



ID0200239

ESTIMASI PEMBENTUKAN ENDAPAN ALKALI DALAM PROSES DESALINASI SECARA MSF

Oleh : Siti Nurul Laffah

ABSTRAK

ESTIMASI PEMBENTUKAN ENDAPAN ALKALI DALAM PROSES DESALINASI SECARA MSF. Telah dilakukan estimasi fenomena pembentukan endapan alkali air laut. Dalam proses desalinasi air laut secara MSF endapan terjadi karena dekomposisi termal ion HCO_3^- dan hidrolisa ion karbonat dengan air pada temperatur operasi. Jenis endapan alkali yang menempel di permukaan pipa akan mengurangi efisiensi penukar panas dan meningkatkan serangan korosi struktur material yang kesemuannya menyebabkan ekonomi biaya tinggi. Estimasi dilakukan dengan menghitung tahap demi tahap proses dekomposisi ion bikarbonat yang selanjutnya membentuk endapan dengan ion Ca^{++} dan Mg^{++} . Endapan CaCO_3 terbentuk maksimum adalah 116,5 gram / m^3 dan $\text{Mg(OH)}_2 = 67,57$ gram/ m^3

ABSTRACT

THE ESTIMATION FORMATION ALKALINE IN THE PROSES DESALINATION MSF. Already to go on estimation phenomena formation alkaline scale of a seawater. In desalination system seawater on MSF to go on scale by a thermal decomposition HCO_3^- ion and hydrolysis carbonate ion with water on the temperature operation. The varieties alkaline scale in attached on tube surface, while reduced efficiency heat transfer and to raise corrosion attack to structure material is caused all this high cost. Estimation to take please which a sum step by step decomposition ion bicarbonate from then information scale which carbonate and hydroxyl ion. The various scale maximal is alkaline form is a calcium carbonate = 116,5 gram per meter cubic The various sedimentation is alkaline and magnesium hydroxide = 67,57 gram per meter cubic.

PENDAHULUAN

Phenomena endapan adalah sangat penting untuk diketahui dalam proses pemurnian air laut. Proses pemurnian air laut menjadi air tawar dengan pemanasan, kemudian di flashing dalam beberapa tingkat operasi pada tekanan yang lebih rendah secara progresif disebut multi stage flash distillation (MSF). Efek fundamental yang harus diperhatikan adalah proses pembentukan endapan serta cara penghilangannya. Proses pembentukan endapan di dalam proses desalinasi ini menjadi masalah yang dominan karena akan menurunkan efektifitas pertukaran panas pada permukaan material.

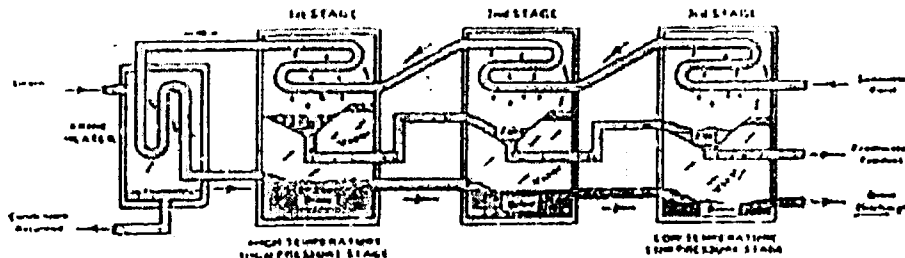
Dalam proses desalinasi, endapan ini akan menempel pada permukaan struktur material sehingga mengganggu konduktivitas panas dan juga mengurangi efisiensi perpindahan panas permukaan yang merupakan bagian dari proses desalinasi. Selain hal tersebut endapan akan meningkatkan serangan korosi struktur material yang mengakibatkan kerugian besar. Untuk menekan kerugian maka perlu dicegah terbentuknya endapan dengan mempelajari pembentukan endapan dengan cara melakukan estimasi terhadap proses dekomposisi dan hidrolisa air laut yang terjadi dalam proses MSF, mekanisme serta kondisi terbentuknya endapan dalam penukar panas, sehingga dapat diketahui kemungkinan-kemungkinan terjadinya reaksi pembentukan endapan tersebut. Hal ini penting untuk menentukan langkah pencegahannya. Dalam makalah ini akan dijelaskan mengenai teori desalinasi, endapan alkali, terjadinya endapan karbonat dan magnesium karbonat, mekanisme pembentukan endapan alkali serta estimasi pembentukan endapan untuk mengetahui apakah terjadi endapan alkali pada proses desalinasi secara MSF dengan menghitung hasil kali kelarutan, pengaruh pH.

