

**Sutrisno<sup>1)</sup>,  
S. Muryanto<sup>2)</sup>,  
dan  
A.P. Bayuseno<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Diploma Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas  
Diponegoro

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas  
Teknik UNTAG Semarang

<sup>3)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas  
Teknik Universitas Diponegoro

## PENGARUH ADITIF $Zn^{2+}$ TERHADAP PEMBENTUKAN KERAK GIPSUM DALAM PIPA

*Kerak gypsum ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) yang terjadi dalam pipa sangat merugikan bagi industri karena mengakibatkan penyempitan penampang, mempertebal dinding, menghambat pemindahan panas dan memperlambat waktu proses. Oleh karenanya, kerak gypsum harus dicegah atau dihambat pertumbuhannya. Pertumbuhan kerak gypsum dipengaruhi oleh konsentrasi, temperatur dan laju alir serta impuritas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aditif  $Zn^{2+}$  terhadap pembentukan kerak gypsum.*

*Percobaan pembentukan kerak gypsum dilakukan dengan mereaksikan larutan  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  dengan larutan  $NaSO_4$  dalam alat uji yang telah dirancang. Percobaan dilakukan dengan konsentrasi aditif 0 ppm – 10 ppm pada suhu kamar, konsentrasi  $Ca^{2+}$  3500 ppm, laju alir 30 ml/menit dan pipa uji stainless steel.*

*Hasil dari penelitian ini menunjukkan penambahan aditif  $Zn^{2+}$  mengakibatkan naiknya waktu induksi dan menurunnya massa kerak dan menjadikan ukuran kristal lebih kecil dan pendek. Hasil pengujian morfologi, komposisi dan kemurnian menunjukkan bahwa kerak hasil percobaan benar-benar gypsum.*

**Keywords :** additive, gypsum, scale, zinc

### PENDAHULUAN

Pengerakan (scaling) dalam pipa adalah suatu proses terbentuknya endapan yang terjadi dalam kondisi alami pada suatu pipa yang mengalirkan air dengan kesadahan, temperatur, kecepatan dan konsentrasi tertentu (Ang HM dkk, 2010). Pengerakan terjadi karena adanya reaksi antara kandungan-kandungan yang tidak dikehendaki yang terdapat pada air. Gypsum adalah salah satu komponen utama dari kerak. Kerak gypsum terbentuk dan melekat pada permukaan alat-alat terutama yang menyalurkan dan memproses cairan yang mengandung ion-ion penyusun gypsum yaitu  $Ca^{2+}$  dan  $SO_4^{2-}$ , bila konsentrasi keduanya melampaui hasil kali kelarutan gypsum pada suhu operasi yang bersangkutan maka kerak gypsum akan terbentuk. Pembentukan kerak gypsum dimulai dengan tumbuhnya inti kristal (nukleasi), difusi, deposisi, pelepasan dan penuaan. Pipa-pipa, dinding bejana, dinding reaktor, impeller, pompa, membran, alat penukar panas, dan boiler merupakan alat-alat yang rentan terkena kerak gypsum (Ang HM dkk 2010). Kerak gypsum ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) yang terjadi dalam pipa sangat merugikan bagi industri karena mengakibatkan penyempitan penampang, mempertebal dinding, menghambat pemindahan panas dan memperlambat waktu proses.

Proses pembentukan kerak gypsum dipengaruhi beberapa hal yaitu temperatur larutan, konsentrasi, kecepatan aliran dan impuritan.

Impuritan atau aditif dapat menghambat pertumbuhan inti kristal, pertumbuhan kristal dan pertumbuhan kerak. 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 dengan demikian inti kristal kembali terurai menjadi komponen-komponennya (Weijnen & van Rosmalen 1985). Fungsi aditif dalam menghambat pertumbuhan kristal adalah membuat muka kristal berubah bentuk sehingga kristal satu dengan yang lain tidak saling melekat membentuk kerak. Penelitian Singh NB dan Middendorf (2007) menunjukkan bahwa penambahan aditif akan menaikkan waktu induksi artinya bahwa dengan penambahan aditif waktu untuk membentuk inti kerak semakin lama. Penelitian Ang HM dan kawan-kawan (2010), menunjukkan bahwa penambahan aditif mengakibatkan turunnya massa kerak.

