

PENGARUH NaCl TERHADAP PRESIPITASI CaCO₃

Atmi Wahyu Kinasih (L2C004201) dan Dewi Rusita R (L2C004208)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Dr. Ir. Ratnawati, MT.

Abstrak

Air laut mengandung banyak ion mengakibatkan tingginya salinitas. Pada proses desalinasi air laut dengan menggunakan membran, sering terjadi fouling dan scaling membran. Maka diperlukan batasan kelarutan dari ion-ion yang terdapat dari air laut seperti calcium carbonate (CaCO₃) untuk dapat meminimalisir terjadinya scaling. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh NaCl terhadap presipitasi CaCO₃. Dengan menganalisa kadar Ca²⁺ dan kadar CO₃²⁺ dalam larutan sampel dengan metode titrasi. Pada analisa kadar Ca²⁺ dengan menggunakan titer EDTA dan pada analisa kadar CO₃²⁺ menggunakan titer HCl. Dengan mengetahui konsentrasi Ca²⁺ dan CO₃²⁺ diperoleh harga Ksp CaCO₃ dari masing-masing variabel penelitian. Pada presipitasi CaCO₃ di dalam larutan NaCl memiliki induce time=0. Pada variabel NaCl tetap, diperoleh Ksp yang relatif tetap. Hal ini disebabkan karena ion Na⁺ dan Cl⁻ yang berada di dalam semua larutan sejumlah sama. Pada variabel CaCO₃ tetap, diperoleh Ksp yang berbeda dari setiap variabel. Hal ini disebabkan karena ion Na⁺ dan Cl⁻ yang berada di dalam semua larutan semakin besar. Adanya Na⁺ dan Cl⁻ dalam larutan CaCO₃ mempengaruhi besarnya Ksp dari CaCO₃. Pada konsentrasi NaCl yang semakin besar, dibutuhkan waktu yang relatif lama untuk mengendapkan semua CaCO₃ yang berada di dalam larutan NaCl.

Kata kunci : Ksp; Ca²⁺; CO₃²⁺; HCO₃⁻; NaCl; pengendapan

Abstract

Sea water contain many ion result high of salinity. In the process of desalination sea water by using membrane, often happened fouling and scaling membrane. So needed solubility constrain of ion which there are from sea water like calcium carbonate (CaCO₃) to be able to reduce the scaling. In this research aim to know influence of NaCl to precipitation CaCO₃. by analyzing of Ca²⁺ by using EDTA titer and analyzing of concentration CO₃²⁺ using HCl titer. After know the concentration of Ca²⁺ and CO₃²⁺ obtained Ksp CaCO₃ from research variables. At precipitation CaCO₃ in solution of NaCl have induce time = 0. at variable of NaCl fixed, obtained Ksp CaCO₃ relatively fix. This matter is cause by ion of Na and Cl on the all of solution same calculation. At variable of CaCO₃ fixed, obtained Ksp different at each variable. This matter is cause by ion of Na and Cl in solution more greater. Existence of Na and Cl in CaCO₃ solution influence value of Ksp CaCO₃. in the NaCl concentration more greater, needed time relatively more to precipitation all CaCO₃ in NaCl solution.

Key Words : Ksp; Ca²⁺; CO₃²⁺; HCO₃⁻; NaCl; precipitation

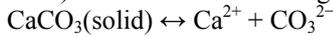
1. Pendahuluan

Air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garaman, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Penggunaan air dalam industri diantaranya adalah sebagai air pendingin dalam unit heat exchanger. Air yang dipakai sebagai air pendingin, harus memenuhi spesifikasi tertentu untuk mencegah terbentuknya kerak pada unit heat exchanger. Spesifikasi tersebut diantaranya adalah air harus bebas dari kandungan-kandungan mineral dan garam yang dapat menimbulkan kerak pada pipa.