TEORI

Desalinasi adalah proses pemurnian atau pengurangan garam terlarut di dalam air laut menjadi air tawar dengan konsentrasi garam terlarut di bawah 100 ppm. sistem desalinasi yang pertama kali adalah MSF dan Reverse Osmosis (RO) dengan membran yang kestabilannya rendah dimana biaya masih tergolong tinggi. Proses desalinasi dapat dibedakan menjadi 2 bagian bila ditinjau dari sumber energi yang digunakan nya, proses dengan menggunakan energi listrik dan proses dengan menggunakan energi panas. Prinsip dasar desalinasi MSF adalah pemanasan air laut secara progresif hingga temperatur maksimum 90-130°C, kemudian diflashing dalam beberapa tingkat operasi pada tekanan yang lebih rendah secara progresif.

uap yang dihasilkan dari setiap tingkatnya di kondensasikan dengan metode penukar panas oleh air umpan. Sumber uap utama dapat di suplai dari panas sisa yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga uap ataupun PLTN.

Proses desalinasi dapat terlihat sebagai berikut..



Gambar 1. Proses Desalinasi secara MSF.

Sistem desalinasi MSF ini telah banyak diaplikasikan di beberapa negara, walaupun biaya investasinya tinggi tetapi biaya perawatannya relatif rendah. Karena sebagai sumber uap utama dari sistem pemanasannya dapat disuplai dari panas sisa yang dihasilkan dari PLTN. Efek pokok yang harus diperhatikan dari desalinasi yaitu proses pembentukan endapan serta cara penghilangannya. Untuk mengetahui pembentukan endapan dalam proses MSF ini maka pengkajian mengenai desalinasi MSF perlu di lakukan estimasi, dengan menghitung tahap demi tahap proses deskomposisi ion bikarbonat yang selanjutnya membentuk endapan dengan ion Ca^{++} dan dan terjadi hidrolisis terbentuk ion $(\text{OH})^-$ yang akan mengendap adanya ion Mg^{++} . Pembentukan endapan dalam proses desalinasi menjadi masalah yang dominan karena akan menurunkan efektifitas penurunan panas dari permukaan material.

ENDAPAN

Endapan didefinisikan: bentuk kristal keras yang menempel pada perpindahan panas permukaan dimana proses penghilangannya dengan cara di bor/ di drill, endapan yang berasal dari larutan akan yang terbentuk karena proses penurunan kelarutannya pada kenaikan temperatur operasi dan kristal padat melekat pada erat pada permukaan logam.

Pembentukan endapan dalam proses desalinasi menjadi masalah yang dominan karena akan menurunkan efektifitas pertukaran panas dari permukaan material.

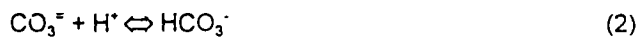
Secara umum endapan yang terbentuk dapat dibedakan dalam 2 tipe, alkali dan non alkali Dimana yang termasuk endapan alkali adalah kalsium karbonat dan magnesium hidroksida dan yang termasuk endapan non alkali adalah kalsium

sulfat, Kalsium phospat dan silikat. Tipe alkali sangat tergantung pada alkalinitas larutan sedangkan tipe non alkali tergantung pada konsentrasi larutan. Adanya gas terlarut dari air laut dan gas ini tidak dapat terkondensasi sangatlah mengganggu di dalam proses desalinasi. Selain gas Oksigen yang merupakan oksidator kuat dalam proses korosi, gas CO₂ merupakan komponen utama yang menyebabkan terbentuknya endapan alkali kalsium karbonat.

ENDAPAN ALKALI

Kalsium karbonat dan magnesium hidroksida disebut endapan alkali karena keduanya tergantung pada % alkalinitas dalam air laut. Alkalinitas adalah istilah yang digunakan untuk menetralisasi asam dalam air., alkalinitas biasanya ditunjukkan dalam ppm kalsium karbonat, dalam experimen digunakan titrasi air dengan asam kuat. Beberapa ion alkali yang dapat bereaksi dan menaikkan harga alkalinitas tetapi spesi spesi yang predominan dalam air adalah bikarbonat karbonat dan ion hidrosil.

