

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN TERHADAP PEMBENTUKAN KERAK KALSIUM KARBONAT (CaCO₃) DALAM PIPA BERALIRAN LAMINER

Jotho

Universitas Pandanaran

Jl. Banjarsari Barat No. 1, Pedalangan, Banyumanik, Semarang

email: jthabuyusuf@yahoo.com

Abstrak

Kerak merupakan masalah yang cukup serius yang dijumpai pada sebagian besar proses industri, yaitu terjadinya pengendapan garam pada dinding-dinding peralatan proses aliran fluida, terutama pada permukaan transfer panas dan permukaan alat-alat evaporasi. Kerak yang menumpuk pada pipa-pipa saluran, lubang-lubang dan beberapa bagian aliran pada proses aliran fluida dapat menyebabkan gangguan yang serius pada pengoperasian, karena penumpukan kerak ini dapat mengakibatkan terjadinya korosi dan kerusakan pada peralatan proses produksi.

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen tentang CaCO₃ dalam pipa uji dengan membuat larutan dari CaCl₂ dan Na₂CO₃ dengan konsentrasi larutan masing-masing 3500 ppm, 4000 ppm dan 4500 ppm. Larutan dialirkan di dalam pipa dengan laju alir 30 ml/menit dan pada temperatur kamar. Untuk menghambat pertumbuhan kerak kalsium karbonat yang terbentuk digunakan zat aditive asam malat (C₄H₆O₅) dengan konsentrasi 3 dan 5 ppm.

Pembentukan kerak kalsium karbonat dapat dilihat dengan adanya penurunan yang signifikan dari nilai konduktifitas larutan. Bentuk kristal kalsium karbonat dapat dilihat dari kajian morfologi kristal dengan menggunakan SEM. Analisa mikro terhadap kristal kalsium karbonat dengan menggunakan micro analyser EDX dan XRD untuk menunjukkan bahwa kerak yang terbentuk adalah benar-benar kerak kalsium karbonat. Berat kerak yang dihasilkan ditimbang untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan dan zat aditif terhadap berat kerak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi larutan dari 3500 ppm ke 4000 ppm terjadi peningkatan berat kerak.

Kata kunci : asam malat, kalsium karbonat, konsentrasi larutan

PENDAHULUAN

Kerak adalah tumpukan keras dari bahan anorganik terutama pada permukaan perpindahan panas yang disebabkan oleh pengendapan partikel mineral dalam air. Seperti air menguap dalam menara pendingin, uap yang murni hilang dan konsentrasi padatan terlarut dalam air yang tersisa. Jika konsentrasi siklus ini dibiarkan berlanjut, berbagai kelarutan padat akhirnya akan terlampaui. Padatan kemudian akan menetap di dalam pipa atau pada permukaan pertukaran panas, di mana ia sering membeku menjadi kerak (Bhatia, 2003).

Masalah yang cukup serius yang dijumpai pada sebagian besar proses industri, yaitu terjadinya pengendapan

garam pada dinding-dinding peralatan proses aliran fluida, terutama pada permukaan transfer panas dan permukaan alat-alat evaporasi. Pengendapan ini tidak diharapkan karena penumpukannya menyebabkan timbulnya kerak yang dapat mengganggu transfer panas sehingga mengurangi efisiensi dan menghambat pengaliran pada proses aliran fluida. Di samping itu, kerak yang menumpuk pada pipa-pipa saluran, lubang-lubang dan beberapa bagian aliran pada proses aliran fluida dapat menyebabkan gangguan yang serius pada pengoperasian, karena penumpukan kerak ini dapat mengakibatkan terjadinya korosi dan kerusakan pada peralatan proses produksi. Dalam penelitiannya Suharso dan kawan-

kawan melakukan penelitian pertumbuhan kerak dengan mencampurkan larutan 0,1 M CaCl_2 dan larutan 0,1 M Na_2CO_3 masing-masing dalam 250 mL akuabides pada suhu 80°C (Suharso dkk.,2009).

