



BAB II

URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

II.1 Dasar Teori

Batu kapur yang kandungan utamanya CaCO_3 yang pada dasarnya berwarna putih-kuning dan biasanya dijumpai pada batu kalsir, marmer dan batu gamping, disisi lain calcium carbonate juga banyak dijumpai pada stalaktit dan stalagmite yang terdapat di sekitar pegunungan (Laraebi, 2017). Seperti namanya calcium carbonate tersusun atas dua unsur kalsium, satu unsur karbon dan tiga unsur oxygen (Lingga, 2017). Untuk unsur karbon mengikat tiga oksigen dan ikatannya mempunyai ikatan yang lebih longgar dari ikatan carbon dan calcium (Purwanto, 2020)

Calcium carbonate yang dibakar akan menjadi pecahan dan membentuk calcium oxide (CaO). Hal ini disebabkan oleh reaksi dari molekul calcium akan berikatan dengan satu atom oksigen, sedangkan molekul sisa akan berikatan dengan oksigen membentuk CO_2 (Lingga, 2017). Kalsium oksida (CaO) bila ditambahkan air maka reaksi ionic yang kuat dan cepat jika berbentuk pecahan kecil calcium carbonate akan melepas kalor. Molekul dari CaO akan mengikat molekul air yang akan membentuk Ca(OH)_2 , zat lunak mirip pasta dan bereaksi dengan CO_2 maka akan membentuk precipitated calcium carbonate (Margaretta, Fuad, Ilmiawati, & Wonorahardjo, 2015).

Precipitated calcium carbonate adalah produk olahan material alam yang mempunyai kandungan calcium carbonate yang melalui proses reaksi kimia (Rahmawati, 2015). Pada umumnya kalsium karbonat presipitasi dihasilkan dari hidrasi calcium hydroxide dan direaksikan dengan CO_2 . Produk yang diperoleh berwarna putih serta seragamnya distribusi ukuran partikel (Jamarun, Yulfitrin, & Syukri, 2007). Precipitated calcium carbonate mempunyai nilai ekonomis yang tinggi karena mempunyai keunggulan seperti kecilnya ukuran partikel, kehomogenannya yang tinggi serta distribusi bentuk partikel yang seragam. Dengan sifat yang dimiliki penggunaan precipitated calcium carbonate menjadi semakin luas terutama dalam bidang industri cat, plastik, filler kertas, pasta, obat dan makanan (Rahmawati, 2015). Precipitated calcium carbonate dapat diperoleh

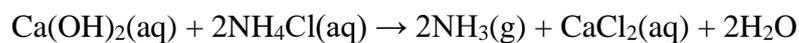


melalui beberapa proses yaitu:

- a. Proses Calcium- Chloride
- b. Proses Lime-soda
- c. Proses Karbonasi

II.1.1. Proses *Calcium Chloride*

Proses ini terjadi dimana calcium hydroxide bereaksi dengan ammonium klorida sehingga membentuk ammonia (gas) dan larutan kalsium klorida, seperti pada reaksi berikut:



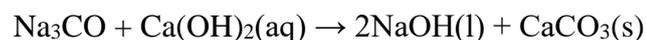
Setelah proses pemurnian, larutan akan direaksikan dengan sodium karbonat guna mendapatkan endapan precipitated calcium carbonate dan larutan sodium klorida dengan reaksi berikut.



Berdasarkan evaluasi ekonomi Hartono (Hartono, 2017) jika terbentuk kalsium klorida 1 gram maka profit kasar yang akan diperoleh adalah sekitar $\$2,94 \times 10^{-5}$.