Reaksi yang terjadi selama titrasi



Reaksi (1) dan (2) terjadi sempurna, dengan menggunakan indikator phenolphetalin terjadi perubahan warna pada ph =8 sedangkan reaksi (3) terjadi sempurna dengan menggunakan indikator metyl orange perubahan warna terjadi pada pH 3-8. Jika volume asam ditunjukkan dengan penambahan phenolphetalin pada titik P dan diperlukan penambahan methyl orange untuk reaksi pada titik M maka:

$$P = 0,5 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

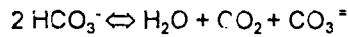
$$M = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-]$$

dan konsentrasi dari jenis spesi ini adalah

Titrasi	[OH ⁻]	[CO ₃ ²⁻]	[HCO ₃ ²⁻]
P= 0	0	0	M
2P<M	0	2P	M-2P
2P =M	0	2P	0
2P>M	2P- M	2(P-M)	0
P= M	M	0	0

harga alkalinitas ditunjukkan dengan cara menghitung :ppm CaCO₃ (meq/liter) dan epm. Dari hasil titrasi alkalinitas, dapat dihitung konsentrasi dari spesi ini.

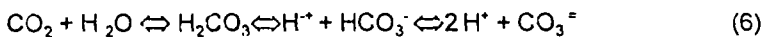
Aikalinitas dalam air laut sebagian besar bersama dengan ion bikarbonat. Ion bikarbonat ini sebagian membentuk kompleks dengan kesetimbangan air, meskipun arah kesetimbangan ini antara ion bikarbonat dan ion karbonat ditunjukkan sebagai berikut:



Reaksi keseimbangan ion karbonat akan bertambah dengan bertambahnya temperatur tetapi kecepatan hanya terjadi jika CO_2 yang terbentuk menguap/lepas. Jika CO_2 (gas) tidak menguap tingkat disosiasi ion bikarbonat dipengaruhi oleh konstanta keseimbangan yang akan mempengaruhi konsentrasi bikarbonat, karbonat dan spesi yang lainnya dalam air. Jika CO_2 (gas) menguap tingkat disosiasi bikarbonat akan dipengaruhi tekanan parsial CO_2 . Jadi pembentukan endapan tergantung kesetimbangan yang akan mempengaruhi konsentrasi bikarbonat, karbonat dan ion hidroksil dalam air dan pengendapan magnesium terbentuk lebih baik dari pengendapan kalsium sampai 66°C

KALSIUM KARBONAT

Dalam sistem keseimbangan air laut, reaksi ion bikarbonat dapat ditunjukkan :



Konstanta keseimbangan:

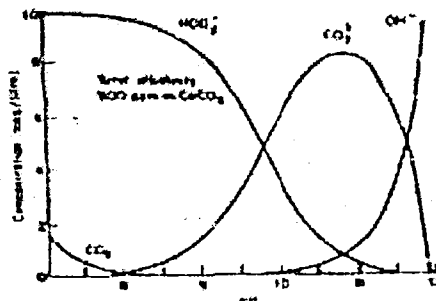
$$K_1 = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2]$$

$$K_2 = [\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]/[\text{HCO}_3^-]$$

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

Konsentrasi $[\text{CO}_2]$ dapat segera ditentukan dari konsentrasi H_2CO_3 dan konsentrasi CO_2 larutan, tetapi maksud penggunaan konsentrasi H_2CO_3 kurang penting dari pada konsentrasi larutan CO_2 .

Konstante kesetimbangan (air laut) ini untuk menunjukkan bahwa distribusi beberapa spesi karbonat dalam air seperti molekul CO_2 , HCO_3^- dan CO_3^{2-} tergantung pH. Temperatur dan kekuatan tarik (strength) ionic mempengaruhi distribusi dari beberapa ion, tetapi pengaruh ini tidak berarti dibandingkan pH. Gambar 2. Menunjukkan efek pH pada beberapa spesi ionic yang ada dalam air pada 25°C .



Gambar 2. Berbagai macam bentuk sifat alkali (alkalinity) sebagai fungsi pH(25°C)
Hasil kali kelarutan kalsium karbonat secara normal ditunjukkan sebagai:

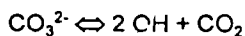
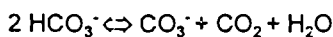
$$K_{sp} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$$

Nilai hasil kelarutan kalsium karbonat dapat untuk menghitung batas temperatur.

