

# PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PEMBENTUKAN KERAK GIPSUM DALAM PIPA

Sutrisno<sup>1)</sup>, S. Muryanto<sup>2)</sup>, AP 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

## ABSTARCT

*Sutrisno, S. Muryanto, AP Bayuseno, in this paper explain that gypsum crust ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) that occurs in the pipe very detrimental to the industry because it resulted in narrowing of the cross-section, reinforcing walls, inhibit heat transfer and slow processing time. Therefore, gypsum crust should be prevented or inhibited growth. Gypsum crust growth is affected by the concentration, temperature and flow rate as well as impurities. This study aimed to determine the effect of temperature on the formation of gypsum crust. Gypsum scaling experiments carried out by reacting a  $\text{NaSO}_4$  with  $\text{CaCl}_2$  in a test tool that has been designed. The experiments were performed at a temperature of  $27^\circ\text{C}$ - $50^\circ\text{C}$  with  $\text{Ca}_2^+$  concentration of 3500 ppm, flow rate 30 ml / min and stainless steel test pipes. Results from this study showed a rise in temperature by lowering the induction time and increase mass scale and make a longer crystal sizes. Test results morphology, composition and purity of the results of the experiment showed that the crust was beanr gypsum.*

*Keywords : gypsum, scale, temperature*

## 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 kosentrasi 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 gipsium terbentuk dan melekat pada permukaan alat-alat terutama yang menyalurkan dan memproses cairan yang mengandung ion-ion penyusun gipsium yaitu  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ , bila kosentrasi keduanya melampaui hasil kali kelarutan gipsium pada suhu operasi yang bersangkutan maka kerak gipsium akan terbentuk. Gipsium adalah garam yang sedikit larut dalam air. Selain itu, gipsium kelarutannya terbalik, artinya pada temperatur yang tinggi gipsium sulit terlarut dalam air. 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 gipsium (Ang HM dkk 2010). Kerak gipsium ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang terjadi dalam pipa sangat merugikan bagi industri karena mengakibatkan penyempitan penampang, mempertebal dinding, menghambat pemindahan panas dan memperlambat waktu proses.

Proses pembentukan kerak gipsium oleh temperatur, kosentrasi, laju alir dan aditif. Temperatur mempengaruhi kecepatan reaksi. Kenaikan temperatur akan menyebabkan kecepatan reaksi meningkat. Öner dan kawan-kawan (1998)

melaporkan bahwa kenaikan suhu menyebabkan turunnya waktu induksi pada kondisi tingkat lewat jenuh yang tetap. Waktu induksi adalah selang waktu sejak keadaan lewat jenuh tercapai hingga terdeteksinya inti kristal yang pertama kali. Prisciandaro dan kawan-kawan (2003) menunjukkan bahwa suhu dan tingkat supersaturasi yang tinggi menyebabkan waktu induksi berkurang. Hoang TA dan kawan-kawan (2007) melaporkan bahwa kenaikan suhu menyebabkan turunnya waktu induksi, meningkatkan massa kerak. Berkurangnya waktu induksi adalah indikasi bahwa kecepatan pembentukan inti kristal (atau nukleasi) bertambah.

## METODOLOGI

Penelitian ini menyelidiki tentang pengaruh temperatur terhadap pembentukan kerak gipsium dalam dalam pipa yang mengalirkan fluida. Dalam penelitian dibatasi variabel tetap adalah laju aliran yaitu 30 mL/menit dan kosentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  3500 ppm dan variabel bebas adalah temperatur larutan yaitu  $27^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$  dan  $50^\circ\text{C}$ .

## Bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi : Larutan  $\text{CaCl}_2$  dan Larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

## Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : 2 buah pompa air, heater, mixer, temperature controller digital, 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 di bawah pengaruh variabel tetap dan bebas seperti diatas. Adapun alur penelitiannya adalah sebagai berikut: Larutan  $\text{CaCl}_2$  dari bejana 1 dan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dari bejana 2 dipompa sendiri-sendiri menuju bejana 3 dan bejana 4 yang ketinggiannya bisa diatur sehingga perbedaan ketinggian level atas larutan pada bejana 3 dan bejana 4 dengan pipa pembuang berakibat laju alir larutan pada pipa pembuang 30 ml/menit. Larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dari bejana 4 dan larutan  $\text{CaCl}_2$  dari bejana 3 dialirkan ke pipa uji yang didalamnya ada 4 buah kupon dimana  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  akan bereaksi dengan  $\text{CaCl}_2$  sehingga membentuk kerak gipsium. Larutan yang keluar dari pipa uji diukur konduktifitasnya setiap 2 menit. Percobaan dilakukan pada tiga temperatur yang berbeda, yaitu  $27^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$  dan  $50^\circ\text{C}$  dengan konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  3500 ppm dan laju alir 30 ml/menit. Pada percobaan dengan suhu  $40^\circ\text{C}$  dan  $50^\circ\text{C}$  pada bak 1 dan bak 2 dipasang heater yang dihubungkan sensor temperatur pada bejana 3 dan bejana 4 dengan termokopel. 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  $60^\circ\text{C}$  selama 12 jam.