Pada proses desalinasi air laut dengan menggunakan membran, sering terjadi *fouling dan scaling* membrane. Scaling adalah akumulasi dari garam yang tidak larut dalam membran seperti calcium carbonate (CaCO₃), calcium sulphate (CaSO₄) dan silica, juga calcium fluoride (CaF₂), barium sulphate (BaSO₄) dan strontium sulphate (SrSO₄). Ketika pemasangan RO dengan recovery 50%, konsentrasi garam di aliran konsentrat adalah 2x konsentrasi garam pada air umpan. Ketika recovery meningkat, kasus scaling juga akan meningkat.

Air laut mengandung banyak ion mengakibatkan tingginya salinitas (Pichard and Emery 1990). Rata-rata konsentrasi garam-garam terlarut di air laut berkisar 3.5%, namun konsentrasi tersebut tergantung pada lokasi dan laju evaporasi (Brown et al 1989 dan Millero, 1996). Konsentrasi ion utama terlarut bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain, namun secara proporsi relatifnya konstan (Brown et al 1989 dan Pichard and Emery, 1990).

Ion karbonat di dalam air laut bentuknya sebagai ion bikarbonat. Perubahan bikarbonat, menjadi karbonat disebabkan adanya stripping CO_2 , hal tersebut meningkatkan konsentrasi ion karbonat (CO_3^{2-}) (Edwards dan Benjamin, 1991). Kalsium karbonat sangat sedikit larut dalam air. Kesetimbangan dari larutan ditunjukkan dengan persamaan:



Dapat diambil hasil kali kelarutan:

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 4.47 \times 10^{-9} \text{ pada } 25^\circ\text{C}$$

Kelarutan atau solubilitas adalah kemampuan suatu zat kimia tertentu, zat terlarut (*solute*), untuk larut dalam suatu pelarut (*solvent*) (Atkins, P.W. 1995).

Di dalam larutan yang mengandung garam, dua garam NaCl dan CaCO_3 terdapat ion-ion H^+ , Na^+ , Ca^{2+} , OH^- , HCO_3^- , dan CO_3^{2-} . Kesemua ion yang ada akan saling mempengaruhi keseimbangan termodinamis. Keseimbangan ini merupakan fungsi dari temperatur, kekuatan ion, dan pH.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh NaCl terhadap kelarutan CaCO_3

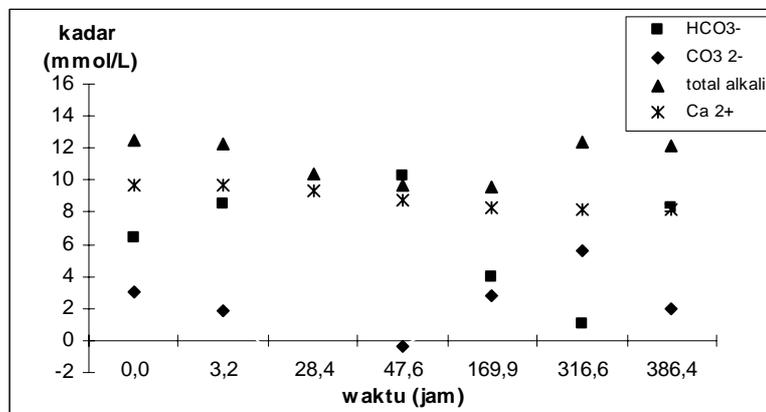
2. Bahan dan Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan bahan utama NaCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan NaHCO_3 . Larutan CaCO_3 dengan konsentrasi 0,01-0,05 mol/L dibuat dari campuran $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan NaHCO_3 sedangkan larutan NaCl dibuat dengan konsentrasi 0-1,5 mol/L. Larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan NaHCO_3 dicampur dengan larutan NaCl , kemudian diaduk selama 1 menit. Campuran tersebut dibagi ke dalam tabung reaksi, kemudian dianalisa kadar Ca^{2+} , kadar CO_3^{2-} , dan kadar HCO_3^- dengan metode titrasi asam-basa. Titrasi dilakukan tiap waktu dimulai dari t ke-0 jam.

