

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Magnesium Karbonat

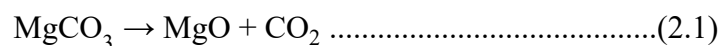
Magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) adalah salah satu senyawa anorganik yang mengandung magnesium dalam bentuk kombinasi karbonat, hidrat, dan hidroksida. Biasanya berupa serbuk putih mengkilap, amorf, tidak berbau, dan tidak berasa, serta memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan bau dengan efektif. Sifat lainnya termasuk tidak larut dalam air dan alkohol [1]. Secara umum  $\text{MgCO}_3$  bisa didapatkan secara langsung melalui mineral magnesit, yang merupakan bentuk anhidrat dari magnesium karbonat.

Magnesium karbonat menunjukkan berbagai karakteristik yang beragam disebabkan oleh kandungan air yang membentuk struktur kristal yang berbeda-beda. Perbedaan dalam struktur kristal ini menghasilkan variasi sifat-sifat magnesium karbonat. Secara umum, magnesium karbonat yang ditemukan alami hadir dalam bentuk anhidrat dan hidrat dengan rumus umum  $\text{MgCO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Beberapa mineral yang termasuk dalam kelompok ini adalah magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ), yang merupakan magnesium karbonat anhidrat; *baringtonite* ( $\text{MgCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), yang merupakan magnesium karbonat dihidrat; *nasquehonite* ( $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), yang berbentuk magnesium karbonat trihidrat; dan *lansfordite* ( $\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), yang merupakan magnesium karbonat pentahidrat [1]. Sifat fisik dari magnesium karbonat dapat dilihat pada Tabel 2.1:

**Tabel 2.1** Sifat Fisik Senyawa MgCO<sub>3</sub> [2]

No	Mineral	Struktur Kristal	Indeks Reflaksi	Massa	Kelarutan
				Jenis (g/ml)	Air (g/100 ml)
1	<i>Magnesite</i>	Trigonal	1,717	2,958	5,900
2	<i>Berringtonite</i>	Triklin	1,458	2,825	0,375
3	<i>Nesquehonite</i>	Monoklin	1,412	1,837	0,375
4	<i>Landsfordite</i>	Monoklin	1,456	1,730	0,375
5	Artinit	Monoklin	1,448	2,020	-
6	<i>Hydromagnesite</i>	Monoklin	1,523	2,160	-
7	<i>Dypingite</i>	Monoklin	1,508	-	-
8	Oktahidrat	Monoklin	1,515	-	-

Magnesium karbonat ditemukan di alam dalam bentuk mineral hidrat, *basic* dan padatan garam. *Magnesite* (MgCO<sub>3</sub>) dan *Dolomite* (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>) merupakan dua mineral utama untuk memproduksi logam magnesium (Mg). Penggunaan utama MgCO<sub>3</sub> adalah untuk memproduksi *refractory* dengan cara menghilangkan senyawa karbonatnya dengan metode kalsinasi akan menghasilkan senyawa MgO [3]. Berikut merupakan reaksi dekomposisi MgCO<sub>3</sub>:



Magnesium karbonat sendiri merupakan sebuah senyawa yang mengandung unsur magnesium sebagai unsur dasarnya. Maka dari itu, bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan magnesium karbonat merupakan mineral yang mengandung magnesium. Terdapat dua proses dalam pembuatan magnesium

karbonat, yaitu menggunakan metode *pyrometallurgy* dan *hydrometallurgy* [1]. Pembuatan magnesium karbonat diawal dari bahan baku yaitu dolomit. Dolomit dilakukan kalsinasi untuk menghasilkan kalsin dalam bentuk MgO. Kalsin dilanjutkan proses *slaking* dan selanjutnya dilakukan karbonatasi menghasilkan magnesium bikarbonat. Setelah itu, magnesium bikarbonat dipanaskan untuk membentuk endapan magnesium karbonat [1].

