



BAB II

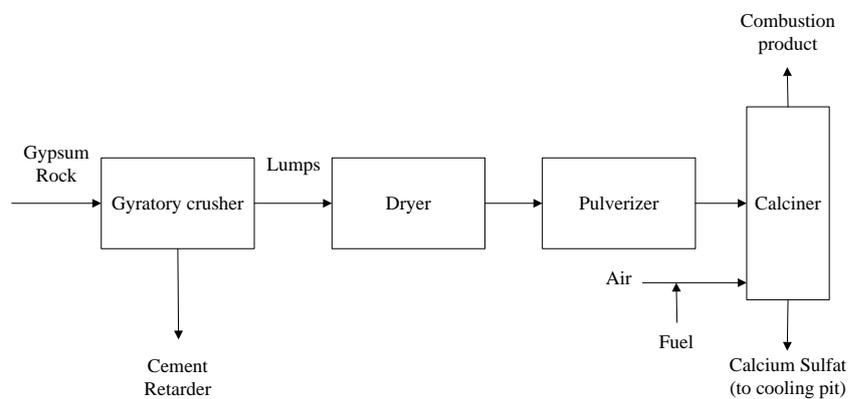
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-Macam Proses

Terdapat tiga macam proses pembuatan kalsium sulfat dalam skala industri, diantaranya adalah :

1. Kalsium sulfat dari batuan gipsum
2. *Flue Gas Desulfurization* (FGD) Gypsum
3. Kalsium sulfat dari kalsium karbonat dan asam sulfat

II.1.1 Kalsium Sulfat dari Batuan Gipsum



Gambar II. 1 Diagram proses pembuatan gipsum dari batuan gipsum

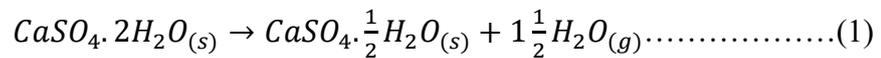
Plester, bentuk komersial kalsium sulfat yang paling penting, diproduksi dengan mengkalsinasi batu gipsum bubuk untuk menghilangkan tiga perdua air kristalisasi. Batuan yang diambil dari tambang dihancurkan dalam *crusher*. Gumpalan gipsum dikeringkan dalam *rotary dryer* (untuk membantu penggilingan) dengan suhu 100°C (Patents JP 7133626 B2, 2022) dan kemudian dihancurkan dalam *hammer mill*. Gipsum bubuk (70 hingga 90 persen yang melewati 100 mesh) diumpankan ke dalam ketel silinder vertikal yang disebut "kalsiner." Ketel ini menampung 10 hingga 25 ton bubuk dan dilengkapi dengan poros vertikal berputar yang membawa lengan pengaduk. Ketel ini dibangun untuk pembakaran bahan bakar kontak mineral secara langsung. Saat gipsum dipanaskan, air kristalisasi berevolusi dan gipsum dikatakan "mendidih." Ketika suhu gipsum bubuk mencapai



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Kalsium Sulfat Hemihidrat dari Gypsum dengan Proses Kalsinasi”

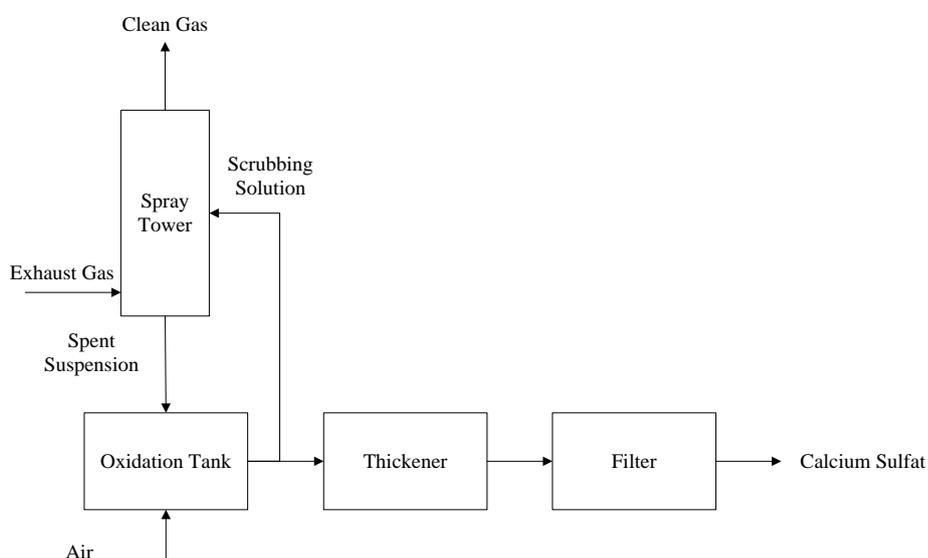
160°C, tiga perdua air kristalisasi telah dihilangkan dan produk, yang sekarang terkonversi 86 hingga 90 persen dari volume aslinya, yang mana produk ini merupakan kalsium sulfat hemihidrat. Bahan ini diumpankan ke *cooling pit* dan kemudian dikirim ke gudang penyimpanan. Reaksi yang terjadi didalam ketel adalah :



