

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sotong

2.1.1 Tinjauan Umum Sotong

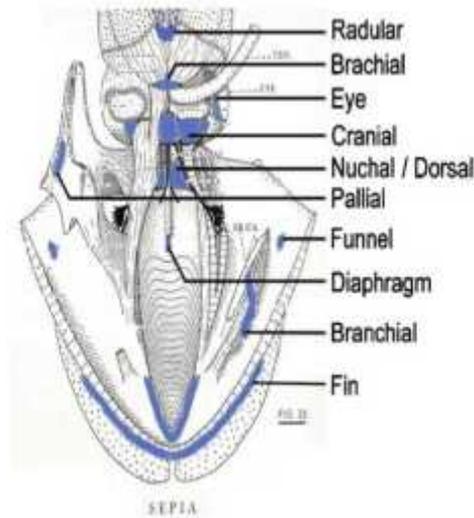
Sotong merupakan *moluska* yang termasuk kelas *cephalopoda* (kaki hewan terletak di kepala) yang terdiri dari cangkang internal yang terletak di dalam mantel, berwarna putih, berbentuk oval dan tebal, serta terbuat dari kapur. Tubuh relatif pendek menyerupai kantung. Mantelnya berwarna merah jambu kehitaman dan diselubungi selaput tipis dan pada kedua sisinya terdapat sirip lateral yang memanjang dari ujung dorsal sampai ventral (Ozyurt *et al.* 2006).

Cephalopoda merupakan salah satu sumber daya hayati penting dalam sektor perikanan laut (Bihan *et al.* 2006). *Cephalopoda* adalah salah satu kelompok binatang lunak (filum *moluska*), meliputi cumi-cumi (*squid*), sotong (*cuttlefish*), gurita (*octopus*) dan kerabatnya. Sotong (*Sepia sp.*) merupakan salah satu jenis *cephalopoda* yang cukup dikenal dan digemari oleh masyarakat. Terdapat kurang lebih 100 spesies sotong di dunia (Ozyurt *et al.* 2006).

Adapun taksonomi dari sotong adalah sebagai berikut (Jereb dan Roper 2005):

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Moluska</i>
Kelas	: <i>Cephalopoda</i>
Sub kelas	: <i>Coleoidea</i>
Ordo	: <i>Sepioidea</i>
Genus	: <i>Sepia</i>
Spesies	: <i>Sepia Sp.</i>

Sotong (*cuttlefish*) sering kali di salah artikan sebagai cumi-cumi (*loligo*). Sotong memiliki tubuh yang lebih pipih, sementara cumi-cumi lebih berbentuk silinder. Berikut disajikan gambar anatomi sotong pada Gambar 1.



Gambar 1. Anatomi Sotong

Sumber: Cole dan Hall 2009

Sotong memiliki badan berbentuk bulat telur agak pendek dengan sirip daging melingkari seluruh badan dan bagian belakang tubuh bundar. Punggung sotong keras karena di dalam dagingnya terdapat kerangka dari kapur yang berbentuk lonjong dan berwarna putih. Sekitar mulut terdapat delapan tangan pendek dan dua tangan panjang (tentakel). Tangan yang pendek dilingkari dengan alat penghisap sepanjang tangan, sedangkan tangan yang panjang (tentakel) hanya terdapat pada ujungnya. Warna sotong bervariasi tetapi umumnya coklat atau kuning kecokelatan tergantung dari warna dasar perairan, pada bagian punggungnya terdapat garis bengkok-bengkok. Ukuran panjang sotong dapat mencapai 30-35 cm, tetapi biasanya 20-25 cm (KKP 2005).

Sotong termasuk *cephalopoda* lainnya, pada dasarnya ialah hewan pelagis yang berenang dengan gaya dorong (*jet propulsion*). Tenaga dorong tersebut berasal dari air yang disemburkan dari rongga mantel yang keluar melalui sifon. Sotong dengan tubuhnya yang pendek dan agak pipih berenang lebih lambat dibandingkan dengan cumi-cumi yang tubuhnya lebih langsing. Dalam kondisi bahaya, sotong akan mengeluarkan cairan tinta berwarna coklat sampai hitam dengan kandungan pigmen melanin yang lebih tinggi. Tinta yang dikeluarkan akan menyebabkan air di sekitarnya akan menjadi gelap dan membingungkan predator sehingga sotong dapat kabur (Karleskinr *et al.* 2010). Sotong juga

mempunyai kemampuan berubah warna seperti bunglon, sehingga tersamar dengan pola warna latar belakangnya seperti pasir atau batu, kebanyakan spesies berubah warna apabila ketakutan. Perubahan warna tersebut terjadi disebabkan karena pada bagian kulit terdapat pigmen yang disebut kromatofor (Boal *et al.* 2000).

