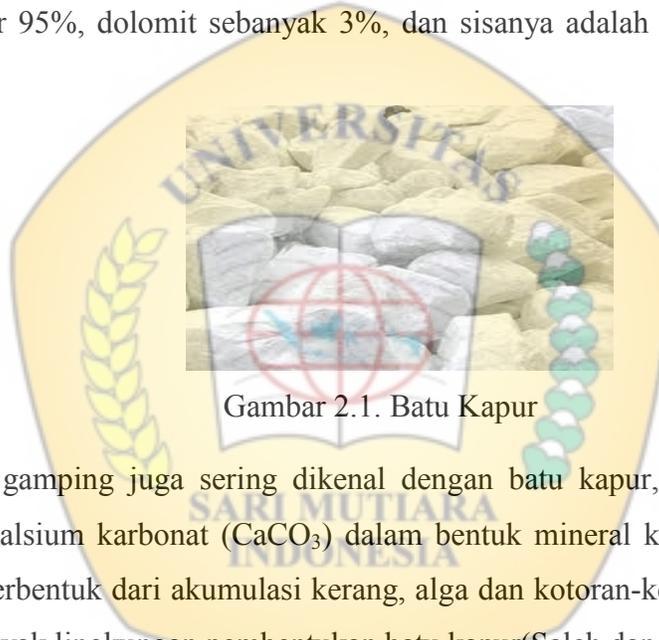


## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Batu Kapur (Batu Gamping)

Batu kapur merupakan merupakan bagian dari batuan sedimen, yaitu batuan sedimen non-klastik yang terbentuk dari proses kimia atau proses biologi. Batu kapur disebut juga batugamping atau limestone. Kandungan utama batu kapur adalah mineral kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terjadi akibat proses kimia dan organik. Secara umum mineral yang terkandung dalam batu kapur adalah kalsium karbonat kalsit sebesar 95%, dolomit sebanyak 3%, dan sisanya adalah mineral clay (J A H Oates 1998)



Gambar 2.1. Batu Kapur

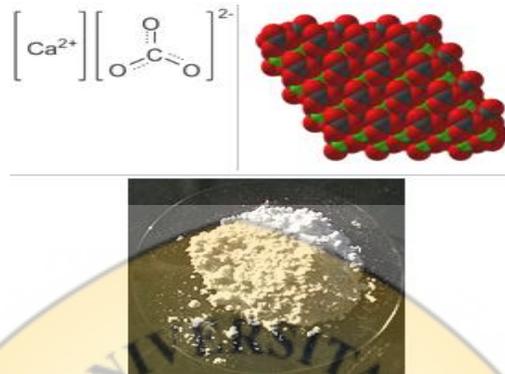
Batu gamping juga sering dikenal dengan batu kapur, batuan sedimen ini terdiri dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam bentuk mineral kalsit. Batuan sedimen organik ini terbentuk dari akumulasi kerang, alga dan kotoran-kotoran. Saat ini bumi memiliki banyak lingkungan pembentukan batu kapur (Saleh dan Wahyu 2019)

Batu gamping yang kandungan utamanya  $\text{CaCO}_3$  yang pada dasarnya berwarna putih dan umumnya sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer dan batu gamping. Selain itu  $\text{CaCO}_3$  juga banyak dijumpai pada stalaktit dan stalagmit yang terdapat di sekitar pegunungan (Margareta et al. 2015).

## 2.2 Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>)

### 2.2.1. Pengertian CaCO<sub>3</sub>

Batu kapur ialah jenis bantuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat. Pada umumnya batu kapur yang banyak terdapat adalah batu kapur yang mengandung kalsit.



Gambar 2.2. Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>)

Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam. Pembentukan warna ini tergantung dari campuran yang ada dalam batu kapur tersebut, misalnya : lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur organik. Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia. Berat jenis batu kapur berkisar 2,6 – 2,8 gr/cm<sup>3</sup>, dalam keadaan murni dengan bentuk kristal kalsit (CaCO<sub>3</sub>), sedangkan berat volumenya berkisar 1,7-2,6 gr/cm<sup>3</sup>. Jenis bantuan karbonat dapat dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu batu kapur (*limestone*) dan dolomit (*dolostone*). Komposisi batu kapur menurut Boggs Jr dan Boggs (2009) dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Komposisi batu kapur

Komponen penyusun	% Berat
Ca	92,1
Fe	2,38
Mg	0,9
Si	3,0
In	1,4
Ti	0,14
Mn	0,03
Lu	0,14

## 2.2.2 Sifat Fisika dan Sifat Kimia CaCO<sub>3</sub>

### 2.2.2.1 Sifat Fisika

Kalsium karbonat presipitat ketika disintesis dengan media air akan membentuk tiga macam kristal, yaitu kalsit, vaterit, dan aragonit. Terbentuknya macam macam bentuk kristal ini dipengaruhi oleh temperatur, pH larutan, derajat saturasi, kecepatan aliran CO<sub>2</sub> bila menggunakan metode karbonasi, serta adanya bahan aditif. Setiap fase membutuhkan kondisi lingkungan dan energi penyusunan yang berbeda. Pada rentang temperatur 10°C hingga 40°C, fase yang terbentuk berupa kalsit dan vaterit. Pada rentang temperatur 60°C-80°C dihasilkan aragonit dan kalsit. Sementara ketiga fase kristal muncul diantara kedua rentang ini. Jadi, fase vaterit hanya terbentuk pada rentang temperatur tertentu dan mencapai fraksi optimum pada temperatur 35°C. (Waltham 2002).