II.1.2. Proses Lime-Soda

Pada proses ini dilakukan untuk memperoleh natrium hidroksida. Tujuan proses ini untuk mendapatkan hasil lebih baik dari NaOH dan precipitated calcium carbonate hanya merupakan byproduct. Reaksi antara sodium karbonat dan kalsium hidroksida mendapatkan NaOH cair dan kalsium karbonat. Proses ini berlangsung pada 30°-60°C dengan konversi sekitar <90% (Hartono, 2017). Dengan reaksi sebagai berikut:



Produk precipitated calcium carbonate yang dihasilkan dari proses ini tidak begitu baik dikarenakan distribusi ukuran partikel precipitated calcium carbonate tidak seragam dan kandungan residu Ca(OH)_2 yang tinggi (Hartono, 2017). Berdasarkan evaluasi ekonomi Hartono (Hartono, 2017) jika terbentuk kalsium klorida 1 gram maka profit kasar yang akan diperoleh adalah sekitar $\$1,6 \times 10^{-5}$.

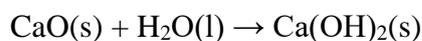


II.1.3. Proses Karbonasi

Proses ini adalah proses yang lazim digunakan untuk menghasilkan precipitated calcium carbonate dikarenakan bahan baku pembuatan yang ekonomis. Dalam proses ini limestone akan dihancurkan dan dipanaskan dalam rotary kiln serta terjadi proses kalsinasi dimana batu kapur menjadi calcium oxide dan CO₂. Reaksi dalam kiln yaitu:



Kalsium oksida kemudian mengalami proses hidrasi dengan air untuk mendapatkan Ca(OH)₂.



Slurry hasil reaksi tersebut terdiri dari Ca(OH)₂ tak terlarut, ion kalsium (Ca²⁺) dan ion hidroksida (OH⁻). Slurry ini juga akan mengalami proses filtrasi guna menghilangkan pengotor. Ca(OH)₂ kemudian direaksikan dalam reaktor untuk direaksikan dengan CO₂ dengan konversi 95% (Hartono, 2017). Berdasarkan evaluasi ekonomi Hartono (Hartono, 2017) jika terbentuk kalsium klorida 1 gram maka profit kasar yang akan diperoleh adalah sekitar \$5,3 x 10⁻⁵.

II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan macam-macam proses yang telah dijelaskan, maka dapat ditabelkan perbandingan masing-masing proses sebagai berikut:

Tabel II. 1 Perbandingan Proses Produksi Precipitated Calcium Carbonate

Parameter	Proses		
	Proses Calcium Chloride	Proses Lime-Soda	Proses Karbonasi
Suhu Reaksi	65 °C	55 °C	70 °C
Kondisi operasi	Atmosferis	Atmosferis atau bertekanan	Atmosferis atau bertekanan
Konversi	80 %	<90 %	95%
Provit	\$2,94 x 10 ⁻⁵	\$1,6 x 10 ⁻⁵	\$5,3 x 10 ⁻⁵



Parameter	Proses		
	Proses <i>Calcium Chloride</i>	Proses Lime-Soda	Proses Karbonasi
Kasar			
Bahan Baku	CaCl ₂	Na ₂ CO ₃	CaCO ₃ (Batu Kapur)

Sehingga untuk produksi precipitated calcium carbonate maka proses yang dipilih adalah proses karbonasi. Adapun keunggulan proses karbonasi disbanding dua proses lainnya yaitu:

- Konversi proses karbonasi adalah yang paling tinggi
- Bahan baku untuk proses karbonasi murah dan banyak terdapat di lokasi pabrik
- Profit kasar dari proses karbonasi lebih besar dibanding proses lainnya.

II.3 Uraian Proses

Proses pembuatan Precipitated Calcium Carbonate dilakukan dengan memakai bahan baku dari batu kapur dan gas karbon dioksida. Proses dilakukan dalam 3 tahapan proses yaitu :

- Tahap penyediaan bahan baku
- Tahap reaksi pembentukan Calcium Carbonate
- Tahap pengeringan

Berikut tahapan Calcium Carbonate :

A. Tahap Penyediaan Bahan Baku

Pada tahap ini Batu kapur (CaCO₃) yang diperoleh dari tambang dibawah ke gudang (F-110) penyimpanan kemudian dari gudang diumpankan ke crusher (C-114) menggunakan belt conveyor (J-111) hingga diperoleh ukuran partikel 12,5 mm. Batu kapur ini kemudian diangkut menggunakan belt conveyor (F-115) menuju feeder, yang selanjutnya diumpankan ke rotary kiln (B-120) dimana terjadi proses kalsinasi. Dalam proses kalsinasi, batu kapur yang telah dihancurkan akan



dibakar di dalam kiln. Di dalam kiln terjadi dekomposisi (kalsinasi) limestone menjadi CaO dan CO_2 . Kalsinasi dapat berlangsung pada suhu $900 - 1100^\circ\text{C}$ (Gilchrist, 1989).

