# PEMBUATAN KALSIUM KARBONAT DARI BITTERN DAN GAS KARBON DIOKSIDA SECARA KONTINYU

## Soemargono dan Mu'tasim Billah\*)

#### Abstrak

Kalsium karbonat yang digunakan dalam industri- industri cat, karet, dan kertas harus mempunyai mutu yang tinggi, terutama kemurnian dan kehalusannya. Untuk itu, Indonesia masih mendatangkan kalsium karbonat murni dari luar negeri dalam jumlah yang cukup besar. Bittern merupakan bahan buangan industri garam yang disebut juga air tua, mengandung senyawa kalsium. Karbon dioksida biasanya berasal dari hasil pembakaran yang masuk ke udara. Kandungannya di udara kecil, tetapi berpotensi sebagai pencemar. Dengan mereaksikan kalsium yang terkandung dalam bittern dengan gas  $CO_2$  akan terbentuk  $CaCO_3$  dalam suasana basa. Pembentukan kalsium karbonat dilakukan dengan proses kontinyu dalam reaktor kolom bersekat miring. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pengendapan magnesium dengan larutan ammonia menyebabkan kandungan kalsium ikut terdegradasi. Hasil terbaik yang diperoleh dicapai pada kondisi pH awal, kecepatan alir gas  $CO_2$ , kecepatan alir cairan, dan suhu masing-masing pada 8,7; 2265 mL/menit; 10 mL/menit; dan 303 K, dengan konversi sebesar 38,40%. Produk berupa  $CaCO_3$ , yang diperoleh mempunyai kemurnian sebesar 21,34%.

**Kata kunci:** *kalsium karbonat; bittern; reaktor sekat miring* 

#### Pendahuluan

Kalsium karbonat yang digunakan dalam industri-industri cat, karet, dan kertas harus mempunyai kemurnian mutu yang tinggi, terutama dan kehalusannya,  $(0,15-0,25\mu)$ . Industri kosmetik, farmasi, dan antibiotik mempunyai persyaratan yang lebih berat (Kirk & Othmer, 1968). Kalsium karbonat semacam ini dibuat secara kimia.

Indonesia masih mendatangkan kalsium karbonat murni dari luar negeri dalam jumlah yang cukup besar. Seperti yang tercatat pada Biro Pusat Statistik (2005), Indonesia masih mendatangkan kalsium karbonat dari luar negeri sebesar 35.825 ton pada tahun 2001, jumlah ini turun menjadi 33.920 ton pada tahun 2002 dan pada tahun 2003 menjadi 29.809 ton. Dari data tersebut Indonesia masih impor sekitar 30.000 ton per tahun.

Bittern adalah bahan buangan industri garam. Di dalam bahan ini tersimpan unsur-unsur meniral dengan kadar yang tinggi. Penggunaan dari bittern yang ada pada penggaraman rakyat di Indonesia masih sebagian kecil. Bittern disebut juga air tua yang di Indonesia mencapai 9,4 juta m³ per tahun yang dihasilkan dari lahan penggaraman seluas 30.658 Ha (Purbani, tanpa tahun).

Karbon dioksida terdapat dalam udara meskipun kecil, yaitu sebesar 0,03% (Washburn, 1926), tetapi merupakan bahan pencemar.

Kalsium karbonat umumnya diperoleh dari suspensi kapur padam dalam air dan gas karbon dioksida. Batu kapur terlebih dahulu dikalsinasi pada suhu  $1050^{0} \pm 50^{0}\mathrm{C}$  dan kalsium oksida yang diperoleh

dipadamkan dan diencerkan dengan air, kemudian disaring dengan ayakan yang ukuran lubangnya tertentu untuk mendapatkan suspensi yang memenuhi syarat. Pada kalsinasi batu kapur dihasilkan pula gas karbon dioksida yang digelembungkan ke dalam suspensi kapur padam dalam reaktor karbonatasi untuk membentuk kalsium karbonat (Shreve, 1967).

