

## KESEIMBANGAN FASA PRESIPITASI $\text{CaSO}_4$ - $\text{NaCl}$ - $\text{H}_2\text{O}$

**Esaf Kresno Aji (L2C604137) dan Wahyudi Istiyanto (L2C604177)**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang  
 Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239 Telp/Fax (024)7460058  
 Pembimbing :Dr.Ir. Ratnawati, MT

### Abstrak

Indonesia memiliki wilayah yang cukup luas dan sebagian besar terdiri dari daratan, yang belum dimanfaatkan secara maksimal dalam hal pemenuhan kebutuhan akan air bersih. Hal ini berdasar pada semakin berkurangnya sumber air bersih yang diperoleh dari air tanah, persoalan ini dapat diselesaikan dengan memanfaatkan air laut menggunakan metode desalinasi. Dari berbagai wilayah di Indonesia kandungan garam-garam terlarut berbeda komposisinya. Tetapi persentase garam kalsium karbonat, natrium klorida, dan kalsium sulfat yang paling dominan. Presipitasi kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) dalam proses desalinasi air laut yang ditinjau dari aspek kinetika, dapat digunakan untuk memprediksi dan mengendalikan tendensi pengendapan (scaling) dalam proses desalinasi air laut baik yang menggunakan proses thermal maupun reverse osmosis. Tujuan penelitian ini adalah: mencari data-data kelarutan  $\text{CaSO}_4$  dalam  $\text{NaCl}$ , mencari induction time tiap variabel konsentrasi pengendapan, mencari kinetika pengendapan  $\text{CaSO}_4$  dalam salinitas air laut. Prosedur penelitian yang dilakukan adalah, membuat larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ . Dicampur dan diaduk selama satu menit, diamkan dalam tabung uji selama 3-4 hari. Variabel berubah yang digunakan adalah waktu pengambilan sampel, konsentrasi  $\text{CaSO}_4$ , konsentrasi  $\text{NaCl}$ . Hasil yang diperoleh yaitu semakin lama waktu maka kadar larutan semakin konstan, Konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$  dengan Ksp perbandingannya adalah berbanding lurus, Tetapan Ksp  $\text{CaSO}_4$  murni adalah  $3 \times 10^{-5}$  sedangkan pada keseluruhan percobaan yang kami lakukan harga Kspnya lebih besar dari Ksp  $\text{CaSO}_4$  murni.

Kata kunci :  $\text{CaSO}_4$ , desalinasi,  $\text{NaCl}$ , presipitasi

### Abstract

Indonesia have the enough region wide and mostly compose land from ocean, what not yet been exploited maximal in the case of fulfillment of requirement will irrigate the cleanness. This matter base on on the wane of clean water source which obtained from ground water, this problem can be finished by exploiting the sea-water use the method desalination. From various region in Indonesia dissolve salts content differ his composition. But percentage of salt calcium carbonate, natrium chloride, and calcium the sulphate is most dominant. Precipitation calcium sulphate ( $\text{CaSO}_4$ ) in course of desalinasi the sea-water evaluated from kinetics aspect, applicable to prediktion and control the encrusting mainstream (scaling) in course of desalination sea-water both for using the process thermal and reverse osmosis. Purpose of this research [is] to: looking for the condensation data  $\text{CaSO}_4$ , in  $\text{NaCl}$ , look for induction time every precipitation concentration variable, look for the precipitation kinetics  $\text{CaSO}_4$  in salinitas sea-water. Research procedure taken [is], making the condensation  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ . Mingled and swirled during one minute, hushed in test tube dive 3-4 day. Variable change the used is intake time sample, concentration  $\text{CaSO}_4$ , concentration  $\text{NaCl}$ .

The result obtained [by] that is longer time hence constant condensation rate progressively, Konsentration  $\text{Ca}^{2+}$  , and  $\text{SO}_4^{2-}$  with  $K_{sp}$  his comparison [is] to comparing lurus, Tetapan  $K_{sp}$   $\text{CaSO}_4$  purification is  $3 \times 10^{-5}$  are while [at] entirety of the attempt we do the price  $K_{sp}$ nya bigger than  $K_{sp}$   $\text{CaSO}_4$  pure.