Rotary kiln merupakan silinder panjang yang berguna untuk mendekomposisi padatan (Green & Perry, 2008). Di dalam kiln padatan Calcium Carbonate di bakar pada temperatur 900°C setelah dibakar akan terdisosiasi membentuk CaO dan CO_2 yang keluar dari rotary kiln dengan temperature 900°C sebelum masuk ke proses selanjutnya, terlebih dahulu didinginkan di cooler (E-130)

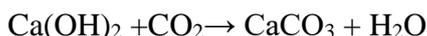
B. Tahap Pembentukan Calcium Carbonate

Kalsium oksida (lime) dari cooler kemudian akan diangkut oleh screw conveyor (J-133) menuju Slacker Tank (R-210) yang dilengkapi dengan high shear mixing agitator, yang mana dalam tangki pencampuran CaO yang diperoleh dari kiln akan dihidrasi (slaking) dengan air yang terlebih dahulu dipanaskan di heater untuk menghasilkan slurry $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dalam tangki pencampuran reaksi terjadi pada kondisi operasi dengan suhu $70-90^\circ\text{C}$, tekanan 1 atm dan konversi sebesar 98% (United States of America Patent No. US4588559A, 1984). Selepas diberikan air dan pada kondisi operasi yang diharapkan sehingga didapat komposisi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar $\pm 70\%$ berat. Slurry yang diperoleh terdiri dari $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tak larut, ion kalsium (Ca^{2+}) dan ion hidroksida (OH^-). Sebelum memasuki tahap pembentukan calcium carbonate, hasil reaksi di dalam tangki slacker selanjutnya akan diumpankan ke dalam Rotary Drum Vacuum Filter (H-240) untuk menghilangkan pengotor yang terkandung di dalam $\text{Ca}(\text{OH})_2$ agar mempunyai kemurnian yang tinggi sebelum mengalami reaksi kembali di reactor (R-310) dengan CO_2 untuk memperoleh produk.

Reaksi antara larutan kalsium hidroksida dengan gas karbon dioksida akan membentuk Calcium Carbonate dilakukan di dalam reactor (R-L26). Reaksi ini berlangsung di kondisi operasi dengan temperatur 90°C , tekanan 44,08 psi dan konversi sebesar 95% (Montes Hernandez, 2008). Didalam reactor terjadi reaksi antara $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan CO_2 yang bersumber dari hasil reaksi yang terjadi di kiln



untuk menghasilkan CaCO_3 dalam bentuk slurry. Reaksi dilakukan dengan cara memasukkan larutan kalsium hidroksida jenuh pada bagian atas reactor sedangkan gas karbon dioksida dimasukkan di bagian bawah reactor melewati perforated plate (plat berlubang) yang berguna untuk menggelembungkan gas CO_2 ke dalam larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Reaksi pada reaktor tersebut sebagai berikut:



Reaksi yang berlangsung bersifat eksotermis sehingga diperlukan air sebagai cooling agent yang dialirkan pada coil reactor (Montes Hernandez, 2008). Produk kalsium karbonat presipitat, air dan Calcium Carbonate sisa reaksi menuju tahap selanjutnya, sedangkan gas karbon dioksida sisa reaksi keluar pada bagian atas reactor.