Susilowati dan Pudjiastuti (1994) mempelajari pembuatan kalsium karbonat dengan cara karbonatasi kalsium hidroksid secara sinambung. Gas karbon dioksida dialirkan secara terus menerus kedalam suspensi kapur padam dalam reaktor kolom. Untuk mendapatkan hasil yang baik, disamping variasi aliran gas dan konsentrasi suspensi, juga dilakukan pemanasan pada suhu antara 30° sampai 60°C. Proses itu mengikuti reaksi:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$
 (1)

Vacassy dkk (2000) memberikan gambaran perkembangan reaktor yang digunakan untuk pembentukan endapan kalsium karbonat. Penelitipeneliti sebelumnya mengembangkan tersebut mulai dari reaktor berbentuk kristalisator berskala kecil. Kemudian ada yang melakukanya dengan mixed suspension mixed product removal (MSMPR) secara batch. Perkembangan terakhir pada jenis reaktor ini dinamakan segmented flow tubular reactor (SFTR) yang berjalan secara kontinyu. Vacassy dkk ini mempelajari pembentukan endapan kalsium karbonat dalam reactor jenis SFTR. Pada prinsipnya reaktor SFTR merupakan reaktor pipa berbentuk huruf Y. Pada penelitian pembentukan

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Jawa Timur Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya 60294
Telp. (031) 8706369, Fax. (031) 8706372; E-mail: argon@upnjatim.ac.id

kalsium karbonat, Vacassy dkk menggunakan sistem larutan  $CaCl_2/(NH_4)_2CO_3$ .

Air laut memiliki mineral yang paling lengkap. Di dalam bittern kandungan natrium menurun, sedangkan yang lain makin tinggi. Kandungan yang dikatagorikan besar adalah terdiri atas unsur Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, B<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, dan Cl<sup>-</sup>. Kalsium yang ada dalam bittern terbentuk dalam senyawa kalsium khlorid, CaCl<sub>2</sub>. Kandungan kalsium dalam bittern sebesar 0,07% (Lozano dan Sanvicente, 2002) atau sekitar 1,75 mol per liter larutan.

Gas CO<sub>2</sub> yang berasal dari hasil pembakaran berada dalam udara. Karbon dioksida dalam udara hanya sebesar 0,03% (Washburn, 1926) atau sekitar 0,00134 mol dalam satu liter udara.

Larutan yang mengandung  $CaCl_2$ , bila dalam keadaan basa dan terkena udara luar akan membentuk endapan  $CaCO_3$  (Vogel, 1990). Magnesium ( $Mg^{++}$ ) akan mengendap sebagai  $Mg(OH)_2$  dengan penambahan ammonia. Dengan demikian, jika ke dalam bittern ditambahkan ammonia, maka magnesium akan mengendap terlebih dahulu sebagai  $Mg(OH)_2$ .

Reaksi yang terjadi dalam pembentukkan kalsium karbonat adalah:

$$Ca^{++} + CO_2(H_2O) \rightarrow CaCO_3 + 2H^+$$
 (2)  
Berdasarkan reaksi itu, maka faktor-faktor yang  
mempengaruhi laju reaksinya adalah:

- a. Keasaman (pH) berpengaruh terhadap pembentukan kalsium karbonat. Keasaman yang diperlukan berada di atas 7, yaitu dalam suasana basa. Hal itu dilakukan dengan penambahan ammonia. Keberadaaan OH akan mengikat H<sup>+</sup> yang dihasilkan seperti yang terlihat dalam persamaan (2), sehingga reaksi berjalan ke arah kanan.
- b. Kecepatan alir gas menimbulkan olakan yang berfungsi sebagai pengaduk mekanik. Kecepatan aliran ini menentukan waktu kontak antar bahan dalam reaktor. Kalau kecepatan alir gas diperbesar, waktu tinggal bahan dalam reaktor makin singkat. Dengan demikian waktu bersinggungan makin kecil, sehingga yang bereaksi tidak banyak, dan konversi menjadi rendah.
- c. Suhu lebih mempengaruhi reaksi kimia dan pengaruhnya lebih peka daripada proses fisis. Suhu yang makin tinggi menyebabkan kecepatan reaksi makin besar atau sebaliknya. Pada reaksi dapat balik, kenaikan suhu menyebabkan keseimbangan akan bergeser kearah reaksi endotermis atau sebaliknya. Kenaikan suhu akan menyebabkan kelarutan gas karbon dioksida menurun, tetapi kelarutan kalsium karbonat meningkat (Perry and Chilton, 1973).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengendapan magnesium dalam bittern dengan penambahan larutan ammonia dan kondisi-kondisi proses pembentukan kalsium karbonat dari bittern (setelah dihilangkan magnesiumnya) dan gas karbon dioksida. Data ini akan memberikan informasi bagi industri.

