

**W. Sediono¹⁾,
A.P. Bayuseno²⁾
Dan
S. Muryanto³⁾**

¹⁾Dosen Program Diploma III
Teknik Mesin Undip
²⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin
Undip
³⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Untag 17-8-45 Semarang

EKSPERIMEN PEMBENTUKAN KERAK GIPSUM DENGAN KONSENTRASI Ca^{2+} : 3500 ppm DAN ADITIF Fe^{2+}

Pengerakan (scaling) merupakan masalah yang kompleks dan selalu terjadi di dalam suatu industri. Terjadinya kerak karena proses alami adanya reaksi kimia antara kandungan-kandungan yang tidak dikehendaki yang terlarut di dalam air seperti: Ca^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} dan Mg^{2+} . Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adalah salah satu komponen utama dari 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 harus dilakukan pencegahan untuk menghambat pertumbuhan kerak dalam pipa tersebut.

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen tentang pertumbuhan kerak gypsum dalam pipa uji, dengan mereaksikan CaCl_2 dan Na_2SO_4 dengan laju alir 30 ml/menit dan konsentrasi larutan 3500 ppm, Ca^{2+} . Fe^{2+} ditambahkan kedalam larutan sebagai impuritas. Adapun pipa uji berisi empat pasang kupon terbuat dari kuningan karena tahan terhadap korosi.

Pembentukan kristal gypsum dapat dilihat dari menurunnya nilai konduktivitas larutan pada waktu percobaan sehingga waktu induksinya dapat diketahui. Bentuk kristal gypsum dilihat dari hasil kajian morfologi yang dilakukan dengan menggunakan SEM, Massa kerak ditimbang untuk mengetahui pengaruh penambahan aditif terhadap massa kerak yang terjadi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan aditif Fe^{2+} 5 ppm memperpanjang waktu induksi 27.2 %, menurunkan massa kerak 17.6 % dan penambahan aditif Fe^{2+} 10 % memperpanjang waktu induksi 54.5 % menurunkan massa kerak 38.5 %.. Aditif juga mempengaruhi morfologi Kristal gypsum yaitu kristal menjadi lebih pendek tapi tidak merubah bentuk kristal, yaitu tetap orthorhombic.

Keywords : Fe^{2+} , gypsum, impuritas, pencegahan kerak

PENDAHULUAN

Pengerakan (scaling) merupakan masalah yang kompleks dan selalu terjadi didalam suatu kegiatan industri terutama pada alat-alat *water reservoir*, *boiler*, *heat exchanger*, *condenser* dan pipa saluran air (Jamaialahmadi dkk, 2007). Kerak didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substrat Pengerakan adalah proses alami yang terjadi karena adanya reaksi kimia antara kandungan-kandungan yang tidak dikehendaki yang terdapat dalam air. Dalam operasi produksi di industri sering ditemui kerak mineral seperti: CaSO_4 , CaCO_3 dan MgSO_4 . Senyawa ini dapat larut dalam air. Gypsum adalah salah satu komponen utama dari kerak yang banyak dijumpai di berbagai industri. Gypsum atau kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adalah garam yang sedikit larut dalam air. Gypsum mengkristal berbentuk jarum, yang cenderung membentuk kerak pada permukaan alat-alat proses di dalam industri, (Hoang dan Ang, 2007)

Kerak yang terjadi pada dinding pipa atau pada bejana akan berakibat menimbulkan berbagai kerugian pada sistem industri seperti penyempitan aliran berakibat menurunnya debit dan menambah waktu proses, semua itu akan meningkatkan biaya produksi, akibat lain adalah penambahan ketebalan dinding pipa misal pada dinding ketel pipa air dimana pada pipa tersebut dilakukan pembakaran maka proses perpindahan panas secara konduksi akan terhalang oleh lapisan kerak yang berakibat terjadinya kehilangan panas. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pengerakan sangat merugikan proses industri oleh karenanya harus dihambat atau dihilangkan agar proses industri tidak terganggu dan mengalami kerugian cukup besar. Pertumbuhan kerak dapat dihambat dengan cara memberikan aditif.

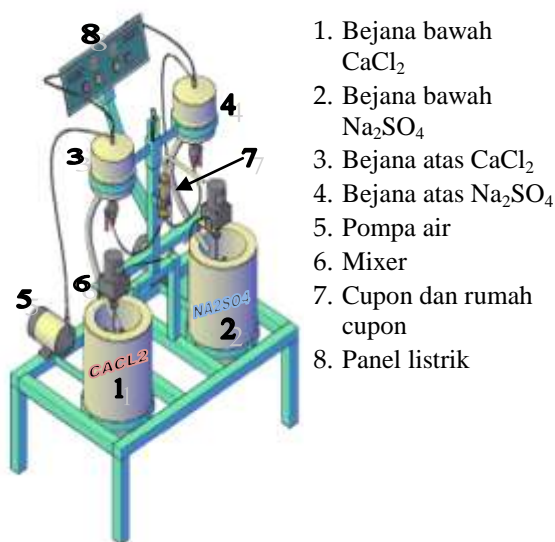
Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian dilakukan dengan memfokuskan pada pengaruh penambahan aditif terhadap waktu pembentukan massa kerak serta morfologi kerak gypsum, dengan mengetahui pertumbuhan kerak gypsum yang terjadi di dalam pipa uji maka dalam penelitian ini bertujuan untuk medapatka cara yang tepat

bagaimana pencegahan kerak supaya jangan sampai kerak tumbuh atau paling tidak dihambat pertumbuhannya.