Key word :  $\text{CaSO}_4$ , desalination,  $\text{NaCl}$ , presipitation

## 1. PENDAHULUAN

Desalinasi adalah proses pemisahan garam dan mineral lainnya dari air laut, air payau ataupun dari air hasil olahan limbah guna mendapatkan air murni. Proses desalinasi tergantung pada kualitas air laut yang digunakan, kualitas produk air yang diinginkan dan ekonomi proses. Proses desalinasi yang berkembang saat ini adalah dengan teknologi distilasi, pembekuan, pertukaran ion, penguapan sinar matahari, dan teknologi membran menggunakan reverse osmosis (Benny Syahputra, 2007).

Salinitas air laut dapat didefinisikan sebagai kadar keasinan yang terkandung dalam air laut. Dalam kenyataannya air laut mengandung berbagai komponen garam, yang dapat mempengaruhi kadar keasinan. Sebagaimana diketahui kadar keasinan diberbagai air laut berbeda-beda pada tabel 5.1

**Tabel 1**  
**Ionic Composition (by weight) in Sea Water**  
**of Pratical Salinity 35.0**

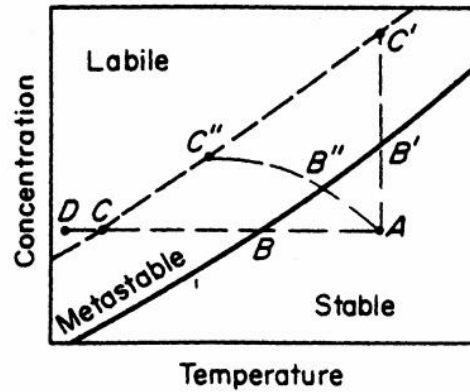
Ion	Symbol	Sea Water (g/kg)	Percentage of Dissolved Salts
Chloride	$\text{Cl}^-$	19.35	55.04
Sodium	$\text{Na}^+$	10.77	30.62
Sulfate	$\text{SO}_4^{2-}$	2.71	7.71
Magnesium	$\text{Mg}^{++}$	1.29	3.68
Calcium	$\text{Ca}^{++}$	0.41	1.17
Potassium	$\text{K}^+$	0.40	1.14
Bicarbonate	$\text{HCO}_3^-$	0.12	0.33
Bromine	$\text{Br}^-$	0.07	0.19

Source : Based on FJ. Millero, *Ann. Rev. Earth Planetary Sci.*, 2, 101, 1974

Kristalisasi adalah proses memproduksi kristal dari uap, lelehan, atau larutan dan dapat digunakan untuk memisahkan padatan dari cairan, cairan dari cairan atau padatan dari padatan ( Philip A. Schweitzer, 1979). Kristalisasi dari larutan terdiri dari dua fenomena yang berbeda: yaitu pembentukan kristal dan pertumbuhan kristal. Pembentukan kristal disebut juga nukleasi. Baik nukleasi maupun pembentukan kristal menggunakan larutan supersaturasi. Kristal dapat didefinisikan sebagai komponen padatan dari rangkaian atom dalam susunan yang teratur ( Perry, 1997).

