

**PEMBENTUKAN KERAK CaCO₃ PADA ALAT SIMULATOR
PEMBENTUK KERAK DENGAN KONSENTRASI Ca²⁺ 3000 ppm
PADA LAJU ALIR 30 mL/menit DAN 40 mL/menit**

Rio Indra Saksono¹, Samsudi Raharjo² dan Rubijanto JP³

ABSTRAK

Pembentukan kerak pada sistem perpipaan di industri maupun rumah tangga menimbulkan banyak permasalahan teknis dan ekonomis. Hal ini disebabkan karena kerak dapat menutupi atau menyumbat air yang mengalir dalam pipa dan sekaligus menghambat proses perpindahan panas pada peralatan penukar panas. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengembangkan alat *Closed Circuit Scale Simulator*, memahami mekanisme pembentukan kerak CaCO₃ dengan laju alir 30 mL/menit dan 40 mL/menit didalam pipa dengan aliran fluida dan mengkaji hasil morfologi, kristalograpi dan komposisi kerak. Hasil yang didapatkan selama pengujian dengan mereaksikan CaCl₂ dan Na₂CO₃ menggunakan larutan Ca²⁺ berkonsentrasi 3000 ppm dengan laju alir 30 ml/menit dan 40 mL/menit dengan pengukuran waktu induksi. Hasil penelitian didapatkan waktu induksi untuk laju alir 30 mL/menit adalah 40 menit dengan nilai konduktivitas 8110 μS/cm sedangkan pada laju alir 40 mL/menit memiliki waktu induksi 28 menit dengan nilai konduktivitas sebesar 8400 μS/cm. Dari hasil SEM dan EDS antara laju alir 30 mL/menit dan 40 mL/menit terlihat bentuk morfologi kubus dengan struktur Kristal *Rombohedral*.

Kata Kunci: Kerak CaCO₃, Laju Alir, Waktu Induksi, SEM-EDS

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 (Antony dkk, 2011). 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).

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

Peningkatan laju aliran akan memperpendek periode induksi karena meningkatkan frekuensi pertumbuhan molekul dalam larutan. Tingkat pertumbuhan kristal ditentukan oleh kemampuan difusi zat terlarut ke permukaan kristal dan kemampuan pengendapan zat terlarut di permukaan (Asnawati dkk., 2001). Kekuatan yang memudahkan difusi zat terlarut adalah perbedaan konsentrasi zat terlarut antara permukaan kristal dan larutan. Faktor yang perlu diperhatikan dalam laju difusi zat terlarut adalah laju alir (Fathi dkk., 2006). Laju aliran air dan pH-perlakuan pada perangkat magnet memiliki dampak penting pada jenis nukleasi dan jumlah kalsium karbonat yang diendapkan pada akhir uji pengerakan. Laju aliran dan pH-perlakuan sekaligus laju pengendapan yang semakin tinggi, memperbanyak nukleasi yang terjadi dalam larutan (Alimi dkk, 2007).