Pembentukan deposit kerak (*scale*) CaCO_3 oleh air sadah (air dengan kandungan ion Ca yang tinggi) pada sistem perpipaan di industri maupun rumah tangga menimbulkan banyak permasalahan teknis dan ekonomis. Saksono dan kawan-kawan telah melakukan penelitian dengan melarutkan padatan CaCl_2 dan Na_2CO_3 di dalam air demin untuk menghasilkan larutan Na_2CO_3 dengan konsentrasi 0,005 M, 0,010 M, 0,015 M, dan 0,020 M. Demikian juga untuk larutan CaCl_2 (Saksono dkk., 2007).

Di dalam proses industri pergerakan merupakan permasalahan yang masih sangat memprihatinkan terutama pada sistem pendingin dan industri minyak bumi. Ini adalah alasan mengapa banyak penelitian masih dikembangkan untuk memahami fenomena kerak. Untuk tujuan ini beberapa metode telah dikembangkan untuk mempercepat terbentuknya kerak (Euvrard dkk., 2004).

Penghambatan pertumbuhan kristal tampaknya menjadi metode yang paling efisien mengendalikan kerak CaCO_3 , CaF_2 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan BaSO_4 . Efektivitas inhibitor kerak tergantung pada kemampuan sebuah aditif untuk mengganggu langkah-langkah pembentukan kerak, yaitu baik dengan langkah nukleasi atau dengan pertumbuhan kristal (Tzotzi dkk., 2007).

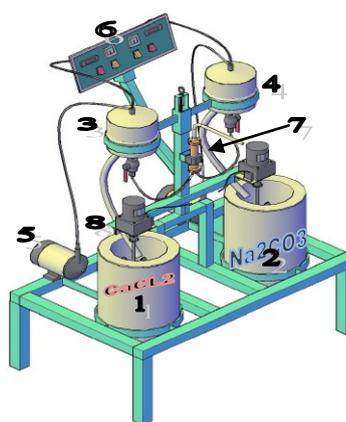
Asam malat dengan gugus karboksilat ganda juga menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap morfologi kristal. Asam malat mempengaruhi morfologi kristal bahkan pada konsentrasi sangat rendah. Konsentrasi asam malat dan pH awal larutan penting bagi morfologi akhir dari CaCO_3 . Mao dan Huang dalam percobaannya membuat konsentrasi CaCl_2 dan urea adalah tetap pada masing-masing 0,1 dan 0,6 M, pH awal adalah bervariasi

antara 7 sampai dengan 11,5, konsentrasi asam malat [MA] divariasi dari 0 sampai 40mM dan waktu aging bervariasi 1 sampai 12 jam (Mao dan Huang, 2007).

Sehubungan dengan dampak yang ditimbulkan kerak sangat merugikan, maka pertumbuhan kerak harus dicegah ataupun dihambat pertumbuhannya. Dalam makalah ini dilakukan eksperimen dalam usaha untuk menekan pertumbuhan kerak dengan jalan memvariasikan konsentrasi larutan serta penambahan aditif yang sesuai yaitu asam malat, sehingga pertumbuhan kerak dapat dihambat.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang dilakukan didalam penelitian proses pembentukan kerak CaCO_3 adalah sebagai berikut : membuat larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 dengan konsentrasi larutan 3000 ppm, 3500 ppm dan 4000 ppm bersama dengan penambahan aditif asam malat dengan konsentrasi 1, 3 dan 5 ppm dengan aquades (H_2O). Mengalirkan larutan ke dalam aliran pipa dengan kecepatan 30 ml/menit. Setelah larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 mengalir dan bercampur didalam pipa maka diambil sampel untuk diukur konduktivitasnya.