Magnesium dapat diperoleh melalui sumber air asin. PT Dow Chemical Company merupakan salah satu perusahaan yang menggunakan air laut sebagai sumber magnesium. Proses yang dilakukan dengan cara melakukan pengendapan terhadap magnesium diubah menjadi magnesium hidroksida dengan penambahan kapur. Setelah magnesium hidroksida mengendap, endapan tersebut dicuci dengan air untuk menghilangkan silika dan lempung. Selanjutnya, endapan direaksikan dengan asam hidroklorida dan asam sulfat, kemudian larutan hasil penyaringan dikeringkan untuk menghasilkan granul magnesium klorida. Bahan ini akan digunakan sebagai bahan baku dalam sel elektrolisis [4]. Selain dengan proses elektrolisis untuk mendapatkan magnesium bisa juga didapatkan dengan cara reduksi termal. MgO sintetik diperoleh dari air laut atau brine water melalui jalur basah biasanya menunjukkan kemurnian, reaktivitas, dan luas permukaan spesifik yang lebih tinggi (SSA) dibandingkan dengan MgO yang diperoleh dari kalsinasi magnesit melalui jalur kering. Karena keunggulan ini, MgO yang disintesis secara kimia melalui jalur basah dari brine water dapat digunakan dalam aplikasi secara luas [5].

Secara umum, magnesium karbonat digunakan sebagai bahan pengisi dalam produk industri seperti polimer. Fungsinya sebagai bahan pengisi bersaing dengan material lain seperti kalsium karbonat, silika, feldspar, kaolin, dan oksida mineral lainnya [2]. Di industri otomotif, magnesium karbonat digunakan, misalnya, dalam pembuatan ban kendaraan untuk mengurangi jumlah asap, menggantikan penggunaan aluminium trihidrat. ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) yang harganya lebih mahal, untuk harga aluminium trihidrat di *marketplace* berkisar antara Rp.650.000,00-1.000.000,00/kg sedangkan untuk magnesium karbonat Rp.60.000,00/kg. Sebagai bahan penguat karet pada ban kendaraan ditambahkan 30% dari berat karet yang digunakan. Magnesium karbonat digunakan dalam industri cat dan tinta untuk meningkatkan kecerahan warna tinta, sehingga mencetak hasil yang lebih menarik. Selain itu, menggantikan 45% konsumsi  $\text{TiO}_2$  dengan magnesium karbonat dapat memperpanjang umur pemakaian cat [2].

## 2.2 Pembuatan Magnesium Karbonat

Proses ekstraksi magnesium karbonat dari dolomit diawali memperbesar luas permukaan dari dolomit dengan cara mereduksi ukurannya hingga 1-2 cm menggunakan *jaw crusher*. Kemudian dolomit dilakukan kalsinasi untuk mengubah fasa  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  menjadi  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$ . Kalsin selanjutnya dilarutkan dengan *aquadest* untuk membentuk  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Selanjutnya tahapan selanjutnya merupakan proses karbonatasi. Karbonatasi dilakukan dengan menambahkan 70 g endapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ke dalam 1 liter *aquadest*. Dilakukan injeksi gas karbondioksida selama  $\pm 45$  menit sampai pH larutan menjadi 8. Filtrat karbonatasi dilakukan proses

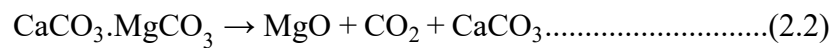
kristalisasi hingga membentuk endapan putih. Temperatur yang dipakai pada proses kristalisasi adalah 90°C [6].

Proses kalsinasi didefinisikan sebagai *pretreatment* bijih pada temperatur tinggi tetapi masih di bawah titik leleh tanpa disertai penambahan reagen dengan maksud untuk dekomposisi dan penghilangan air kristal [7]. Pada tahap awal proses kalsinasi, terjadi reaksi dekomposisi yang bersifat endotermik dengan tujuan untuk mengeluarkan gas-gas dari senyawa-senyawa karbonat atau hidroksida, sehingga menghasilkan serbuk berupa oksida dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Kalsinasi diperlukan untuk mempersiapkan serbuk yang akan diproses lebih lanjut, mencapai ukuran partikel yang optimal, serta mengubah senyawa-senyawa dalam bentuk garam atau dihidrat menjadi oksida, membentuk fase kristal.

