

## PEMBENTUKAN KERAK KALSIMUM KARBONAT ( $\text{CaCO}_3$ ) DALAM PIPA ALIRAN LAMINER PADA TEMPERATUR $25^\circ\text{C}$ HINGGA $40^\circ\text{C}$ DAN PENAMBAHAN ADITIF ASAM MALAT

Muhammad Usamah<sup>1\*</sup>, A.P. Bayuseno<sup>2</sup>, S. Muryanto<sup>3</sup>

- <sup>1</sup>. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Maluku Utara, Ternate 97726, Indonesia.  
<sup>2</sup>. Program Studi Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Kampus Tembalang, Semarang 50275, Indonesia.  
<sup>3</sup>. Departemen Teknik Kimia, Universitas UNTAG, Semarang 50233, Indonesia.  
\*E-mail: Musamah80@yahoo.co.id

### Abstrak

*Pembentukan kerak (scale) merupakan masalah yang sering dijumpai dalam pipa dalam dunia industri. Terjadinya kerak karena adanya reaksi kimia antara kandungan-kandungan ion pembentuk kerak yang tidak dikehendaki yang terlarut di dalam air. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah salah satu jenis kerak yang banyak dijumpai. Akibat adanya pengerakan ini akan merugikan yaitu mempertebal dinding pipa yang dilewati cairan dan dapat mempengaruhi laju aliran ataupun perpindahan panas. Oleh karena itu harus dilakukan pencegahan untuk menghambat pertumbuhan kerak dalam pipa tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen tentang pertumbuhan kerak kalsium karbonat dalam pipa uji, dengan mereaksikan larutan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  masing-masing dengan konsentrasi 3500 ppm dengan laju alir 30 ml/menit dan temperatur yang digunakan adalah 25, 30 dan  $40^\circ\text{C}$ . Asam Malat ditambahkan ke dalam larutan sebagai aditif dengan konsentrasi 0, 3, dan 5 ppm. Pengkristalan dan selanjutnya pembentukan kerak dalam pipa dengan berubahnya konduktifitas larutan, yaitu konduktifitas makin rendah. Bentuk Kristal kalsium karbonat dapat dilihat dari hasil kajian morfologi yang dilakukan dengan menggunakan SEM, selanjutnya analisa XRD digunakan untuk membuktikan bahwa kerak yang dihasilkan dalam penelitian ini benar kerak kalsium karbonat. Dengan adanya penambahan aditif asam malat dari 3 ppm dan 5 ppm, bahwa kerak yang terbentuk makin sedikit. Aditif asam malat juga diprediksi mempengaruhi morfologi kristal dan ukurannya.*

**Keywords:**  $\text{CaCO}_3$ , temperatur, asam malat, kerak.

### Pendahuluan

Kerak adalah suatu deposit keras dari senyawa anorganik yang sebagian besar terjadi pada permukaan peralatan penukar panas yang disebabkan oleh pengendapan partikel mineral dalam air (A Bhatia, 2003). Penyebab terbentuknya endapan kerak pada pipa-pipa di industri adalah terdapatnya senyawa-senyawa pembentuk kerak dalam air dengan jumlah yang melebihi kelarutannya pada keadaan kesetimbangan sehingga terbentuk kristal. Kristal tersebut akan memperkecil diameter dan menghambat aliran fluida pada sistem pipa tersebut. Terganggunya aliran fluida menyebabkan tekanan semakin tinggi sehingga kemungkinan pipa mengalami kerusakan (Asnawati, 2001). Dengan meningkatnya temperatur maka kalsium karbonat yang terlarut semakin sedikit. Sehingga tingkat pengendapan pada suhu  $65^\circ\text{C}$  lebih tinggi daripada suhu  $30^\circ\text{C}$ , karena salah satu peningkatan kinetik dari kristalisasi dan berkurangnya larutan calcium carbonat pada suhu yang lebih tinggi (Grases dkk, 2007). Saat ini pengolahan air dan pencegahan pembentukan kerak umumnya dilakukan secara kimiawi seperti resin penukar ion dan penambahan inhibitor kerak. Metode kimiawi ini dapat mengubah sifat kimia larutan sehingga tidak cukup aman untuk digunakan pada rumah tangga dan industri makanan. Selain itu investasinya yang cukup besar mengakibatkan proses-proses tersebut hanya cocok untuk industri yang memerlukan air olahan dalam jumlah besar (Kozic dkk, 2003).