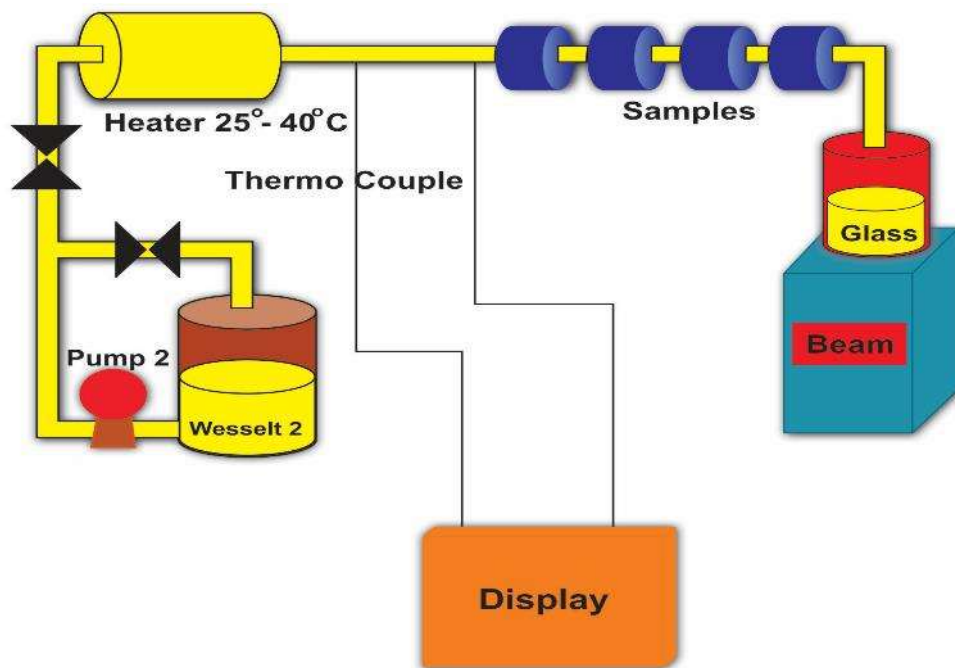
Hisyam (2013) menyatakan bahwa dengan meningkatnya laju aliran menyebabkan waktu induksi lebih cepat. Hal tersebut karena selain membawa komponen kerak lebih banyak dalam fluida, laju alir yang tinggi menyebabkan ion bergerak lebih cepat yang berdampak semakin cepat pula reaksi yang terjadi antar ion (Muryanto dkk., 2014). Oleh karena itu, pada penelitian ini mempelajari tentang pengaruh laju alir terhadap pembentukan kerak CaCO_3 , sehingga pertumbuhan kerak kalsium karbonat yang terbentuk di dalam pipa-pipa industri dapat diketahui. Penelitian ini juga mempelajari perubahan fasa kristal dan pertumbuhan massa kerak.

Metodologi

Pengujian ini dilakukan dengan menghitung devibisi aliran, dengan demikian alat yang dibuat mempunyai laju alir stabil. Kecepatan aliran meninggalkan sampel-sampel pengujian tepat sesuai desain yaitu 30 mL/menit dan 40 mL/menit. Conductivity meter digunakan untuk mengukur konduktivitas larutan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat yang di rancang sendiri oleh peneliti terdahulu. Alat tersebut terdiri dari empat buah bejana yaitu dua bejana dibawah (1,2) dengan kapasitas 6 liter dan dua bejana diatas (3, 4) dengan kapasitas 0,8 liter. Kegunaan bejana tersebut adalah untuk menampung larutan CaCl_2 pada bejana 1 dan 3 dan larutan Na_2CO_3 pada bejana 2 dan 4. Pada alat tersebut dipasang dua buah pompa yang digunakan untuk memompa larutan CaCl_2 dari bejana 1 ke bejana 3 dan larutan Na_2CO_3 dari bejana 2 ke bejana 4. Permukaan larutan pada bejana 3 dan 4 dijaga agar keduanya mempunyai ketinggian yang sama dan dapat

diatur naik atau turun guna mendapatkan perbedaan ketinggian permukaan dengan pengeluaran akhir dari rumah kupon sehingga dapat digunakan untuk mengatur laju aliran.

Larutan yang berada didalam bejana 3 dan 4 kemudian secara bersamaan dialirkan menuju kupon, selanjutnya larutan tersebut mengalir dan masuk kedalam bejana penampungan yang kemudian dibuang sebagai limbah. Didalam kupon-kupon larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 bereaksi sehingga membentuk kerak. Kerak tersebut mengendap pada dinding-dinding kupon yang disebut sebagai kerak CaCO_3 . Skema alat prototype closed circuit scale simulator dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



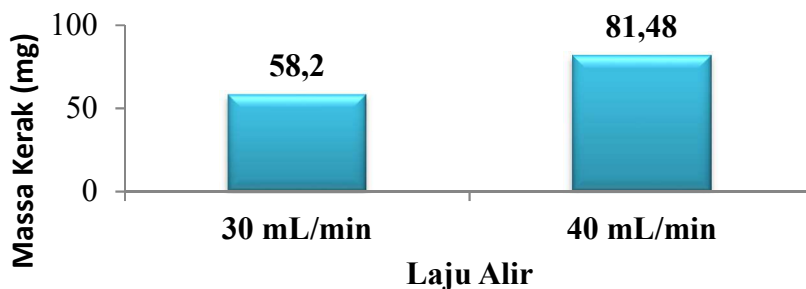
Gambar 1. Skema Alat *Prototype Closed Circuit Scale Simulator*

Pengujian SEM dan pengujian microanalyzer bisa dilakukan pada suatu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM-EDS. Pengujian SEM dilakukan untuk mengkaji morfologi kristal sedangkan pengujian microanalyzer atau EDS bertujuan untuk mengetahui komposisi kristal kalsium karbonat (CaCO_3).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Laju Alir Terhadap Massa Kerak CaCO_3

Penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap massa kerak kalsium karbonat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh laju alir terhadap pembentukan massa kerak kalsium karbonat.