Proses kalsinasi didefinisikan sebagai *pretreatment* bijih pada temperatur tinggi tetapi masih di bawah titik leleh tanpa disertai penambahan reagen dengan maksud untuk dekomposisi dan penghilangan air kristal [7]. Pada tahap awal proses kalsinasi, terjadi reaksi dekomposisi yang bersifat endotermik dengan tujuan untuk mengeluarkan gas-gas dari senyawa-senyawa karbonat atau hidroksida, sehingga menghasilkan serbuk berupa oksida dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Kalsinasi diperlukan untuk mempersiapkan serbuk yang akan diproses lebih lanjut, mencapai ukuran partikel yang optimal, serta mengubah senyawa-senyawa dalam bentuk garam atau dihidrat menjadi oksida, membentuk fase kristal.

Kalsinasi parsial sendiri merupakan kalsinasi sebagian yaitu unsur Mg yang terkalsinasi sedangkan unsur kalsium tidak terkalsinasi. Hal ini berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh H. Gelai et.al, 2007 [8] yaitu salah satu

keunggulan kalsinasi parsial dapat membentuk MgO dengan CaO lebih awal. Reaksi kalsinasi parsial diharapkan membentuk MgO sedangkan CaO diharapkan tidak terbentuk. Reaksi parsial dapat dituliskan sebagai berikut:



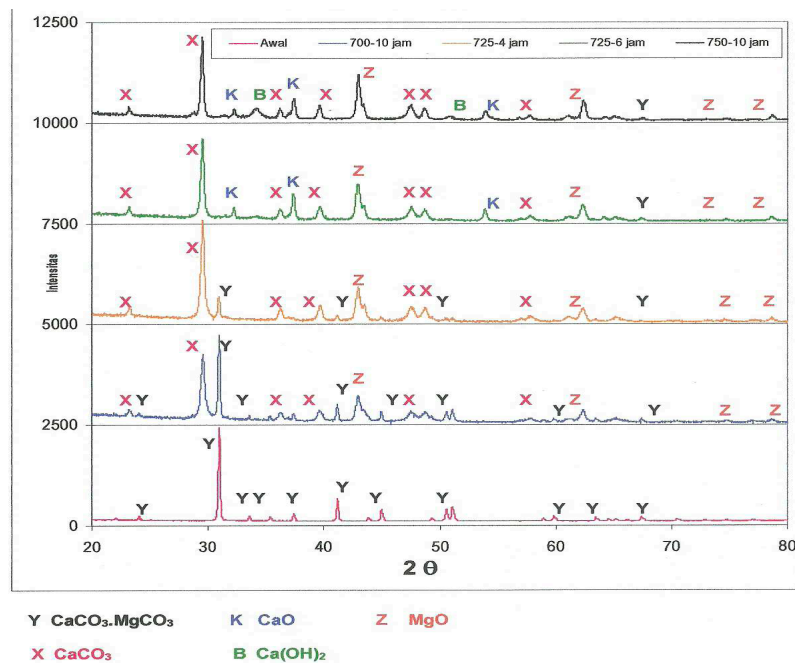
Pada penelitian yang dilakukan Sulistyono E. tahun 2013 [9] kalsinasi parsial diharapkan untuk mengubah senyawa Mg dalam dolomit menjadi oksida, sementara untuk Ca tidak mengalami perubahan. Penambahan waktu terhadap proses pengurangan %berat berjalan cukup lambat hal ini dapat dilihat pada tabel 2.2 proses kalsinasi 600°C dan 700°C.

