

PENGARUH KONSENTRASI NaCl TERHADAP LAJU REAKSI PENGENDAPAN CaSO_4

Jayanti (L2C604148) dan Kukuh Setyaningsih (L2C604149)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Pembimbing: Ir. Diah Susetyo Retnowati, MT.

Abstrak

Lebih dari separuh wilayah Indonesia terdiri dari lautan, air laut merupakan bahan baku alami untuk proses desalinasi. Desalinasi untuk memenuhi kebutuhan air bersih merupakan suatu cara untuk memisahkan garam dan mineral lainnya dari air laut, atau air limbah untuk mendapatkan air bersih. Untuk mendukung proses desalinasi dibutuhkan data laju pengendapan larutan campuran CaSO_4 dan NaCl. Makalah ini mempelajari tentang pengaruh NaCl terhadap laju pengendapan CaSO_4 . Percobaan dilakukan pada keadaan isothermal (30°C), konsentrasi NaCl yang digunakan berkisar antara 0,5 sampai 1,5M, dan konsentrasi CaSO_4 berkisar 0,03–0,12M. Konsentrasi NaCl sangat berpengaruh pada laju pengendapan CaSO_4 . Laju pengendapan secara keseluruhan menjadi makin lambat pada konsentrasi NaCl yang makin tinggi.

Kata kunci: Konsentrasi NaCl; laju pengendapan CaSO_4 ;

Abstract

More than a half of Indonesia's area consist of ocean, seawater was a natural raw material for desalination process. Desalination to fulfill the necessity of fresh water is a way to separate salt and other minerals from seawater, or waste water in order to get fresh water. To support the desalination process, data of mixed liquid CaSO_4 and NaCl precipitation rate absolutely needed. This paper examines the effect of NaCl concentration on kinetics of precipitation for CaSO_4 . Batch tests under isothermal (30°C) condition were carried out for NaCl concentration range between 0,5 to 1,5M of NaCl, calcium sulfate in range of 0,03 – 0,12M. Kinetics of CaSO_4 precipitation was found to be strongly affected by NaCl concentration. The overall rate of precipitation is slower at higher NaCl concentration.

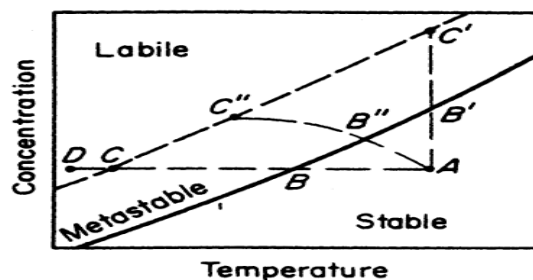
Key Words: Concentration of NaCl; rate of precipitation CaSO_4

1. Pendahuluan

Sumber air bersih yang diperoleh dari air tanah semakin berkurang. Salah satu alternatif pemenuhan kebutuhan air bersih dengan memanfaatkan air laut menggunakan metode desalinasi.

Indonesia merupakan negara yang sebagian besar wilayahnya berupa lautan, sehingga tersedia banyak bahan baku untuk proses desalinasi. Desalinasi merupakan cara pemisahan garam dan mineral lainnya dari air laut, air payau maupun air dari hasil olahan limbah untuk mendapatkan air murni. Secara umum kandungan garam-garam terlarut yang paling banyak terdapat dalam air laut adalah kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium sulfat (CaSO_4) dan natrium klorida (NaCl). Untuk mendukung proses desalinasi diperlukan data-data pendukung yang meliputi data pengendapan larutan murni CaCO_3 dan CaSO_4 maupun pengendapan larutan campuran CaCO_3 dan CaSO_4 dengan garam yang lain, khususnya NaCl. Data tersebut bermanfaat untuk mengatasi "scaling" yang sering muncul dalam sistem pengolahan air laut. Reaksi pengendapan CaSO_4 murni berbeda dibandingkan dengan larutan CaSO_4 yang bercampur dengan garam lain.