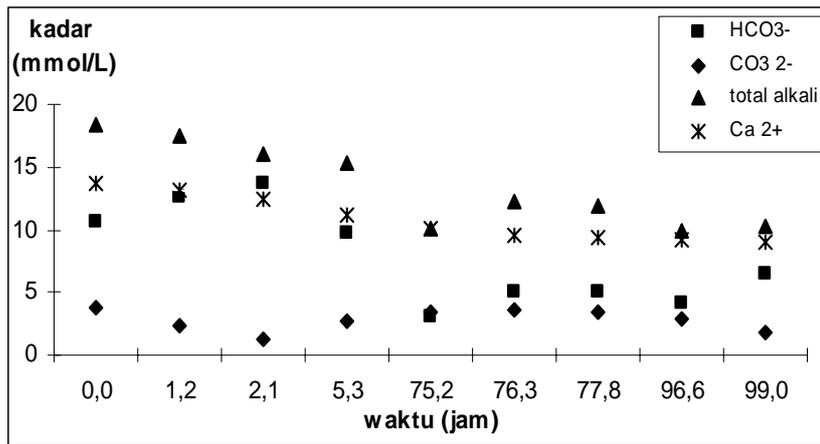
3. Hasil dan Pembahasan

Percobaan dilakukan pada variabel berubah CaCO_3 dan NaCl . Dari hasil percobaan, dapat diambil suatu konsentrasi dimana CaCO_3 sudah tidak mengendap lagi. Dari titik tersebut dapat diperoleh harga K_{sp} dari CaCO_3 yaitu dengan mengalikan konsentrasi Ca^{2+} dengan konsentrasi CO_3^{2-} .

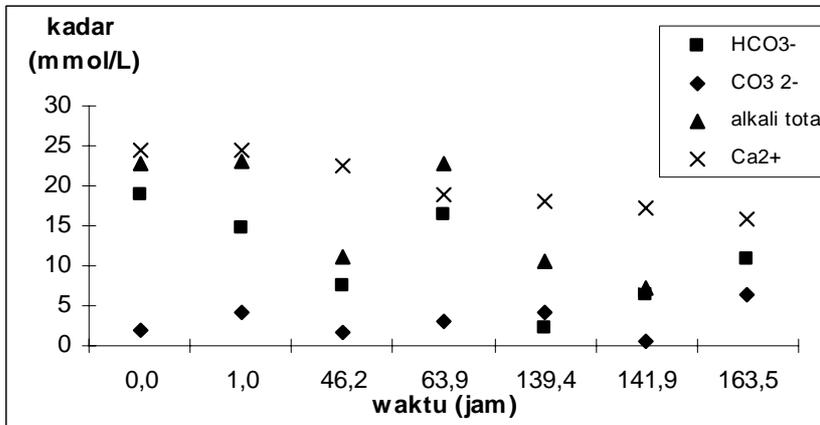
- a. Percobaan dilakukan dengan konsentrasi NaCl 0,5 M sebagai variabel tetap, dan konsentrasi CaCO_3 sebagai variabel berubah, yaitu 0,01M; 0,015; 0,025M; dan 0,05M.



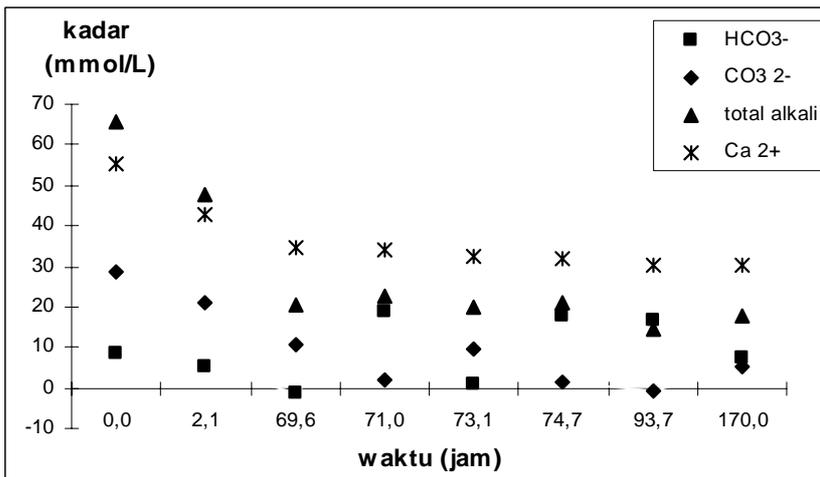
Gambar 1. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,01 M CaCO_3 dalam larutan 0,5 M NaCl pada temperatur 30°C . Waktu ke 386,4 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO_3 dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga $k_{sp} = 1,6 \times 10^{-5}$.