**Tabel 2.2** Hasil Kalsinasi Mineral Dolomit [9]

No	Waktu Kalsinasi (Jam)	Persen sisa berat sampel (%berat)			
		600°C	700°C	725°C	750°C
1	2	97,98	91,78	87,16	79,21
2	4	96,62	87,10	84,49	71,52
3	6	95,90	83,72	77,57	67,78
4	8	95,43	81,86	71,93	64,22
5	10	94,67	81,86	68,90	64,18

Pada penelitian yang dilakukan Sulistyono E. tahun 2013 [9] menunjukkan bahwa proses kalsinasi parsial yang optimal berjalan pada temperatur 725°C selama 4 jam. Hal ini terjadi karena pada kondisi tersebut belum terlihat adanya *peak* CaO. Sementara itu *peak* dolomit (MgCO<sub>3</sub>. CaCO<sub>3</sub>) mengalami pengurangan menjadi 8 dan MgO terlihat dengan munculnya 4 *peak*. Pada awalnya sampel dolomit merupakan sampel yang memiliki kemurnian tinggi, yaitu tidak terlihatnya *peak* CaCO<sub>3</sub> dan *peak* dolomit (MgCO<sub>3</sub>. CaCO<sub>3</sub>) sejumlah 11 *peak*.

Pada temperatur 725°C dengan waktu 6 jam, mulai terlihat *peak* CaO dengan sejumlah 3 *peak*, menyebabkan pada sampel ini dimulai kalsinasi total. Pada keadaan tersebut terjadi penurunan *peak* dolomit ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) awalnya 4 menjadi 1 dan *peak*  $\text{CaCO}_3$  berjumlah tetap yaitu 7. Dengan penambahan temperatur yang lebih tinggi dan lebih waktu kalsinasi lebih lama yaitu 750°C selama 10 jam mulai muncul *peak* baru yaitu  $\text{Ca(OH)}_2$  berupa 2 *peak*. *Peak* tersebut pada dasarnya adalah *peak* CaO yang lebih reaktif sehingga menyerap air [9].



**Gambar 2.1** Hasil XRD Kalsinasi Parsial Mineral Dolomit [9]

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 2.1 menunjukkan temperatur lebih berpengaruh jika dibandingkan waktu proses kalsinasi. Pada penambahan waktu proses kalsinasi %berat berkurang lambat hal ini dapat dilihat dari karakterisasi XRD kalsinasi pada temperatur 600°C dan 700°C. Penambahan temperatur proses terhadap penurunan %berat terlihat signifikan dan pada

temperatur 600°C %berat masih tinggi yaitu >90%. Pada temperatur 700°C %berat mengalami penurunan. %berat sekitar 80% dan pada temperatur 750°C %berat mengalami pengurang cukup tinggi sampai 64,18% dengan waktu 10 jam.

Dengan adanya kalsinasi maka magnesium reaktif (MgO) dapat diperoleh dari magnesit ( $MgCO_3$ ) pada temperatur 800– 1000°C atau disebut dengan jalur kering. Sedangkan magnesium silikat dapat diekstraksi dari air laut atau I yang kemudian disebut dengan jalur basah. Untuk memperoleh MgO mayoritas diproduksi melalui pengolahan mineral alami seperti magnesit, sekitar 14 % MgO yang disintesis melalui kalsinasi *Mg-bearing phases* yang diendapkan dari air laut atau *brine water* dengan sumber yang mengandung  $Mg^{2+}$  konsentrasi tinggi.