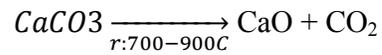
Tabel 2.2. Sifat Fisika CaCO<sub>3</sub>

Sifat Fisika	
Bentuk	Padat
Warna	Putih
Bau	Tak berbau
Titik lebur	825C
Specific Gravity	2,49 gm/cc

### 2.2.2.2 Sifat Kimia

Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dengan berat molekul 100,8, umumnya berwarna putih, tidak berbau, berbentuk kristal putih, larut dalam asam, dan sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer, dan batu gamping. Selain itu, kalsium karbonat juga banyak dijumpai pada stalaktit dan stalagmit yang terdapat disekitar pegunungan. Karbonat yang terdapat pada stalaktit dan stalagmit berasal dari tetesan air tanah selama ribuan bahkan jutaan tahun. Seperti namanya, kalsium karbonat terdiri dari 2 unsur kalsium, 1 unsur karbon, dan 3 unsuroksigen. Kalsium karbonat bila dipanaskan akan pecah dan menjadi serbuk yang dinamakan kalsium oksida (CaO). (Waltham 2002).

Salah satu sifat kimia batu kapur yaitu dapat mengalami kalsinasi, dengan reaksinya :



Warna batu kapur adalah putih dan akan berubah menjadi agak kecoklatan jika terkontaminasi tanah liat atau senyawa besi.

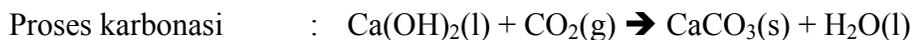
### 2.2.3 Pembuatan CaCO<sub>3</sub> Dengan Metode Karbonasi

Pada metode ini, batu kapur dikalsinasi pada suhu 900°C sehingga terbentuk CaO. Kemudian dilarutkan dalam air (*proses slaking*) membentuk Ca(OH)<sub>2</sub>, selanjutnya dialiri gas CO<sub>2</sub> sampai pH mendekati netral membentuk endapan PCC (*Precipitate Calcium Carbonate*).

Metode ini paling efisien saat ini karena tidak menggunakan bahan kimia tambahan. Metode ini juga dapat memanfaatkan kembali hasil reaksi samping dalam setiap tahapan reaksi seperti pemakaian kembali gas CO<sub>2</sub> hasil pemanasan batu kapur dan pemanfaatan kembali air hasil samping proses karbonasi. Kelemahan dari metode ini yaitu hasil serbuk CaCO<sub>3</sub> yang dihasilkan sangat sedikit karena kelarutan Ca dalam air sangat kecil. (Renaudin et al. 2008).

### 2.2.4 Reaksi-Reaksi CaCO<sub>3</sub> Metode Karbonasi

Menurut Khaira (2016) kalsium karbonat dapat mengalami beberapa tahap reaksi kimia diakibatkan proses kalsinasi, proses hidrasi dan proses karbonasi seperti persamaan berikut:



### 2.2.5 Fungsi $\text{CaCO}_3$

Adapun fungsi dari kalsium karbonat adalah sebagai berikut :

#### a) Pertanian

Kalsit di sini bermanfaat sebagai pemupukan tanah, keasaman tanah akan berkurang dengan cara pengapuran, yaitu menggunakan kapur tohor (*quicklime*), kapur padam (*hydratedlime*), ataupun dalam bentuk tepung yang biayanya lebih murah dibandingkan dengan jenis lainnya.

#### b) Industri kimia

Di industri kimia, kalsit digunakan memproduksi kaustik soda dan alkali lainnya dengan menggunakan solvany proses. Light calcite berfungsi sebagai filler, extender coating pada industry kertas, cat, ban, pelapis, karet farmasi dan plastic. Heavy calcite digunakan dalam industry keramik, gelas, barang-barang gelas, kimia, bahan galian bukan logam, dan sebagainya.

#### c) Industry makanan

Kalsit digunakan untuk pemurnian gula bit. Digunakan juga untuk mengolah sisa produk pada pabrik pengawetan, mengurangi keasaman buah kalengan dan persiapan penggilingannya.

#### d) Industri metalurgi

Kalsit dengan kualitas tinggi diperlukan dalam pembuatan baja sebagai fluks yang berfungsi untuk mengikat material pengotor atau sebagai slag, seperti fosfor, belerang, silica dan alumina. Dalam peleburan aluminium dengan metode Bayer, kalsit dan kaustik soda merupakan bagian penting yang berfungsi untuk menghancurkan bijih bauksit. Kalsit juga digunakan dalam flotasi logam non besi seperti tembaga, seng, timah hitam, perak dan uranium.