Gambar 2. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,015 M CaCO₃ dalam larutan 0,5 M NaCl pada temperatur 30⁰C Waktu ke 98,7 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO₃ dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga ksp= 1,70709 x 10⁻⁵.



Gambar 3. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,025 M CaCO₃ dalam larutan 0,5 M NaCl pada temperatur 30⁰C Waktu ke 163,5 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO₃ dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga ksp= 3x10⁻⁶



Gambar 4. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,05 M CaCO₃ dalam larutan 0,5 M NaCl pada temperatur 30⁰C Waktu ke 170 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO₃ dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga ksp= 1,61x10⁻⁴

Tabel 1. Nilai Ksp pada variable CaCO₃ tetap dan NaCl berubah

Kadar Ca awal (mol/L)	Ksp
	Konsentrasi NaCl=0,5 mol/L
0,01	$1,6 \times 10^{-5}$
0,015	$1,71 \times 10^{-5}$
0,025	3×10^{-6}
0,05	$1,61 \times 10^{-4}$

Pada percobaan dengan variabel CaCO₃ berubah dan NaCl tetap, memiliki induce time=0, sehingga terdapat CaCO₃ di dalam larutan yang telah mengendap.

Adanya ion lain dalam larutan, dapat menyebabkan perubahan Ksp suatu larutan. Hal ini berhubungan dengan ionic strength dan koefisien aktivitasnya.

$$I_s = 0,5 \sum_i m_i z_i^2 \quad (1)$$

$$\log \gamma_{\pm} = -|Z_+ Z_-| A I_s^{0,5} \quad (2)$$

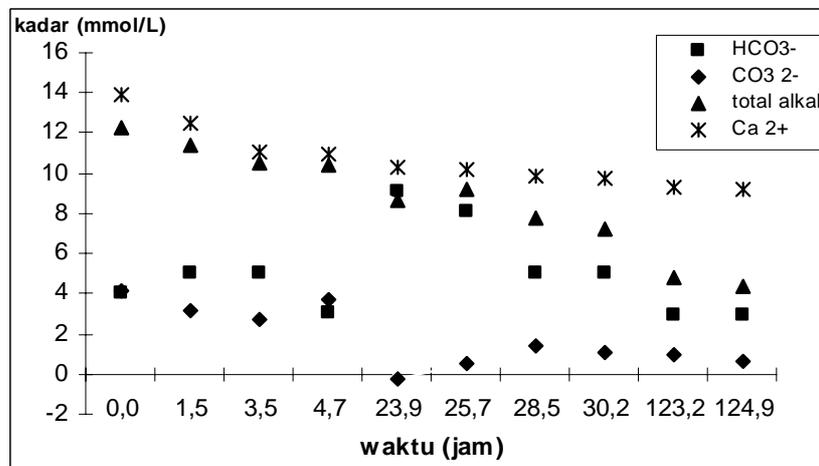
$$K_{sp, CaCO_3} = \gamma_{Ca^{2+}} [Ca^{2+}] \gamma_{CO_3^{2-}} [CO_3^{2-}] \quad (3)$$

Ion-ion lain di dalam larutan CaCO₃ akan mempengaruhi nilai I_s sebagaimana ditunjukkan oleh persamaan (1). Dengan berubahnya nilai I_s, maka koefisien aktivitas akan berubah, dan selanjutnya akan berubah juga kelarutan CaCO₃ (persamaan 2 dan 3).