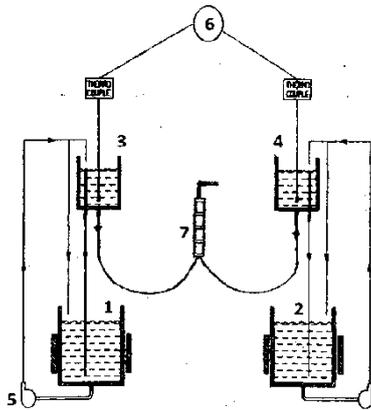


Gambar 1. Alat penelitian (Muryanto dkk, 2012)

Bagian-bagian peralatan :

1. Bejana bawah CaCl_2 ;
2. Bejana bawah Na_2CO_3 ;
3. Bejana atas CaCl_2 ;
4. Bejana atas Na_2CO_3 ;
5. Pompa air ;
6. Temperatur kontrol;
7. Kupon dan rumahnya;
8. Mixer.

Skema tahapan penelitian dapat dilihat pada skema pada gambar 2.



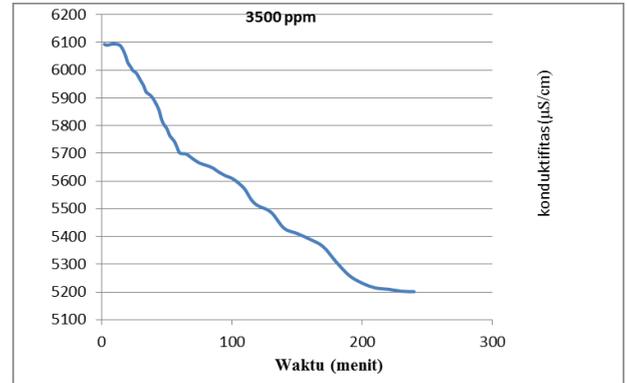
Gambar 2. Skema penelitian

Dalam penelitian ini prosedur yang dilakukan: membuat larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 masing-masing dengan konsentrasi 3500 ppm, 4000 ppm dan 4500 ppm, larutan CaCl_2 dimasukkan pada bejana 1 dan larutan Na_2CO_3 pada bejana 2 seperti pada gambar 1. Setelah mesin dinyalakan larutan CaCl_2 akan mengalir ke bejana 3 dan larutan Na_2CO_3 akan mengalir ke bejana 4. Penambahan asam malat ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$) dilarutkan ke dalam salah satu larutan dengan konsentrasi 3 ppm dan 5 ppm. Dari kedua bejana tersebut akan dialirkan menjadi satu di pipa yang di dalamnya terdapat kupon-kupon yang berguna untuk tempat menempelnya kerak kalsium karbonat (CaCO_3). Larutan yang mengalir melalui pipa kita ukur konduktifitasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi Konsentrasi Larutan

Pada percobaan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 3500 ppm diperoleh grafik hubungan antara konduktifitas dengan waktu induksi sebagai berikut :



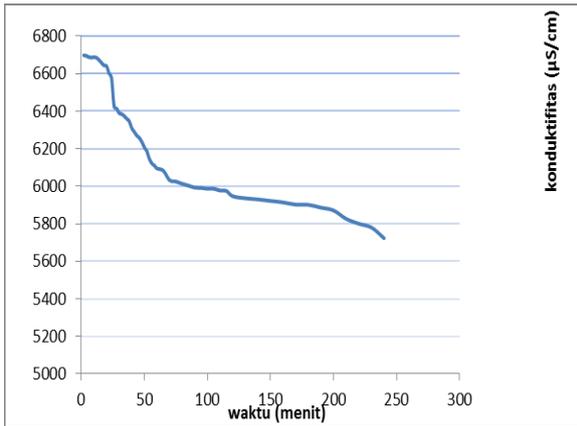
Gambar 3. Hubungan antara waktu induksi dan konduktifitas pada larutan 3500 ppm

Hasil kerak kalsium karbonat pada larutan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 3500 ppm terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Massa kupon dan hasil kerak pada larutan 3500 ppm dalam gram.