Setelah kering kupon yang telah ditumbuhi kerak ditimbang, kemudian kerak diambil dari kupon untuk disimpan. Massa kerak terjadi dihitung dari selisih antara massa kupon yang ditumbuhi kerak dengan massa kupon sebelum percobaan. Untuk mengetahui morfologi dan komposisi kristal hasil percobaan dilakukan pengujian SEM EDX. Sedangkan untuk memastikan kemurnian bahwa kristal yang terbentuk adalah benar-benar gipsium dilakukan pengujian XRD.

## 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 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. Seperti terlihat pada gambar 2, waktu induksi untuk percobaan dengan temperature  $27^\circ\text{C}$  adalah 21 menit, untuk percobaan dengan temperature  $40^\circ\text{C}$  adalah 15 menit dan untuk percobaan dengan temperature  $50^\circ\text{C}$  adalah 9 menit. Dari tiga

percobaan yang dilakukan dengan temperatur berbeda, waktu induksinya tidak sama.

### Pengaruh Temperatur Terhadap Waktu Induksi

Pengaruh temperatur terhadap waktu induksi dapat diketahui dengan membuat grafik hubungan temperatur dengan waktu induksi seperti terlihat pada gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa dalam tiga kali percobaan waktu induksi setiap percobaan kurang dari 25 menit. Namun semakin tinggi temperatur ( $27^\circ\text{C}$ - $50^\circ\text{C}$ ) semakin cepat waktu induksinya. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa kenaikan temperatur akan menyebabkan turunnya waktu induksi pada kondisi tingkat lewat jenuh yang tetap (Oner dkk, 1998). Kenaikan temperatur dari  $27^\circ\text{C}$  menjadi  $40^\circ\text{C}$  menurunkan waktu induksi sebesar 28,57 persen. Kenaikan temperatur dari  $27^\circ\text{C}$  menjadi  $50^\circ\text{C}$  menurunkan waktu induksi sebesar 57,12 persen.

Dari uraian di atas disimpulkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap waktu induksi. Kenaikan temperatur akan menurunkan waktu induksi, yang berarti mempercepat terjadinya inti kristal.

### Pengaruh Temperatur Terhadap Massa Kerak.

Massa kerak setiap percobaan adalah jumlah massa kerak yang terjadi pada empat kupon dibagi luas permukaan kupon. Pengaruh temperatur terhadap massa kerak diketahui dengan cara membuat grafik hubungan antara temperatur dengan massa kerak seperti pada gambar 4.

Pada gambar 4 terlihat bahwa pada tiga kali percobaan dengan temperatur berbeda, massa kerak yang terjadi berbeda pula. Semakin tinggi temperatur ( $27^\circ\text{C}$ - $50^\circ\text{C}$ ), makin banyak kerak gipsium yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa kenaikan temperatur akan meningkatkan massa kerak. (Hoang TA dkk, 2007). Kenaikan temperatur dari  $27^\circ\text{C}$  menjadi  $40^\circ\text{C}$  menaikkan massa kerak sebesar 289,63 persen. Kenaikan temperatur dari  $27^\circ\text{C}$  menjadi  $50^\circ\text{C}$  menaikkan massa kerak sebesar 668,05 persen. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap massa kerak, makin tinggi temperatur massa kerak yang terjadi semakin banyak.

### 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)

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).

Untuk mengkaji pengaruh temperatur terhadap morfologi kristal sangat sulit. Gambar 6 memperlihatkan morfologi kerak pada pengujian dengan temperatur 27°C dan morfologi kerak pada pengujian dengan temperatur 40°C. 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 temperatur 40°C ukuran kristalnya lebih panjang. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kenaikan temperatur tidak merubah bentuk kristal namun menjadikan ukuran kristal menjadi lebih panjang.

Hasil pengujian XRD terhadap kerak gipsium hasil percobaan diperlihatkan pada gambar 7.

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 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang terbentuk pada puncak terkuat  $11.65^\circ 2\theta$ , berdasarkan ICDD-PDF#70-0982.