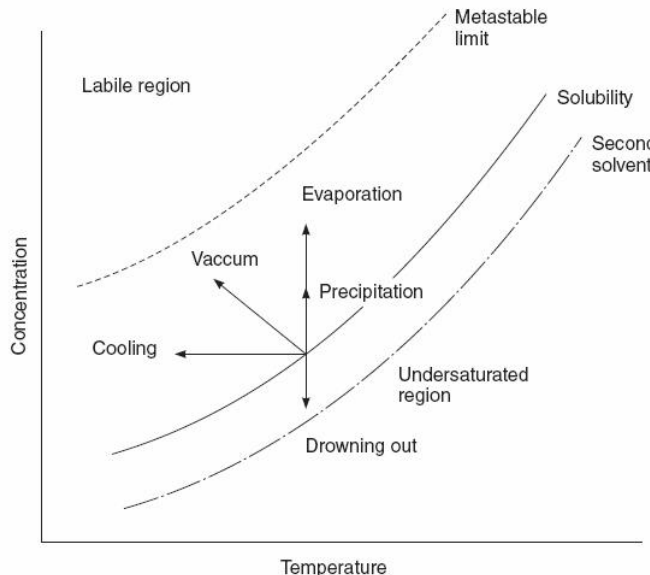
Supersaturasi (lewat jenuh) dapat didefinisikan sebagai konsentrasi yang berlebih dari konsentrasi jenuh, dan secara singkatnya perbedaannya dari konsentrasi jenuh atau rasio konsentrasi jenuh (Mc.Ketta, 1981).

Larutan supersaturasi ( lewat jenuh ) adalah komponen dari dua daerah metastabil dan tidak stabil. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Solubility-supersolubility diagram untuk menjelaskan daerah stabil dan tidak stabil

Supersolubility didefinisikan sebagai batasan konsentrasi antara dua daerah. Dimana, kristal besar yang diduga diperoleh dengan mudah dalam larutan metastabil. Konsep ini sangat membantu dalam menjelaskan kondisi operasi dari proses kristalisasi. Untuk mendapatkan kristal yang besar ketika supersolubility tidak berpengaruh dengan perbedaan kondisi operasi dalam plant industri dari test laboratorium. Keseimbangan kristalisasi dari beberapa sistem sering dinyatakan dalam bentuk kurva solubility dan supersolubility. Kurva supersolubility berbeda dari kurva solubility, dimana posisi kurva tidak hanya ditentukan dari sifat-sifat sistem tapi juga oleh faktor-faktor lain seperti cooling rate, derajat agitasi, dan sistem tersebut secara sistematis memerlukan keseimbangan konsentrasi daerah metastabil dan supersolubility.



Gambar 2. Keseimbangan kristalisasi: Kurva solubility-supersolubility Miers dan Isaac,1907

Sesuai teori Miers, kristal-kristal pada daerah di bawah saturasi akan terlarut, pertumbuhan kristal terjadi pada daerah metastabil, dan seketika itu juga nukleasi terjadi pada daerah supersaturasi atau daerah labil. Luas permukaan kristal, kecepatan pendinginan, dan guncangan alat mempengaruhi posisi kurva Miers. Kurva supersolubility hampir selalu membentuk daerah dan tidak membentuk garis, untuk sistem yang sebenarnya terjadi "subsequent work". Tetapi, jika kondisi proses dijaga konstan, kurva solubility untuk sistem yang diberikan tak terhingga dan dapat diproduksi kembali, serta melambangkan supersaturasi maksimum dalam sistem dapat menghambat nukleasi homogen atau heterogen.

Induction time dapat diartikan sebagai waktu antara pencapaian kondisi supersaturasi dan terbentuknya kristal pertama (Tavare,N.S.,1995 ). Ini tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi awal dan kondisi pada saat proses seperti, supersaturasi, pengadukan, suhu, dan pembibitan tetapi juga dipengaruhi oleh teknik pengukuran yang digunakan.

Induction time dapat tuliskan secara matematis sebagai berikut :

$$t_{ind} = t_r + t_n + t_g \tag{1}$$

dimana,

$t_r$  = waktu pertumbuhan nukleus kritis sampai ukuran yang bisa dilihat

$t_g$  = waktu untuk pertumbuhan kristal sampai ukuran bisa dilihat

$t_n$  = waktu nukleasi

$t_{ind}$  = induction time

Menurut Nielsen 1964, bahwa  $t_r \sim 10^{-17} D^{-1}$ , dimana  $D$  = difusifitas ( $m^2 s^{-1}$ ). Dalam larutan aqueous elektrolit harga  $D \sim 10^{-9} m^2 s^{-1}$ , waktu relaksasinya sekitar  $10^{-8}$  s. pada sistem dengan viskositas yang tinggi, tetapi harga  $D$  dapat sangat-sangat rendah dan  $t_r$  sangat tinggi.