Kebanyakan *cephalopoda* memiliki sistem peredaran darah tertutup, dimana darahnya mengandung *hemocyanin*. Aliran air dalam rongga mantel selain untuk tenaga gerak, juga menyediakan oksigen untuk pernapasan. Sotong umumnya *dioccius*, dimana *gonad* terletak diujung *posterior* dan selalu terjadi perkawinan (Suwignyo *et al.* 2002). Sotong merupakan hewan karnivora yang biasanya memangsa ikan-ikan kecil, udang dan kepiting. Sotong mempunyai penglihatan yang tajam untuk mencari mangsa dan menggunakan tangan atau tentakelnya untuk menangkap mangsa tersebut (Boal *et al.* 2000). Alat ekskresi pada *cephalopoda* adalah *nephridia*, yang terletak pada rongga. Pada beberapa pasang *ganglia* (Suwignyo *et al.* 2002). Sotong bernilai ekonomis tinggi dan banyak dikonsumsi oleh penduduk Asia, terutama Jepang, Korea, Filipina, Malaysia, Taiwan (Suwignyo *et al.* 2002), dan Thailand (Thanonkaew *et al.* 2006).

2.1.2 Komposisi Kimia Sotong

Salah satu sumber pangan hewani yang kaya kandungan nutrisi adalah makanan hasil laut. Makanan laut kaya protein, dengan komposisi asam amino yang seimbang serta kandungan PUFA (*Polyunsaturated Fatty Acid*) yang tinggi. Beberapa spesies makanan laut juga mengandung sebagian besar dari 90 jenis mineral alami (Laurenco *et al.* 2009).

Cephalopoda, yakni cumi-cumi, sotong, dan gurita merupakan sumber daya sektor perikanan laut yang penting dan hanya memiliki sedikit bagian yang tidak bisa dimanfaatkan. *Cephalopoda* tidak hanya dikonsumsi dalam bentuk segar, tapi juga yang telah diolah, diantaranya dalam bentuk kering, beku, dan produk dingin (Thanonkaew *et al.* 2006). Sotong banyak dijual dalam keadaan segar (Suwignyo *et al.* 2002).

Cephalopoda hanya mengandung sedikit lemak, namun merupakan sumber mineral yang bagus, diantaranya kalsium, potasium, seng, besi, fosfor, dan tembaga (Thanonkaew *et al.* 2006). *Cephalopoda* juga mengandung sodium dan kolesterol (Okuzumi dan Fujii, 2000). Berikut disajikan komposisi kimia dan kandungan mineral sotong pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Kimia Sotong

Komposisi kimia	Kepala	Badan
Kadar air	84,42 ± 0,13	82,78 ± 0,05
Kadar abu	1,29 ± 0,02	1,20 ± 0,24
Protein	11,90 ± 0,14	14,91 ± 0,61
Lemak	0,52 ± 0,01	0,47 ± 0,01