Nomor kupon	Massa kupon sebelum	Massa kupon sesudah	Berat kerak
1	33,2680	33,3285	0,0605
2	32,0046	32,0600	0,0554
3	32,6304	32,6698	0,0394
4	33,1338	33,1709	0,0371
total			0,1924

Pada percobaan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 4000 ppm diperoleh grafik hubungan antara konduktifitas dengan waktu induksi sebagai berikut :



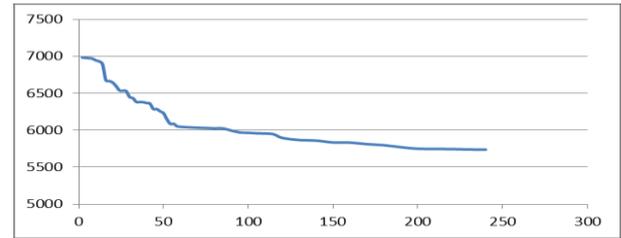
Gambar 4. Hubungan antara waktu induksi dan konduktifitas pada larutan 4000 ppm

Hasil kerak kalsium karbonat pada larutan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 4000 ppm terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Massa kupon dan hasil kerak pada larutan 4000 ppm dalam gram.

Nomor kupon	Massa kupon sebelum	Massa kupon sesudah	Berat kerak
1	33,2470	33,3207	0,0737
2	31,9824	32,0607	0,0783
3	32,6077	32,6838	0,0761
4	33,1147	33,2013	0,0866
total			0,3147

Pada percobaan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 4500 ppm diperoleh grafik hubungan antara konduktifitas dengan waktu induksi sebagai berikut.



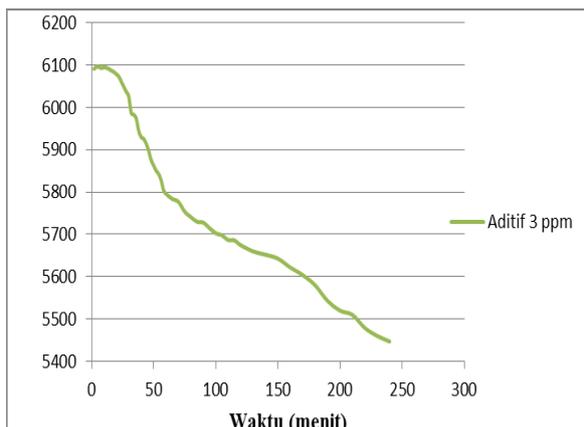
Gambar 5. Hubungan antara waktu induksi dan konduktifitas pada larutan 4500 ppm

Hasil kerak kalsium karbonat pada larutan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 4500 ppm terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Massa kupon dan hasil kerak pada larutan 4500 ppm dalam gram.

Nomor kupon	Massa kupon sebelum	Massa kupon sesudah	Berat kerak
1	33,2025	33,7675	0,5650
2	31,9252	32,0100	0,0848
3	32,5506	32,6054	0,0548
4	33,0554	33,0980	0,0426
total			0,7472

Pada percobaan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 3500 ppm dengan penambahan zat aditif asam malat dengan konsentrasi 3 ppm diperoleh grafik hubungan antara konduktifitas dengan waktu induksi sebagai berikut :



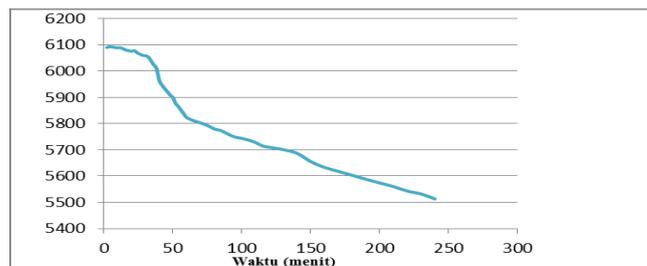
Gambar 6. Hubungan antara waktu induksi dan konduktivitas pada larutan 3500 ppm dengan aditif asam malat 3 ppm

Hasil kerak kalsium karbonat pada larutan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 3500 ppm dengan penambahan aditif asam malat dengan konsentrasi 3 ppm terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Massa kupon dan hasil kerak pada larutan 3500 ppm dalam gram, dengan penambahan aditif asam malat 3 ppm