MAGNESIUM HIDROKSIDA

Berdasarkan hasil kelarutan, larutan magnesium hidroksida cenderung mempengaruhi pengendapan sebagai mana pada kalsium karbonat. Kelarutan magnesium hidroksida ditentukan bermacam macam kondisi, dan yang akan menghasilkan grafik yang menunjukkan batas kelarutan magnesium hidroksida yang tergantung pada pH dan temperature.

Menurut Hilter. Pembentukan endapan dibawah permukaan air pada pipa evaporator mempunyai peranan penting untuk dapat memperoleh kejakinan bahwa dibawah temperatur 85 -90 °C terbentuk endapan kalsium karbonat lebih baik dari pada magnesium hidroksida, pembentukan endapan ini predominan. Kita asumsikan bahwa pembentukan magnesiumhidroksida timbul dari ion $[OH]^-$ yang membentuk hidrolisis pada ion karbonat:



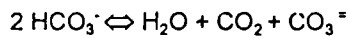
Dengan bertambahnya temperatur maka kecepatan hidrolisis akan bertambah, oleh sebab itu magnesium hidroksida lebih tidak terlarut dari pada kalsium karbonat.

Dalam instalasi distilasi air laut, walaupun keadaan tidak kelihatan sederhana pengendapan magnesium hidroksida, seperti yang dimaksud bahwa terbentuknya magnesium hidroksida melalui pengendapan awal yang ditunjukkan bersama sama kandungan anion hidroksil dan karbonat. Pembentukan endapan magnesium hidroksida tidak dapat dikontrol dengan kriteria kelarutan yang sederhana, tetapi

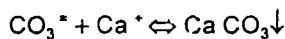
juga kondisi operasi plant. Secara praktis didapatkan bahwa endapan magnesium hidroksida hanya terjadi pada temperatur lebih dari 90°C.

MEKANISME PEMBENTUKAN ENDAPAN ALKALI

Secara umum mekanisme (Lanelier et al 1950) yang pengaruh dekomposisi termal dari ion bikarbonat seperti ditunjukkan step pertama :

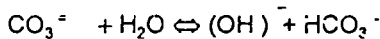


Dalam proses ini ion karbonat dapat mengendap dalam dua keseimbangan. Pertama dengan adanya ion Ca akan mengendapan menjadi kalsium karbonat yang ditunjukkan

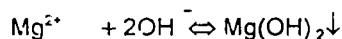


Disini akan terjadi endapan kalsium karbonat jika nilai K_{sp} nya dilewati pada temperatur tertentu dan salinitas.

Reaksi kedua mungkin terjadinya hidrolisa ion karbonat yang diberikan oleh :



Dalam proses ini konsentrasi ion hidroksida bertambah pada dengan adanya ion karbonat. Jika didalam larutan terdapat magnesium yang cukup maka akan menghasilkan magnesium hidroksida yang akan mengendap:



Dalam instalasi destilasi air laut walaupun situasinya tidak nyata adanya endapan magnesium hidroksida, seperti yang maksudkan bahwa pembentukan magnesium hidroksida timbul melalui pengendapan awal bersama dengan ion hidroksil dan ion karbonat. Pembentukan endapan magnesium hidroksida ternyata tidak hanya dikontrol dengan kriteria kelarutan tetapi juga dengan kondisi operasi instalasi. Endapan magnesium terjadi untuk berbagai keadaan operasi instalasi pada temperatur lebih dari 90 °C.

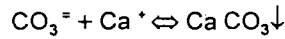
ESTIMASI PEMBENTUKAN ENDAPAN

Komposisi air laut secara umum adalah :

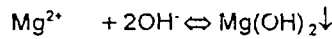
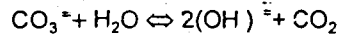
Ion	Konsentrasi (ppm)	mequiv/kg air laut
Na ⁺	10,561	0,44923
Mg ²⁺	1,272	0,10461
Ca ²⁺	400	0,01997
K ⁺	380	0,00972
Cl ⁻	18,980	0,53530
SO ₄ ²⁻	2,649	0,05515
HCO ₃ ⁻	142	0,11233
Br	65	0,00081
Padatan	34	-

Dari data tersebut dapat diketahui adanya peluang untuk terbentuknya endapan dalam proses desalinasi MSF yaitu terjadinya interaksi ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dengan spesi yang ditimbulkan oleh dekomposisi termal HCO_3^-