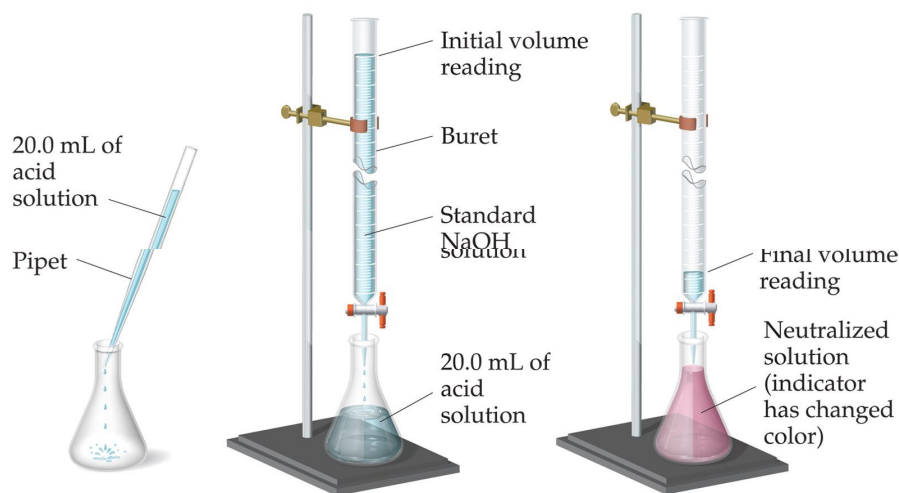
## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan adalah NaCl, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Aquadest, EDTA, Indikator EBT, Larutan Buffer, NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, dan CaCl<sub>2</sub>. pada pembuatan larutan supersaturasi semua komponen diatas dibuat larutan yang homogen sehingga dimungkinkan terjadi reaksi. Kemungkinan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

- $CaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow NaCl + CaSO_4$
- $CaCl_2 + NaHCO_3 \rightarrow CaCO_3 + NaCl + H^+$

Variabel tetap adalah volume larutan 50 ml, waktu pengadukan 1 menit, temperatur kamar variabel berubah waktu pengambilan sample, konsentrasi CaSO<sub>4</sub> 0,03 ; 0,07 ; 0,12 M, konsentrasi NaCl 0 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 M

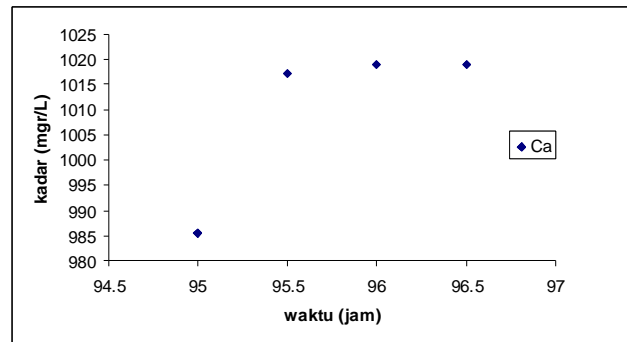
Sedangkan Alat yang digunakan adalah Beaker gelas, Erlenmeyer, Kompor listrik, Thermometer, Termoset, Pengaduk, Timbangan



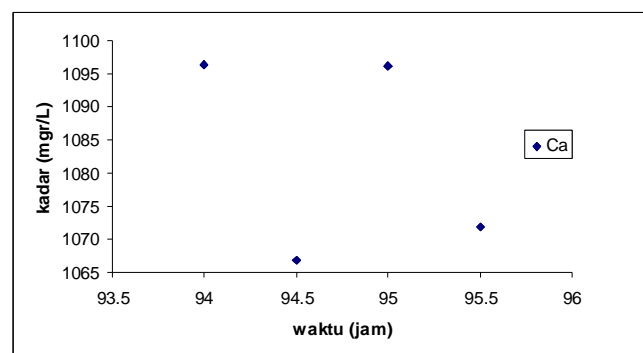
Gambar rangkaian alat.