#### **Metode Penelitian**

Penelitian pembentukan kalsium karbonat dari *bittern* dan gas CO<sub>2</sub> ini merupakan penelitian laboratorium. Data dikumpulkan dengan mempelajari peubah-peubah kondisi operasi.

#### Bahan

Selama penelitian digunakan larutan *bittern* yang diperoleh dari PT. Garam Persero. Kalsium dalam *bittern* sekitar 10.000 mg/L sementara kandungan magnesiumnya sekitar 60.000 mg/L. *Bittern* ini sebelum digunakan dalam percobaan terlebih dahulu dilakukan pengendapan magnesium dengan menambahkan ammonia.

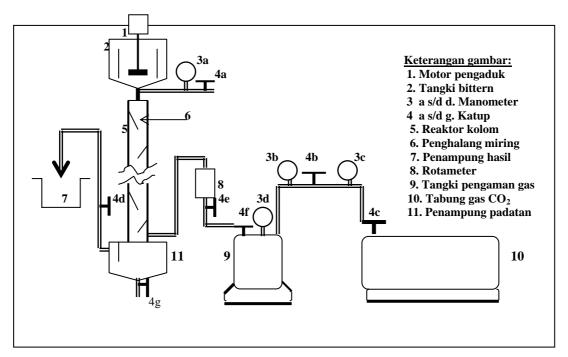
Gas karbon diokasid sebagai bahan pereaksi dibeli dari depo penjualan gas PT TIRA AUSTENITE Tbk yang ada di Bambe Driyorejo Gersik. Kadar CO<sub>2</sub> dalam gas berteknan ini rata-rata sebesar 98%.

#### Alat

Rangkaian alat tertera dalam Gambar 1. Reaktor yang digunakan berupa kolom dengan sekat miring (Soemargono, 2001). Reaktor dari bahan gelas untuk tekanan 1 atmosfer.

## Cara Penelitian

Mula-mula reaktor diisi dengan larutan bittern kira-kira sampai setengah tinggi kolom, lalu disusul dengan pengaliran gas karbon dioksida dengan kecepatan tertentu. Bersamaan dengan itu cairan diteteskan dari dalam tangki umpan, dan pemanas dihidupkan. Suhu dikendalikan dengan pemanas air yang diatur dengan alat pengontrol. Kecepatan cairan diatur dengan alat infus, sedangkan kecepatan alir gas karbon dioksida diatur dengan kran dan nilainya dibaca pada rotameter. Karena adanya penghalang yang bergerigi dan arus yang berlawanan arah, maka dalam kolom terjadi olakan sehingga pencampuran antara zat pereaksi yang berupa cairan dan gas dapat berlangsung dengan baik. Proses dilaksanakan sampai keadaan ajeg benar-benar tercapai. Karena itu, mulai dari 30 menit sejak umpan suspensi diteteskan dan setelah dicapai suhu reaksi tertentu, cuplikan hasil diambil dalam cairan setiap 15 menit sampai pada nilai yang tetap. Setelah itu proses diteruskan selama 20-30 menit, kemudian dihentikan. Cairan bittern sisa hasil reaksi yang diambil sebagai cuplikan pada waktu-waktu tertentu dianalisis untuk ditentukan kadar kalsium dalam cairan menggunakan larutan titriplex III ( Merk, E).



Gambar 1. Susunan alat penelitian secara kontinyu

## Hasil Dan Pembahasan Pengendapan senyawa magnesium

Pengendapan senyawa magnesium dilakukan dengan penambahan larutan ammonia. Di samping hasil endapan yang sangat banyak, diperoleh kenyataan bahwa kalsium yang ada ikut mengendap. Keadaan ini dimungkinkan karena bittern memiliki kandungan mineral yang sangat beragam di dalamnya. Ada kecenderungan pada penambahan bahan-bahan itu magnesium bersama dengan kalsium mengendap membentuk senyawa komplek atau sebagai kalsium hidroksid yang mempunyai kelarutan terbatas, yaitu sebesr 0,153 g setiap 100 g air (Perry dan Chilton, 1973). Hal semacam itu dialami oleh peneliti Lazano Sanvincente (2002) yang mengendapkan magnesium dalam bittern sebagai pupuk pospat. Endapan yang terbentuk berupa senyawa komplek dari magnesium kalsium pospat.