Supersaturasi (lewat jenuh) dapat didefinisikan sebagai konsentrasi yang berlebih dari konsentrasi jenuh., (Mc.Ketta,1981). Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1 Diagram kelarutan

Pada gambar 1, daerah kelarutan dapat dibagi menjadi tiga daerah. Daerah stabil, berada di bawah garis yang melewati titik B dan B'. Pada daerah ini, kristal belum terbentuk. Sedangkan daerah metastabil, berada di antara garis yang melewati titik B-B' dan garis yang melewati titik C-C', pada daerah ini kristalisasi spontan dapat terjadi. Pertumbuhan inti kristal dapat terjadi di daerah metastabil sehingga kristal besar mudah diperoleh di daerah ini. Daerah labil, berada di atas garis yang melewati titik C dan C'. Pada daerah ini kristalisasi spontan dapat terjadi, dan laju pengendapan sangat cepat (Mullin, 2001).

Larutan supersaturasi CaSO_4 dibuat dengan mencampurkan equimolar $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan Na_2SO_4 . Kemungkinan reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Pada proses kristalisasi, setelah inti kristal terbentuk, kristal tidak langsung teramati ataupun mengendap, karena ukurannya yang sangat kecil. Inti kristal ini akan tumbuh karena menempelnya molekul-molekul solute selapis demi selapis pada permukaan inti kristal. Oleh karena itu molekul solute harus berdifusi dari badan (bulk) larutan menuju ke permukaan kristal. Dalam hal ini tahanan difusi sangat berpengaruh karena keberadaan molekul lain. Setelah ukuran kristal cukup besar, barulah kristal itu dapat teramati dan mengendap. Untuk menggambarkan kecepatan pengendapan, maka peristiwa pengendapan ini dianalogikan dengan persamaan sebagai berikut (Sheikhholeslami, 2003):

$$-r_A = -\frac{\partial C}{\partial t} = k_{\text{rxn}} \left\{ \left(\frac{C}{C_{\text{eq}}} \right) - 1 \right\}^n = k_{\text{rxn}} \{ S - 1 \}^n \quad (2)$$

Untuk pengendapan CaSO_4 , persamaan laju pengendapan dinyatakan sebagai order 2 (Liu dan Nancollas, 1970):

$$-dC/dt = kt (C-C_s)^2 \quad (3)$$

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari laju pengendapan larutan garam CaSO_4 yang bercampur dengan NaCl dan mencari nilai konstanta kecepatan pengendapan (k) dan konsentrasi jenuh yang optimum.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan Utama

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah garam $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ p.a, garam Na_2SO_4 p.a, garam NaCl p.a, Aquadest.

Bahan Pembantu

Na_2EDTA p.a, indikator EBT, absolute etanol p.a, larutan Buffer yang dibuat dari garam NH_4Cl p.a ditambah NH_3 cair p.a dan aquadest, larutan Mg-EDTA yang dibuat dari garam $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam aquadest dan larutan EDTA.

Gambar Rangkaian Alat



Gambar 2 Rangkaian alat presipitasi

Pada penelitian ini digunakan beberapa variabel proses yaitu variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan adalah volum total larutan 700 ml, dan suhu pengendapan. Variabel bebas adalah konsentrasi CaSO_4 dalam basis volum (0,03 M, 0,07 M, 0,12 M), dan konsentrasi NaCl yang ditambahkan dalam basis volum (0 M, 0,5 M, 1,0 M, 1,5 M), dan rancangan percobaan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 rancangan percobaan