Pertama-tama timbang CaCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk masing-masing variabel dan masing-masing bahan dilarutkan dalam labu takar 50 ml timbang NaCl dan larutkan dalam labu takar 100 ml. Setelah masing-masing larutan jadi masukan larutan NaCl dalam Beaker Glass terlebih dahulu kemudian larutan CaCl<sub>2</sub> dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Dimasukan secara bersamaan setelah itu aduk selama 1 menit setelah pengadukan selesai langsung masukan larutan dalam tabung uji dan tutup rapat kemudian biarkan selama kurang lebih 3-4 hari lakukan juga untuk variabel lain. setelah didiamkan selama 3-4 hari mulai dilakukan analisa kadar Ca<sup>2+</sup>.

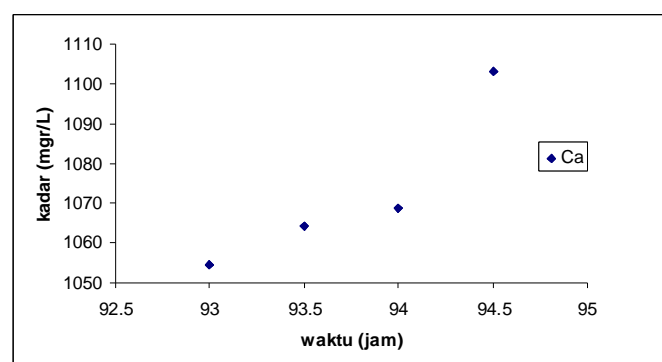
### 3. Hasil dan Pembahasan Kadar larutan vs Waktu



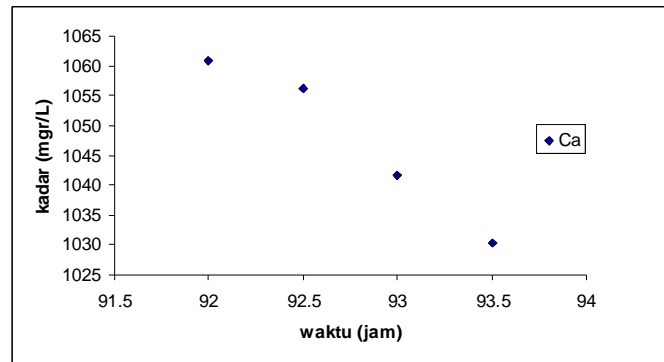
Gambar 1. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,03 M  $\text{CaSO}_4$  + 0,0 M  $\text{NaCl}$  pada temperature 30  $^{\circ}\text{C}$   
Waktu ke 96,50 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp}$   $6,46 \cdot 10^{-4}$



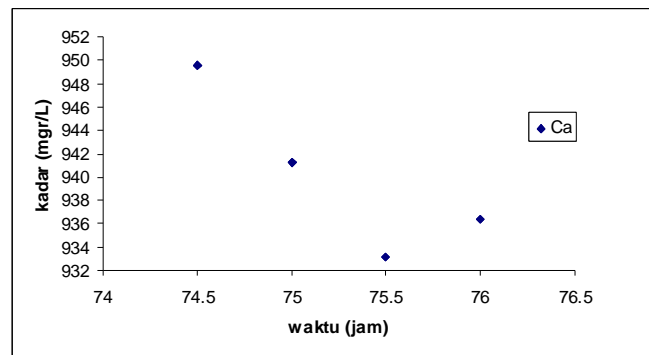
Gambar 2. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,03 M  $\text{CaSO}_4$  + 0,5 M  $\text{NaCl}$  pada temperature 30  $^{\circ}\text{C}$   
Waktu ke 95 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp}$   $7,54 \cdot 10^{-4}$