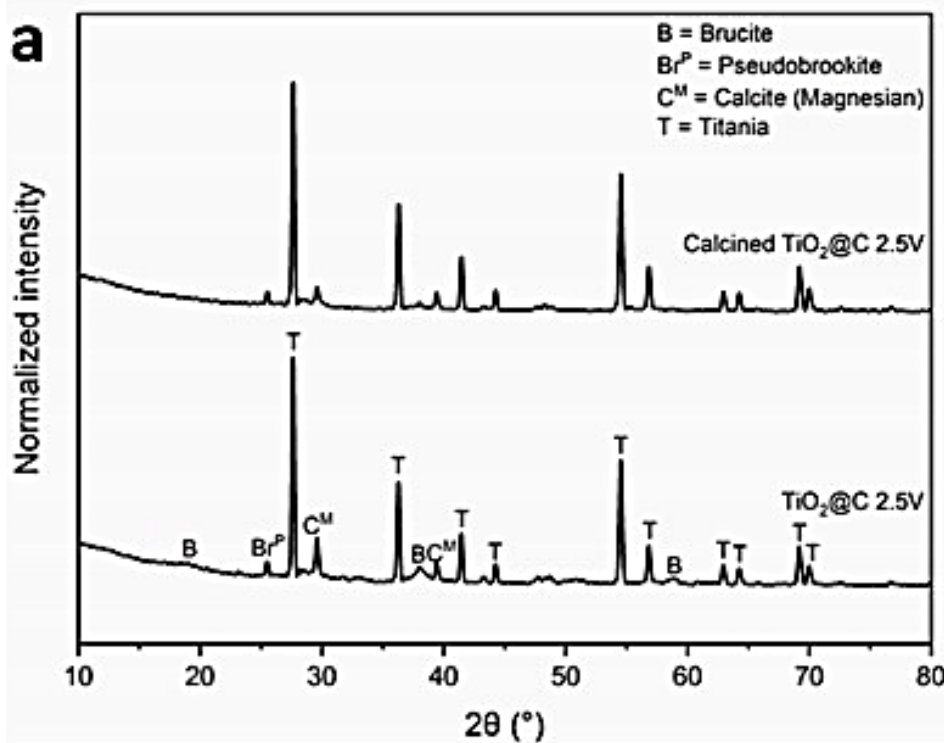
Perlu diketahui bahwa ekstraksi MgO melalui jalur basah melibatkan penggunaan basa alkali yang memungkinkan pengendapan produk yang mengandung Mg seperti magnesium hidroksida dan magnesium oksalat pada tahap pertama. Kemudian endapan tersebut dipisahkan, dicuci dan dipanaskan untuk menghasilkan MgO pada temperatur kalsinasi rendah 500°C [5].

Selain itu kalsinasi juga memberikan fungsi lain dan hal tersebut dibuktikan dengan data hasil analisis XRD pada penelitian yang dilakukan oleh Boor Singh Lalia , Abdullah Khalil , Raed Hashaikh pada tahun 2021 dengan judul pemisahan selektif elektrokimia serta *recovery* kalsium dan magnesium dari *brine water* menggunakan elektrolisis katoda  $TiO_2$  dan endapan yang terkumpul pada 2,5 V dan 3,5 V. Pada penelitian tersebut dilakukan kalsinasi pada sampel dipanaskan pada 900°C selama 5 jam memiliki tujuan *recrystallize* sampel dan kotoran yang tidak diinginkan menghilang. Selain itu, elektroda mengalami reaksi kimia dengan Mg



yang menghasilkan pembentukan magnesium titanat [10].

Kondisi kalsinasi memiliki peran penting selama produksi MgO sebab menentukan sifat-sifat produk akhir. MgO reaktif, diproduksi pada 700-1000°C, melalui jalur kering, dan pada temperatur yang lebih rendah sekitar 500-700°C melalui jalur basah, memiliki luas permukaan spesifik atau *Speisific Surface Area* (SSA) yang tinggi dan mempertahankan tingkat reaktivitas yang tinggi. Dengan meningkatkantemperatur kalsinasi maka semakin mengurangi SSA dan reaktivitas MgO. Berbeda dengan MgO reaktif, MgO *hard- and dead-burned* dihasilkan pada temperatur > 1000°C melalui jalur kering, sehingga memiliki SSA dan reaktivitas yang relatif rendah [11]. Untuk melihat detail hasil XRD yang menunjukkan pengaruh kalsinasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Pengaruh Kalsinasi Pada Hasil Analisis XRD TiO<sub>2</sub> [11].