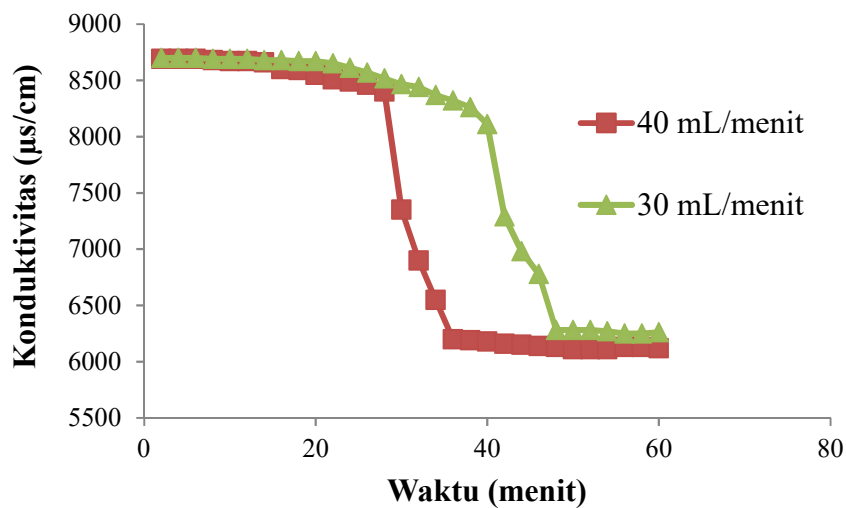
Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Laju Alir Dengan Massa Kerak Kalsium Karbonat.

Pada Gambar 2, menunjukkan bahwa pada laju alir 40 mL/menit, massa kerak kalsium karbonat yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan pada laju alir 30 mL/menit. Ini menunjukkan pada laju alir 40 mL/menit, reaksi antara reaktan CaCl_2 dan Na_2CO_3 berjalan lebih cepat dibanding pada laju alir 30 mL/menit. Seperti penelitian yang dilakukan Garcia (2001) yang menemukan bahwa pada aliran laminar teramati bahwa laju pergerakan meningkat bersama dengan peningkatan laju alir.

Analisa Waktu Induksi

Analisa yang dilakukan yaitu tentang waktu yang dibutuhkan oleh senyawa kalsium karbonat untuk membentuk inti kristal pertama kali. Waktu induksi ditandai dengan menurunnya nilai konduktivitas larutan secara tajam yang menandakan bahwa ion kalsium telah bereaksi dengan ion karbonat dan mengendap membentuk kerak.