## Waktu tinggal

Setelah proses berjalan secara kontinyu, waktu proses/reaksi ditentukan berdasarkan kecepatan alir gas, G mL/menit, yang masuk ke dalam reaktor. Kecepatan alir gas ini mempengaruhi volum cairan yang ada dalam reaktor, V mL. Hubungan V dengan G disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan V mL dengan G mL/menit

G mL/menit: 1200	; 1500	; 1740	; 2065 ; 2264
V rerata, mL: 1226	.8; 1164.5	5; 1112,5	5; 1032; 999,6

Waktu tinggal cairan dalam reaktor, t menit, ditentukan oleh kecepatan alir cairan,  $L \ cm^3/men$ , dan

volum cairan yang tertinggal dalam reaktor, V cm<sup>3</sup>, dalam bentuk persamaan:

$$t = \frac{V}{L} \tag{3}$$

Nilai V tergantung pada besarnya kecepatan alir gas, G cm³/menit. Volum suspensi yang tertinggal dalam reaktor dihitung dari selisih antara volum cairan mula-mula dalam reaktor sebelum dialiri gas,  $V_0$  cm³, dengan cairan yang keluar setelah gas digelembungkan. Hubungan V dan  $V_0$  dengan G dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$\frac{V}{V_0} = G^a \tag{4}$$

Hasil percobaan yang menyatakan hubungan volum suspensi yang tinggal dalam reaktor dengan kecepatan alir gas karbon dioksida, tertera dalam Tabel 1. Bila hubungan antara ln V dengan ln G dibuat grafiknya, terbentuklah garis lurus (Gambar 2) dengan persamaan:

Ln V = 
$$-0.3306$$
 ln G +  $9.4674$  (5)

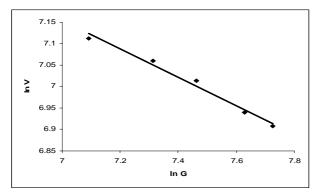
dan setelah diubah diperoleh:

$$V = 12931,22 G^{-0,3306}$$
 (6)

dengan koefisien korelasi 0,9824. Jika persamaan (6) disubstitusikan ke persamaan (3), diperoleh persamaan waktu tinggal:

$$t = \frac{12931,22 \,G^{-0,3306}}{L} \tag{7}$$

Dari persamaan (7) terlihat bahwa waktu tinggal tergantung pada kecepatan alir gas G dan kecepatan alir cairan, L. Oleh karena itu, G dan L keduanya saling bergantungan satu dengan yang lain.



Gambar 2. Hubungan ln V dengan ln G

Waktu reaksi yang semakin memberikan kesempatan yang lebih leluasa bagi gas CO<sub>2</sub> untuk bereaksi dengan kalsium dalam bittern. Reaksi membentuk endapan (CaCO<sub>3</sub>) secara perlahan. Artinya bahwa reaksi tidak terjadi secara spontan. Hal ini menunjukkan bahwa gas CO2 melakukan proses difusi ke dalam cairan sebelum dia bereaksi dengan kalsium dan hal itu menunjukkan bahwa reaksi terjadi dalam badan cair. Pada proses itu dapat digambarkan seperti pada teori dua film, mula-mula gas bergerak melewati film fase gas dan sampai pada tapal batas (interface) film gas-cair. Pada tapal batas terjadi penurunan konsentrasi keadaan seimbang menurut hukum Henry. Kemudian gas terus bergerak melewati film cair dan masuk ke dalam badan cair membentuk H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan bereaksi dengan kalsium membentuk endapan CaCO<sub>3</sub>.

Pada proses terbentuknya kalsium karbonat seperti dijelaskan di atas meliputi proses perpindahan massa dan reaksi kimia. Mana yang mengendali dari kedua proses itu dapat ditentukan dengan beberapa hal. Pada bahasan disini tidak dipelajari tentang langkah pengendali pada mekanisme reaksi itu.