Gambar 2.2 Menunjukkan bahwa kalsinasi berpengaruh terhadap reaktivitas asam MgO yang diperoleh dari kalsinasi  $Mg(OH)_2$  melalui reaksi *brine water*. Dimana pada penelitian yang dilakukan Haoliang Dong, et.al pada tahun 2018 Menunjukkan bahwa peningkatan waktu untuk mencapai pH netral dengan peningkatan temperatur dan durasi terindikasi dapat menyebabkan penurunan reaktivitas selain itu terjadi penurunan laju reaksi MgO pada kondisi kalsinasi tinggi  $700^\circ C$ . Di antara dua basa berbeda yang digunakan, sampel MgO berbasis  $NH_4OH$  menunjukkan waktu netralisasi yang lebih pendek dibandingkan dengan sampel berbasis NaOH yang diproduksi dengan temperatur kalsinasi lebih rendah temperatur. Peningkatan temperatur kalsinasi dari  $500^\circ C$  menjadi  $700^\circ C$  menyebabkan peningkatan waktu netralisasi secara signifikan pada  $NH_4OH$ , sedangkan sampel berbasis NaOH menunjukkan peningkatan bertahap. Hal tersebut menunjukkan bahwa SSA sampel berbasis  $NH_4OH$  yang awalnya tinggi menunjukkan penurunan yang tajam dengan meningkatnya temperatur kalsinasi.

### **2.3 Kalsinasi Unsur Golongan II**

Unsur golongan II merupakan unsur logam alkali tanah yang terdiri dari Berilium (Be), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Stronsium (Sr), Barium (Ba) dan Radium (Ra). Logam alkali tanah mempunyai konfigurasi elektron yang hampir sama, dua elektron  $n s^2$  dimana  $n$  dari 2 sampai 7. Unsur logam alkali tanah memiliki ciri fisik yang mirip mulai dari kilau, warna putih keperakan dan reaktif pada temperatur dan tekanan standar [12].

Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang pengolahan litium dari *brine*

*water* Gunung Panjang, ternyata limbah pengolahan litium tersebut berpotensi untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut menjadi magnesium karbonat. Dapat dilihat dalam kandungan limbah berupa magnesium karbonat, kalsium karbonat dan strontium karbonat. Senyawa tersebut jika dipisahkan akan menghasilkan produk yang bermanfaat.

Magnesium merupakan logam dengan nomor atom 12 dengan simbol Mg dan berat atom 24,305 yang termasuk ke dalam golongan II yaitu logam alkali tanah. Magnesium merupakan salah satu unsur yang umum ditemukan di alam. Keberadaan magnesium pada kerak bumi adalah 2,4%. Magnesium di alam ditemukan dalam dolomit ( $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$ ), magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ) dan carnalit ( $\text{KCl.MgCl}_2.6\text{H}_2\text{O}$ ). Magnesium ditemukan juga di air laut dan *brine water* dimana konsentrasi dari magnesium itu 1,350 mg/L [3]. Magnesium di alam ditemukan dalam bentuk senyawa magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ).

Magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) adalah salah satu senyawa anorganik yang mengandung magnesium dalam bentuk kombinasi karbonat, hidrat, dan hidroksida. Magnesium karbonat mulai mengalami dekomposisi pada temperatur 350°C dengan nilai KSP  $1 \times 10^{-5}$  membuatnya hampir tidak larut dalam air (106 mg/L dalam temperatur ruang) dan tidak larut dalam amonia dan aseton akan tetapi larut dalam asam [3]. Berikut merupakan sifat termodinamika dari magnesium karbonat dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Sifat Termodinamika Magnesium Karbonat [3]

No	Nilai	Jumlah
1	$\Delta H_f^\circ (\text{MgCO}_3)$	-261,9 kcal/mol
2	$\Delta G_f^\circ (\text{MgCO}_3)$	-241,9 kcal/mol
3	$\Delta G_f^\circ (\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$	-412,6 kcal/mol
4	$\Delta G_f^\circ (\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$	-525,7 kcal/mol
5	$S^\circ (\text{MgCO}_3)$	15,7 cal/degmol
6	$C_p (\text{MgCO}_3)$	18,05 cal/degmol