Sumber: Thanonkaew *et al.* 2006

Tabel 2. Komposisi Mineral Cumi-cumi, Sotong dan Gurita

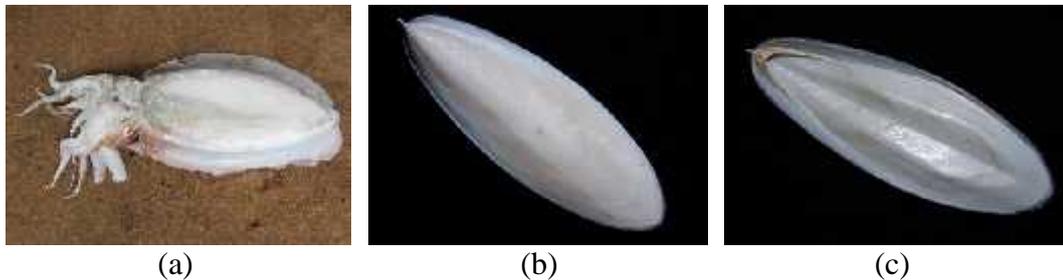
Mineral	Cumi-cumi	Sotong	Gurita
Br (mg/kg)	13,3 ± 1,4	21,5 ± 2,9	34,0 ± 3,7
Ca (mg/kg)	136 ± 43	134 ± 26	213 ± 108
Cl (mg/kg)	267 ± 36	439 ± 75	629 ± 97
Cu (mg/kg)	1,5 ± 0,2	4,5 ± 2,5	3,8 ± 1,6
Fe (mg/kg)	1,7 ± 1,2	1,4 ± 0,7	4,2 ± 1,7
K (mg/kg)	261 ± 55	289 ± 99	223 ± 38
Mg (mg/kg)	435 ± 108	567 ± 99	938 ± 262
Mn (mg/kg)	0,16 ± 0,03	0,11 ± 0,04	0,31 ± 0,07
Na (mg/kg)	157 ± 33	266 ± 60	572 ± 143
Ni (mg/kg)	0,02 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,02 ± 0,01
P (mg/kg)	260 ± 20	249 ± 23	147 ± 39
Rb (mg/kg)	0,68 ± 0,12	0,77 ± 0,12	0,44 ± 0,16
S (mg/kg)	229 ± 24	338 ± 55	257 ± 54
Sc (mg/kg)	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi
Sr (mg/kg)	1,8 ± 0,2	2,3 ± 0,3	3,8 ± 0,5
Zn (mg/kg)	12,6 ± 1,3	17,7 ± 2,3	17,7 ± 2,2

Sumber: Laurenco *et al.* 2009

2.1.3 Cangkang Sotong

Cangkang sotong biasa juga disebut dengan tulang sotong adalah kulit internal yang berkapur dari sebuah sotong. Sotong adalah *cephalopoda*, berkaitan dengan cumi-cumi dan gurita. Sotong memiliki delapan lengan dan dua tentakel. Sotong akan mengeluarkan cairan tinta hitam seperti ketika dalam bahaya. Sotong

ditemukan di lautan di seluruh dunia. Gambar mengenai cangkang sotong disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. (a) Sotong secara keseluruhan (b) Cangkang sotong bagian depan (c) Cangkang sotong bagian belakang

Sumber: Cole dan Hall 2009

Cangkang sotong adalah satu-satunya tulang pada cumi-cumi, dan dibuang ketika akan dibersihkan dalam persiapan untuk makan. Tulang-tulang ini dicuci dan biasa dikeringkan dengan sinar matahari untuk di ekspor.

Cangkang sotong tidak hanya digunakan sebagai suplemen makanan untuk nutrisi burung. Namun beberapa dari potongan-potongan yang lebih besar digunakan untuk perhiasan, untuk *casting process* perhiasan emas dan perak dengan mengukir pola ke dalam cangkang sotong dan menuangkan dalam logam cair. Penggilingan cangkang sotong menjadi bubuk halus untuk digunakan sebagai senyawa *polishing abrasif* adalah penggunaan lain.

Untuk kebutuhan burung, cangkang sotong bukan hanya untuk mengasah paruh. Cangkang sotong disediakan untuk burung sebagai sumber kalsium dan mineral lainnya yang diperlukan. Komponen utama dari cangkang sotong adalah kalsium karbonat (85 %). Ini juga merupakan komponen utama dalam kulit telur. Komponen utama berikutnya adalah bahan organik (8,9 %), mungkin materi terutama karbohidrat. Kandungan nitrogen dari 8,300 mg/kg menunjukkan bahwa sekitar 20 % dari bahan organik adalah protein. Bahan asam-larut 1,4 % adalah silikat (pasir). Tidak ditentukan logam berat beracun yang terdeteksi. Berikut disajikan komponen pada cangkang sotong pada cangkang sotong pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen pada Cangkang Sotong

Komponen	Kadar
Asam tak larut	14 %
Kadar air	2,3 %
Kadar kandungan organik	8,9 %
Kalsium (kalsium karbonat)	85 %
Potasium	63 mg/kg
Total Kjeldahl Nitrogen	8,300 mg/kg
Total posfat	20 mg/kg

Sumber: A. J. Tony Hendry

Berikut ini logam berat yang tidak terdeteksi pada cangkang sotong di atas batas deteksi 1 mg/kg: arsenik, kadmium, kromium, timah, merkuri, molibdenum, nikel, perak dan timah. Metode uji yang digunakan laboratorium didasarkan pada *American Public Health Association* (APHA) (1989), WAV.JA dan *Envirogard Procedures*.