### METODOLOGI

Penelitian ini menyelidiki tentang pengaruh aditif  $Zn^{2+}$  terhadap pembentukan kerak gypsum dalam dalam pipa yang mengalirkan fluida. Dalam penelitian dibatasi variabel tetap adalah laju alir yaitu 30 mL/menit dan konsentrasi larutan  $Ca^{2+}$  yaitu 3500 ppm, temperatur larutan yaitu 27°C dan variabel bebas konsentrasi aditif  $Zn^{2+}$  0 ppm, 5 ppm dan 10 ppm

## Bahan Penelitian

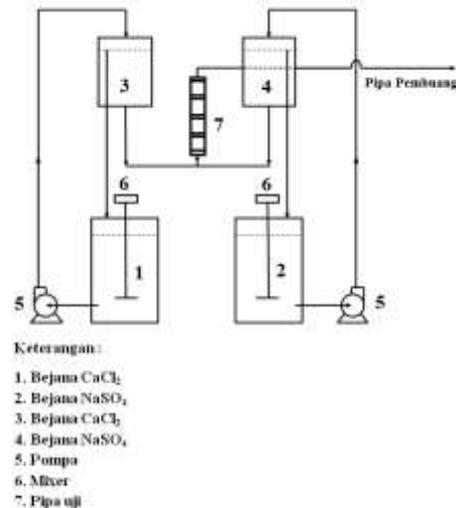
Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi: larutan CaCl<sub>2</sub>, larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan Kristal ZnCl<sub>2</sub> analitik grade.

## Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: 2 buah pompa air, conductivitymeter, timbangan analitik, stabiliser tegangan, volt meter dan ammeter, oven pemanas, gelas ukur analitik, SEM EDX lengkap dan XRD lengkap

## Presedur Penelitian

Percobaan ini dilakukan dengan alat simulator pertumbuhan kerak seperti pada Gambar 1. Percobaan ini diharapkan memberikan data mengenai proses pembentukan kerak diibawah pengaruh variabel tetap dan bebas seperti diatas. Adapun alur penelitiannya adalah sebagai berikut: Larutan CaCl<sub>2</sub> dari bejana 1 dan larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dari bejana 2 dipompa sendiri-sendiri menuju bejana 3 dan bejana 4 yang ketinggiannya bisa diatur sehingga perbedaan ketinggian antara level atas larutan pada bejana 3 dan bejana 4 dengan pipa pembuang berakibat laju alir larutan pada pipa pembuang 30 ml/menit. Larutan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dari bejana 4 dan larutan CaCl<sub>2</sub> dari bejana 3 dialirkan ke pipa uji yang didalamnya ada 4 buah kupon dimana Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan bereaksi dengan CaCl<sub>2</sub> sehingga membentuk kerak gipsium. Larutan yang keluar dari pipa uji diukur konduktivitasnya setiap 2 menit. Percobaan dilakukan pada tiga konsentrasi aditif yaitu 0 ppm (tanpa aditif, 5 ppm, 10 ppm dengan konsentrasi Ca<sup>2+</sup> dalam larutan 3500 ppm, laju alir 30 ml/menit dan temperatur 27°C. Untuk percobaan dengan konsentrasi aditif 5 ppm dan 10 ppm ditambahkan kristal ZnCl<sub>2</sub> sesuai dengan konsentrasinya kedalam larutan CaCl<sub>2</sub>. Waktu untuk setiap percobaan adalah 4 jam. Setelah percobaan selesai kupon dikeluarkan dari pipa uji, kemudian kupon yang telah ditumbuhi kerak tersebut dipanaskan dalam oven dengan suhu 60 °C selama 12 jam. Setelah kering kupon yang telah ditumbuhi kerak ditimbang, kemudian kerak diambil dari kupon untuk disimpan, selanjutnya kerak duji SEM EDX untuk mengetahui morfologi dan analisa mikro kerak hasil percobaan. Massa kerak terjadi dihitung dari selisih antara massa kupon yang ditumbuhi kerak dengan massa kupon sebelum percobaan.