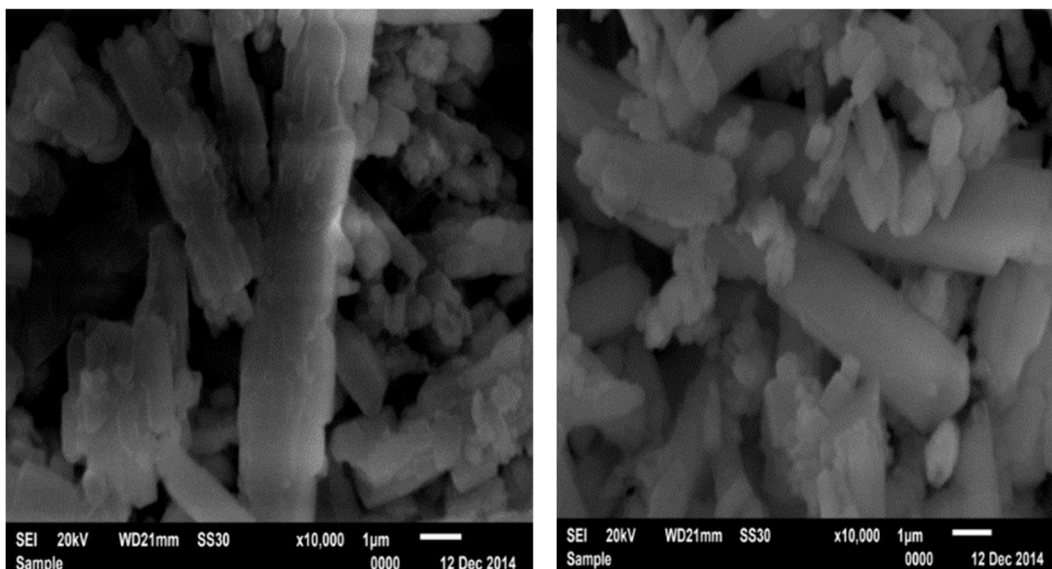
Semakin tinggi laju alir, semakin cepat pula waktu induksi yang terjadi. Semakin kecil waktu induksi berarti semakin cepat inti kristal CaCO_3 terbentuk. Waktu induksi untuk laju alir 30 mL/menit adalah 40 menit dengan nilai konduktivitas 8110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sedangkan pada laju alir 40 mL/menit memiliki waktu induksi 28 menit dengan nilai konduktivitas sebesar 8400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai waktu induksi pada laju alir 40 mL/menit lebih rendah dari pada laju alir 30 mL/menit.



Gambar 3. Grafik Hubungan Konduktivitas Dengan Waktu

Pengujian SEM

Pengujian SEM dan pengujian *microanalyser* bisa dilakukan pada suatu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM-EDS. Pengujian SEM dilakukan untuk mengkaji morfologi kristal sedangkan pengujian *microanalyser* bertujuan untuk mengetahui komposisi kalsium karbonat.



(a)

(b)

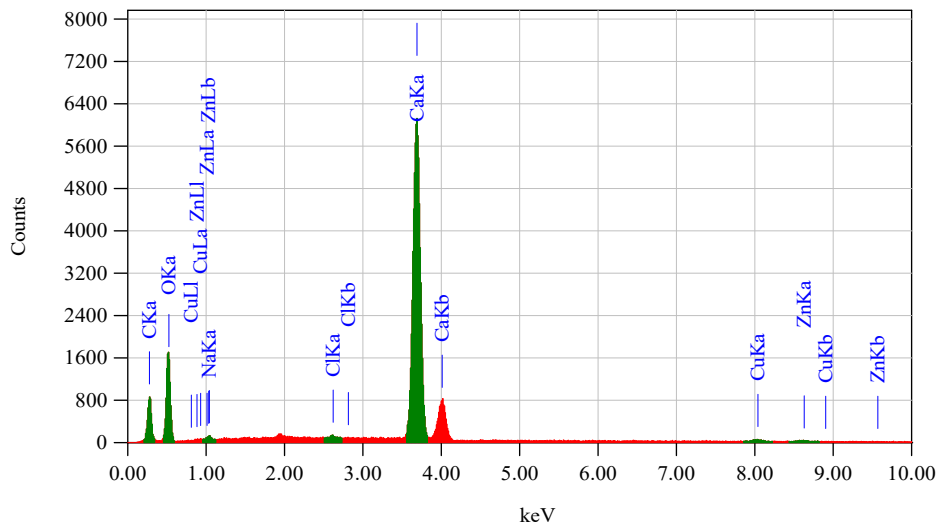
Gambar 4. Morfologi Kerak Kalsium Karbonat Hasil Percobaan Dengan Laju Alir

(a) 30 mL/menit (b) 40 mL/menit.

Perbedaan morfologi antara laju alir 30 mL/menit dan 40 mL/menit adalah bentuk kristal laju alir 40 mL/menit lebih besar dan banyak dibandingkan dengan pada laju alir 30 mL/menit. Fase kalsit kerak kalsium karbonat memiliki bentuk kristal rombohedral. Dari kedua hasil uji SEM tersebut menandakan bahwa laju alir yang lebih besar mampu meningkatkan pembentukan fasa kalsit yang merupakan jenis fasa hardscale.