2.2 PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*)

2.2.1 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 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 μm , pengotornya rendah sesuai peruntukannya di industri dan derajat keputihannya diatas 95 %.

Bentuk dari PCC dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor:

- Temperatur reaksi
- Laju alir CO_2
- Konsentrasi reaktan
- Jenis reaktor
- Lamanya waktu kontak antara larutan dan 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 4. Syarat Mutu PCC Berdasarkan ISO 3262-2: 1998

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

Sumber: ISO No. 3262-6: 1998

2.2.2 Struktur kristal PCC

Kalsium karbonat presipitat sering disebut dengan PCC mempunyai tiga macam bentuk kristal yaitu kalsit, aragonit, dan vaterit dengan struktur kristal berturut-turut *rhombohedral*, *orthorombic*, dan *hexagonal*. Kalsit merupakan fase yang stabil pada temperatur ruang, sementara vaterit dan aragonit merupakan fase metastabil yang dapat bertransformasi ke dalam fase stabil (kalsit).

Perbedaan yang tampak dari ketiga struktur fase yang dimiliki CaCO₃ yaitu pada jumlah atom O yang mengelilingi setiap atom Ca. Formasi struktur yang terjadi pada kalsit, vaterit, dan aragonit secara berturut-turut adalah CaO₆, CaO₈, dan CaO₉.

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

PCC 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, -prism, dan rhombohedron-* akan menghasilkan sifat fisik yang berbeda seperti densitas, luas permukaan, dan kemampuan absorpsi minyak. 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.

2.2.3 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

(CaCO₃) (Jamarun *et al.* 2005 dalam Nurlaena, 2008). Komposisi kimia kapur dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

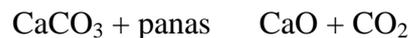
Tabel 5. Komposisi Kimia Kapur

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

Sumber: Soetopo dan Bhakti, 1977: 85

Produksi dari batu kapur ada dua macam, yaitu:

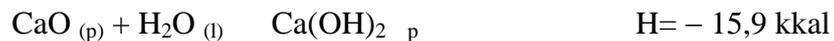
1. *Quick Lime*



2. *Hidrat Lime*



Proses Pembuatan Kapur Padam



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 Ca(OH)₂ dari kotoran-kotoran seperti *dead burnedlime* dengan cara *screering* 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 CO₂ mempengaruhi kelarutan CaCO₃, kelarutan CaCO₃ 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 Barat memiliki potensi untuk membuat dan mengembangkan industri PCC.

Berdasarkan data Dinas Pertambangan (2006), daerah pengasil batu kapur di Sumatera Barat yaitu Dusun Tanjung Tinggi Halaban Kecamatan Lauak Kabupaten 50 Kota, Bukit Sumanik Tanjung Lolo Kecamatan Tanjung Gadang Kabupaten Sijunjung. Gunung Tulus Muara Kiway Kabupaten Pasaman Barat, Desa Subarang Kabupaten Solok dan Bukit Tui Kota Padang Panjang.

Penggunaan batu kapur di Sumatra Barat 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 dalam Arief, 2009).

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 diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Impor PCC (*Precipitated 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

Sumber: BPS, 2002-2006

2.2.4 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 Ca(OH)_2 dengan CO_2 dalam sebuah reaktor gelembung. 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 natrium karbonat. Reaksi kimia yang terjadi adalah:

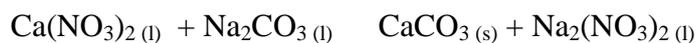
- Pembakaran batu kapur (kalsinasi)



- Pengontakan hasil pembakaran dengan larutan asam



- Hasil kontak dengan larutan asam diendapkan dengan penambahan Na_2CO_3



PCC dapat diperoleh dari tambang atau pemurnian batu kapur. PCC dapat disintesis dari batu kapur melalui 3 metode, yaitu metode solvay, metode kaustik soda dan metode karbonasi (Aziz, 1997 dalam Arief, 2009).