## 2.3 GCC (Ground Calcium Carbonate)

GCC (*Ground Calcium Carbonate*) dibuat secara mekanik atau hanya melalui tumbukan. Secara umum kalsium karbonat yang diproduksi secara mekanik (GCC) lebih murah dibandingkan dengan PCC, tetapi untuk menghasilkan GCC dengan ukuran partikel yang halus dan seragam membutuhkan biaya besar.

Ukuran yang ditentukan dari lamanya proses grinding menyebabkan energi yang dibutuhkan juga semakin tinggi (Maulia 2020). Modifikasi *Ground Calcium Carbonate* (GCC) dapat menggunakan bahan anorganik, polimer alam, polimer sintesis larut dalam air, atau menggunakan surfaktan. Polimer alam yang digunakan diantaranya pati kationik atau guar gum kationik karena kemampuannya untuk meningkatkan kekuatan basah dan ramah lingkungan. Modifikasi filler sangat diperlukan untuk meningkatkan penggunaan kandungan filler yang tinggi dalam pembuatan kertas, sehingga dapat menciptakan tambahan keuntungan pada industri kertas di masa yang akan datang (Shen et al. 2009).

Peningkatan jumlah GCC dalam pembuatan kertas dapat menurunkan kekuatan kertas. Untuk mengurangi pengaruh penurunan kekuatan sifat fisik diperlukan aditif untuk mengikat filler dengan serat, dan meningkatkan ikatan antara serat. Selain itu, untuk mempermudah penggunaan filler dalam proses pembuatan kertas, bahan ini sebaiknya berbentuk pasta dan dapat dengan mudah dibuat menjadi emulsi, agar dapat dicampur merata dalam bubur pulp pada saat pembentukan lembaran. Informasi yang diperoleh dari industri mengenai konsep pengaturan serat dengan filler, luas kontak antar serat lebih besar akan menghasilkan kekuatan kertas lebih tinggi dibandingkan jika luas kontak antar serat yang lebih kecil. Modifikasi filler yang telah dilakukan di Industri kertas yaitu modifikasi menggunakan pati kationik melalui pelapisan pati kationik pada meningkatkan retensi filler, dan meningkatkan sifat permukaan kertas (Somerkallio 2011)

## **2.4 PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*)**

### **2.4.1 Tinjauan Umum PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*).**

PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) merupakan kalsium karbonat yang dihasilkan dari proses presipitasi dengan kemurnian yang tinggi. PCC adalah senyawa kimia yang memiliki rumus kimia  $\text{CaCO}_3$ . Akan tetapi PCC memiliki struktur kristal yang berbeda dengan kalsium karbonat lain. Kalsium karbonat adalah bahan kimia yang sangat banyak dipakai, baik dalam keadaan murni ataupun keadaan tak murni.

Kalsium karbonat untuk industri memiliki kemurnian 98 %, ukuran partikel 2-10  $\mu\text{m}$ , pengotornya rendah sesuai peruntukannya di industri dan derajat keputihannya diatas 95%. Selain itu, PCC (*precipitated calcium carbonate*) sering digunakan dalam pasta gigi yang berfungsi sebagai abrasives dan fillers. PCC jauh lebih murah dari bahan abrasives yang lain seperti silica dan dicalcium phosphate. PCC mempunyai banyak kelebihan dibanding GCC (*ground calcium carbonate*) dengan ukuran partikel yang lebih kecil, kemurnian tinggi, distribusi ukuran partikel kecil dan bentuk kristal biasa. Tidak seperti GCC (*ground calcium carbonate*), PCC dapat diproduksi dalam berbagai bentuk partikel dan dalam ukuran partikel halus. PCC semakin banyak digunakan di industri seperti kertas, karet, cat, tekstil, plastik dan lain-lain.

Kalsium karbonat terdapat dalam tiga mineral yaitu kalsit, aragonit, dan vaterit. *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC) dapat diproduksi melalui 2 metode utama yaitu: solid-liquid route yang melibatkan reaksi langsung antara  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{CO}_3^{2-}$  dalam larutan, dan solidliquid-gas route dimana gas  $\text{CO}_2$  direaksikan dengan larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Pada liquid-liquid route, larutan garam karbonat digunakan sebagai pengganti gas  $\text{CO}_2$  yang ditambahkan ke reaktan dalam proses karbonasi sebelumnya. Proses ini sering digunakan dalam produksi laboratorium karena mudah dalam mengendalikan variabel operasinya. Polimorf PCC yang paling umum diperoleh melalui solid-liquid route adalah kalsit rhombohedral. Adapun bentuk dari PCC dapat dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu :

- Temperatur reaksi
- Laju alir  $\text{CO}_2$
- Konsentrasi reaktan
- Jenis reactor
- Lamanya waktu kontak antara larutan dan  $\text{CO}_2$
- Kelarutan reaktan

PCC sebagaimana kalsium karbonat lain juga digunakan sebagai campuran dalam membuat bahan lain. Akan tetapi, terdapat perbedaan mengapa PCC perlu diproduksi.