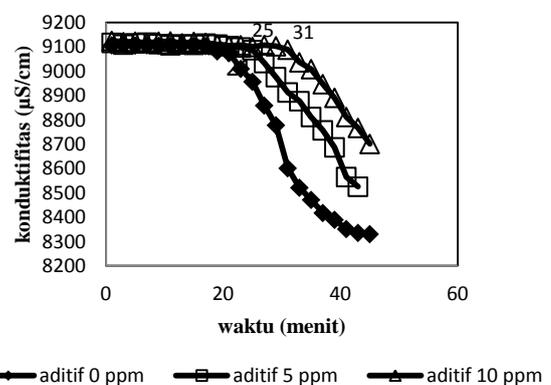


Gambar 1 Skema alat uji eksperimen

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Waktu Induksi

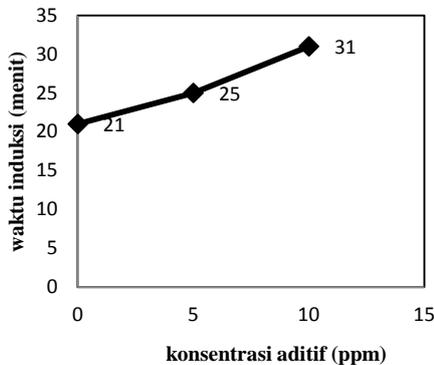
Waktu induksi adalah waktu yang dibutuhkan oleh ion-ion dalam larutan untuk bereaksi sehingga membentuk inti kristal yang pertama kali. Metode yang digunakan untuk menentukan lamanya waktu induksi adalah dengan mengukur konduktivitas larutan yang keluar dari pipa uji. Akhir waktu induksi ditunjukkan oleh terjadinya penurunan mendadak dari konduktivitas larutan, yang berarti sejumlah ion pembentuk kristal telah meninggalkan larutan untuk membentuk kristal pada dinding pipa. Seperti terlihat pada gambar 2, waktu induksi untuk percobaan dengan aditif 0 ppm, 5 ppm dan 10 ppm berturut-turut adalah 21 menit, 25 menit dan 31 menit. Dari tiga percobaan yang dilakukan dengan konsentrasi aditif yang berbeda, waktu induksinya tidak sama.



Gambar 2 Hubungan waktu dengan konduktivitas

### Pengaruh Aditif $Zn^{2+}$ Terhadap Waktu Induksi

Pengaruh aditif terhadap waktu induksi dapat diketahui dengan membuat grafik hubungan temperatur dengan waktu induksi yang dihasilkan pada setiap percobaan seperti terlihat pada gambar 3 dibawah ini

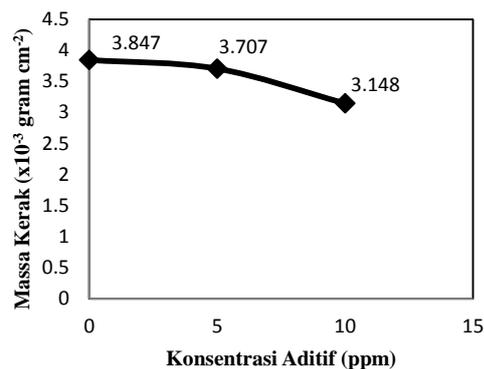


Gambar 3 Pengaruh aditif terhadap waktu induksi

Gambar 3 menunjukkan bahwa dalam tiga kali percobaan waktu induksi setiap percobaan kurang dari 40 menit. Namun semakin tinggi konsentrasi aditif (0 ppm-10 ppm) semakin lama waktu induksinya. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa penambahan aditif menaikkan waktu induksi (Singh NB dan Middendorf, 2007). Penambahan aditif 5 ppm menaikkan waktu induksi sebesar 19,05 persen. Penambahan aditif 10 ppm menaikkan waktu induksi sebesar 13 menit atau 47,62 persen. Dari uraian di atas disimpulkan bahwa aditif  $Zn^{2+}$  berpengaruh terhadap waktu induksi. Penambahan aditif akan menaikkan waktu induksi, yang berarti memperlambat terjadinya inti kristal.

### Pengaruh Aditif $Zn^{2+}$ Terhadap Massa Kerak.

Massa kerak setiap percobaan adalah penjumlahan selisih massa kerak dari empat kupon dibagi luas permukaan kupon. Pengaruh temperatur terhadap massa kerak diketahui dengan cara membuat grafik hubungan antara konsentrasi aditif dengan massa kerak seperti pada gambar berikut :