(Keyes, 1965)

Kalsium sulfat anhidrat dapat terbentuk dengan proses kalsinasi pada suhu antara 190-900°C, dimana pada suhu 215°C batuan gipsum terdehidrasi secara sempurna. Kalsium sulfat anhidrat dapat dibedakan menjadi dua macam produk, yaitu kalsium sulfat *soluble* yang dikalsinasi dengan suhu 190°C dan kalsium sulfat *insoluble* yang dikalsinasi dengan suhu 215-900°C. Gypsum yang dihasilkan mempunyai kemurnian produk sebesar 80% atau lebih. Pada pembuatan kalsium sulfat dari batuan gipsum ini, proses kalsinasi dapat dilakukan dengan dua cara berdasar alat kalsinasi yang digunakan. Alat kalsinasi yang digunakan adalah *vertical kiln* dan *horizontal kiln* atau lebih dikenal dengan *rotary kiln* (Kirk-Othmer, 1962).

II.1.2 Flue Gas Desulfurization (FGD) Gypsum



Gambar II. 2 Diagram proses pembuatan FGD Gypsum

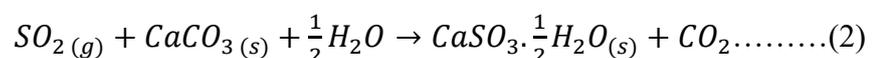


Flue gas desulfurization gypsum merupakan proses pembuatan gypsum yang dihasilkan dari desulfurisasi pembakaran gas fosil seperti batu bara, minyak dan *lignite* pada pembangkit listrik yang menghasilkan produk dengan spesifikasi dan kualitas yang standar. Secara umum defisini dari *flue gas desulfurization gypsum* adalah gypsum yang dihasilkan dari bahan bakar gas pada desulfurisasi plant, yang kemudian terbagi menjadi butiran kristal dengan kemurnian *sulfate dihydrate* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang tinggi. Teknologi FGD digunakan untuk mengurangi emisi SO_2 yang dapat mencemari air hujan menjadi hujan asam. Ada dua tipe FGD yaitu FGD basah (*Wet Limestone Scrubbing*) dan FGD kering (*Dry Limestone Scrubbing*). Pada FGD basah, campuran air dan gamping (batu kapur) disemprotkan dalam gas buang. Cara ini dapat mengurangi emisi SO^+ sampai 70-95 %. Kalsium karbonat (CaCO_3) dalam batu kapur diubah terlebih dahulu menjadi kalsium sulfit (CaSO_3). SO_2 yang diserap kemudian direaksikan dengan CaSO_3 membentuk senyawa baru yaitu kalsium sulfat (CaSO_4) atau gypsum. FGD kering menggunakan campuran air dan batu kapur atau gamping yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Cara ini dapat mengurangi emisi SO_2 sampai 70-97 %. FGD kering menghasilkan produk sampingan gypsum yang bercampur dengan limbah lainnya. Faktor penting dari FGD gypsum adalah tingginya kemurnian produknya, FGD gypsum rata-rata memiliki 90% murni kalsium sulfat dihidrat dengan *impurities* rendah (Aakriti, 2023).