Pertama, dalam proses pembuatannya, terdapat proses pemurnian untuk menghilangkan pengotor dari senyawa lain yang mungkin ada pada proses pembentukan batuan. Pengotor-pengotor yang dapat dihilangkan termasuk senyawa-senyawa silika dan logam berat. Kedua, dalam proses pembuatannya, dapat dibentuk kristal-kristal yang berbeda bergantung pada waktu reaksi, tekanan, banyaknya penambahan zat asam arang, temperatur, pencampuran, dan pemrosesan pasca kristalisasi. Menurut ISO 3262-6: 1998, mutu PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.3. Syarat Mutu PCC

Item Index	
Purity	96 - 99,99 %
Whiteness	90 - 97 %
Ph	8,5 - 10,5
Specific Gravity (gr/cm <sup>3</sup> )	2,5
Brightness	>95 %
Moisture	<0,9 %
Appearance	White Powder

#### 2.4.2 Struktur Kristal PCC

Kalsium karbonat presipitat sering disebut dengan PCC mempunyai tiga macam bentuk polimorf yaitu kalsit, aragonit, dan vaterit.

##### 1. Calcite Polymorph

Polimorf kalsit adalah yang paling efisien dan tidak beracun, dan secara termodinamika lebih stabil pada rentang suhu yang luas diantara ketiganya. Namun, memiliki fase yang paling tidak larut pada rentang suhu 0-90 °C. Ini digunakan sebagai filler pada plastik untuk mengurangi opasitas dan untuk meningkatkan kilau pada permukaan cat. Kalsit sebagian besar digunakan di industri karena penampilan superior dan memberikan warna yang berkilau pada warna akhir.

##### 2. Aragonite Polymorph

Aragonit PCC adalah polimorf lain dari kalsium karbonat yang sedikit stabil secara termodinamika pada suhu yang terkontrol. Indeks bias rata-rata PCC aragonit sedikit lebih besar dari kalsit, membuatnya bahan pelapis yang lebih baik dibandingkan polimorf kalsit. Aragonit sering digunakan di industry sebagai aditif atau filler di kertas, karet, plastik, cat, dan pigmen. Partikel aragonite dengan aspek rasio yang sangat tinggi meningkatkan kekuatan benturan dan elastisitas karet dan plastik.

### 3. Vaterite Polymorph

Merupakan bentuk kalsium karbonat yang tidak stabil. Dalam kondisi normal, vaterite akan berubah menjadi kalsit sampai benar-benar lenyap. Memiliki densitas 2.54 g/cm<sup>3</sup> dan termasuk dalam kristal heksagonal. Aditif organik memainkan peran penting pada pertumbuhan kristal vaterit dan dapat mencegah transformasi dari vaterit menjadi kalsit. Vaterit merupakan polimorf kalsium karbonat yang paling larut. Dalam industri biomedis, vaterit digunakan sebagai agen pelapis untuk mencegah percepatan degradasi dan juga penerapan material pada bangunan dan konstruksi. Perbedaan yang tampak dari ketiga struktur fase yang dimiliki CaCO<sub>3</sub> yaitu pada jumlah atom O yang mengelilingi setiap atom Ca. Formasi struktur yang terjadi pada kalsit, vaterit, dan aragonit secara berturut-turut adalah CaO<sub>6</sub>, CaO<sub>8</sub>, dan CaO<sub>9</sub>.

Kalsium karbonat presipitat yang terdapat di alam mempunyai dua bentuk kristal, yaitu:

#### 1. Anorganik Orthorombik

- Terbentuk pada suhu 30 °C
- Titik lebur 225 °C
- Spesifik gravity (sp gr) = 30
- Indeks bias = 1,33; 1,681; 1,686
- Kelarutan dalam air pada 25°C = 0,00133 gr/100 ml

#### 2. Klasikal Hexagonal

- Terbentuk pada suhu rendah
- Titik lebur 1339 °C atau 102,5 atm

- Indeks bias 20
- gravity (sp gr) = 2,21
- Kelarutan dalam air pada 25 °C = 0,0014 gr/100 ml

PCC nanopartikel merupakan kalsit yang mempunyai struktur kristal amorf yang kekerasannya cukup rendah sehingga dapat dipergunakan untuk filler beberapa bahan makanan dan beberapa jenis bahan kimia dan mempunyai harga yang cukup mahal (empat kali harga kalsit alam).

Perbedaan bentuk kristal-clustered needles, cubes, -prisma, dan rhombohedron akan menghasilkan sifat fisik yang berbeda seperti densitas, luas permukaan, dan kemampuan absorpsi. Hal ini akan memungkinkan penggunaan PCC pada pemakaian yang tidak dapat dilakukan dengan kalsium karbonat biasa. Selain itu PCC juga dapat mencapai ukuran yang sangat kecil, mencapai nanometer, jauh lebih kecil dibanding kalsium karbonat biasa hasil penggerusan batu kapur.