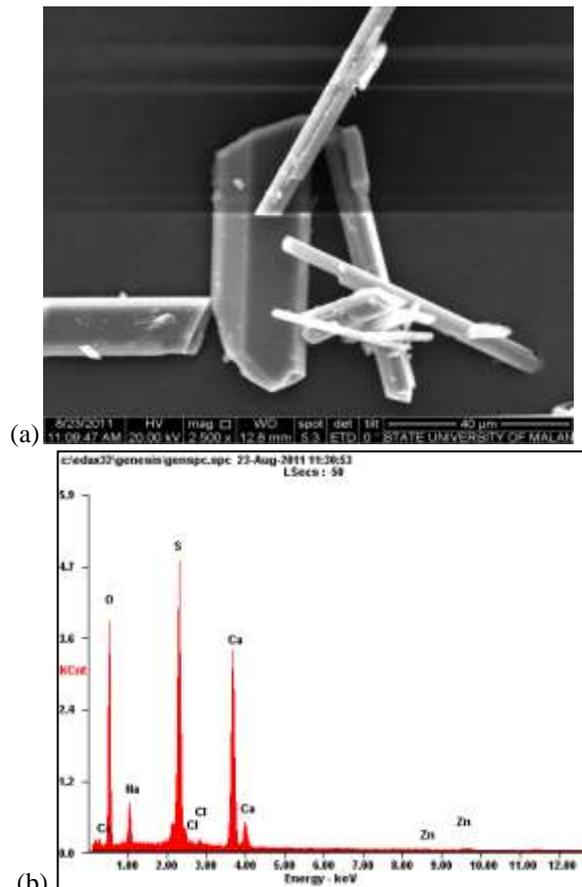


Gambar 4 Pengaruh aditif terhadap massa kerak

Pada gambar 4 terlihat bahwa pada tiga kali percobaan dengan konsentrasi aditif berbeda, massa kerak yang terjadi berbeda pula. Semakin tinggi konsentrasi aditif (0 ppm-10 ppm), makin sedikit kerak gipsium yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa penambahan aditif akan menurunkan massa kerak. (Ang HM, dkk 2010). Penambahan aditif 5 ppm menurunkan massa kerak sebesar 3,63 persen. Sedangkan penambahan aditif 10 ppm menurunkan massa kerak sebesar 18,17 persen. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa aditif  $Zn^{2+}$  mampu menghambat pembentukan kerak gipsium. Semakin banyak aditif ditambahkan maka semakin sedikit kerak gipsium yang terbentuk.

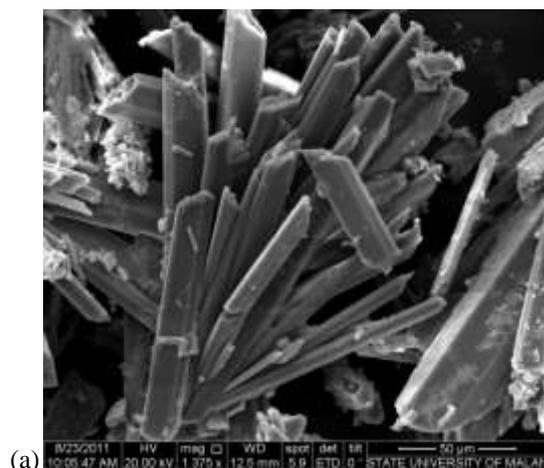
### Morfologi Kerak dan Analisa Mikro

Telah disebutkan sebelumnya bahwa untuk mengetahui morfologi kerak gipsium hasil percobaan dilakukan pengujian scanning electron microscopy (SEM). Untuk mengetahui komposisinya dilakukan pengujian energy dispersif X-ray (EDX). Untuk mengetahui kemurnian gipsium dilakukan pengujian XRD. Hasil pengujian SEM terhadap kerak gipsium hasil percobaan menunjukkan bahwa morfologi dari kristal hasil percobaan mempunyai kesamaan dengan morfologi kristal gipsium (Hoang TA dkk, 2007), dimana bentuk kristalnya menyerupai jarum yang merupakan ciri khas kristal gipsium (gambar 5a)

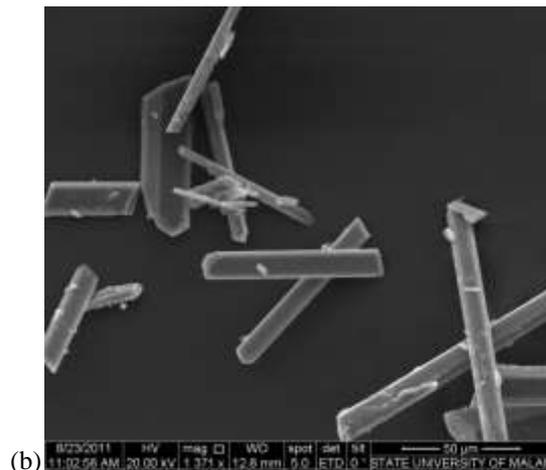


Gambar 5 Hasil SEM dan grafik analisa mikro EDX kerak gipsium

Hasil analisa mikro EDX menunjukkan bahwa komposisi dari unsur-unsur yang ada dalam kristal adalah komposisi gipsium walaupun ada unsur-unsur lain dengan porosentase yang sangat kecil (gambar 5b).