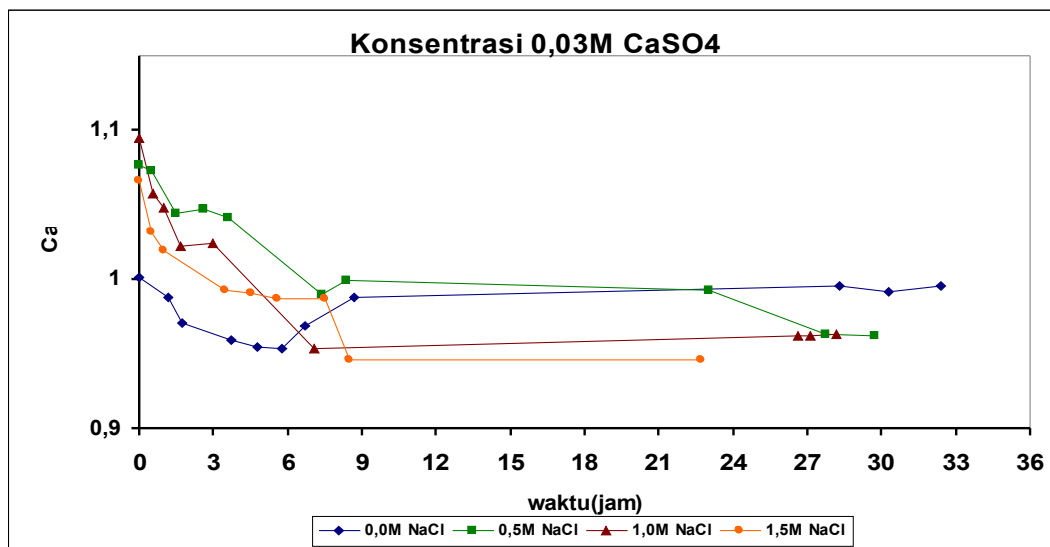
Run ke-	Konsentrasi CaSO_4 (M)	Konsentrasi NaCl (M)
1	0,03	0
2	0,03	0,5
3	0,03	1,0
4	0,03	1,5
5	0,07	0
6	0,07	0,5
7	0,07	1,0
8	0,07	1,5
9	0,12	0
10	0,12	0,5
11	0,12	1,0
12	0,12	1,5

Yang dianalisa adalah konsentrasi ion Ca^{2+} dalam larutan. Analisa dilakukan dengan metode titimetri menggunakan titran EDTA dan indikator EBT.

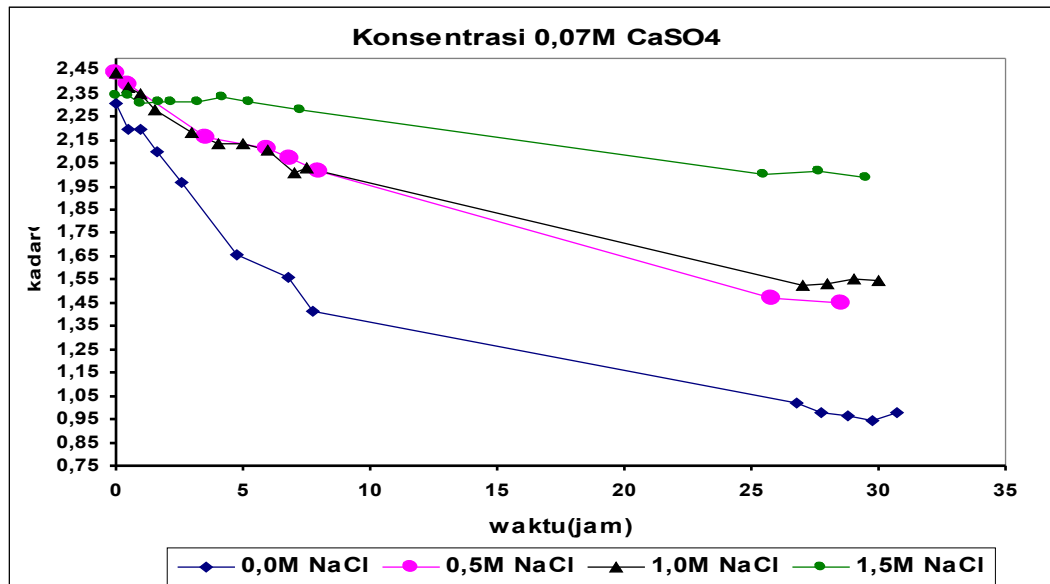
Larutan NaCl atau aquadest (untuk variabel 0.0M NaCl) 500ml dituang ke dalam beaker glass. Larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi dan volume tertentu serta larutan Na_2SO_4 dengan konsentrasi dan volume tertentu ditambahkan ke dalam beaker glass, kemudian diaduk selama 1 menit. Diambil 25 ml larutan sebagai waktu awal dan dianalisis kadar Ca^{2+} nya. Sisa larutan dibagi menjadi 13 tabung masing-masing 50ml. Tiap 0,5 jam pada 2 jam pertama dilanjutkan dengan analisa tiap 1 jam hingga sampel habis.