2.2.5 Metode-metode dalam Proses Pembuatan PCC

1. Metode Kaustik Soda (Produk Samping)

Pada metode kaustik soda, batu kapur dikalsinasi menjadi CaO, lalu dilarutkan dengan menggunakan aquades menjadi Ca(OH)₂ dan kemudian direaksikan dengan menggunakan larutan natrium karbonat (Na₂CO₃) sehingga terbentuk endapan yaitu PCC. Reaksinya sebagai berikut:



Namun rendemen yang dihasilkan sangat sedikit yang diakibatkan oleh rendahnya kelarutan Ca(OH)₂ dalam air sekitar $7,9 \times 10^{-6}$ pada suhu 20 °C. Selain itu, metode ini mempunyai kekurangan karena terdapat lumpur. Pada hasil proses Ca(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 Ca(OH)₂ 2,5 % dan natrium karbonat 50 % berlebih dengan waktu reaksi 130 menit, temperatur reaksi 98,82 °C dan kecepatan pengadukan konstan 1400 rpm, menghasilkan presipitat kalsium karbonat jenis kalsit.

2. Metode Karbonasi (Produk Karbonasi)

Pada proses ini terjadi penambahan CO₂ secara stoikiometri hingga mencapai suasana netral. Reaksinya sebagai berikut:



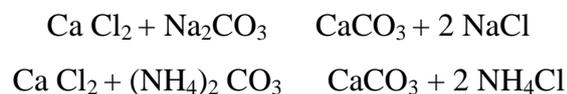
Pada metode karbonasi, batu kapur dikalsinasi pada suhu 900 °C sehingga terbentuk kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida kemudian dilarutkan dalam air (*slaking process*) membentuk Ca(OH)₂, selanjutnya dialiri gas CO₂ sampai pH mendekati netral membentuk endapan yaitu PCC. Namun kelarutan CaO untuk membentuk Ca(OH)₂ relatif kecil (Oates, 1990 dalam Arief, 2009), sehingga rendemen PCC yang dihasilkan juga kecil. Kondisi operasi dilihat dengan

mengatur temperatur, konsentrasi, laju penambahan. Semua faktor ini mempengaruhi distribusi ukuran partikel produk.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada proses karbonasi untuk menghasilkan produk PCC yang paling baik, adalah dari reaksi antara larutan Ca(OH)_2 konsentrasi 10 % dan laju gas CO_2 1 liter/menit dengan waktu reaksi 132 menit, suhu reaksi $50,7^\circ\text{C}$ dan kecepatan pengadukan konstan 1400 rpm.

3. Metode Solvay (Proses Kalsium Klorida)

Pada percobaan ini dihasilkan dari reaksi CaCl_2 dengan natrium karbonat (Na_2CO_3). Disini CaCO_3 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 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 CO_2 yang dapat menjadi polusi dalam jumlah yang banyak (Rahmadani, 2008).

Perbedaan dari metode pembuatan PCC terletak pada jenis senyawa yang digunakan. Metode karbonisasi dilakukan dengan mengalirkan uap CO_2 pada kalsium oksida yang dihasilkan dari pemanasan batu kapur. Metode soda kaustik dilakukan dengan penambahan Na_2CO_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 (Rahmadani, 2008).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Arief (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 CaO mempengaruhi rendemen PCC yang dihasilkan.

Penggunaan HNO_3 pada pembuatan PCC memberikan rendemen tertinggi pada konsentrasi 2 M dan CaO 2,1 g yaitu sebesar 74,3 %, dengan bentuk kristal vaterit bercampur aragonit. Penggunaan HCl dengan konsentrasi 1,5 M dan CaO 2,1 g sebesar 71,5 % dengan bentuk kristal vaterit bercampur aragonit. Penggunaan HClO_4 dengan konsentrasi 1,5 M untuk CaO 3,5 g dengan rendemen sebesar 72 %, dengan bentuk kristal vaterit, kalsit dan aragonit.