Nomor kupon	Massa kupon sebelum	Massa kupon sesudah	Berat kerak
1	33,2005	33,2606	0,0601
2	31,9232	31,9563	0,0331
3	32,5486	32,5907	0,0421
4	33,0534	33,0993	0,0459
total			0,1812

Pada percobaan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 3500 ppm dengan penambahan zat aditif asam malat dengan konsentrasi 5 ppm diperoleh grafik hubungan antara konduktivitas dengan waktu induksi sebagai berikut :



Gambar 7. Hubungan antara waktu induksi dan konduktivitas pada larutan 3500 ppm dengan aditif asam malat 5 ppm

Hasil kerak kalsium karbonat pada larutan dengan konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 3500 ppm dengan penambahan aditif asam malat dengan konsentrasi 5 ppm terlihat pada tabel 5.

Tabel 5. Massa kupon dan hasil kerak pada larutan 3500 ppm dalam gram, dengan penambahan aditif asam malat 5 ppm

Nomor kupon	Massa kupon sebelum	Massa kupon sesudah	Berat kerak
1	33,1895	33,2097	0,0202
2	31,9076	31,9270	0,0194
3	32,5276	32,5456	0,0180
4	33,0554	33,0980	0,0198
total			0,0774

Dari data-data yang diperoleh menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi larutan akan mempercepat laju pembentukan kerak kalsium karbonat dengan massa kerak yang menunjukkan peningkatan pula. Dalam dunia industri maupun rumah tangga proses pembentukan kerak ini perlu untuk dihilangkan atau ditekan pertumbuhannya . penggunaan asam malat ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$) dapat membantu menekan pertumbuhan kerak dan menurunkan massa kerak.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pembentukan kerak kalsium karbonat pada pipa yang beraliran laminar dengan kecepatan 30 ml/menit penambahan konsentrasi larutan akan mempercepat terbentuknya kerak.

Konsentrasi larutan yang lebih tinggi akan meningkatkan massa kerak kalsium karbonat terbentuk.

Penambahan asam malat mempengaruhi terhadap waktu induksi dan massa kerak kalsium karbonat yang terbentuk. Dengan penambahan asam malat waktu induksi akan semakin besar sehingga akan memperlambat terbentuknya inti kristal. Penambahan asam malat mengurangi jumlah kerak yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhatia, A.(2003), *“cooling water problems and solutions”*, Continuing Education and Development, Inc. 9 Greyridge Farm Court Stony Point, NY 10980. Course No : M05-009.
- Euvrard, M., Membrey, F., Filiatre, C., Foissy, A.(2004), *“Crystallization of calcium carbonate at a solid / liquid interface examined by reflection of a laser beam”*, Journal of Crystal Growth, 265, pp;322-330.
- Mao, Z, Huang, J, (2007) *“Habit modification of calcium carbonate in the presence of malic acid”*, Jurnal of Solid State Chemistry 180 pp;453-460.
- Muryanto, S., Bayuseno, A.P., Sediono, W., Mangestiyono, W., Sutrisno, (2012), *“Development of a versatile laboratory project for scale formation and control”*, Chemical Engineers
- Saksono, N, Elisabeth, A. S, Setijo, B, Roekmijati W, Azwar M. (2007), *“Efek medan magnet pada penurunan kesadahan dan pencegahan pembentukan kerak CaCO₃”*, Material Science, pp;196-201
- Suharso, Buhani, Suhartati T. (2009), *“Peranan C-metil-4, 10,16,22-tetrametoksi kaliks[4]arena sebagai inhibitor pembentukan kerak kalsium karbonat (CaCO₃)”*, Indo J. Chem 9(2), pp;206-210.
- Tzotzi, C, Pahiadaki, T, Yiantsios, S.G, Karabelas, A.J, Andritsos, N,(2007) *“A study of CaCO₃ scale formation and inhibition in RO and NF membrane Processes”*, desalination, vol 296, pp;171-184.