METODE PENELITIAN

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- larutan Na_2SO_4 yang dibuat dengan melarutkan kristal Na_2SO_4 (analitik) dengan aquades
- larutan CaCl_2 yang dibuat dengan melarutkan kristal CaCl_2 (analitik) dengan aquades
- kristal FeCl_2 (analitik) sebagai aditif



Gambar 1 Peralatan uji

Kupon dan rumah kupon terbuat dari kuningan, kupon terdiri dari empat pasang masuk kerumah kupon membentuk seperti pipa dan kupon ini dilewati larutan yang akan membentuk kerak. Adapun ukuran kupon setelah terpasang pada rumahnya: diameter dalam: 12.5 mm dan empat pasang kupon 120 mm. Kupon dan rumah kupon ditunjukkan di gambar 2.



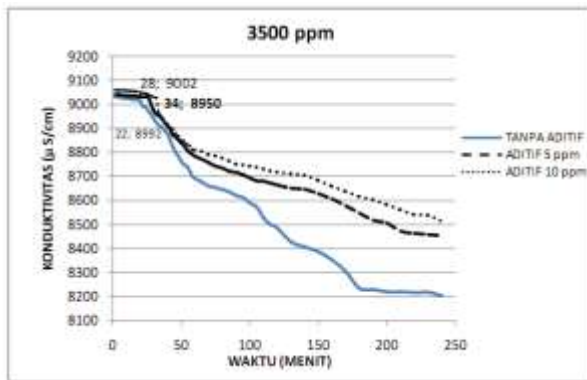
Gambar.2 Kupon dan rumahnya

Penelitian yang dilakukan untuk mengkaji pembentukan kerak pada pipa beraliran laminar ini melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dirancang sendiri oleh peneliti. Alat terdiri dari lima bejana yaitu bawah dua bejana (1,2) dan atas dua bejana (3,4) dan satu lagi untuk bejana penampungan. Bejana 1 dan 3 untuk menampung larutan CaCl_2 dan bejana 2 dan 4 untuk menampung larutan Na_2SO_4 . Pompa (5) dipasang guna memompa larutan dari bejana 1 menuju bejana 3, pompa yang kedua digunakan untuk memompa larutan dari bejana 2 menuju bejana 4. Permukaan larutan pada bejana 3 dan bejana 4 dijaga agar keduanya mempunyai ketinggian yang sama dan dapat di atur naik atau turun agar mendapatkan perbedaan ketinggian permukaan dengan pengeluaran akhir dari rumah kupon sehingga dapat mengatur laju aliran. Larutan yang terdapat pada bejana 3 dan 4 secara bersamaan dialirkan menuju kupon dan seterusnya menuju dibuang dalam penampungan sebagai limbah. Laju alir dalam penelitian ini adalah 30 ml/menit selama pengambilan data 4 jam. Didalam kupon Ca^{2+} dan SO_4^{2-} dari kedua larutan mengadakan reaksi dan mengendap pada dinding kupon sehingga terjadi kerak CaSO_4 . Nilai konduktivitas yang berubah pada saluran limbah diukur dengan menggunakan *conductivitymeter*. Pengukuran konduktivitas larutan dilakukan setiap dua menit sekali untuk satu jam pertama, setiap lima menit untuk jam yang kedua dan untuk jam yang ketiga dan ke empat adalah sepuluh menit sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada kajian ini untuk mengetahui waktu induksi pembentukan kristal gipsum pada konsentrasi larutan Na_2SO_4 dan CaCl_2 3500 ppm Ca^{2+} dengan penambahan aditif Fe^{2+} 5 ppm, 10 ppm dan tanpa aditif dijadikan satu grafik seperti ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan konduktivitas dengan waktu pada Konsentrasi larutan 3500 ppm Ca^{2+} dengan aditif Fe^{2+} dan tanpa aditif

Pada grafik tersebut terlihat bahwa waktu induksi untuk konsentrasi larutan 3000 ppm tanpa aditif sebesar 22 menit, dengan aditif Fe^{2+} 5 ppm 28 menit dan aditif 10 ppm sebesar 34 menit. Hasil dari massa kerak dengan adanya penambahan aditif Fe^{2+} 5 ppm dan 10 ppm seperti terlihat pada Gambar 3, Dengan konsentrasi larutan yang sama mempunyai pola menurunkan nilai laju pertumbuhan kerak, di samping menghambat pertumbuhan kristal juga menghambat pembentukan inti kristal. Pembentukan inti kristal akan terganggu apabila aditif secara selektif teradsorpsi pada permukaan inti kristal yang sedang tumbuh sehingga inti tidak dapat mencapai ukuran kritis, dan inti kristal kembali terurai menjadi komponen-komponennya (Weijnen & van Rosmalen 1986). Dengan demikian maka adanya penambahan aditif massa kerak yang dihasilkan semakin berkurang.