2.2.6 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 sebagai antasid, suplemen Ca pada makanan, *abrasive mild* pada pasta gigi (4 %)
6. Pada industri tekstil (2,5 %)
7. Pada industri dempul (2,5%)

8. Pada industri bahan adesif.

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.

Aplikasi penggunaan PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) dalam industri kertas PCC dikenal luas sebagai *filler* dan *pigmen coating* untuk kertas kualitas premium. PCC biasanya diproduksi dalam bentuk *slurry* dekat dengan pabrik kertas. PCC meningkatkan sifat *optic* dan hasil pencetakan produk kertas, meningkatkan produktivitas produksi pabrik, dan dapat menurunkan biaya pembuatan kertas dengan menggantikan *pulp fiber* dan pencerah *optic* yang lebih mahal. Meningkatkan kualitas kertas, meningkatkan kecerahan merupakan faktor penting dalam produksi kertas. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*).

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, *urethanes*, dan *silicon*. Dalam cat, bentuk khas PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*) meningkatkan *hiding* dan mengurangi kandungan titanium dioksida dalam cat.

Dalam aplikasi dunia kesehatan PCC biasa digunakan dalam tablet dan *antacid liquid* berbasis kalsium. Dengan kandungan kalsium yang tinggi, PCC memungkinkan pembuatan suplemen dan tablet multi-vitamin/mineral berkadar kalsium tinggi. Ukuran partikel yang kecil dan bentuk partikel tertentu memberi andil pada pengembangan makanan dan minuman berkalsium yang memiliki rasa yang nikmat. Termoset PCC golongan tertentu memungkinkan kontrol reologi

pada *polyester moulding compound process* di mana efek positif pada viskositas, *surface finish* yang semakin baik, dan *sandability* merupakan peningkatan sifat fisik produk termoplastik. Dalam polyolefin, PCC digunakan sebagai penghilang asam dalam pembuatan dan pengendalian beberapa PCC. PCC akan meningkatkan kemampuan *anti-blocking* dari film tipis.

Melihat potensi batu kapur di Indonesia, PCC dapat menjadi suatu industri yang menjanjikan di Indonesia. Belum lagi Indonesia memiliki pabrik kertas dengan skala yang besar sehingga bisa menjadi pasar yang baik. Belum lagi penggunaan dalam industri cat dan polimer plastik.

2.3 Bahan yang Dipakai dalam Pembuatan PCC

2.3.1 Kalsium Karbonat

Kalsium karbonat ialah senyawa kimia dengan formula CaCO_3 . Senyawa ini merupakan bahan yang umum dijumpai pada batu di semua bagian dunia, dan merupakan komponen utama cangkang organisme laut, siput, bola arang, mutiara, dan kulit telur. Sifat fisik kalsium karbonat disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 7. Sifat Fisik Kalsium Karbonat

Parameter	Sifat
Formula kimia	CaCO_3
Massa vmolar	100,0869 gr/mol
Rupa bentuk <i>Odor</i>	Serbuk putih halus; rasa kecapuran tidak berbau
Densitas	2,711 gr/cm^3 (kalsit) 2,83 gr/cm^3 (aragonit)
Titik lebur	825 °C (aragonit) 1339 °C (kalsit)
Titik didih	Mengurai
Keterlarutan dalam air	0,0013 gr/100 ml (25 °C)
Hasil keterlarutan (K_{sp})	$4,8 \times 10^{-9}$
Keterlarutan dalam larutan asam cair	Larut
Keasaman (pK_a)	9,0
Indeks biasan (n_D)	1,59

Sumber: MSDS Calcium Carbonate, 2013

2.3.2 Kalsium Oksida

Kalsium oksida, juga dikenal sebagai *caustic lime*, berwujud kristal putih. Kalsium oksida dibuat dengan cara memanaskan kalsium karbonat pada suhu 500-600 °C, terdekomposisi menjadi oksida dan karbon dioksida.

Reaksi ini bersifat *reversible*, saat produk yang terbentuk menjadi dingin, terjadi penyerapan karbon dioksida dari udara, sehingga dikonversikan kembali menjadi kalsium karbonat. Reaksi ini disebut juga reaksi kalsinasi.