Pengujian EDS

Pada prinsipnya mikroskop elektron dapat mengamati morfologi, struktur mikro, komposisi, dan distribusi unsur. Untuk menentukan komposisi unsur secara kualitatif dan kuantitatif perlu dirangkaikan satu perangkat alat EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectrometer*). Grafik Hasil EDS



Gambar 4.4. Gambar Hasil Analisis EDS

Hasil analisa mikro meliputi komposisi atom pembentuk kristal yang dinyatakan dalam presentase atom. Presentase diatas bila dibandingkan dengan hitungan secara teoritis ternyata mempunyai perbedaan. Menurut perhitungan teoritis presentase berat kandungan Ca pada CaCO_3 seharusnya adalah $40/100 \times 100\% = 40 \text{ wt}\%$ sedangkan hasil analisa mikro kandungan Ca = 47,20% sehingga mempunyai selisih 10,2%. Untuk kadar carbon (C) seharusnya $12/100 \times 100\% = 12 \text{ wt}\%$ sedangkan hasil analisa mikro 18,10% wt sehingga

mempunyai selisi 6,1%. Untuk kadar oksigen seharusnya $48/100 \times 100\% = 48 \text{ wt\%}$ sedangkan hasil analisa mikro menunjukkan 51,38% sehingga mempunyai selisi 3,38% .

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa: Semakin besar laju alir, massa kerak yang terbentuk semakin banyak. Hasil penelitian menunjukkan pada laju alir 30 mL/menit diperoleh massa kerak CaCO_3 sebesar 58,2 mg sedangkan pada laju alir 40 mL/menit menghasilkan massa kerak CaCO_3 81,48 gram. Semakin besar laju alir, waktu induksi akan semakin cepat. Waktu induksi untuk laju alir 30 mL/menit adalah 40 menit dengan nilai konduktivitas 8110 $\mu\text{S/cm}$ sedangkan pada laju alir 40 mL/menit memiliki waktu induksi 28 menit dengan nilai konduktivitas sebesar 8400 $\mu\text{S/cm}$. Dari hasil SEM antara tanpa penambahan dan dengan penambahan terlihat bentuk morfologi kubus dengan struktur Kristal rombohedral. Dari hasil uji EDX diketahui unsur-unsur pembentuk kerak CaCO_3 . Dan hasil EDX tersebut memiliki kesamaan bila dibandingkan dengan EDS penelitian CaCO_3 yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimi, F., Tlili, M., Amor, M.B., Gabrielli, C., Maurin, G. (2007), *Influence of magnetic field on calcium carbonate precipitation*, Desalination, 206, 163-168.
- Antony, A., Low, J. H., Gray, S., Childress, A. E., Le-Clech, P., Leslie, G. (2011). *Scale formation and control in high pressure membrane water treatment systems: A review*. Journal of Membrane Science, 383, 1-16.
- Asnawati., (2001). *Pengaruh temperatur terhadap reaksi fosfonat dalam inhibitor kerak pada sumur minyak*. Jurnal Ilmu Dasar, Vol.2. No.1, Hal.20-26.
- Bhatia, A. (2003), "cooling water problems and solutions", Continuing Education and Development, Inc. 9 Greyridge Farm Court Stony Point, NY 10980. Course No : 05-009.
- Fathi, A., Mohamed, T., Claude, G., Maurin, G., Mohamed, B. A. (2006). Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. *Water Research*, 40(10), 1941-1950.

- Garcia, C., Courbin, G., Ropital, F., Fiaud, C. (2001), *Study of the scale inhibition by HEDP in a channel flow cell using a quartz crystal microbalance*, *Electrochimica Acta*, 46, pp: 973-985.
- Hisyam (2013). *Pembentukan kerak kalsium karbonat (CaCO_3) di dalam pipa beraliran laminar pada laju alir 30 ml/menit hingga 50 ml/menit dan penambahan aditif*. In *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik (Vol. 1, No. 1)*.
- Muryanto, S., Bayuseno, A. P., Ma'mun, H., Usamah, M. (2014). *Calcium carbonate scale formation in pipes: effect of flow rates, temperature, and malic acid as additives on the mass and morphology of the scale*. *Procedia Chemistry*, 9, 69-76.

PENULIS:

RIO INDRA SAKSONO, SAMSUDI RAHARJO² DAN RUBIJANTO JP³
Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Kasipah No. 12 Semarang
e-mail : rioindra171@yahoo.com