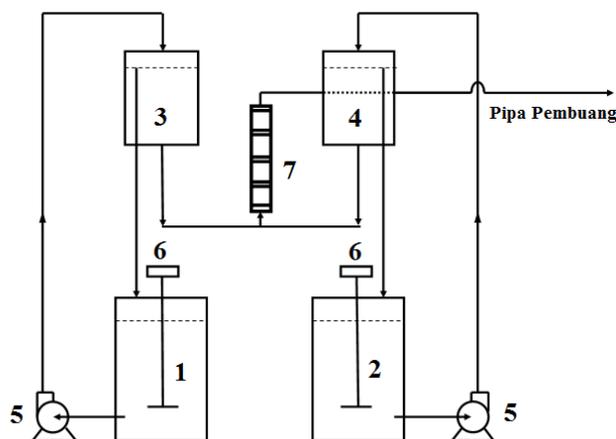
## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa temperatur mempunyai pengaruh terhadap

pembentukan kerak gipsium. Kenaikan temperatur akan mengakibatkan turunnya waktu induksi, meningkatkan massa terak. Hubungan antara temperatur dengan massa kerak merupakan fungsi eksponensial. Kerak yang terjadi adalah benar-benar gipsium. Kenaikan temperatur tidak merubah bentuk kristal namun menjadikan ukuran kristal menjadi lebih panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

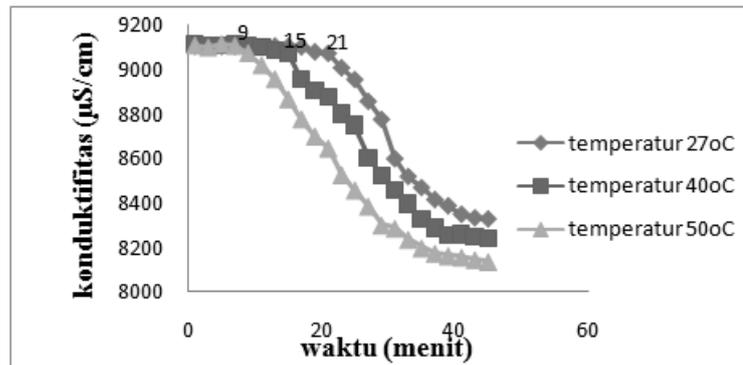
1. Ang, H.M., Muryanto, S., Hoang, T.A. 2010, **Gypsum Scale Formation in Pipe Flow Systems: A Systematic Study on the Effects of Process Parameters and Additives**, in Sampson, D.H. (ed.) Gypsum: Properties, Production and Applications, Chemical Engineering Methods and Technology, Nova Science Publishers, New York.
2. Al-Barrak, K., Rowell, D.L. 2006, **The Solubility Of Gypsum In Calcareous Soil**, Science Direct, 136 : 830-837
3. 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
4. Najibi, S.H., Muller-Steinhagen, H., Jamialahmadi, M. 1997, **Calcium sulfate scale formation during subcooled flow boiling**, Chemical Engineering Science, 52(8), 1265 – 1284.
5. Oner, M., Dogan, O., Oner, G. 1998, **The influence of electrolytes architecture on calcium sulfate dihydrate growth retardation**, Journal of Crystal Growth, 186, 427 – 437.
6. 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.



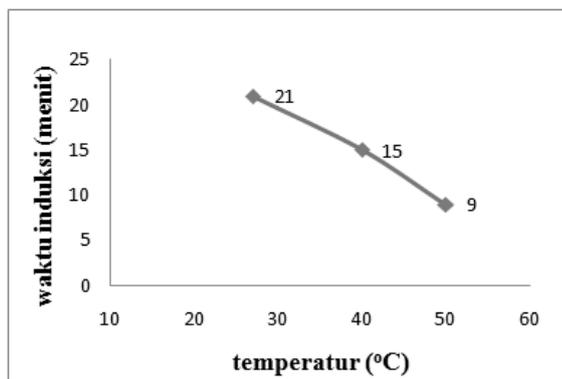
Keterangan :

1. Bejana  $\text{CaCl}_2$
2. Bejana  $\text{NaSO}_4$
3. Bejana  $\text{CaCl}_2$
4. Bejana  $\text{NaSO}_4$
5. Pompa
6. Mixer
7. Pipa uji