3. Hasil dan Pembahasan

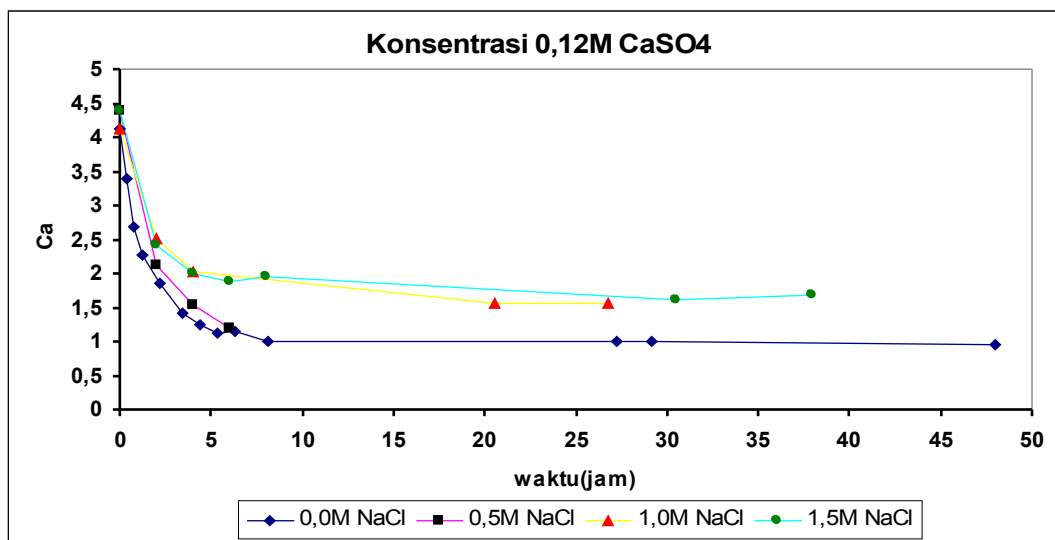
3.1 Pengaruh penambahan NaCl pada pengendapan CaSO_4



Gambar 3a Grafik hubungan kadar Ca^{2+} terhadap waktu dengan penambahan NaCl berbagai konsentrasi



Gambar 3b Grafik hubungan kadar Ca^{2+} terhadap waktu dengan penambahan NaCl berbagai konsentrasi



Gambar 3c Grafik hubungan kadar Ca²⁺ terhadap waktu dengan penambahan NaCl berbagai konsentrasi

Dari gambar 3(a,b,c) dapat dilihat pengaruh penambahan NaCl dari konsentrasi 0,0M; 0,5M; 1,0M; 1,5M. Semakin lama waktu, maka konsentrasi ion Ca²⁺ yang ada dalam larutan akan berkurang karena terjadi pengendapan. Ukuran kristal CaSO₄ bertambah besar dan menurunkan kejenuhan pada larutan. Berkurangnya kadar Ca²⁺ dalam larutan membuat kecepatan pengendapan semakin turun.

Dari gambar 3 (a,b,c) juga dapat dilihat bahwa dalam waktu 9 jam konsentrasi berkurangnya Ca²⁺ hampir tidak ada. Hal ini berarti larutan mulai jenuh sehingga laju pengendapan menurun.