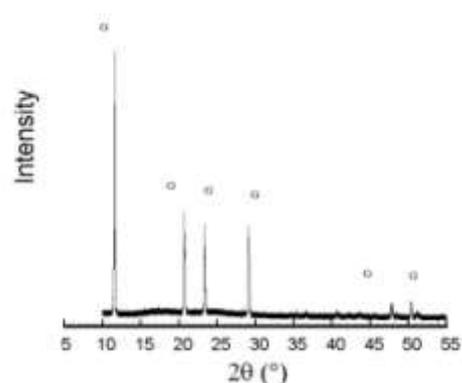
(a)



(b)

Gambar 6 Morfologi kerak gypsum (a. Tanpa aditif b. Aditif 10 ppm)

Untuk mengkaji pengaruh aditif terhadap morfologi kristal sangat sulit. Gambar 6 memperlihatkan morfologi kerak pada pengujian dengan tanpa penambahan aditif dan morfologi kerak pada pengujian dengan penambahan aditif 10 ppm. Pada dua gambar tersebut terlihat bahwa bentuk kristal dari dua pengujian tersebut pada dasarnya sama yaitu bentuk jarum yang merupakan ciri khas dari gipsium. Namun, bila dua gambar tersebut dibandingkan ternyata pada pengujian dengan penambahan aditif 10 ppm ukuran kristalnya lebih kecil dan pendek. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan tidak merubah bentuk kristal namun menjadikan ukuran kristal menjadi lebih pendek. Hasil pengujian XRD terhadap kerak gipsium hasil percobaan diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Analisa XRD kerak gipsium hasil percobaan

Untuk memastikan bahwa kristal hasil percobaan benar-benar gipsium dilakukan dengan cara membandingkan analisa yang didapatkan dari software XRD tersebut dengan pedoman dari ICDD-PDF (International Centre for Diffraction Data-Powder Diffraction File). Hasilnya, bahwa kristal hasil percobaan adalah benar-benar gipsium

(CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) yang terbentuk pada puncak terkuat 11.65° 2θ, berdasarkan ICDD-PDF#70-0982.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa aditif Zn<sup>2+</sup> mampu menghambat pembentukan kerak gipsum. Kenaikan penambahan aditif akan mengakibatkan turunnya waktu induksi, meningkatkan massa terak. Hasil pengujian SEM, EDX dan XRD menunjukkan bahwa kerak yang terjadi adalah benar-benar gipsum. Kenaikan temperatur tidak merubah bentuk kristal namun menjadikan ukuran kristal menjadi lebih kecil dan pendek.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ang, H.M., Muryanto, S., Hoang, T.A. (2010), Gypsum Scale Formation in Pipe Flow Systems: A Systematic Study on the Effects of Process Parameters and Additives, in Sampson, D.H. (ed.) *Gypsum: Properties, Production and Applications*, Chemical Engineering Methods and Technology, Nova Science Publishers, New York.
- Hoang, T.A., Ang, H.M. and Rohl, A.L. (2007), Effects of temperature on the scaling of calcium sulphate in pipes. *Powder Technology*, 179, 31-37.
- Jun. Liu Wen (2009), Anti Scaling Properties Of Zinc Ion And Copper Ion In The Recycling Water, *Ionic*, 15, 337-343.
- Liu, S.T. and Nancollas, G.H. (1973). The Crystal Growth of Calcium Sulphate Dihydrate in the Presence of Additives, *Journal of Colloid and Interface Science*, 44 (3), 422 – 429.
- Prisciandaro, M., Lancia, A., Musmarra, D. (2003). “The retarding effect of citric acid on calcium sulfate nucleation kinetics.” *Industrial Engineering Chemistry Research and Design*, 42, 6647 – 6652.
- Sigh NB, Middendorf (2007), Calcium sulfate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization, Elsevier Progress in Crystal Growth and Characterization of Material, 53, 57-77
- Weijnen, M.P.C. and van Rosmalen, G.M. (1984). “The Role of Additives and Impurities in the Crystallisation of Gypsum” *Industrial Crystallisation* 84, 61 - 66.