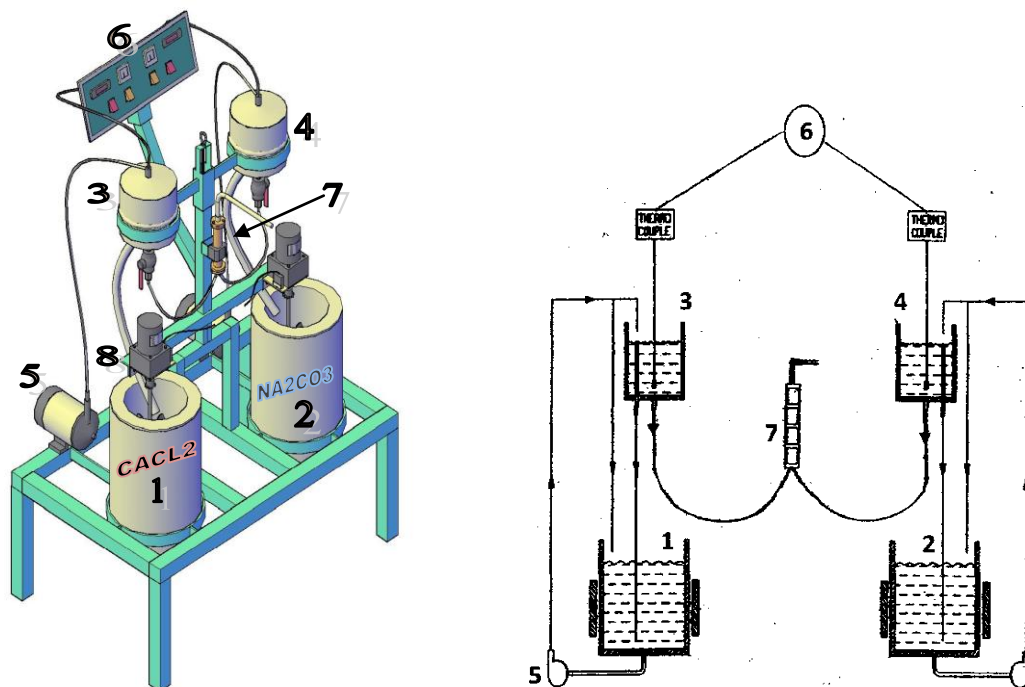
Dengan menggunakan asam malat sebagai aditif, dimana penelitian dilakukan dari tanpa aditif sampai 40 mM asam malat. Menunjukkan bahwa semakin meningkat asam malat mempengaruhi terbentuknya kristal morfologi dan ukurannya (Mao dan Huang, 2007).

Paper ini bertujuan untuk mengetahui mekanisme pembentukan kerak  $\text{CaCO}_3$  didalam pipa dengan aliran laminer, dan pengaruh temperatur dari 25 sampai  $40^\circ\text{C}$ , dan penambahan aditif asam malat.

### 3. Metodologi

Penelitian yang dilakukan untuk mengkaji pembentukan kerak pada pipa beraliran laminer ini, dengan mereaksikan larutan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , dan asam malat sebagai aditif. Untuk membuat larutan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dilakukan perhitungan konsentrasi larutan dengan laju alir 30 ml/menit. Kemudian mempersiapkan kupon atau pipa uji, dimana jumlah kupon ada empat pasang, dengan panjang 30 mm, diameter luar 18 mm dan diameter dalam 12,5 mm. Kecepatan aliran meninggalkan kupon tepat sesuai disain yaitu 30 ml/menit. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung standar deviasi aliran, dengan demikian alat yang dibuat mempunyai laju alir stabil. *Conductivitymeter* digunakan untuk mengukur konduktivitas larutan.

Keakuratan instrumentasi ini bisa diuji dengan melakukan pengukuran terhadap konduktivitas aquades. Gambar 1. Merupakan alat penelitian



Gambar 1. Gambar alat Penelitian (S. Muryanto dkk, 2012)

Kecepatan alir dari bejana I dan bejana II harus seragam. Hal ini bisa diamati melalui saluran pengontrol level. Bila level kedua bejana selalu sama maka kecepatan alir keduanya sama. Pengaturan harga  $\Delta h$  yaitu selisih ketinggian antara permukaan larutan pada bejana III dan IV terhadap saluran limbah sebagai pengatur laju alir diuji dengan *trial and error*. Pengujian SEM dan pengujian *microanalyser* bisa dilakukan pada satu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM-EDX. Pengujian SEM dilakukan untuk mengkaji morfologi kristal sedangkan pengujian

*microanalyser* bertujuan untuk mengetahui komposisi kristal dan pengujian XRD untuk membuktikan bahwa kerak dari hasil penelitian itu betul-betul kerak Calcium Carbonat (CaCO<sub>3</sub>).