3.2 Pengaruh penambahan NaCl terhadap laju pengendapan CaSO₄

Konsentrasi CaSO ₄	Konsentrasi NaCl (M)	Laju pengendapan (k)
0,03M	0,0	44,511
	0,5	2,6528
	1,0	2,6932
	1,5	1,5057
0,07M	0,0	0,1647
	0,5	0,0995
	1,0	0,1383
	1,5	0,0731
0,12M	0,0	0,3543
	0,5	0,1766
	1,0	0,2408
	1,5	0,0003

Tabel 2 nilai k pada percobaan dengan berbagai konsentrasi NaCl

Dari tabel (2) terlihat bahwa konstanta kecepatan pengendapan (k) CaSO₄ tanpa penambahan NaCl memiliki harga yang paling tinggi, hal ini terjadi pada berbagai konsentrasi CaSO₄ yang berbeda. Setelah ditambah NaCl, nilai konstanta kecepatan pengendapan (k) yang diperoleh lebih rendah daripada harga k tanpa penambahan NaCl.

Konstanta kecepatan pengendapan CaSO₄ (k) dapat dihitung dari persamaan laju pengendapan mengikuti persamaan :

$$-dC/dt = kt (C-C_s)^2 \quad (3)$$

Persamaan (3) diintegalkan menjadi :

$$- \left[\frac{C_0 - C}{(C - C_s)(C_0 - C_s)} \right] = k.t \quad (4)$$

Konstanta kecepatan pengendapan CaSO_4 (k) meningkat ketika konsentrasi NaCl dinaikkan dari 0,5 M menjadi 1,0 M dan konstanta kecepatan pengendapan (k) berkurang ketika konsentrasi NaCl naik menjadi 1,5 M. Hal ini merupakan pengaruh dari pembentukan kristal CaSO_4 , dan berpengaruh terhadap ukuran kristal (Seikholeslami, 2003). Dengan pengamatan visual, pada konsentrasi CaSO_4 rendah, jenis endapan kristal yang terbentuk menyerupai jarum. Sedangkan pada konsentrasi CaSO_4 tinggi kristal yang terbentuk menyerupai bubuk dan kepingan berwarna putih.

4. Kesimpulan

Semakin besar konsentrasi NaCl dalam larutan CaSO_4 maka laju pengendapan cenderung semakin turun. Dan konsentrasi Ca^{2+} dalam larutan semakin berkurang seiring bertambahnya waktu. Dalam waktu 9 jam konsentrasi Ca^{2+} mulai jenuh, dan hampir tak terjadi pengendapan lagi. Nilai konstanta kecepatan pengendapan (k) mengikuti persamaan $-dC/dt = kt (C-C_s)^2$, dan nilai k cenderung semakin turun dengan bertambahnya konsentrasi NaCl yang ditambahkan. Bentuk kristal yang teramati secara visual menyerupai bubuk dan kepingan berwarna putih untuk konsentrasi CaSO_4 tinggi. Sedangkan untuk konsentrasi CaSO_4 rendah, kristal berwarna putih dan berbentuk menyerupai jarum.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Badan Lemlit yang telah mendanai penelitian ini. Kepada Dosen pembimbing serta semua pihak yang telah bekerja sama dan mendukung penelitian ini sehingga dapat terselesaikan.

Daftar Notasi

S, S_0 = besaran koefisien supersaturasi
 C = konsentrasi solute dalam larutan (gram/100 gram solvent)
 C_{eq} = konsentrasi solute dalam larutan pada keadaan keseimbangan

Daftar Pustaka

- J.W.Mullin, 2001. "*Crystallization*", 4thed, Emeritus Prof. of Chem. Eng. University of London. London. 93-124 pp.
- Mc.Ketta, 1981. "*Encyclopedia of chemical engineers*", Marcel Dekker, Inc. 153-154 pp.
- R.Sheikholeslami dan H.W.K.Ong, 2003. "*Kinetics and thermodynamics of calcium carbonate and calcium sulfate at salinities up to 1,5 M*". Chem. Eng. Sci., 157. Hal 217-234.
- S.T. Liu dan G.H Nancollas, 1970. "*The kinetics of crystal growth of calcium sulfate dihydrate*". J. Crystal growth, 6. Hal 281-289.