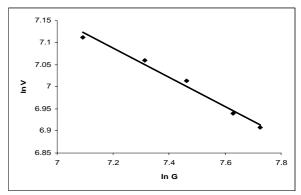
## Pengaruh penambahan larutan ammonia (pH)

Reaksi pembentukan kalsium karbonat dapat berlangsung bila suasana dalam larutan bersifat basa (Vogel, 1990). Oleh karena itu, variasi pH ini dijalankan dalam pelaksanaan penelitian ini. Suasana basa dilakukan dengan penambahan ammonia 25% (NH<sub>4</sub>OH) ke dalam bittern. Perbandingan antara bittern, aquades sebagai pengencer, dan ammonia bervariasi, sedangkan kecepatan alir gas dan cairan tetap. Hasil yang diperoleh setelah pengolahan data disampaikan dalam Tabel 2 yang diperjelas dengan Gambar 3.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa penambahan larutan ammonia menyebabkan larutan menjadi basa dari pH bittern yang netral, yaitu 6,8. Kebasaan larutan setelah penambahan ammonia kenaikannya tidak tajam. Penambahan ammonia untuk pengendapan magnesium diikuti dengan pengendapan kalsium. Penurunan itu sebanding dengan kenaikan pH larutan.

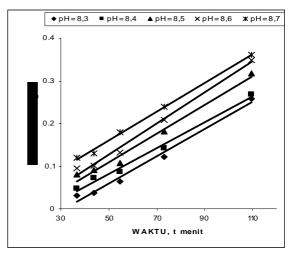
Tabel 2. Pengaruh pH terhadap konversi\_(G = 1740 mL/menit; L = 20 mL/menit; Suhu = 303 K; tekanan = 1 atm; Bittern = 5000 mL, aquades = 2500 mL, konversi, x, pada penambahan larutan NH<sub>3</sub> 25%)

Penambahan	"II	Ca awal,	Konversi,
NH <sub>3</sub> 25%	pН	$10^{-3}$ mg/L	X bagian
0	6,8	9,8597	-
400	8,3	4,4088	0,0811
500	8,35	4,4890	0,0857
600	8,5	4,3287	0,1000
700	8,6	4,2485	0,1321
800	8,7	4,0080	0,1600



Gambar 3.Hubungan konversi dengan pH larutan

Oleh karena penurunan kalsium mengikuti penurunan magnesium, maka penambahan larutan ammonia divariasi seperti di atas. Hasil selengkapnya tertera dalam Tabel 3 dan Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh waktu terhadap konversi, x bagian pada pelbagai pH

No.	L	T	X	No.	L	t	X	
perc	mL/menit	menit	bagian	Perc	mL/menit	menit	Bagian	
$NH_3 25\% = 400 \text{ mL}$				$NH_3 25\% = 700 \text{ mL}$				
9	10	109,73	0,2576	24	10	109,73	0,3585	
10	15	73,15	0,1207	25	15	73,15	0,2075	
11	20	54,86	0,0631	26	20	54,86	0,1321	
12	25	43,89	0,0378	27	25	43,89	0,1019	
13	30	36,58	0,0306	28	30	36,58	0,0943	
$NH_3 25\% = 500 \text{ mL}$				$NH_3 25\% = 800 \text{ mL}$				
14	10	109,73	0,2679	29	10	109,73	0,3960	
15	15	73,15	0,1429	30	15	73,15	0,2400	
16	20	54,86	0,0857	31	20	54,86	0,1800	
17	25	43,89	0,0714	32	25	43,89	0,1300	
18	30	36,58	0,0464	33	30	36,58	0,1200	
$NH_3 25\% = 600 \text{ mL}$								
19	10	109,73	0,3173	-				
20	15	73,15	0,1808					
21	20	54,86	0,1070					
22	25	43,89	0,0904					
23	20	36.58	0.0812					

Tabel 3. Pengaruh penambahan larutan NH<sub>3</sub> 25% terhadap konversi, x bagian (G = 1740 mL/menit; Suhu = 303 K, Tekanan = 1 atm; Waktu tinggal, t menit, dan konversi, x, pada kecepatan alir gas, G mL/menit)

Senyawa anorganik dalam air umumnya merupakan larutan elektrolit (Vogel, 1990). Hal itu menyebabkan reaksi yang terjadi mengikuti reaksi ion. Gambaran reaksi pembentukan kalsium karbonat menurut peristiwa berikut. Senyawa kalsium mengurai menjadi ion kalsium, sementara gas karbon dioksida yang ada dalam larutan berbentuk asam karbonat dan mengurai menjadi ion karbonat. Dengan demikian, reaksi yang terjadi berlangsung antara ion karbonat dengan ion kalsium membentuk endapan kalsium karbonat. Reaksi-reaksi itu dituliskan:

$$CaCl_2 = Ca^{2+} + Cl^{-}$$
 (8)