Kalsium oksida banyak digunakan di industri, misalnya dalam pembuatan porselen dan kaca, pemurnian gula, kalsium karbida, kalsium sianamat, dan pembuatan semen. Dalam bidang agrikultur, kalsium oksida berguna untuk mengasamkan tanah. Dalam bidang organik, kalsium oksida bermanfaat dalam beberapa reaksi, seperti pembuatan gas metana secara sederhana dari sodium asetat. Kalsium oksida juga digunakan untuk melepaskan atau memindahkan gugus karboksil dari asam karboksilat aromatik, seperti asam benzoat dan asam salisilat. Berikut sifat fisik kalsium oksida disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Sifat Fisik Kalsium Oksida

No	Sifat	Nilai
1.	Rumus molekul	CaO
2.	Densitas	3,34 gr/cm ³
3.	Penampilan	Serbuk putih hingga kuning/coklat pucat
4.	Bau	Tidak berbau
5.	Titik lebur	2613 °C
6.	Titik didih	2830 °C
7.	Kelarutan dalam air	1,19 g/l (25 °C), 0,57 g/l (100 °C), reaksi eksotermik
8.	Berat molekul	56,0774 gr/mol
9.	Keasaman	12,6

Sumber: MSDS Calcium Oxida, 2013

2.3.3 Asam Nitrat

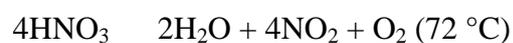
Senyawa kimia asam nitrat (HNO₃) adalah sejenis cairan korosif yang tak berwarna, dan merupakan asam beracun yang dapat menyebabkan luka bakar. Larutan asam nitrat dengan kandungan asam nitrat lebih dari 86 % disebut

sebagai asam nitrat berasap, dan dapat dibagi menjadi dua jenis asam, yaitu asam nitrat berasap putih dan asam nitrat berasap merah.

Asam nitrat pertama kali disintesis sekitar 800 M oleh alkimiawan Jabir ibnu Hayyan, yang juga menemukan distilasi modern dan proses kimiawi dasar lainnya yang masih digunakan sekarang ini.

Asam nitrat adalah larutan asam kuat yang mempunyai nilai pKa sebesar -2. Di dalam air, asam ini terdisosiasi menjadi ion-ionnya, yaitu ion nitrat NO_3^- dan ion hidronium (H_3O^+). Garam dari asam nitrat disebut sebagai garam nitrat (contohnya seperti kalsium nitrat atau barium nitrat). Dalam temperatur ruangan, asam nitrat berbentuk uap berwarna merah atau kuning. Asam nitrat dan garam nitrat adalah sesuatu yang berbeda dengan asam nitrit dan garamnya, garam nitrit.

Asam nitrat murni (100 %) merupakan cairan tak berwarna dengan berat jenis $1,522 \text{ kg/m}^3$. Ia membeku pada suhu $-42 \text{ }^\circ\text{C}$, membentuk kristal-kristal putih, dan mendidih pada $83 \text{ }^\circ\text{C}$. Ketika mendidih pada suhu kamar, terdapat dekomposisi (penguraian) sebagian dengan pembentukan nitrogen dioksida sesudah reaksi:



yang berarti bahwa asam nitrat anhidrat sebaiknya disimpan di bawah $0 \text{ }^\circ\text{C}$ untuk menghindari penguraian. Nitrogen dioksida (NO_2) tetap larut dalam asam nitrat yang membuatnya berwarna kuning, atau merah pada suhu yang lebih tinggi. Manakala asam murni cenderung mengeluarkan asap putih ketika terpapar ke udara, asam dengan nitrogen dioksida terlarut mengeluarkan uap berwarna coklat kemerah-merahan, yang membuatnya dijuluki "asam berasap merah" atau "asam nitrat berasap". Asam nitrat berasap juga dirujuk sebagai asam nitrat 16 molar (bentuk paling pekat asam nitrat pada temperatur dan tekanan standar).