Dekomposisi termal $2 \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Hidrolisa ion CO_3^{2-}



$$\text{Ksp CaCO}_3 = 4,96 \times 10^{-9}$$

$$\text{Ksp Mg}(\text{OH})_2 = 5,61 \times 10^{-12}$$

Sesudah mengalami dekomposisi $\text{Ksp}(\text{CaCO}_3) = (\text{Ca}^{2+})(\text{CO}_3^{2-})$

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ dalam air laut} = 400 \text{ ppm} = 400 \text{ mg/l} = 10 \text{ mol/m}^3$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ dalam air laut} = 142 \text{ ppm} = 142 \text{ mg/l} = 142 \text{ g/m}^3 = 2,33 \text{ mol/m}^3$$

$$\text{Ksp}(\text{CaCO}_3) = (\text{Ca}^{2+})(\text{CO}_3^{2-}) = (0,1)(\text{CO}_3^{2-})$$

(CO_3^{2-}) tergantung pada ion HCO_3^- yang terdekomposisi

Hidrolisa ion CO_3^{2-} : $\text{Ksp Mg}(\text{OH})_2 = (\text{Mg}^{2+})(\text{OH}^-)^2$

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ dalam air laut} = 1,272 \text{ ppm} = 1,272 \text{ mg/l} = 0,0503 \text{ mmol/l}$$

$$\text{Ksp Mg}(\text{OH})_2 = (0,0503)(\text{OH}^-)^2$$

(OH^-) tergantung dari ion karbonat yang terhidrolisa

Tabel 1: HCO_3^- dalam air laut $142 \text{ ppm} = 142 \text{ mg/l} = 142 \text{ g/m}^3 = 2,33 \text{ mol/m}^3$ terdekomposisi

% HCO_3^- yang terdeskomposisi	HCO_3^- yang terdeskomposisi (mol/m^3)	HCO_3^- yang terdeskomposisi (g/m^3)	CO_3^{2-} yang terbentuk dari deskomposisi (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terbentuk dari deskomposisi (g/m^3)	endapan CaCO_3 (mol/m^3)	endapan CaCO_3 (g/m^3)
10	0.233	14.2	0.1165	6.99	0.1165	11.65
20	0.466	28.4	0.233	13.98	0.233	23.3
30	0.699	42.6	0.3495	20.97	0.3495	34.95
40	0.932	56.852	0.466	27.96	0.466	46.6
50	1.165	116.5	0.5825	34.95	0.5825	58.25
60	1.398	85.2	0.699	41.94	0.699	69.9
70	1.631	99.4	0.8155	48.93	0.8155	81.44
80	1.864	113.6	0.932	55.92	0.932	93.2
90	2.087	127.8	1.0485	62.91	1.0485	104.85
100	2.33	142	1.165	69.9	1.165	116.5

Tabel 2.: 0.1165 mol/m³ CO₃⁼ mengalami hidrolisa, kemudiam dengan adanya ion Mg⁺ akan membentuk endapan Mg(OH)₂

% hidrolisa	CO ₃ ⁼ yang terhidrolisa (mol/m ³)	CO ₃ ⁼ yang terhidrolisa (g/m ³)	CO ₃ ⁼ yang terhidrolisa (g/m ³)	(OH) ⁻ terbentuk (g/m ³)	Endapan Mg(OH) ₂ (mol/m ³)	endapan Mg(OH) ₂ (g/m ³)	Endapan CaCO ₃ dari CO ₃ ⁼ yang tidak terhidrolisa (mol/m ³)	endapan CaCO ₃ dari CO ₃ ⁼ yang tidak terhidrolisa (g/m ³)
10	0.01165	0.699	0.0233	0.3961	0.01165	0.6757	0.10485	10.485
20	0.0233	1.398	0.466	0.7922	0.0233	1.3514	0.0932	9.32
30	0.03495	2.097	0.0699	1.1883	0.03495	2.0271	0.08155	8.155
40	0.0466	2.796	0.0932	1.5844	0.0466	2.7028	0.0699	6.99
50	0.5825	3.495	0.1165	1.9805	0.5825	3.3785	0.05825	5.825
60	0.0699	4.194	0.1398	2.3766	0.0699	4.0542	0.0466	4.66

Tabel 3. 0.233 mol/m³ CO₃⁼ mengalami hidrolisa, kemudiam dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)₂