Tabel 1. Hasil Eksperimen Penelitian Waktu Induksi dan Massa Kerak

Konsentrasi 3500 ppm	Waktu Induksi	Massa kerak
Tanpa aditif	22	1,0752
Aditif Fe^{2+} 5 ppm	28	0,8858
Aditif Fe^{2+} 10 ppm	34	0,6609

Persentase kenaikan waktu induksi

Dari tanpa aditif ke Fe^{2+} 5 ppm = 27.2 %

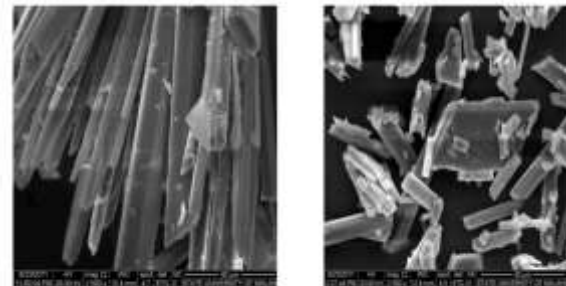
Dari tanpa aditif ke Fe^{2+} 10 ppm = 54.5 %

Persentase pembentukan massa kerak

Dari tanpa aditif ke Fe^{2+} 5 ppm = 17.6 %

Dari tanpa aditif ke Fe^{2+} 10 ppm = 38.5 %

Hasil SEM bentuk morfologi dari kerak gypsum



Konsentrasi 3500 ppm tanpa aditif Konsentrasi 3500 ppm Aditif Fe^{2+} 10 ppm

Gambar 4. Morfologi kerak gypsum dengan konsentrasi larutan 3000 ppm tanpa aditif konsentrasi larutan 3500 ppm aditif Fe^{2+} 10 ppm

KESIMPULAN

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan aditif Fe^{2+} pada larutan CaCl_2 dan Na_2SO_4 akan memperpanjang waktu induksi. Waktu induksi adalah waktu yang dibutuhkan oleh ion dalam larutan untuk bereaksi sehingga membentuk inti kristal yang pertama kali (Isopescu dkk, 2009). Bila waktu induksi cepat maka kristal lebih mudah terbentuk. Pembentukan kristal yang lebih cepat menyebabkan lebih mudah pula terjadi proses pembentukan kerak, Dilihat dari hasil SEM dengan adanya penambahan aditif Fe^{2+} bentuk kristal menjadi kecil. Hal ini disebabkan aditif dapat menutup "active sites" yaitu tempat-tempat pertumbuhan aktif (Ohara dan Reid 1973). sehingga ukuran kristal tidak dapat bertambah dan morfologinya berubah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ang, H.M., Muryanto, S., Hoang, T. (2006), Gypsum scale formation control in pipe flow systems: a systematic study on the effects of process parameters and additives, *Curtin University of Technology*, Perth, Western Australia.
- Hoang, T.A., Ang, H.M., Rohl, A.L. (2007), Effects of temperature on the scaling of calcium sulphate in pipes, *Powder Technology*, 179, 31 – 37
- Isopescu, R., Mateescu, C., Mihai, M., Dabija, G. (2009), The effects of organic additives on induction time and characteristics of precipitated calcium carbonate, *Chemical Engineering Research and Design*, 388, No. of page 5.
- Jamialahmadi, M., Muller-Steinhagen, M. (2007), Heat exchanger fouling and cleaning in the dihydrate process for the production of phosphoric acid, *Chemical Engineering*

Research Design, DOI: 10.1205/cherd06050, 245 – 255.

Meijer, J.A.M., Van Rosmalen, G.M. (1984), Solubilities and supersaturation of calcium sulfate and its hydrates in seawater, *Desalination*, 51, 255 – 305.

Mwaba, M.G., Junjie, Golriz, M.R. (2007), Effect of magnetic field on calcium sulfate crystal morphology, *Journal of Crystal Growth*, 303, 381 – 386.

Ohara, M., and Reid, R.C. (1973). “*Modeling Crystal Growth Rates from Solution.*”, *Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.*

Weijnen, M.P.C., Van Rosmalen, G.M. (1986), Adsorption of phosphonates on gypsum crystals, *Journal of Crystal Growth*, 79, 157 – 168.