Pengambilan data dilakukan sebanyak sembilan kali yaitu terdiri dari tiga kali percobaan untuk pembentukan kerak tanpa aditif, tiga kali percobaan untuk pembentukan kerak dengan aditif C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub> 3 ppm, tiga kali percobaan untuk pembentukan kerak dengan aditif C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub> 5 ppm. Pertama kali larutan CaCl<sub>2</sub> dimasukkan sejumlah lima liter dalam bejana I selanjutnya larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dimasukkan kedalam bejana II lima liter pula. Setelah itu pompa dihidupkan dan larutan naik mengisi sampai batas atas bejana III dan bejana IV dan segera kemudian pompa dimatikan. Beberapa saat kemudian pompa dihidupkan dan larutan mulai mengisi kupon dan dengan demikian percobaan telah dimulai. Pencatat waktu pada saat yang sama juga diaktifkan dimana setiap dua menit sekali perlu dilakukan pengukuran terhadap konduktifitas larutan. Untuk melakukan pengukuran konduktifitas larutan limbah larutan yang keluar dari kupon ditampung pada bejana kecil yang terbuat dari plastik dan segera mungkin elektroda *conductivitymeter* dimasukkan. *Conductivitymeter* akan mengukur nilai konduktifitas larutan sehingga pembacaan digitalnya mulai berjalan dari nol naik terus sehingga akhirnya berhenti. Angka yang terakhir inilah yang dicatat. Demikian ini dilakukan berulang ulang setiap dua menit sekali. Setelah waktu mencapai empat jam maka pompa dihentikan dan saluran menuju kupon dilepas. Satu jam kemudian kupon diambil dari rumah kupon dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 60<sup>o</sup>C selama enam jam. Penimbangan massa kerak dilakukan pada waktu kerak masih menempel pada kupon.

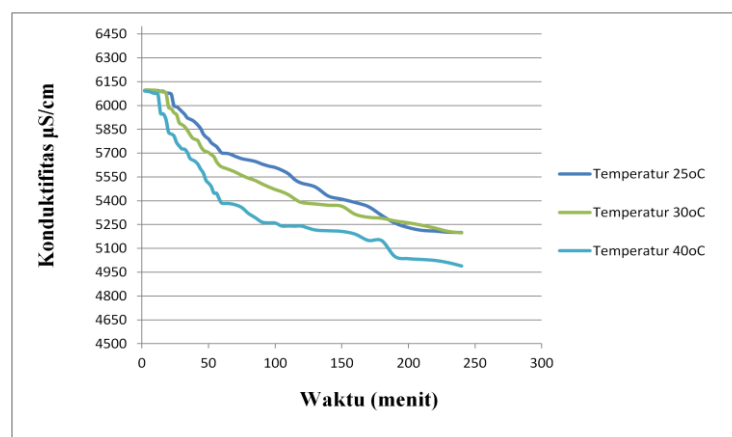
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Waktu Induksi

Waktu induksi adalah waktu yang dibutuhkan oleh ion-ion dalam larutan untuk bereaksi sehingga membentuk inti kristal yang pertama kali. Metode yang digunakan untuk menentukan lamanya waktu induksi adalah dengan mengukur konduktifitas larutan yang keluar dari pipa uji. Akhir waktu induksi ditunjukkan oleh terjadinya penurunan mendadak dari konduktifitas larutan, yang berarti sejumlah ion pembentuk kristal telah meninggalkan larutan untuk membentuk kristal pada dinding pipa. Waktu induksi dihitung dari mulai bereaksinya ion-ion pembentuk kalsium karbonat sampai dengan konduktifitas larutan turun mendadak.