% hidrolisa dari 0.233 mol/m ³ CO ₃ ⁼	CO ₃ ⁼ yang terhidrolisa (mol/m ³)	CO ₃ ⁼ yang terhidrolisa (g/m ³)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m ³)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m ³)	endapan Mg(OH) ₂ (mol/m ³)	endapan Mg(OH) ₂ (g/m ³)	endapan CaCO ₃ dari CO ₃ ⁼ yang tidak terhidrolisa (mol/m ³)	endapan CaCO ₃ dari CO ₃ ⁼ yang tidak terhidrolisa (g/m ³)
10	0.0233	1.398	0.0466	0.7922	0.0233	1.3514	0.2097	20.97
20	0.0466	2.796	0.0932	1.5844	0.0466	2.7028	0.1064	10.64
30	0.0699	4.194	0.1398	2.3766	0.0699	4.0542	0.1631	16.31
40	0.0932	5.592	0.1864	3.1688	0.0932	5.4056	0.1398	0.1398
50	0.1165	6.99	0.233	3.961	0.1165	6.757	0.1165	11.65
60	0.1398	8.388	0.2796	4.7532	0.1398	8.1084	0.0932	9.32

Tabel 4. 0.3495 mol/m³ CO₃⁼ mengalami hidrolisa, kemudiam dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)₂

% hidrolisa dari 0.3495 mol/m ³ CO ₃ ⁼	CO ₃ ⁼ yang terhidrolisa (mol/m ³)	CO ₃ ⁼ yang terhidrolisa (g/m ³)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m ³)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m ³)	endapan Mg(OH) ₂ (mol/m ³)	endapan Mg(OH) ₂ (g/m ³)	endapan CaCO ₃ dari CO ₃ ⁼ yang tidak terhidrolisa (mol/m ³)	endapan CaCO ₃ dari CO ₃ ⁼ yang tidak terhidrolisa (g/m ³)
10	0.03495	2.097	0.0699	1.1883	0.03495	2.0271	0.31455	31.45
20	0.0699	4.194	0.1398	2.3766	0.0699	4.0542	0.2796	27.96
30	0.10485	6.291	0.2097	3.5649	0.10485	6.0813	0.24465	24.46
40	0.1398	8.388	0.2796	4.7532	0.1398	8.1084	0.4803	48.03
50	0.17475	10.485	0.3495	5.9415	0.17475	10.1355	0.40775	40.77
60	0.2097	12.582	0.4194	7.1298	0.2097	12.1626	0.3262	32.62

Tabel 5 $0.466 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$ mengalami hidrolisa, kemudiam dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)_2

% hidrolisa dari $0.466 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (g/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (g/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (mol/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)
10	0.0466	2.796	0.0932	1.5844	0.0466	2.7028	0.4194	41.94
20	0.0932	5.592	0.1864	3.1688	0.0932	5.4056	0.3728	37.28
30	0.1398	8.388	0.2796	4.7532	0.1398	8.1084	0.3262	32.62
40	0.1864	11.184	0.3728	6.3376	0.1864	10.8112	0.2796	27.96
50	0.233	13.976	0.466	7.922	0.233	13.514	0.233	23.3
60	0.2796	16.772	0.5592	9.5064	0.2796	16.2168	0.1864	18.64

Tabel 6 $0.5825 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$ mengalami hidrolisa, kemudiam dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)_2

% hidrolisa dari $0.5825 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (g/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (g/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (mol/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)
10	0.05825	3.495	0.1165	1.9805	0.05825	3.3785	0.52425	52.425
20	0.1165	6.99	0.233	3.961	0.1165	6.757	0.460	46.6
30	0.17475	10.485	0.3495	5.9415	0.17475	10.1355	0.40775	40.775
40	0.233	13.98	0.466	7.922	0.233	13.514	0.3495	34.95
50	0.29125	17.475	0.5825	9.9025	0.29125	16.8925	0.29125	29.125
60	0.3495	20.97	0.699	11.883	0.3495	20.271	0.233	23.3

Tabel 7. $0.699 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$ mengalami hidrolisa, kemudiam dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)_2