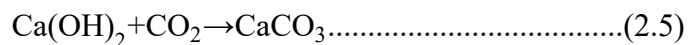
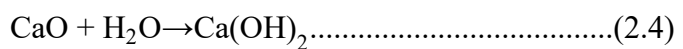
Kalsium merupakan unsur dengan nomor atom 20 dengan simbol Ca dan berat atom 40,078 yang termasuk ke dalam golongan II yaitu logam alkali tanah. serta memiliki konfigurasi elektron  $4s^2$  dengan nilai potensial  $E^\circ -2,87\text{V}$ . Senyawa kalsium ditemukan dalam bentuk kombinasi kalsium oksida dan kalsium karbonat. Kalsium sendiri merupakan unsur kelima terbanyak penyusun kerak bumi. Senyawa kalsium di alam ditemukan dalam bentuk *limestone* ( $\text{CaCO}_3$ ), gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan florit ( $\text{CaF}_2$ ) [3].

Kalsium karbonat di alam ditemukan dalam mineral *limestone*. Merupakan material yang umum digunakan dalam industri semen, plaster dan *refractory*. Kalsium karbonat memiliki bentuk kristal heksagonal untuk kalsit dan ortorombik untuk aragonit. Kalsit akan mulai mengalami dekomposisi pada temperatur  $825^\circ\text{C}$  dan aragonit akan leleh pada temperatur  $1339^\circ\text{C}$  (102,5 atm). Berikut merupakan sifat termodinamika dari kalsium karbonat dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Sifat Termodinamika Kalsium Karbonat[3]

No	Nilai	Jumlah
1	$\Delta H_f^\circ (\text{CaCO}_3)$	-288,6 kcal/mol
2	$\Delta G_f^\circ (\text{CaCO}_3)$	-269,9 kcal/mol
3	$S^\circ (\text{CaCO}_3)$	21,92 cal/degmol
4	$C_p(\text{CaCO}_3)$	19,9 cal/degmol

Kalsium karbonat didapatkan dari *limestone*. Senyawa kalsium karbonat sendiri merupakan senyawa sintetis dari pengolahan *limestone*. *Limestone* akan dilakukan dekomposisi untuk mendapatkan kalsium oksida dan karbondioksida pada *kiln*. Produk kalsinasi atau kalsin selanjutnya akan penyusunan ulang setelah dimurnikan dengan *aquadest*. Kalsium oksida yang bercampur dengan air akan membentuk *shurry* yang umum disebut *milk of lime*. Selanjutnya akan dihembuskan gas karbon dioksida. Berikut merupakan reaksi pemurnian kalsium karbonat ditunjukkan pada persamaan 2.3, 2.4 dan 2.5[3].



Stronsium merupakan unsur kimia dengan nomor 38, berat atom 87,621 yang termasuk ke dalam golongan II yaitu logam alkali tanah, memiliki konfigurasi elektron [Kr] 5s<sup>2</sup>, memiliki nilai konfigurasi elektron -2,899V serta memiliki titik leleh 777°C dan titik didih 1382°C. Stronsium memiliki kuantitas yang kecil pada batuan dan tanah. Kebanyakan keberadaan dekat kalsium dan barium. Jumlah

stronsium di kerak bumi diangka 370 mg/kg jumlah yang hampir serupa dengan barium. Keberadaan stronsium pada air laut berjumlah 7,9 mg/L. Stronsium ditemukan dalam bentuk senyawa karbonat yaitu strontianat ( $\text{SrCO}_3$ ) dan mineral sulfat celestit ( $\text{SrSO}_4$ )[3]

Stronsium karbonat merupakan senyawa stronsium yang ditemukan dalam mineral strontianite. Stronsium karbonat pada umumnya digunakan pada industri kembang air, keramik dan pembuatan kaca pada televisi tabung. Stronsium karbonat memiliki kristal *ortorhombic* dengan indeks refraksi 1,518 dengan nilai kekerasan 3,5 Mosh serta densitas 3,5 g/cm<sup>3</sup>. Stronsium karbonat tidak larut pada air akan tetapi larut pada asam dengan menghilangkan karbon dioksida [3]. Berikut sifat termodinamika dari stronsium karbonat dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Sifat Termodinamika Stronsium Karbonat [3]