Secara rinci yang dihasilkan dari proses *flue gas desulfurization* terbentuk setelah proses *scrubbing* batu kapur, proses penyulingan dengan oksidasi diikuti dengan pemisahan gypsum, pencucian dan pengeringan. *Flue gas desulfurization gypsum* dihasilkan dalam empat tahap yaitu :

1. Desulfurisasi

Pada tahap pertama debu gas dari bahan bakar di semprot dengan menggunakan larutan batu kapur dengan aliran berlawanan arah (*counterflow*). Reaksi yang terjadi menghasilkan kalsium sulfat yang tidak dapat larut dalam air :





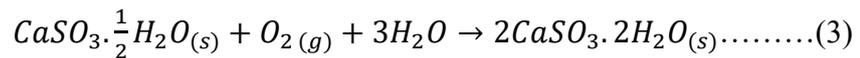
PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Kalsium Sulfat Hemihidrat dari Gypsum dengan Proses Kalsinasi”

Pada tahap selanjutnya adalah *recovery operation* dimana *flue gas desulfurization gypsum* terbentuk dan dipisahkan.

2. Oksidasi

Pada tahap kedua, kalsium sulfat bereaksi dengan spontan dengan oksigen pada kondisi atmosferik (pH 5), dengan ini terbentuk kalsium bisulfat yang dapat larut dalam air, kemudian terjadi proses oksidasi menjadi kalsium sulfat dihidrat :



Selama proses ini butiran butiran gypsum terbentuk secara terus menerus dengan ukuran berkisar antara 30-70 μm .

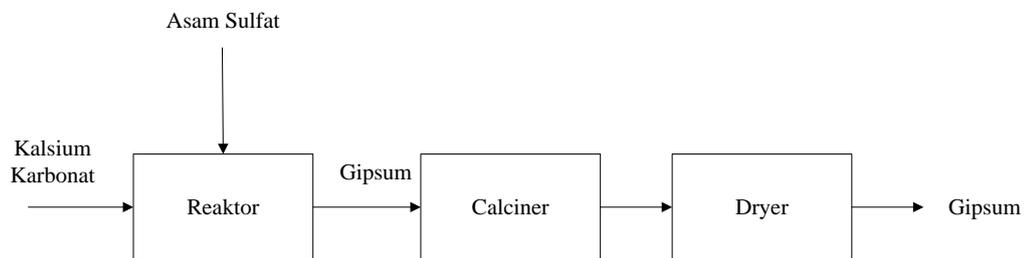
3. Pemisahan Gypsum

Pada *hydrocyclone*, butiran kalsium sulfat dihirat yang dihasilkan di *quencher slurry* dipisahkan dan zat pengotor berupa padatan dihilangkan.

4. Pencucian dan Pengeringan Gypsum

Butiran kalsium sulfat yang sudah terpisah dari proses penyaringan dengan air, kemudian dicuci untuk menghilangkan zat terlarut seperti garam mineral. Hasil dari *flue gas desulfurization gypsum* mengandung kurang dari 10 wt% *free moisture* (Kirk-Othmer, 1962).

II.1.3 Gypsum dari Kalsium Karbonat dan Asam Sulfat



Gambar II. 3 Diagram proses pembuatan gypsum dari kalsium karbonat dan asam sulfat

Pada proses pembuatan gypsum jenis ini, melewati proses kalsinasi, dimana kalsium karbonat (CaCO_3) direaksikan dengan asam sulfat (H_2SO_4) encer di reaktor pada kondisi operasi suhu 93,33 $^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Konversi yang dihasilkan



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Kalsium Sulfat Hemihidrat dari Gypsum dengan Proses Kalsinasi”

dengan metode ini sebesar 90%. Produk yang dihasilkan dari reaktor kemudian dimasukkan ke dalam alat pemisah untuk menghilangkan impuritasnya. Dan untuk menghilangkan kadar impuritasnya dapat dilakukan dengan proses purifikasi. Kemurnian dari gipsium yang dihasilkan proses ini lebih dari 91% (US Patents 6.613.141B).