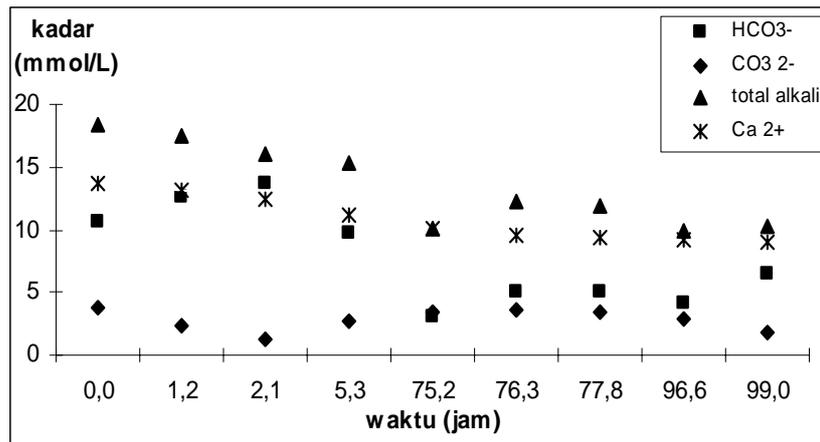
Jumlah NaCl yang berada dalam semua larutan CaCO₃ sama, sehingga harga I_s juga sama, maka koefisien aktifitasnya juga sama, Ksp yang diperolehpun relatif sama.

Ksp yang diperoleh pada percobaan ini relative besar dibandingkan dengan Ksp dari larutan CaCO₃ murni yaitu $4,47 \times 10^{-9}$. Besarnya Ksp yang diperoleh serta tidak samanya besar Ksp disebabkan karena masih terdapat CaCO₃ yang belum mengendap, sehingga masih dibutuhkan waktu lagi untuk dapat mengendapkan CaCO₃ di dalam larutan.

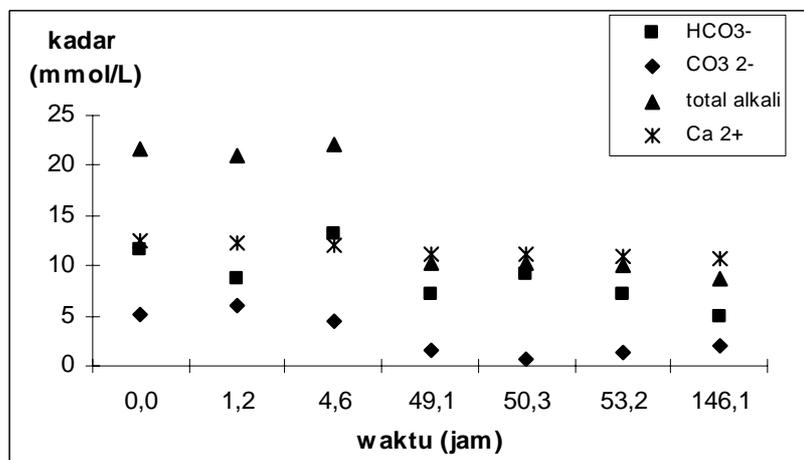
- b. Percobaan dilakukan dengan konsentrasi CaCO₃ 0,015M sebagai variabel tetap, dan konsentrasi NaCl sebagai variabel berubah, yaitu 0M; 0,5; 1M; dan 1,5M.



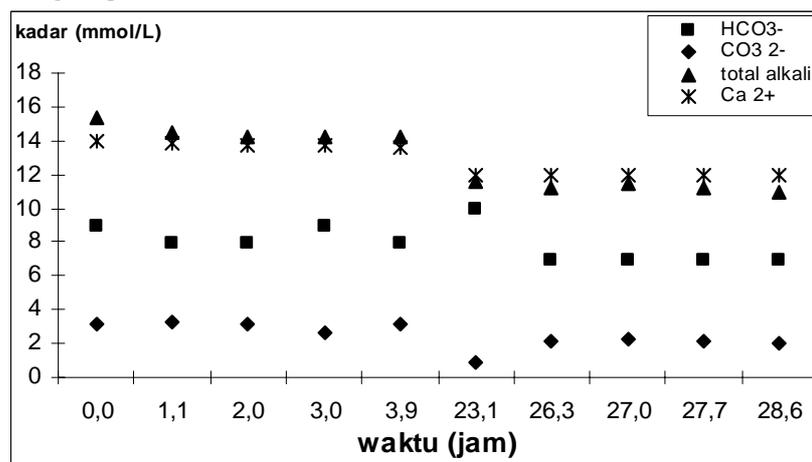
Gambar 5. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,05 M CaCO₃ dalam larutan 0 M NaCl pada temperatur 30⁰C Waktu ke 124,9 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO₃ dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga ksp= $6,28 \times 10^{-6}$