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrows H_2CO_3$$
 (9)

$$H_2CO_3 = 2H^+ + CO_3^{2-}$$
 (10)

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3 \perp \tag{11}$$

Reaksi ini berlangsung dalam suasana basa memberi kontribusi ion hidroksil yang membantu membentuk kalsium hidroksid. Senyawa ini bersifat basa yang lebih mudah bereaksi dengan asam karbonat jika dibandingkan dengan reaksi antara garam kalsium (CaCl<sub>2</sub>) dengan asam karbonat. Di samping itu, rekasi berlangsung lebih cepat. Suasana basa menurunkan tenaga pengaktif sehingga reaktivitas bahan menjadi lebih tinggi.

Cairan hasil mempunyai pH yang lebih rendah dari pH semula. Ini mengindikasikan bahwa terjadi pembentukan asam, yaitu reaksi antara ion hidrogen dengan ion khlor membentuk asam khlorida, menurut persamaan:

$$H^+ + Cl^- \rightarrow HCl$$
 (12)

Asam inilah yang mengakibatkan pH cairan hasil menururn. Meski juga akibat adanya pembentukan asam karbonat. Namun, asam karbonat ini bereaksi dengan senyawa kalsium membentuk endapan kalsium karbonat dan asam khlorida.

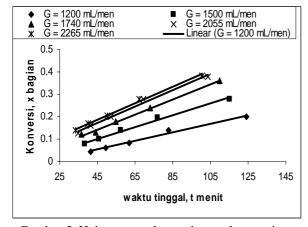
Memperhatikan konversi yang dicapai pada variasi penambahan larutan amonia yang makin naik seiring kenaikan penambahan  $NH_4OH$ , dapat dijelaskan berikut ini. Makin banyak larutan ammonia yang ditambahkan, magnesium dalam bittern semakin tiada. Hal itu menyebabkan reaksi pembentukan kalsium karbonat makin leluasa. Asam karbonat yang ada tidak lagi bereaksi dengan magnesium membentuk magnesium karbonat. Adanya magnesium karbonat ini terpantau pada analisis padatan pemungutan hasil (kadar  $CaCO_3$  hanya 21,34%).

## Variasi kecepatan alir gas

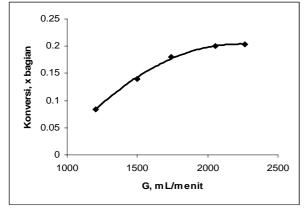
Kecepatan alir gas CO2 ke dalam reaktor, G, menentukan pola alir fluida yang sangat berkaitan dengan kesempurnaan distribusi gas di dalam reaktor. Di samping itu, kecepatan alir gas CO<sub>2</sub> berpengaruh pada volum cairan yang tertinggal dalam reaktor, waktu tinggal cairan, dan konversi senyawa kalsium menjadi kalsium karbonat. Pengaruh ini dipelajari dengan mengubah-ubah kecepatan volumetrik gas yang masuk ke dalam reaktor. Data hubungan konversi dengan kecepatan alir gas terlihat pada Tabel 4 yang diperjelas dengan Gambar 5 dan 6.

No.	L	T	X	No.	L	T	X	
perc	mL/menit	Menit	Bagian	Perc	mL/menit	menit	bagian	
G = 1200  mL/menit				G = 2055	mL/menit			
34	10	124,07	0,2000	44	10	103,86	0,3800	
35	15	82,71	0,1400	45	15	69,24	0,2800	
36	20	62,03	0,0840	46	20	51,93	0,2000	
37	25	49,63	0,0600	47	25	41,54	0,1600	
38	30	41,36	0,0440	48	30	34,62	0,1280	
G = 1500  mL/menit				G = 2265 mL/menit				
39	10	115,25	0,2800	49	10	100,17	0,3840	
40	15	76,83	0,2280	50	15	67,04	0,2800	
41	20	57,62	0,1400	51	20	50,28	0,2040	
42	25	46,10	0,1000	52	25	40,23	0,1680	
43	30	38,42	0,0800	53	30	33,52	0,1400	
G = 1740 mL/menit							_	
29	10	109,73	0,3600	-				
30	15	73,15	0,2600					
31	20	54,86	0,1800					
32	25	43,89	0,1300					
33	20	36,58	0,1200					