% hidrolisa dari $0.699 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (g/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (g/m^3)	endapan CaCO_3 dan CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (mol/m^3)	endapan CaCO_3 dan CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)
10	0.0699	4.194	0.1398	2.3766	0.0699	4.0542	0.6291	62.91
20	0.1398	8.388	0.2796	4.7532	0.1398	8.1084	0.5592	55.92
30	0.2097	12.582	0.4194	7.1298	0.2097	12.1626	0.4893	48.93
40	0.2796	16.776	0.5592	9.5064	0.2796	16.2168	0.4194	41.94
50	0.3495	20.97	0.699	11.883	0.3495	20.271	0.3495	34.95
60	0.4194	25.164	0.8388	14.2596	0.4194	24.3252	0.2796	27.96

Tabel 8. $0.8155 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$ mengalami hidrolisa, kemudiam dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)_2

% hidrolisa dari $0.8155 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (g/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (g/m^3)	endapan CaCO_3 dan CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (mol/m^3)	endapan CaCO_3 dan CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)
10	0.08155	4.983	0.1631	2.7727	0.08155	4.7299	0.73395	73.395
20	0.1631	9.966	0.3262	5.5454	0.1631	9.4598	0.6524	65.24
30	0.24465	14.949	0.4893	8.3181	0.24465	14.1897	0.57085	57.085
40	0.3262	19.932	0.6524	11.0908	0.3262	18.9196	0.4893	48.93
50	0.40775	24.915	0.8155	13.8635	0.40775	23.6495	0.40775	40.775
60	0.4893	29.898	0.9786	16.6362	0.4893	28.3794	0.3262	32.62

Tabel 9. $0.932 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$ mengalami hidrolisa, kemudian dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)_2

% hidrolisa dan $0.932 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (g/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (g/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (mol/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)
10	0.0932	5.592	0.1864	3.1688	0.0932	5.4056	0.8388	83.8
20	0.1864	11.184	0.3728	6.3376	0.1864	10.8112	0.7456	74.56
30	0.2796	16.776	0.5592	9.5064	0.2796	16.2168	0.6524	65.24
40	0.3728	22.368	0.7456	12.6752	0.3728	21.6224	0.5592	55.92
50	0.466	27.96	0.932	15.844	0.466	27.028	0.466	46.6
60	0.5592	33.552	1.1184	19.0128	0.5592	32.4336	0.3728	37.28

Tabel 10. $1.0485 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$ mengalami hidrolisa, kemudian dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)_2

% hidrolisa dan $1.0485 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (g/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (g/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (mol/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)
10	0.10485	5.291	0.2097	3.5649	0.10485	6.0813	0.94365	94.365
20	0.2097	12.582	0.4194	7.1298	0.2097	12.1626	0.8388	83.88
30	0.31455	18.873	0.6291	10.6947	0.31455	18.2439	0.73395	73.39
40	0.4194	25.164	0.8388	14.2596	0.4194	24.3252	0.6291	62.91
50	0.52425	31.455	1.0485	17.8245	0.52425	30.4065	0.52425	52.425
60	0.6291	37.746	1.2582	21.3894	0.6291	36.4878	0.4194	41.94

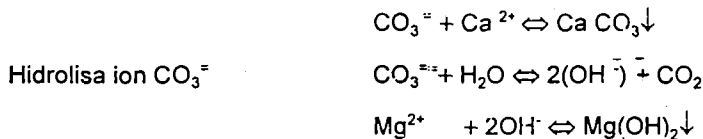
Tabel 11. $1.165 \text{ mol/m}^3 \text{ CO}_3^{2-}$ mengalami hidrolisa, kemudian dengan adanya ion Mg akan membentuk endapan Mg(OH)_2

CO_3^{2-} yang terhidrolisa (mol/m^3)	CO_3^{2-} yang terhidrolisa (g/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	(OH) ⁻ terbentuk (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (mol/m^3)	endapan Mg(OH)_2 (g/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (mol/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)	endapan CaCO_3 dari CO_3^{2-} yang tidak terhidrolisa (g/m^3)
10	0.1165	6.99	0.233	3.961	0.1165	6.757	1.0485	104.85
20	0.233	13.98	0.466	7.922	0.233	13.514	0.932	93.2
30	0.3495	20.97	0.699	11.883	0.3495	20.271	0.8155	81.55
40	0.466	27.96	0.932	15.844	0.466	27.028	0.699	69.9
50	0.5825	34.95	1.165	19.805	0.5825	33.785	0.5825	58.25
60	0.699	41.94	1.398	23.766	0.699	40.542	0.466	46.6
70	0.8155	48.93	1.631	27.727	0.8155	47.299	0.3495	34.95
80	0.932	55.92	1.864	31.688	0.932	54.056	0.233	23.3
90	1.0485	62.91	2.097	35.649	1.0485	60.813	0.1165	11.65
100	1.165	69.9	2.33	39.61	1.165	67.57	0	0