#### 2.4.3 Potensi PCC dari Batu Kapur

Batu kapur adalah mineral alami yang terjadi secara alami dan tersebar hampir di seluruh dunia. Komponen terbesar yang terkandung dalam batu kapur adalah kalsium dan karbonat yang bergabung membentuk kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) (N. R. Jamarun and Arif 2005). Komposisi kimia kapur dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4. Komposisi Kimia Kapur

No	Kandungan	Persentase
1	Karbonat (CO <sub>3</sub> )	97 %
2	Kalsium oksida (CaO)	29,77-55,56 %
3	Silikat ( SiO <sub>2</sub> )	0,14 – 2,14 %
4	Magnesium oksida (MgO)	21 – 31 %
5	Aluminium oksida dan ferro (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 %

Sumber : (Sumampow, Ticoh, and Rondomuwu 2020)

Produksi dari batu kapur ada dua macam, yaitu:

1. Quick Lime
  - CaCO<sub>3</sub> + panas → CaO + CO<sub>2</sub>
2. Hidrat Lime

- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{panas}$
- $\text{CaO.MgO} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2.\text{Mg(OH)}_2 + \text{panas}$

### 3. Proses Pembuatan Kapur Padam

- $\text{CaO (p)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \downarrow \text{p } \Delta H = 15,9 \text{ kkal}$

Hasilnya bisa berupa serbuk halus (proses kering) dan berupa slurry (proses basah).

#### a. Proses kering

Proses kering dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Cara sederhana, dengan menyiram bongkahan kapur tersebut di atas lantai dengan air kemudian dibolak-balik sehingga bongkahan itu akan pecah menjadi serbuk.
2. Dengan menggunakan mesin yang dilengkapi dengan alat sparying, slaring unit biasanya dilengkapi dengan alat pemisah  $\text{Ca(OH)}_2$  dari kotoran-kotoran seperti dead burned lime dengan cara screening atau clarification water.

#### b. Proses basah

Proses basah dilakukan dengan mencampurkan kapur dengan air dalam suatu tangki dengan pengadukkan yang baik sehingga pemisahan kotoran-kotoran yang kasar lebih mudah dilakukan. Sifat fisika dan kimia dari batu kapur bervariasi disebabkan sifat alami dan kuantitas pengotor serta teksturnya.

##### 1. Warna

Pada umumnya berwarna putih, kecuali jika mengandung Fe sehingga berwarna abu-abu atau kehitaman.

##### 2. Bau

Pada umumnya batu kapur tidak berbau kecuali batu kapur high carbonate, quicklime, hidrat lime memiliki bau yang ringan.

##### 3. Tekstur

Semua batu kapur adalah kristal tetapi ada variasi ukurannya.

##### 4. Kekerasan

Kebanyakan batu kapur cukup lunak diiris dengan pisau, calcilate murni untuk

standar pada skala 3 mesh

5. Kekuatan

Untuk dikempa dari batu kapur bervariasi dengan harga 8,3-19,6 MPa.

6. Kelarutan

High calcium limestone memiliki kelarutan yang lemah dalam air. Pada suhu 17-35 °C kelarutannya 14-15 mg/l, jika temperatur naik 100 °C kelarutan naik 30-40 mg/l. Tekanan CO<sub>2</sub> mempengaruhi kelarutan CaCO<sub>3</sub>, kelarutan CaCO<sub>3</sub> maksimum 3,93 gr/l. Pada tekanan karbondioksida 5,7 MPa (56 atm) pada suhu 18 °C.

Potensi batu kapur di Indonesia sangat besar dan tersebar di seluruh kepulauan Indonesia. Sebagian besar cadangan batu kapur di Indonesia terdapat di Sumatra Barat sekitar 43 juta. Untuk menutupi kebutuhan PCC yang meningkat setiap tahunnya, Indonesia mengimpor PCC dalam jumlah yang cukup besar.

Suatu hal yang memprihatinkan mengingat batu kapur sebagai bahan baku PCC merupakan bahan yang mudah didapat di Indonesia dan di Sumatera utara memiliki potensi untuk membuat dan mengembangkan industri PCC. Penggunaan batu kapur di Sumatra Utara saat ini hanya terbatas sebagai kapur tohor, yaitu perekat dalam adukan semen atau pemutih pada tembok, sehingga masih bernilai ekonomis rendah. Salah satu cara meningkatkan nilai tambah produk batu kapur adalah pembuatan PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) yang memiliki nilai ekonomis tinggi. PCC merupakan batu kapur yang sudah diolah sedemikian rupa sehingga membentuk partikel kecil yang homogen dan sifatnya mudah diatur. Dengan keistimewaan karakteristik yang dimilikinya tersebut, pemakaian PCC dalam industri menjadi semakin luas. Saat ini PCC telah digunakan dalam industri cat, karet, plastik, pasta gigi, aditif pada pembuatan kertas dan sebagainya. (Aziz 1997)

Kebutuhan PCC di pasaran dunia umumnya dan di Indonesia khususnya terus meningkat. Saat ini ada sekitar 7 perusahaan yang memproduksi kalsium karbonat di Indonesia. Salah satunya adalah PT Indonesia Kalsium Karbonat Agung, yang terletak di Padalarang, Jawa Barat. Perusahaan ini berdiri sejak tahun 1977 dan

merupakan perusahaan pertama di Indonesia yang memproduksi kalsium karbonat secara komersil, PT Bumi Kencana Murni Chemical Industry, PT Light Calsindo Raya, dan Minerals Technologies Incorporated (MTI). Berdasarkan data statistik impor PCC dari tahun 2002-2006 dapat dilihat :