Tabel 4. Pengaruh kecepatan alir gas terhadap konversi, x bagian (pH= 8,7; Ca awal = 4008 mg/L; Suhu = 303 K, Tekanan = 1 atm; Waktu tinggal, t menit, dan konversi, x, pada kecepatan alir gas, G mL/menit)



Gambar 5. Hubungan waktu, t, dengan konversi, x, pada pelbagai G



Gambar 6. Pengaruh G terhadap konversi, x, pada L= 20 mL/menit

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa kenaikan konversi sebanding dengan kenaikan kecepatan alir gas. Pada kecepatan alir gas yang lebih besar, timbullah buih yang jumlahnya meningkat sejalan dengan G yang makin besar. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya zat pengotor alkali dalam *bittern*. Adanya buih mengganggu jalannya proses, sebab cairan ada yang keluar sebagai luapan, sehingga tidak sempat bereaksi. Oleh karena itu kenaikan konversi agak berkurang.

Kecepatan cairan berperan untuk menentukan waktu tinggal cairan dalam reaktor. Waktu tinggal menunjukkan lamanya bahan cair tinggal dalam reaktor dan memiliki kontribusi yang besar dalam menentukan banyaknya bahan yang bereaksi. Oleh karena itu, kecepatan cairan divariasi pada setiap variabel yang dipelajari. Pengaruh kecepatan cairan seperti terlihat juga pada Gambar 5.

## Variasi Suhu

Suhu mempengaruhi keseimbangan gas yang ada dalam fase gas dan fase cair sesuai dengan hukum Henry. Konstante Henry inilah yang nilainya tergantung pada suhu (Washburn, 1926). Konstante Henry memperlihatkan sukar atau mudahnya gas larut dalam cairan.

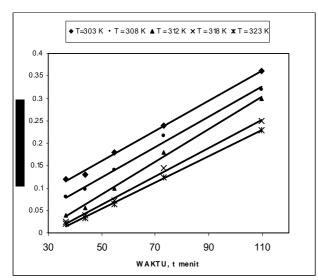
Pada suhu yang lebih tinggi, kelarutan gas karbon dioksida turun, tetapi kelarutan kalsium karbonat naik (Perry and Chilton, 1973).

No.	L	T	X	No.	L	T	X
perc	mL/menit	Menit	bagian	Perc	mL/menit	menit	Bagian
	Suhu	303 K		Suhu 319 K			
29	10	109,73	0,3600	64	10	109,73	0,2500
30	15	73,15	0,2600	65	15	73,15	0,1440
31	20	54,86	0,1800	66	20	54,86	0,0720
32	25	43,89	0,1300	67	25	43,89	0,0400
33	30	36,58	0,1200	68	30	36,58	0,0240
Suhu 308,5 K				Suhu 324 K			
54	10	109,73	0,3200	69	10	109,73	0,2280
55	15	73,15	0,2160	70	15	73,15	0,1240
56	20	54,86	0,1400	71	20	54,86	0,0640
57	25	43,89	0,0960	72	25	43,89	0,0320
58	30	36,58	0,0800	73	30	36,58	0,0200
Suhu 314 K							
59	10	109,73	0,3000	<u>-</u> '			
60	15	73,15	0,1800				
61	20	54,86	0,1000				
62	25	43,89	0,0560				
63	20	36,58	0,0400				

Tabel 5. Pengaruh suhu terhadap konversi, x bagian (pH awal =8,7; Ca awal = 4008 mg/L; G = 1740 mL/menit, Tekanan = 1 atm; Waktu tinggal, t menit, dan konversi, x, pada kecepatan alir gas, G mL/menit)

Kecepatan kelarutan kalsium karbonat dalam air yang mengandung asam karbonat ( $H_2CO_3$ ) lebih besar daripada dalam air murni (Butler 1982).