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses endapan yang terjadi dalam desalinasi MSF dikarenakan interaksi kation Ca^{++} dan Mg^{++} dengan ion karbonat dan ion hidroksil yang dihasilkan oleh proses dekomposisi termal dari reaksi dibawah ini :





Berdasarkan tabel 1 s/d 11 diketahui Ksp CaCO_3 adalah $4,96 \times 10^{-9}$ (Tabel I.12 Vogel), dari air laut konsentrasi Ca^{2+} adalah 10 mmol/l, dari hasil estimasi dekomposisi termal HCO_3^- pada tabel 1 bahwa mulai dari dekomposisi 10% didapatkan konsentrasi CO_3^{2-} (0,1165 mmol/l) Dari konsentrasi CO_3^{2-} didapatkan hasil kali kelarutan $\text{CaCO}_3 = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = (10)(0,1165) = 1.165$ lebih besar dari Ksp CaCO_3 dimana hal ini menunjukkan mulai dari dekomposisi 10% terbentuk endapan CaCO_3 .

Berdasarkan tabel 2 s/d tabel 11 diketahui Ksp $\text{Mg}(\text{OH})_2$ adalah $5,61 \times 10^{-12}$ (Tabel I.12 Vogel), dari air laut konsentrasi Mg^{2+} adalah 1.272 ppm = 106 mmol/l, dari hasil estimasi hidrolisa konsentrasi CO_3^{2-} hasil dari dekomposisi termal HCO_3^- pada tabel 2 s/d 11 mulai hidrolisa 10 % dari CO_3^{2-} hasil dari dekomposisi termal HCO_3^- yang didapatkan konsentrasi OH^- yang terbentuk adalah 0,0233 mmol/l. dari konsentrasi OH^- didapatkan hasil kali kelarutan $[\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = (106)(0,0233)^2 = 5,754634 \cdot 10^{-2}$ lebih besar dari Ksp $\text{Mg}(\text{OH})_2$, hal ini menunjukkan mulai dari hidrolisa 10 % dari CO_3^{2-} hasil dari dekomposisi termal HCO_3^- terbentuk endapan $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Nilai hasil kali kelarutan (3) $[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ adalah $4,96 \times 10^{-9}$. Konsentrasi Ca^{2+} dalam air laut adalah 10 mmol/l. Dari hasil estimasi dekomposisi termal HCO_3^- (tabel 1) diketahui bahwa mulai dari dekomposisi 10% didapatkan konsentrasi CO_3^{2-} (0,1165 mmol/l). Dengan memasukkan konsentrasi tersebut dalam gambar 2 didapatkan pH larutan adalah 8. Pada pH ini mulai terjadi endapan kalsium karbonat.

Nilai hasil kali kelarutan (3) $[\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 5,61 \times 10^{-12}$ dengan $[\text{Mg}^{2+}]$ dalam air laut 106 mmol/l. Kesetimbangan air adalah 10^{-14} . Dari estimasi konsentrasi hidroksil adalah 0,0233 mmol/l. Dengan memasukkan konsentrasi tersebut dalam gambar 2 didapatkan pH ion hidroksil adalah 10. menurut gambar I.13 (3) pada pH 10 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ mulai mengendap.

KESIMPULAN

Hasil estimasi didapatkan bahwa dalam proses desalinasi secara MSF dengan menggunakan bahan dasar air laut akan terjadi endapan CaCO_3 dan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ karena adanya interaksi kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} dengan ion karbonat (dekomposisi termal ion hidrokarbon) dan ion hidroksil; hasil kelarutan yang lebih

besar dari pada Ksp pada 25°C, serta pengaruh pH. Jadi dalam proses desalinasi secara MSF perlu diperhatikan terjadinya endapan.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 .Venon, Snoeyink, Universitas of Ilion, Urbana, Water chemistry
- 2 K.S Spielger dan A.D Laird, Principles of Desalinasi, 1980.
- 3 Vogel; Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro Dan Semmikro; diterjemahkan oleh: Ir. L.setiono; Dr. A. Hadyaana Pudjaatmaka.