Gambar 6. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,05 M CaCO₃ dalam larutan 0,5 M NaCl pada temperatur 30⁰C Waktu ke 99 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO₃ dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga $k_{sp} = 1,71 \times 10^{-5}$.



Gambar 7. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,05 M CaCO₃ dalam larutan 1 M NaCl pada temperatur 30⁰C Waktu ke 124,9 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO₃ dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga $k_{sp} = 2,08 \times 10^{-5}$.



Gambar 8. Pengaruh waktu terhadap presipitasi 0,05 M CaCO₃ dalam larutan 1,5 M NaCl pada temperatur 30⁰C Waktu ke 28,6 jam diambil sebagai waktu dimana CaCO₃ dianggap telah melampaui batas kelarutannya. Pada titik ini, diperoleh harga $k_{sp} = 2,38 \times 10^{-5}$.

Tabel 2. Nilai Ksp pada variable CaCO₃ berubah dan NaCl tetap

Konsentrasi NaCl (mol/L)	Ksp
	Konsentrasi NaCl =0,5 mol/L
0,01	$1,6 \times 10^{-5}$
0,015	$1,71 \times 10^{-5}$
0,025	3×10^{-6}
0,05	$1,61 \times 10^{-4}$

Pada percobaan dengan variabel CaCO₃ tetap dan NaCl berubah, memiliki induce time=0, sehingga terdapat CaCO₃ di dalam larutan yang telah mengendap.

Jumlah NaCl yang berada dalam larutan CaCO₃ semakin besar, sehingga harga I_s yang diperoleh juga semakin besar, maka koefisien aktifitas dari masing-masing larutan berbeda. Ksp yang diperolehpun berbeda.

Ksp yang diperoleh pada percobaan ini relative besar dibandingkan dengan Ksp dari larutan CaCO₃ murni yaitu $4,47 \times 10^{-9}$. Besarnya Ksp yang diperoleh disebabkan karena masih terdapat CaCO₃ yang belum mengendap, sehingga masih dibutuhkan waktu lagi untuk dapat mengendapkan CaCO₃ di dalam larutan

4. Kesimpulan

Adanya Na⁺ dan Cl⁻ dalam larutan CaCO₃ mempengaruhi besarnya Ksp dari CaCO₃. Pada konsentrasi NaCl yang semakin besar, dibutuhkan waktu yang relatif lama untuk mengendapkan semua CaCO₃ yang berada di dalam larutan NaCl.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Dr.Ir.Ratnawati,MT selaku pembimbing penelitian kami, dan telah membiayai program penelitian ini.

Daftar Notasi

I _s	= ionic strength
m _i	= konsentrasi zat i (mol/L)
z _i	= muatan anion atau kation zat i
γ	= koefisien aktivitas

Daftar Pustaka

- Atkins,P.W.,(1995) "Physical Chemistry", 5th edition, Oxford University Press.
 Daniel,C.Harris.,(2002), "Quantitative Chemical Analysis", 6th edition, W.H.Freeman and Company, Newyork
 Letcher ,Trevor M, (2007), "Thermodynamics, Solubility and Environmental Issues" Elsevier
 Plummer, L.N. and Busenberg,E. (1982), "The Solubilities Of Calcite, Aragonite, And Vaterite In CO₂-H₂O Solution Between 0 And 90⁰c And An Evaluation Of The Aqueous Model For The System CaCO₃-CO₂-H₂O", Geochim. Cosmochim. Acta, 46, hal 1011-1040