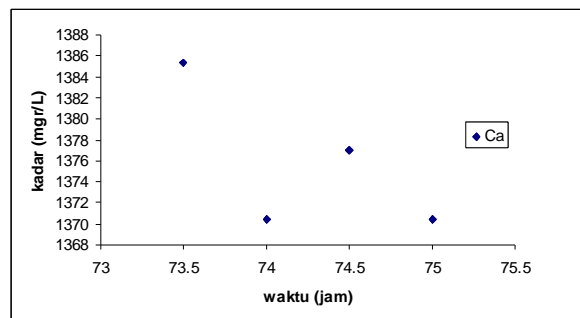
Gambar 3. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,03 M  $\text{CaSO}_4$  + 1,0 M  $\text{NaCl}$  pada temperature 30  $^{\circ}\text{C}$   
Waktu ke 94,50 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp}$   $7,61 \cdot 10^{-4}$



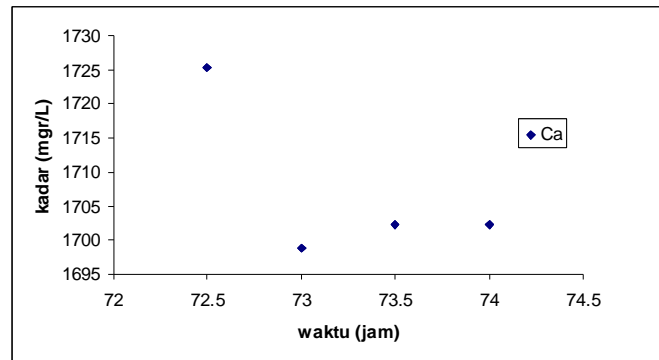
Gambar 4. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,03 M  $\text{CaSO}_4$  + 1,5 M  $\text{NaCl}$  pada temperature  $30\text{ }^\circ\text{C}$   
Waktu ke 92 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp} 7,03 \cdot 10^{-4}$



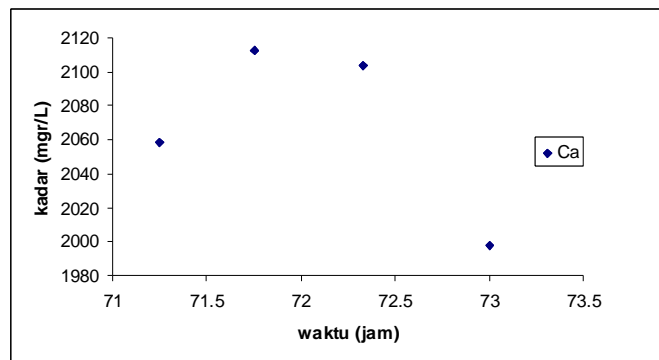
Gambar 5. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,07 M  $\text{CaSO}_4$  + 0,0 M  $\text{NaCl}$  pada temperature  $30\text{ }^\circ\text{C}$   
Waktu ke 74,50 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp} 5,64 \cdot 10^{-4}$



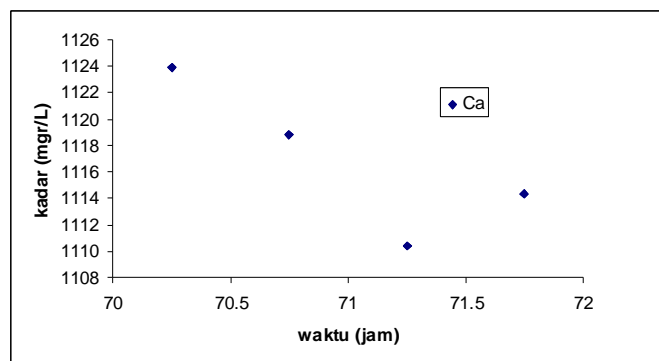
Gambar 6. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,07 M  $\text{CaSO}_4$  + 0,5 M  $\text{NaCl}$  pada temperature  $30\text{ }^\circ\text{C}$   
Waktu ke 73,50 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp} 11,99 \cdot 10^{-4}$