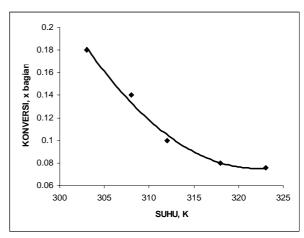
Hubungan konversi, x%, dengan waktu tinggal, t menit, pada pelbagai suhu, T, disajikan dalam Tabel 5 yang diperjelas dengan Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Pengaruh waktu terhadap konversi pada pelbagai suhu

Konversi meningkat dengan bertambahnya waktu tinggal, tetapi menurun dengan kenaikan suhu untuk waktu tinggal yang sama, karena daya larut gas karbon dioksida berkurang pada suhu yang lebih tinggi. Di samping itu, suhu juga mempengaruhi konsentrasi jenuh kalsium karbonat dalam air,  $C_{MS}$ . Hubungan  $C_{MS}$  dengan suhu, T  $^{\circ}$ C, dapat dinyatakan dengan persamaan (Perry dan Chilton, 1973):

$$C_{MS} = 3,1747 \cdot 10^{-8} \cdot T^{1,4774}$$
 (13)



Gambar 8. Pengaruh suhu terhadap konversi pada G = 1740 dan L = 20 mL/menit

Terlihat dalam persamaan itu, bahwa kenaikan suhu akan menaikkan kelarutan kalsium karbonat. Dengan demikian, kalsium karbonat yang terbentuk semakin kecil dengan kenaikan suhu itu. Hal-hal itulah yang menurunkan konversi pembentukan kalsium karbonat. Suhu mempunyai pengaruh yang negatif terhadap pembentukan kalsium karbonat dari bittern dan gas karbon dioksida.

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa pengendapan magnesium dengan larutan ammonia menyebabkan kandungan kalsium ikut terdegradasi dan kalsium karbonat dapat dihasilkan dari bittern yang telah dikurangi kadar magnesiumnya dengan gas karbon dioksida. Hasil terbaik yang diperoleh selama penelitian ini dicapai pada kondisi pH awal, kecepatan alir gas CO<sub>2</sub>, kecepatan alir cairan, dan suhu masing-masing pada 8,7; 2265 mL/menit; 10 mL/menit; dan 303 K, dengan konversi sebesar 38,40%. Pada pemungutan hasil yang dilakukan diperoleh kandungan CaCO<sub>3</sub> sebesar 21,34%.

## Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pembinaan dan Pengembangan pada Masyarakat (DP2M) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas pembiayaan penelitian ini melalui dana penelitian hibah bersaing tahun anggaran 2007.

## **Daftar Pustaka**

BPPS, (2005), "Statistik Perdagangan Luar Negeri-Indonesia: Daftar Import Menurut Jenis Barang", Biro Pusat Statistik, Bagian II, Jakarta.

Butler, J.N., (1982), "Carbon Dioxide Equilibrium and Their Applications", pp. 73-103, Addison-Wesley Publishing Company, Sydney.

http://www.geocities.com/trisaktigeology84/garam.pdf.

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442002000900009&script=sci\_arttext.

Kirk, R.E., and Othmer, D.F., (1968), "*Encyclopedia of Chemical Technology*", vol. 3, pp. 1-4, The Interscience Encyclopedia, Inc., New York.

Lozano, J.A.F. dan Sanvicente, L., (2002), "Multinutrient Phosphate-Based Fertilizers from Seawater Bittern", *Inci*, 27,9.

Perry, R.H., and Chilton, C.H., (1973), "Chemical Engineers' Handbook", 5th ed., pp.3-11, McGraw-Hill Kogakusha, ltd., Tokyo.

Purbani, (tanpa tahun), "Proses Pembentukan Kristalisasi Garam", Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati-Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departeman Kelautan dan Perikanan,

Shreve, R. N., (1967), "The Chemical Process Industries", 2<sup>nd</sup> edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Soemargono, (2001), "Kinetika Reaksi Karbonatasi Suspensi serbuk Batuan Marmer dalam Reaktor Kolom Gelembung Bersekat Miring", *Reaktor*, 5, 2, 84-89.

Susilowati, Titik dan Pudjiastuti, Cecilia, (1994), "Pembuatan Kalsium Karbonat dari Suspensi Kapur Padam dan Gas karbon Dioksida Secara Sinambung", *Penelitian*, Jurusan Teknik Kimia FTI-UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya

Vacassy, R., Lamaitre, J., Hofmann, H., and Gerlings, J.H., (2000), "Calcium Carbonat Precipitation Using New Segmented Flow Tubular Reactor", *AIChE Journal*, 46,6, 1241-1252.

Vogel, (1990), "Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro", Edisi ke Lima, Diterjemahkan Oleh Setiono, L. dan Pudjaatmaka, A.H., hal.300-307, PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta

Washburn, E.W., (1926), "International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technonology", Vol. I, pp. 363, McGraw-hill Book Company Inc., New York.