Tabel 2.5. Data Impor PCC (*Precipitate Calcium Carbonate*)

Tahun	Jumlah (kg/tahun)
2002	34.917.380
2003	29.909.647
2004	34.565.895
2005	43.258.458
2006	45.766.370

#### 2.4.4 Pembuatan PCC

Kalsium karbonat ini dapat diperoleh dari tambang atau pada proses pemurnian batu kapur. Selain itu proses pembuatan PCC di laboratorium dapat dilakukan dengan mereaksikan  $\text{Ca(OH)}_2$  dengan  $\text{CO}_2$  dalam sebuah reaktorgelembung. Apabila laju alir dalam reaktor gelembung cukup kecil, maka padatan PCC akan terbentuk pada reaktor dan mengendap pada reaktor.

PCC juga dapat dibuat dengan presipitasi (pengendapan), misalnya dengan mereaksikan larutan kalsium klorida mendidih dengan larutan natrium karbonat mendidih atau dengan melewatkan karbondioksida ke dalam suspensi susu gamping (*milk of lime*). Sebagian besar suspensi digunakan dalam cat, karet, farmasi atau industri kertas. Secara umum, PCC diproduksi melalui tiga tahapan utama yang sederhana. Pertama adalah pembakaran batu kapur, kemudian mengontakkan hasil pembakaran batu kapur dengan larutan asam, setelah itu hasil kontak dengan larutan asam diendapkan dengan penambahan larutan amonia.

Reaksi kimia yang terjadi adalah:

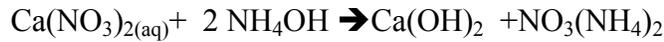
- 1) Pembakaran batu kapur (kalsinasi)



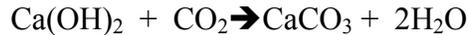
- 2) Pengontakan hasil pembakaran dengan penambahan larutan asam ( $\text{HNO}_3$ )



3) Penambahan amonia ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )



4) Pengaliran gas karbon dioksida (Metode Karbonasi)

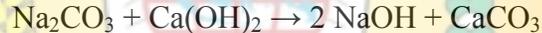


PCC dapat diperoleh dari tambang atau pemurnian batu kapur. PCC dapat disintesis dari batu kapur melalui 3 metode, yaitu metode solvay, metode kaustiksoda dan metode karbonasi (Laksono, Lutfia, and Siswati 2020).

## 2.5 Metode-metode dalam Proses Pembuatan PCC

### 2.5.1 Metode Kaustik Soda (Produk Samping)

Pada metode kaustik soda, batu kapur dikalsinasi menjadi  $\text{CaO}$ , lalu dilarutkan dengan menggunakan aquades menjadi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan kemudian direaksikan dengan menggunakan larutan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) sehingga terbentuk endapan yaitu PCC. Reaksinya sebagai berikut:

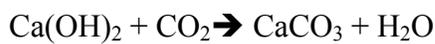


Namun rendemen yang dihasilkan sangat sedikit yang diakibatkan oleh rendahnya kelarutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dalam air sekitar  $7,9 \times 10^{-6}$  pada suhu  $20^\circ\text{C}$ . Selain itu, metode ini mempunyai kekurangan karena terdapat lumpur. Pada hasil proses  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan senyawa-senyawa yang mengandung lumpur dapat dilakukan dengan metode pemurnian secara kimia dan mekanik sehingga memerlukan biaya tinggi.

Proses kaustisasi untuk menghasilkan produk PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) yang paling baik dari reaksi antara larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  2,5 % dan natrium karbonat 50% berlebih dengan waktu reaksi 130 menit, temperatur reaksi  $98,82^\circ\text{C}$  dan kecepatan pengadukan konstan 1400 rpm, menghasilkan presipitat kalsium karbonat jenis kalsit.

### 2.5.2 Metode Karbonasi (Produk Karbonasi)

Pada proses ini terjadi penambahan  $\text{CO}_2$  secara stoikiometri hingga mencapai suasana netral. Reaksinya sebagai berikut:



Pada metode karbonasi, batu kapur dikalsinasi pada suhu 900°C sehinggaterbentuk kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida kemudian dilarutkan dalam air (*slaking process*) membentuk Ca(OH)<sub>2</sub>, selanjutnya dialiri gas CO<sub>2</sub> sampai pH mendekati netral membentuk endapan yaitu PCC. Namun kelarutan CaO untuk membentuk Ca(OH)<sub>2</sub> relatif kecil (Joseph A H Oates 2008) sehingga rendemen PCC yang dihasilkan juga kecil. Kondisi operasi dilihat dengan mengatur temperatur, konsentrasi, laju penambahan. Semua faktor ini mempengaruhi distribusi ukuran partikel produk. Berikut ini merupakan reaksi yang terjadi selama pembuatan *Precipitated Calcium Carbonate* dengan metode karbonasi :