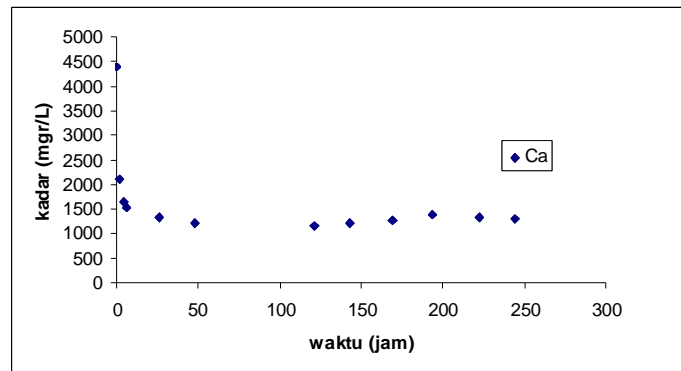
Gambar 7. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,07 M  $\text{CaSO}_4$  + 1,0 M  $\text{NaCl}$  pada temperature 30  $^{\circ}\text{C}$  Waktu ke 72,50 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp}$   $18,61 \cdot 10^{-4}$



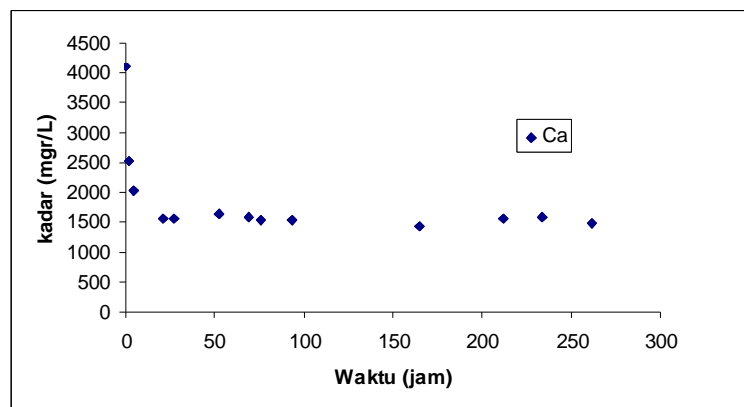
Gambar 8. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,07 M  $\text{CaSO}_4$  + 1,5 M  $\text{NaCl}$  pada temperature 30  $^{\circ}\text{C}$  Waktu ke 71,75 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp}$   $27,89 \cdot 10^{-4}$



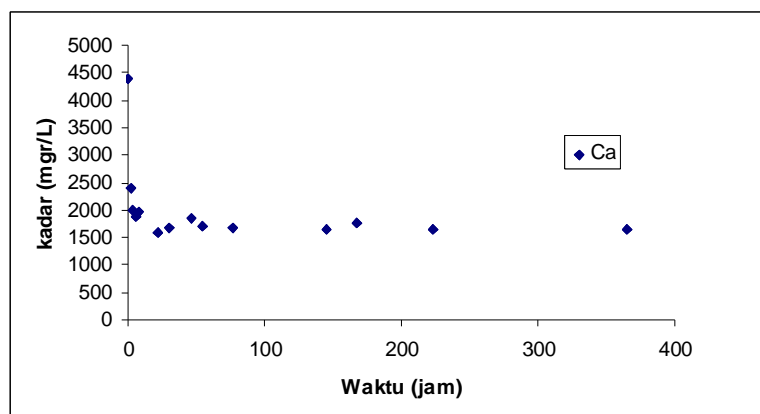
Gambar 9. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,12 M  $\text{CaSO}_4$  + 0,0 M  $\text{NaCl}$  pada temperature 30  $^{\circ}\text{C}$  Waktu ke 70,25 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp}$   $7,89 \cdot 10^{-4}$



Gambar 10. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,12 M  $\text{CaSO}_4$  + 0,5 M  $\text{NaCl}$  pada temperature  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Waktu ke 0 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp} 120,95 \cdot 10^{-4}$



Gambar 11. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,12 M  $\text{CaSO}_4$  + 1,0 M  $\text{NaCl}$  pada temperature  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Waktu ke 0 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp} 106,04 \cdot 10^{-4}$