#### 3.2 Pengaruh Temperatur terhadap Waktu Induksi

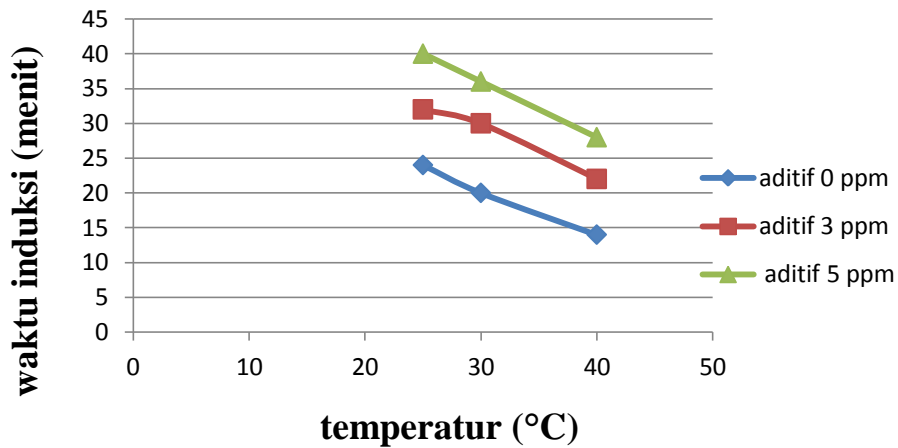
Pengaruh temperatur terhadap waktu induksi dapat diketahui dengan membuat grafik hubungan antara waktu dengan konduktifitas dengan variasi temperatur yang di hasilkan pada setiap percobaan seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara waktu dengan konduktifitas untuk tiga variasi temperatur tanpa aditif

Gambar 3. terlihat bahwa untuk percobaan pembentukan kerak kalsium karbonat pada temperatur 25°C mempunyai pola yang sama dengan grafik pada percobaan dengan temperatur 30°C dan grafik pada percobaan dengan temperatur 40°C.

Untuk pengaruh temperatur terhadap waktu induksi dapat diketahui dengan membuat grafik hubungan antara temperatur dengan waktu induksi, seperti terlihat pada gambar 4.

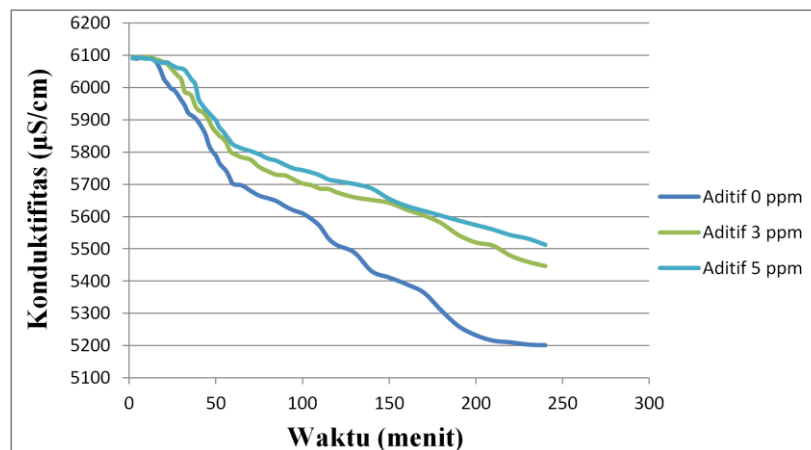


Gambar 4 Hubungan antara temperatur dengan waktu induksi

Dari gambar 4 terlihat bahwa untuk percobaan pembentukan kerak  $\text{CaCO}_3$  tanpa aditif, menunjukkan bahwa pada percobaan dengan temperatur 25°C waktu induksinya adalah 24 menit, pada percobaan tanpa aditif dengan temperatur 30°C waktu induksinya adalah 20 menit dan pada percobaan dengan temperatur 40°C waktu induksinya adalah 14 menit, sehingga semakin tinggi temperatur semakin pendek waktu induksinya, yang berarti inti kristal semakin cepat terbentuk. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa meningkatnya temperatur menyebabkan turunnya waktu induksi pada kondisi tingkat lewat jenuh yang tetap (C.Y. Tai, dan C. Chien, 2003).

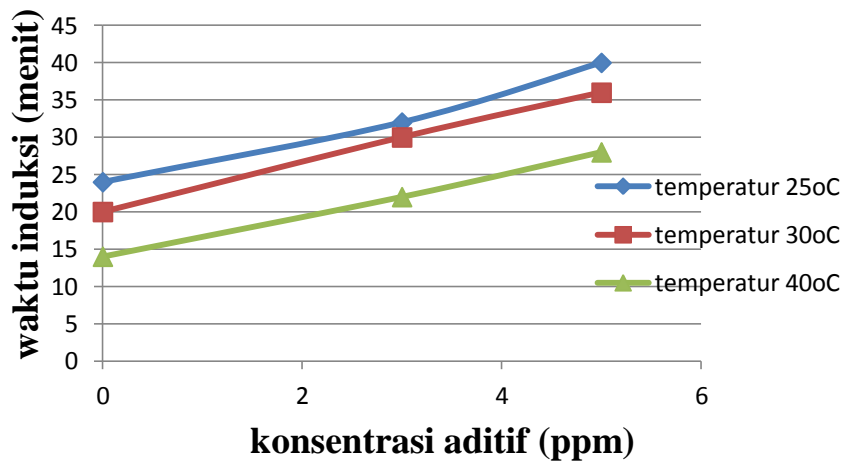
### 3.3 Pengaruh Aditif terhadap Waktu Induksi

