (NaOH).
- Penanganan scale barium sulfat (BaSO₄).
Scale barium sulfat sulit untuk dilarutkan, terlalu mahal biayanya bila di treatment dengan bahan kimia.
- Penanganan scale Iron sulfid (FeS).
Scale ferro sulfid dapat menyala sendiri bila bersentuhan dengan oksigen dan dapat dihilangkan dengan melarutkannya di dalam asam.
- Penanganan scale calcium carbonat (CaCO₃).
Penanganan scale CaCO₃ dengan penginjeksian bahan kimia, dapat di gunakan HCl, H₂SO₄, asam asetat, atau campuran antara HCl dan CuSO₄.

PROSEDUR PERCOBAAN

Percobaan yang telah dilakukan dapat dijelaskan sbb: larutan HCL dengan konsentrasi tertentu dimasukan ke dalam beker glass 500 cc, selanjutnya bongkahan scale dengan berat tertentu di masukan ke dalam beker glass dan kemudian dilakukan pengadukan dengan rpm tertentu. Setelah waktu tertentu pengadukan dihentikan dan bongkahan scale yang masih tersisa ditimbang beratnya. Percobaan seperti di atas diulangi kembali dengan konsentrasi larutan HCL dan kecepatan motor pengadukan (rpm) yang berbeda. Setelah itu dapat dihitung berapa banyak scale terlarut selama periode proses pelarutan.

PERALATAN PERCOBAAN

Skematik alat percobaan dapat dilihat pada Gambar. 3 terdiri dari Beker glass (1) berisi larutan HCl, alat pengaduk (2), motor pengaduk (3) dan penyangga (4).



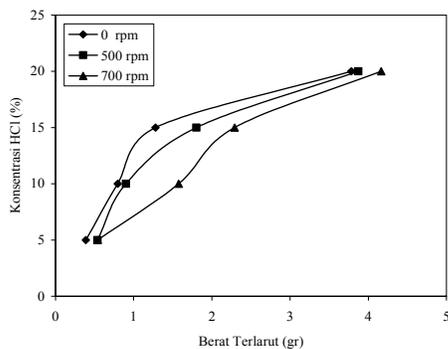
Gambar 3. Skematik Alat Percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

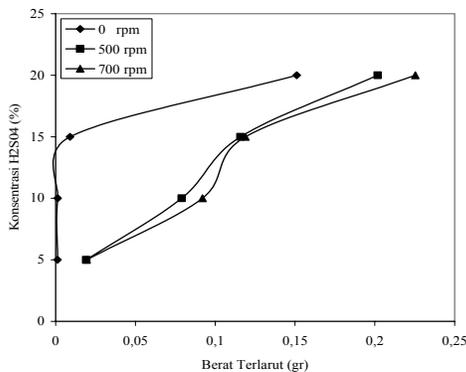
Pengambilan data hasil percobaan dilakukan dengan volume larutan yang digunakan untuk melarutkan *scale* adalah 500 ml. Waktu yang digunakan untuk setiap percobaan adalah 2 menit dan percobaan dilakukan pada suhu kamar. Hubungan antara kecepatan pengadukan, konsentrasi pelarut dan berat *scale* terlarut dapat ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hubungan antara kecepatan pengadukan, konsentrasi pelarut dan berat *scale* terlarut.

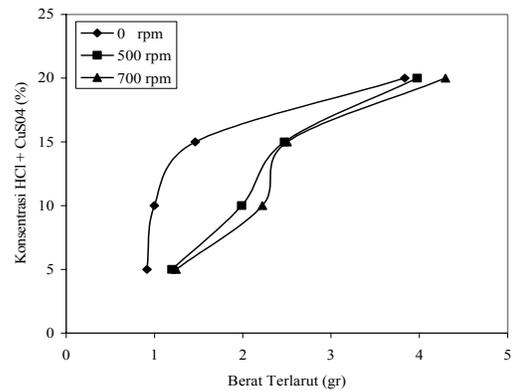
NO	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi (%)	Berat terlarut (gr), pelarut HCl	Berat terlarut (gr), pelarut H ₂ SO ₄	Berat terlarut (gr), pelarut HCl + CuSO ₄
1	0	5	0.3873	0.0012	0.915
2		10	0.796	0.0013	0.9985
3		15	1.2788	0.009	1.4623
4		20	3.7837	0.1511	3.8339
5	500	5	0.536	0.0192	1.1979
6		10	0.9001	0.079	1.9885
7		15	1.8024	0.1158	2.4726
8		20	3.8711	0.2018	3.9756
9	700	5	0.5378	0.0194	1.2451
10		10	1.5757	0.0921	2.2235
11		15	2.2895	0.1189	2.5032
12		20	4.1638	0.2254	4.2962



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap berat *scale* terlarut



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi H₂SO₄ terhadap berat *scale* terlarut



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi HCl + CuSO₄ terhadap berat *scale* terlarut

Dari tabel 2 atau gambar 4 dapat dikatakan bahwa banyaknya *scale* terlarut (berat terlarut, gr) pada kondisi sistim mengalami turbulensi yang lebih tinggi (pengadukan pada 700 rpm) dan konsentrasi pelarut HCl yang sama (10%) didapati berat *scale* terlarut adalah 1,6 gr, sedangkan pada sistim dalam keadaan diam atau tanpa pengadukan dan dengan pengadukan pada 500 rpm memberikan berat *scale* terlarut berturut-turut adalah 0,8 gr dan 0,9 gr. Berarti pada kondisi sistim dengan turbulensi yang lebih tinggi (pengadukan pada 700 rpm) memberikan hasil hampir dua kali lipat. Hal ini dapat terjadi disebabkan oleh laju pelarut permukaan material *scale* lebih besar, sehingga perpindahan massa material *scale* lebih cepat.

Dari tabel 2 juga dapat diketahui bahwa kuantitas berat *scale* terlarut menggunakan pelarut H₂SO₄ memberikan nilai berat *scale* terlarut lebih kecil dari pada pelarut HCl dengan konsentrasi 10%. Disamping itu juga penggunaan pelarut HCl + CuSO₄ pada konsentrasi yang sama memberikan nilai berat *scale* terlarut yang lebih besar bila dibandingkan dengan pelarut HCl maupun H₂SO₄, akan tetapi secara kualitas pelarut HCl dengan konsentrasi 10% memberikan keuntungan lebih banyak iaitu diantaranya lebih mudah dalam pemakaiannya dan lebih murah karena tidak perlu membeli bahan kimia berupa CuSO₄.

KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian dan analisa hasil yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan pelarutan sampel kerak sangat dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Semakin cepat kecepatan pengadukan maka kecepatan pelarutan sampel juga semakin cepat.
2. Kecepatan pelarutan sampel kerak juga dipengaruhi oleh konsentrasi pelarut yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi pelarut yang digunakan, maka semakin cepat kelarutan sampel.

3. Jenis pelarut yang paling efektif pada penelitian ini adalah pelarut HCl + CuSO₄ dengan konsentrasi 20% dan dengan kecepatan pengadukan 700 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemmer F.N., 1979. *The Nalco Water Hand Book*. Nalco Chemical Co. Mc Graw Hill Book Co. New York.
- [2] Cowan J.C and D.J Weintritt, 1976. *Water Formed Scale Deposit*. Houston, Texas, Gulf Publishing Co.
- [3] Patton C., 1981. *Oilfield Water System*. 2.ed. Cambeel petroleum series. Oklahoma.
- [4] Perry J.H, 1950. *Chemical Engineering Hand Book*. 3 ed. McGraw Hill Book Co. New York