Asam nitrat bercampur dengan air dalam berbagai proporsi dan distilasi menghasilkan azeotrop dengan konsentrasi 68 % HNO_3 dan titik didih $120,5 \text{ }^\circ\text{C}$ pada 1 atm. Terdapat dua hidrat padat yang diketahui, yaitu monohidrat ($\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan trihidrat ($\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

Nitrogen oksida (NO_x) larut dalam asam nitrat dan sifat ini memengaruhi semua sifat fisik asam nitrat yang bergantung pada konsentrasi oksida (seperti tekanan uap di atas cair, suhu didih, dan warna yang dijelaskan di atas).

Peningkatan konsentrasi asam nitrat dipengaruhi oleh penguraian termal maupun cahaya, dan hal ini dapat menimbulkan sejumlah variasi yang tak dapat diabaikan pada tekanan uap di atas cairan karena nitrogen oksida yang dihasilkan akan terlarut sebagian atau sepenuhnya di dalam asam. Berikut disajikan sifat fisik asam nitrat pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. Sifat Fisik Asam Nitrat

No	Sifat	Nilai
1.	Rumus molekul	HNO_3
2.	Densitas	$1292,8 \text{ kg/m}^3$
3.	Penampilan	Cairan bening tidak berwarna
4.	Titik lebur	-42°C
5.	Densitas (20°C)	$1,51 \text{ gr/cm}^3$
6.	Titik didih	83°C (356 K) ($120,5^\circ\text{C}$ (larutan 68 %))
7.	Kelarutan dalam air	Tercampurkan
8.	Berat molekul	$63,012 \text{ gr/mol}$
9.	Viskositas	$1,092 \text{ mPa.s}$ (0°C); $0,746 \text{ mPa.s}$ (25°C); $0,617 \text{ mPa.s}$ (40°C)

Sumber: MSDS Nitric Acid, 2013

2.3.4 Natrium Karbonat

Natrium karbonat, Na_2CO_3 dalam rumus molekul juga dikenal sebagai soda ash (bubuk), dan abu alkali (tepung). Kata "soda" (dari bahasa Latin Tengah) awalnya berasal dari tanaman tertentu yang tumbuh di rawa yang mengandung garam, ditemukan bahwa abu tanaman ini menghasilkan alkali berguna yaitu "abu soda". Budidaya tanaman untuk produksi soda abu mencapai puncaknya, terutama pembangunan di abad 18 di Spanyol, tanaman ini diberi nama *barrilla*, dalam bahasa Inggris adalah "*barilla*". Na_2CO_3 , adalah garam natrium dari asam karbonat yang mudah larut dalam air. Natrium karbonat murni berwarna putih, bubuk tanpa warna yang menyerap embun dari udara, punya rasa alkalin/pahit,

dan membentuk larutan alkali yang kuat. Berikut disajikan sifat fisik natrium karbonat pada tabel di bawah ini.

Tabel 10. Sifat Fisik Natrium Karbonat

No	Sifat	Nilai
1.	Rumus kimia	Na_2CO_3
2.	Penampihan	Padatan putih
3.	Bau	Tidak berbau
4.	Densitas	2,54 gr/cm ³ (anhidrat) 2,25 gr/cm ³ (monohidrat) 1,51 gr/cm ³ (heptahidrat) 1,46 gr/cm ³ (dekahidrat)
5.	Titik lebur	852 °C (1,566 °F) (anhidrat) 100 °C (212 °F) dekomposisi (monohidrat) 33,5 °C (92,3 °F) dekomposisi (heptahidrat) 32 °C (90 °F) dekomposisi (dekahidrat)
6.	Kelarutan dalam air	Dekahidrat: 7 gr/100 ml (0 °C) 16,4 gr/100 ml (15 °C) 34,07 gr/100 ml (27,8 °C) Heptahidrat: 48,69 gr/100 ml (34,8 °C) Monohidrat: 50,31 gr/100 ml (29,9 °C) 48,1 gr/100 ml (41,9 °C) 45,62 gr/100 ml (60 °C) 43,6 gr/100 ml (100 °C)
7.	Kebasahan (pH)	3,67
8.	Indeks bias	1,485 (anhidrat) 1,420 (monohidrat) 1,405 (dekahidrat)
9.	Berat molekul	105,99 gr/mol
10.	Kapasitas kalor	109,2 J/mol·K
11.	Viskositas (1200 K)	2,32 Cp
12.	Tegangan permukaan (1000 °C)	0,2046 N/m

Sumber: MSDS Natrium Carbonate, 2013