Pengaruh aditif terhadap waktu induksi dapat diketahui dengan membuat grafik hubungan waktu dengan konduktifitas dengan variasi aditif pada temperatur 25°C yang di hasilkan pada setiap percobaan seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 5. Hubungan antara waktu dengan konduktifitas untuk tiga variasi aditif pada temperatur 25°C

Dari gambar 5 terlihat bahwa grafik yang terjadi pada percobaan dengan temperatur 25°C dengan aditif dan tanpa aditif mempunyai bentuk yang sama. Untuk pengaruh aditif terhadap waktu induksi dapat diketahui dengan membuat grafik hubungan antara konsentrasi dengan waktu induksi seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6 Hubungan antara konsentrasi aditif dengan waktu induksi

Dari gambar 6, terlihat bahwa pada percobaan pada temperatur 25°C, pada percobaan tanpa aditif waktu induksinya adalah 24 menit, waktu induksi untuk percobaan dengan aditif 3 ppm adalah 32 menit dan pada percobaan dengan aditif 5 ppm waktu induksi adalah 40 menit. Waktu induksi untuk setiap kali percobaan tidak sama, bila aditif ditambahkan dengan konsentrasi yang berbeda maka waktu induksinya akan berubah. Dari ketiga grafik tersebut semuanya menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aditif (0 ppm – 5 ppm) semakin lama waktu induksinya.

### 3.4 Perhitungan Massa Kerak dan Laju Pertumbuhan Kerak Rata-Rata

Perhitungan massa kerak dan laju pertumbuhan kerak rata-rata dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan dalam analisa data. Massa kerak diketahui dari selisih antara massa kupon yang telah ditumbuhi dengan massa kupon sebelum percobaan (tanpa kerak). Massa kerak dari kupon 1 dijumlahkan dengan massa kerak dari kupon 2, kupon 3 dan kupon 4, selanjutnya di tabulasikan seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan massa kerak untuk temperatur 30°C

Nomor kupon	Massa kupon tanpa kerak (gram)	Massa Kupon dengan kerak (gram)	Massa Kerak (gram)
Kupon 1	33,2216	33,6404	0,418
kupon 2	31,9501	31,9728	0,0227
kupon 3	32,5758	32,5908	0,015
kupon 4	33,0818	33,0865	0,0047
Jumlah	130,8293	131,2905	0,4612

#### 4. Kesimpulan

Temperatur mempunyai pengaruh yang kuat terhadap waktu induksi, yaitu bila temperatur naik maka waktu induksinya akan turun, artinya kenaikan temperatur akan mempercepat terbentuknya inti kristal. Aditif Asam Malat ( $C_4H_6O_5$ ) mampu memperpanjang waktu induksi, yang berarti mampu menghambat terbentuknya inti kristal. Bila aditif ditambahkan semakin banyak maka waktu induksinya juga semakin lama, artinya proses pembentukan inti kristal menjadi lebih lambat.

#### 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
- Asnawati, 2001, *Pengaruh temperatur terhadap reaksi fosfonat dalam inhibitor kerak pada sumur minyak*. Jurnal ILMU DASAR, vol.2 no.1.
- F. Grases, J. Perelló, B. Isern and A. Costa-Bauzá, 2007, *Myo-inositol hexakisphosphate (phytate) inhibits calcium carbonate crystallisation in hard water*. Water SA vol. 33 no. 5 October 2007
- Kozic V. and Lipus L.C, (2003), *Magnetic water treatment for a less tenacious scale*. Journal Chem. Inf. Comput. Sci., 43, 1815-1819
- Zhaofeng Mao, Jianhua Huang, 2007, *Habit modification of calcium carbonate in the presence of malic acid*, Chem., 180, 453-460
- S. Muryanto, A.P. Bayuseno, W. Sediono, W. Mangestiyono, Sutrisno, (2012), *Development of a versatile laboratory project for scale formation and control*, Chemical Engineers.
- C. Y. Tai, W. C. Chien, (2003), *Interpreting the effect of operating variables on the induction period of  $CaCl_2$ - $NaCO_3$  system by a cluster coagulation model*. Chem. Eng. Science 58, 3233-3241