Gambar 12. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,12 M  $\text{CaSO}_4$  + 1,5 M  $\text{NaCl}$  pada temperature  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Waktu ke 0 jam dimana  $\text{CaSO}_4$  tidak mengendap lagi. Pada titik ini diperoleh harga  $K_{sp} 120,89 \cdot 10^{-4}$



Tabel Ksp untuk berbagai kondisi

NaCl	CaSO <sub>4</sub>		
	0,03	0.07	0.12
0	6.46 x 10 <sup>-4</sup>	5.64 x 10 <sup>-4</sup>	7.89 x 10 <sup>-4</sup>
0.5	7.51 x 10 <sup>-4</sup>	11.99 x 10 <sup>-4</sup>	120.95 x 10 <sup>-4</sup>
1	7.61 x 10 <sup>-4</sup>	18.61 x 10 <sup>-4</sup>	106.04 x 10 <sup>-4</sup>
1.5	7.03 x 10 <sup>-4</sup>	27.89 x 10 <sup>-4</sup>	120.89 x 10 <sup>-4</sup>

Semakin lama waktu pengendapan maka kadar larutannya akan semakin mendekati konstan, hal ini dikarenakan semakin lama waktu pengendapan maka pengendapannya akan semakin sempurna. Sehingga endapan didalam larutan akan habis maka kadar larutannya juga akan semakin konstan.

#### Kosentrasi Ca<sup>2+</sup>, dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> vs Ksp

Kosentrasi Ca<sup>2+</sup>, dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dengan Ksp perbandingannya adalah berbanding lurus, apabila konsentrasinya semakin besar maka harga Kspnya juga semakin besar pula dan kebalikannya hal ini dapat ditunjukkan dengan rumus :

$$Ksp = \text{Kosentrasi Ca}^{2+} \times \text{Kosentrasi SO}_4^{2-}$$

#### Perbandingan Ksp CaSO<sub>4</sub> percobaan dengan Ksp CaSO<sub>4</sub> murninya.

Tetapan Ksp CaSO<sub>4</sub> murni adalah 3 X 10<sup>-5</sup> sedangkan pada keseluruhan percobaan yang kami lakukan harga Kspnya lebih besar dari Ksp CaSO<sub>4</sub> murni. Hal ini dikarenakan pada larutan percobaan kami terdapat ion sekutu yaitu ion garam netral, ion tersebut dapat menyebabkan meningkatnya harga Ksp. Pada percobaan kami yang menjadi ion sekutu garam netral adalah NaCl.

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu maka kadar larutan semakin konstan, Konsentrasi Ca<sup>2+</sup>, dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dengan Ksp perbandingannya adalah berbanding lurus, Tetapan Ksp CaSO<sub>4</sub> murni adalah 3 X 10<sup>-5</sup> sedangkan pada keseluruhan percobaan yang kami lakukan harga Kspnya lebih besar dari Ksp CaSO<sub>4</sub> murni. KSP yang paling rendah didapatkan pada variabel 8 (0,07 M CaSO<sub>4</sub> + 0,0 M NaCl), KSP yang paling tinggi didapat pada variabel 5 (0,07 M CaSO<sub>4</sub> + 1,5 M NaCl).

#### Saran

Saran yang bisa diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah Pengamatan waktu titrasi harus cermat dan teliti, Pada saat pencampuran larutan harus langsung diaduk jangan sampai terjadi endapan.

#### Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada Ir. Herry Santoso selaku koordinator penelitian dan Dr. Ir. Ratnawati, MT selaku dosen pembimbing, dalam pembuatan makalah ini penyusun menyadari masih banyak kekurangan, namun demikian semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi pembaca dapat diterima sebagai sumber pemikiran demi kemajuan ilmu pengetahuan.

#### Daftar pustaka

- Mc.Ketta, "Encyclopedia of chemical engineers", 1981, 153-154 pp.  
 Ruthven, D.M, "Encyclopedia of Separation Techniques", Vol.1, 1997, 394 pp.  
 Schweitzer. "Philip A, Handbook of separation Techniques for Chemical Engineers", 1979. Mc Graw-Hill, inc.