C. Tahap Pemurnian Produk (Pengeringan)

Calcium Carbonate dan air yang keluar dari reactor dialirkan pada expansion valve untuk mengurangi tekanan produk sampai 1 atm, kemudian dengan pompa (L-311) produk diumpankan ke Centrifuge (H-323) untuk dipisahkan antara padatan dan air setelah sebelumnya dilakukan pemisahan di Rotary Drum Vacuum Filter (H-320) untuk memisahkan padatan impurities yang masih terkandung dalam CaCO_3 precipitated.

Produk padatan (cake) Calcium Carbonate dengan kadar air 10% yang dihasilkan dari centrifuge (H-323) selanjutnya dengan bantuan screw conveyor (J-325) diumpankan ke dalam rotary dryer (B-330) untuk dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan dengan cara pengeringan langsung yaitu udara panas di kontakkan langsung dengan padatan basah Calcium Carbonate. Hasil akhir pengeringan diperoleh produk Calcium Carbonate dengan kemurnian 99,5% berat (0,5% H_2O). Sebagai media pengering digunakan udara panas pada temperatur 120°C yang sebelumnya telah dipanaskan pada heater udara.

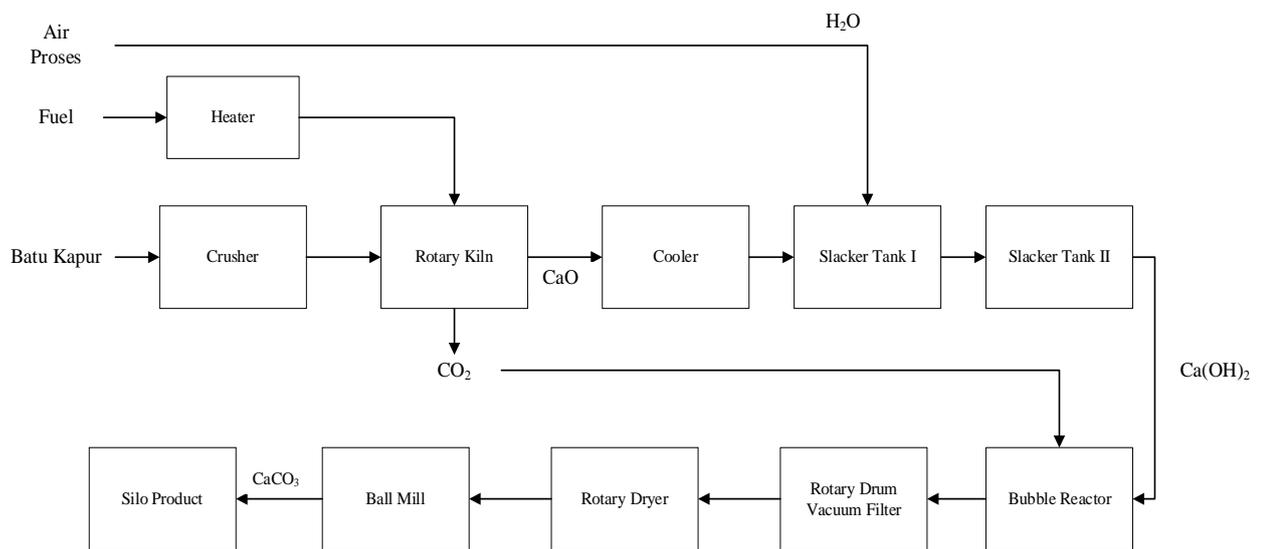
Produk Kalsium karbonat keluaran rotary dryer (B-330) dengan bantuan Screw Conveyor (J-331) selanjutnya dimasukkan ke dalam ball mill (C-334) agar mendapatkan produk berupa powder, di dalam ball mill terjadi proses penghancuran. Sehingga diperoleh ukuran 140 mesh kemudian ditransport ke silo produk (F-336) sebagai produk Calcium Carbonate untuk dikemas (packing) dan



siap di jual.

II.4 Diagram Alir

II.4.1. Process Flow Diagram Dasar





PRA PERANCANGAN PABRIK
 “PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE DARI BATU KAPUR DAN
 GAS KARBONDIOKSIDA DENGAN PROSES KARBONASI”

II.4.2 Flowsheet Pengembangan