No	Nilai	Jumlah
1	$\Delta H_f^\circ (\text{SrCO}_3)$	-291,6 kcal/mol
2	$\Delta G_f^\circ (\text{SrCO}_3)$	-272,5 kcal/mol
3	$S^\circ (\text{SrCO}_3)$	23,2 cal/degree mol
4	$C_p (\text{SrCO}_3)$	19,5 cal/degree mol

#### 2.4 Limbah Pengolahan Litium

Limbah litium dari *brine water* sering mendapat perhatian dalam pengolahannya untuk menghilangkan oksigen terlarut dan bahan kontaminan berbahaya lainnya karena limbah pengolahan *brine water* dapat sangat korosif terhadap *plant machinery* dan perpipaan yang mana jika tidak diolah, maka zat

oksigen terlarut dan kontaminan lainnya dapat meningkatkan risiko tersebut. Limbah *brine water* juga bisa membawa bermacam-macam kontaminan, yang berbeda tergantung pada proses limbah *brine water* diperoleh dari produk sampingan industri litium. Pengolahan limbah *brine water* menjadi semakin gencar dilakukan, tidak hanya sebagai sarana untuk menaati peraturan limbah yang ketat, namun juga manfaat biaya yang didapatkan dari strategi minimalisasi limbah [13].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lalasari, dkk (2017) dapat diketahui komposisi kimia *brine water* yang terdapat di pemandian air panas Tirtasanita, Ciseeng Bogor seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Komposisi Kimia *Brine water* Bogor [14].

Elemen	Konsentrasi (ppm)
Ca	185,706
K	409,981
Li	17,271
Mg	146,019
Na	1929,870

Pada penelitian yang dilakukan Lalasari dilakukan penguapan *brine water* diikuti dengan pengendapan K dan Mg yang kemudian dilakukan pemurnian *brine water*; dengan cara pertukaran pertukaran ion untuk menghilangkan pengotor lainnya. Hasil pengolahan *brine water* yang dilakukan Lalasari, dkk (2017) menghasilkan produk berupa endapan (Gambar 2.3). Hasil pengolahan litium tersebut menghasilkan limbah yang kemungkinan limbah tersebut masih memiliki logam berharga jika ditinjau pada kandungan *brine water*.



**Gambar 2.3** Limbah Hasil Pengolahan *Brine Water*

*Brine water* diperoleh dari sumber air panas Gunung Panjang tepatnya di Lapangan Geothermal Ciseeng tanpa dilakukan penguapan lebih lanjut. Sedangkan *bittern* merupakan produk sampingan cair dari *brine water* pekat dari sumber yang sama melalui proses penguapan dua tahap dan juga termasuk dalam kelompok bikarbonat geothermal yang kaya akan ion kalsium, membentuk endapan tipis kalsium karbonat yang dikenal sebagai *Travertine*. Untuk lebih jelasnya terkait komposisi *brine water* dan *bittern* dari Lapangan Geothermal Ciseeng, dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Menurut Heraldry dkk (2017) meneliti pembuatan Ca-Mg-Al *HydrotalciteI* dari *brine water*, lalu dilakukan kalsinasi. Ca-Mg-Al *HydrotalciteI*. Ca-Mg-Al *HydrotalciteI* merupakan endapan yang dihasilkan dari pengolahan *brine water*. Pengaruh kalsinasi pada Ca-Mg-Al *HydrotalciteI* terhadap hasil yang diperoleh yaitu terbentuknya oksida seperti MgO, CaO, MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [15].



**Tabel 2.7** Komposisi Kimia *Brine Water* dan *Bittern* di Lapangan Geothermal Ciseeng[15]

<i>Raw Material</i>	<i>Concentration (ppm) Ratio</i>						
	<b>Li</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>B</b>	<b>Mg/Li</b>
<i>Brine Water</i>	22,06	475,30	4476	960,50	2127	95,48	21,55
<i>Bittern</i>	1342	13,527	7574	26,816	24,222	2514	10,08