II.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian proses diatas, maka dapat ditabelkan perbandingan masing – masing proses yakni sebagai berikut :

Tabel II. 1 Perbandingan proses pembuatan kalsium sulfat hemihidrat

Parameter	Proses I	Proses II	Proses III
Bahan baku	<i>Gypsum Rock</i>	<i>Flue Gas</i>	Kalsium karbonat dan asam sulfat
Konsumsi Energi	Sedikit	Sedang	Sedang
Konversi	86-90%	-	90%
Aliran proses	Sederhana	Kompleks	Sederhana
Ketersediaan bahan baku	Terbatas	Terbatas dan sulit didapatkan	Berlimpah dan mudah didapatkan
Kemurnian produk	Kadar 80%	Kadar 90%	Kadar 91%

Dari tabel diatas, dipilih proses pembuatan kalsium sulfat dari batuan gipsium dengan proses kalsinasi. Hal ini didasarkan pada beberapa alasan berikut :

1. Produk gypsum yang dihasilkan memiliki kemurnian yang cukup dan sudah memenuhi kebutuhan pasar.
2. Konsumsi energi yang tidak terlalu besar.
3. Aliran proses pembuatannya sederhana.

II.3 Uraian Proses

Dalam pembuatan kalsium sulfat hemihidrat dengan proses kalsinasi batuan gipsium diproses melalui 3 tahap yaitu :



1. Tahap penghancuran

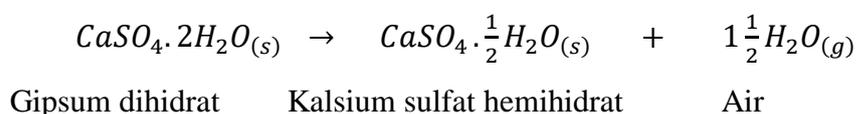
Pertama-tama batuan gipsum dari *stock pile* (F-111) diumpankan pada *jaw crusher* (C-120) dengan menggunakan *belt conveyer* (J-111). Pada *jaw crusher*, dengan ukuran maksimal batuan gipsum 500mm, batuan gipsum dihancurkan, kemudian batuan gipsum disaring pada *screen* (H-121) untuk mendapatkan ukuran produk sekitar 30mm, dimana produk *oversize* di *recycle* sedangkan produk *undersize* diumpankan pada *rotary dryer* (B-130) dengan menggunakan *belt conveyer* (J-122).

2. Tahap pengeringan

Pada *rotary dryer* (B-130), batuan gipsum dikeringkan dengan udara pada suhu 60⁰C dengan bantuan udara panas secara *counter-current*. Pengeringan ini dilakukan dengan tujuan mengurangi kadar kelembaban pada permukaan batuan gipsum, sehingga tidak mempengaruhi kinerja dari *rotary kiln*. Udara dihembuskan oleh *blower* (G-131) dan dipanaskan pada *heater* (E-133). Udara panas dan padatan terikat kemudian dipisahkan oleh *cyclone* (H-134), dimana gas dibuang ke udara bebas, sedangkan padatan yang terpisah, secara bersamaan dengan produk bawah *rotary dryer*. Kemudian diumpankan ke *ball mill* (C-140) dengan *belt conveyer* (J-135) dan *bucket elevator* (J-136). Pada *ball mill*, terjadi penghalusan produk sehingga diperoleh ukuran 80 mesh, kemudian disaring pada *screen*, produk *undersize* akan diumpankan menuju *rotary kiln* untuk dikalsinasi, sedangkan produk *oversize* akan diolah kembali dalam *hammer mill*. Hasil penghalusan akan diangkut menggunakan *screw conveyer* (J-141) agar menghindari berhamburnya bubuk gipsum diudara.

3. Tahap kalsinasi

Pada *rotary kiln* (B-210), terjadi proses kalsinasi batuan kalsium sulfat dihidrat menjadi kalsium sulfat hemihidrat pada suhu 160⁰C dengan bantuan udara panas yang terbakar oleh *fuel oil* pada *burner* (B-213). Reaksi yang terjadi yaitu :





PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Kalsium Sulfat Hemihidrat dari Gypsum dengan Proses Kalsinasi”

Produk kalsium sulfat kemudian diumpankan pada *cooling conveyor* (J-311) untuk didinginkan sampai suhu 30⁰C dengan bantuan air proses. Produk gas dari *rotary kiln* dan padatan yang terikut dipisahkan pada *cyclone* (H-310), dimana gas dibuang ke udara bebas, sedangkan padatan diumpankan pada *cooling conveyor* untuk didinginkan sampai suhu 30⁰C. Produk kemudian diangkut menggunakan *bucket elevator* (J-312) dan ditampung pada silo (F-313) sebagai produk kalsium sulfat hemihidrat.