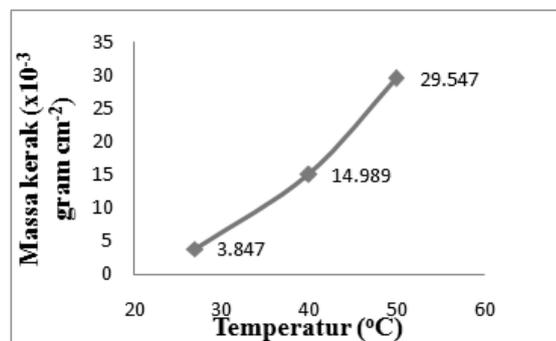
Gambar 1 Skema alat uji eksperimen



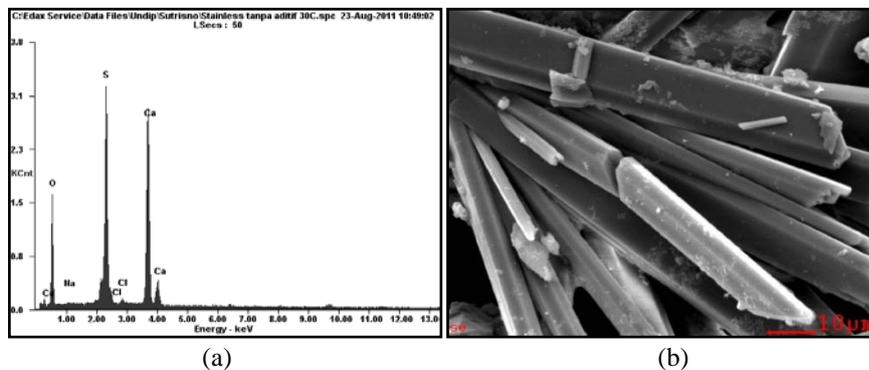
Gambar 2 : Hubungan waktu dengan konduktivitas.



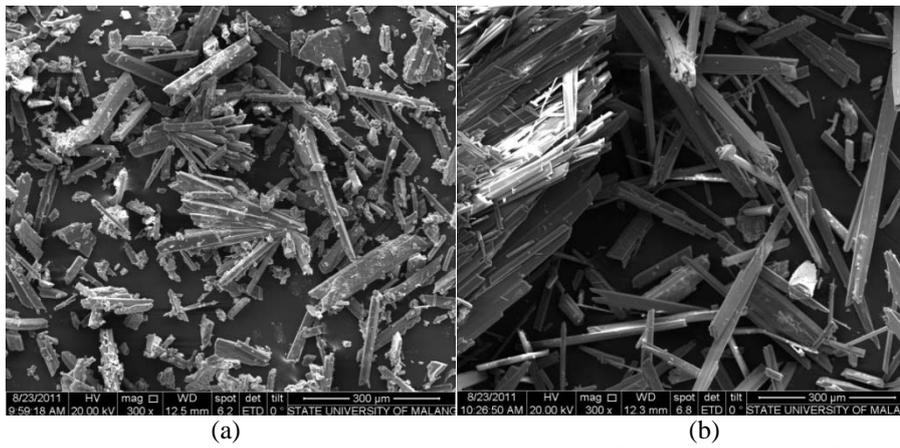
Gambar 3 Pengaruh temperatur terhadap waktu induksi



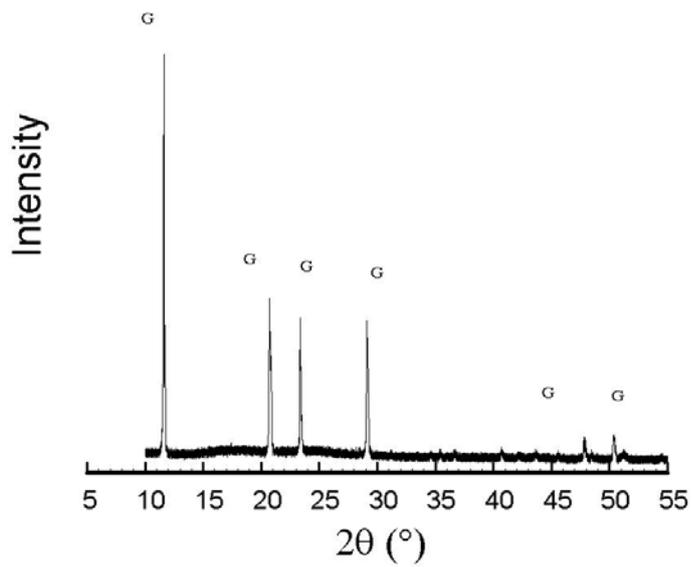
Gambar 4 : Pengaruh temperatur terhadap massa kerak



Gambar 5 Hasil SEM dan grafik analisa mikro EDX kerak gipsium



(a) (b)  
 Gambar 6 Morfologi kerak gipsum (a. temperatur 27°C, b. temperatur 40°C)



Gambar 7 Analisa XRD kerak gipsum hasil percobaan