- 1) Pembakaran batu kapur (kalsinasi)



- 2) Pengontakan hasil pembakaran dengan penambahan larutan asam (HNO<sub>3</sub>)



- 3) Penambahan amonia (NH<sub>4</sub>OH)



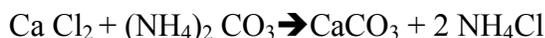
- 4) Pengaliran gas karbon dioksida (Metode Karbonasi)



Berdasarkan Hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa pada proses karbonasi untuk menghasilkan produk PCC yang paling baik, adalah dari reaksi antara larutan Ca(OH)<sub>2</sub> konsentrasi 10% dan laju gas CO<sub>2</sub> 1 liter/menit dengan waktu reaksi 132 menit, suhu reaksi 50,7 °C dan kecepatan pengadukan konstan 1400 rpm.

### 2.5.3 Metode Solvay (Proses Kalsium Klorida)

Pada percobaan ini dihasilkan dari reaksi CaCl<sub>2</sub> dengan natrium karbonat(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Disini CaCO<sub>3</sub> merupakan produk samping pada ammonia process.



Kedua larutan dicampur dalam reaktor berpengaduk yang dipengaruhi kondisi operasi temperatur, konsentrasi dan laju pencampuran. PCC yang dihasilkan pada proses  $\text{CaCl}_2$  ini memiliki kemurnian yang tinggi, dalam penyaringan PCC dapat dilakukan dengan cara:

1. Menggunakan tangki penyaringan uap (suction filter tank) atau penyaringan bertekanan
2. Rotasi vacuum filter yang menggunakan prinsip pelarutan garam yang larut
3. Dengan menggunakan sentrifugal sebelum disaring
4. Dengan vacuum flash dan penyaringan.

Apabila batu kapur hasil kalsinasi dapat dilarutkan menjadi garam dengan kelarutan tinggi, maka diharapkan jumlah rendemen PCC yang dihasilkan dapat ditingkatkan. Metode yang paling populer digunakan di industri adalah metode karbonisasi, karena metode ini dapat menghasilkan PCC secara cepat dan efisien. Pada metode kaustik soda dan metode karbonisasi pada prosesnya menggunakan kalsinasi, sumber panas untuk kalsinasi dihasilkan dari batubara, dimana pada saat proses pembakaran dari batubara tersebut menghasilkan  $\text{CO}_2$  yang dapat menjadi polusi dalam jumlah yang banyak (Purba 2015)

Perbedaan dari metode pembuatan PCC terletak pada jenis senyawa yang digunakan. Metode karbonisasi dilakukan dengan mengalirkan uap  $\text{CO}_2$  pada kalsium oksida yang dihasilkan dari pemanasan batu kapur. Metode soda kaustik dilakukan dengan penambahan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada kalsium hidroksida. Metode solvay menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan seperti debu dan asap pabrik, limbah padat yang menyebabkan endapan lumpur dan panas yang dihasilkan dari proses solvay yang eksoterm (Purba 2015).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Arief dan Jamarun (2009) menyatakan bahwa penambahan asam-asam anorganik pada slaking process batu kapur untuk pembuatan PCC melalui metode karbonasi dapat menambah rendemen PCC yang dihasilkan dan  $\text{CaO}$  mempengaruhi rendemen PCC yang dihasilkan.

## 2.6 Aplikasi dari PCC

PCC banyak digunakan sebagai bahan pengisi (filler) di industri-industri kimia seperti, industri kertas, cat, PVC, ban, farmasi, dan juga pasta gigi. PCC banyak digunakan dalam industri sebagai berikut:

1. Pada industri kertas sebagai filler dan coating (72 %)
2. Pada industri cat dan pelapisan, digunakan sebagai filler/extender (8 %)
3. Pada industri plastik sebagai filler untuk meningkatkan kualitas fisik seperti modulus, resistansi terhadap panas, dan kekerasan (5 %)
4. Pada industri karet (4,5 %)
5. Pada industri makanan, kosmetik dan farmasi, antara lain digunakan sebagaiantasid, suplemen Ca pada makanan, abbrasive mild pada pasta gigi (4 %)
6. Pada industri tekstil (2,5 %)
7. Pada industri dempul (2,5%)

PCC digunakan dalam beragam industri, terutama adalah sebagai filler. Selain itu PCC juga dapat digunakan sebagai aditif pada bahan makanan. Penggunaan PCC paling umum sebagai filler adalah dalam pembuatan PVC. Dengan menggunakan PCC dalam pembuatan PVC, maka waktu gelatinasi akan menjadi berkurang, efek pada permukaan akan berkurang, akan meningkatkan kualitas permukaan hasil akhir.

Dalam aplikasi polimer PCC juga banyak digunakan dalam industri, dapat berukuran sangat kecil dan dapat memiliki bentuk Kristal tertentu. Pada PVC yang bersifat keras, seperti vinyl siding dan fencing, PCC meningkatkan impact strength, karena dengan ukuran partikel yang lebih kecil dapat menggantikan penggunaan impact modifier yang berbiaya tinggi.

Nano PCC (berukuran kurang dari 0,1 mikron) mengendalikan viskositas pada perekat konstruksi dan otomotif, seperti PVC plastisol, polisulfida, uretanes, dan silicon. Dalam cat, bentuk khas PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) meningkatkan hiding dan mengurangi kandungan titanium dioksida dalam cat.

## 2.7 Pengujian dan Karakterisasi

### 2.7.1 XRF ( X-Ray Fluorescence)

Spektroskopi XRF adalah teknik analisis unsur yang membentuk suatu material dengan dasar interaksi sinar-X dengan material analit. Teknik ini banyak digunakan dalam analisis batuan karena membutuhkan jumlah sampel yang relatif kecil (sekitar 1 gram). Teknik ini dapat digunakan untuk mengukur unsur-unsur yang terutama banyak terdapat dalam batuan atau material. Sampel yang digunakan biasanya berupa serbuk halus hasil penggilingan atau pengepresan.

Prinsip analisis menggunakan XRF adalah apabila elektron dari suatu kulit atom bagian dalam dilepaskan, maka elektron yang terdapat pada bagian kulit luar akan berpindah pada kulit yang ditinggalkan tadi menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang sesuai karakteristik unsur tersebut. Pada teknik difraksi sinar-X suatu berkas elektron yang digunakan, dihasilkan dari tembakan berkas elektron terhadap suatu unsur di anoda untuk menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang yang diketahui. Seperti pada tabung pembangkit sinar-X, elektron dari kulit bagian dalam suatu atom pada sampel analit menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang karakteristik dari setiap atom di dalam sampel. Untuk setiap atom di dalam sampel, intensitas dari sinar-X karakteristik tersebut sebanding dengan jumlah (konsentrasi) atom di dalam sampel. Dengan demikian, jika kita dapat mengukur intensitas sinar-X karakteristik setiap unsur kita dapat membandingkan intensitasnya dengan suatu standar yang diketahui konsentrasinya, sehingga konsentrasi unsur dalam sampel bisa ditentukan.

Kelebihan dari metode XRF adalah memiliki akurasi yang tinggi, dapat menentukan unsur dalam material tanpa adanya standar dan dapat menentukan kandungan mineral dalam bahan biologik maupun dalam tubuh secara langsung.

Adapun beberapa kelemahannya adalah tidak dapat mengetahui senyawa apa yang dibentuk oleh unsur-unsur yang terkandung dalam mineral yang diteliti dan tidak dapat menentukan struktur dari atom yang membentuk material ini.

### 2.7.2 Spektrofotometri Infa Merah (FTIR)

Spektrofotometri Infra Merah (FTIR) merupakan suatu metode spektroskopi infrared. Spektroskopi infrared (IR) dapat mengidentifikasi kandungan gugus kompleks dalam senyawa tetapi tidak dapat menentukan molekul unsur penyusunnya. Pada spektroskopi IR, radiasi IR dilewatkan pada sampel sebgaimana dari radiasi IR suatu vibrasi spesifik partikel sama dengan frekuensi radiasi IR yang langsung menuju molekul, molekul akan menyerap radiasi tersebut. Spektrum yang dihasilkan menggambarkan absorpsi dan transmisi molekular, membentuk sidik jari molekular suatu sampel. Karena bersifat sidik jari, tidak ada dua struktur molekular unik untuk yang menghasilkan spektrum IR yang sama (Kencana 2009).

FTIR pada umumnya digunakan untuk : menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik, dan mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jarinya. Spektrofotometer FTIR didasarkan pada ide adanya interfrensi radiasi antara 2 berkas sinar. Dua domain (jarak dan frekuensi) dapat ditukarbalikan dengan metode matematik yang disebut dengan transformasi Fourier (Gandjar and Rohman 2012).

Seberkas sinar infra merah dilewatkan pada suatu sampel polimer, maka beberapa frekuensinya diabsorpsi oleh molekul sedangkan frekuensi lainnya ditransmisikan. Transisi yang terlibat pada absorpsi IR berhubungan dengan perubahan vibrasi yang terjadi pada molekul. Jenis ikatan yang ada dalam molekul primer (C-C, C=C, C=O) memiliki frekuensi vibrasi yang berbeda. Adanya ikatan tersebut dalam molekul polimer dapat diketahui melalui identifikasi frekuensi karakteristik sebagai puncak absorpsi dalam spektrum IR (Rohaeti 2009).

Spektra yang dihasilkan bisa digunakan untuk analisis kualitatif untuk mengetahui ada tidaknya suatu gugus fungsional tertentu. Pembacaan spektra inframerah ini biasa dilakukan pada daerah bilangan gelombang 650-4000  $\text{cm}^{-1}$  (Kusumastuti 2011). Bila frekuensi elektromagnetik inframerah yang dilewatkan pada suatu molekul sama dengan frekuensi meregang atau menekuk ikatan, maka energi tersebut akan diserap oleh molekul tersebut. Serapan inilah yang

kemudiandapat direkam oleh detektor dan diubah menjadi pita serapan pada bilangan gelombang tertentu(Atkins dan Jones 2010).

