



## BAB II

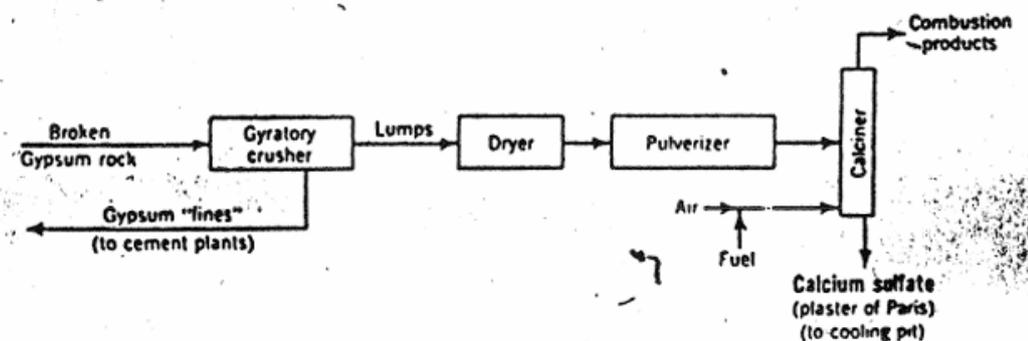
### SELEKSI & PEMILIHAN PROSES

#### II.1. Macam-Macam Proses

Proses pembuatan gypsum dibagi menjadi 2, yaitu :

- 1) Gypsum dari gypsum rock dengan proses kalsinasi
- 2) Gypsum dari limestone dan asam sulfat dengan proses acydolisis

##### II.1.1. Gypsum dari Gypsum Rock dengan Proses Kalsinasi



Gambar II. 1. Proses Pembuatan Gypsum dari Gypsum Rock dengan Proses Kalsinasi

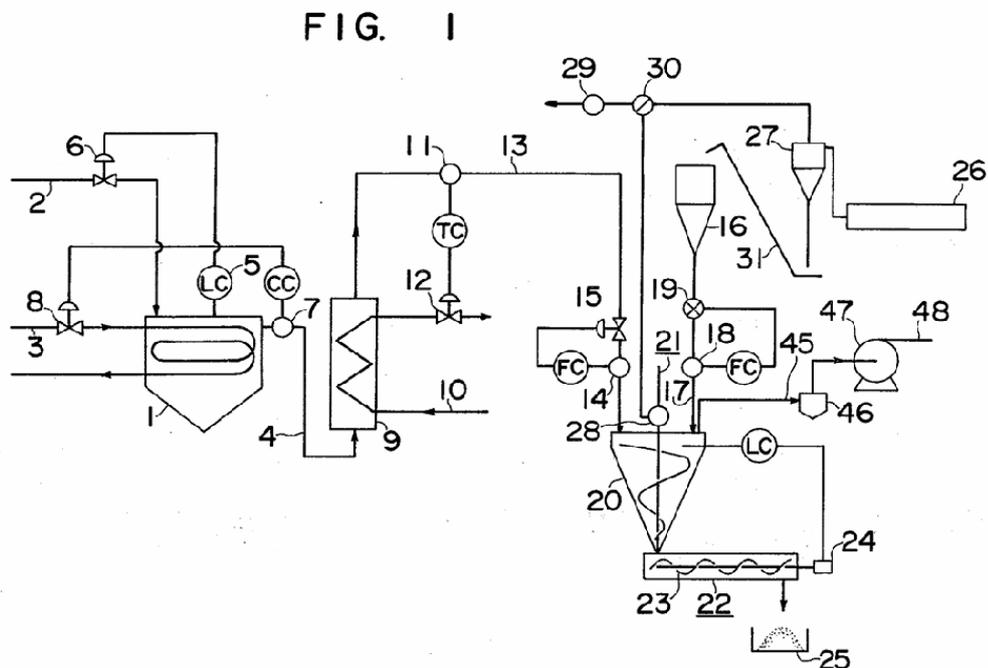
Gypsum yang terbuat dari gypsum rock diawali dengan batuan gypsum dihancurkan menggunakan gyratory crusher kemudian dilakukan pengayakan. Setelah diayak, batuan gypsum diumpankan ke dryer lalu dihaluskan lagi di dalam pulverizer dan diayak sampai mendapatkan batuan gypsum dengan ukuran 100 mesh. Batuan tersebut kemudian diumpankan ke calciner. Pada suhu  $160^\circ\text{C}$  menghasilkan hemihidrat, sedangkan jika diteruskan hingga suhu  $190^\circ\text{C}$  menghasilkan anhidrat.



(Faith, Keyes, and Clark 1961)



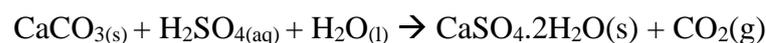
## II.1.2. Gypsum dari Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan Proses Acydolisis



Gambar II. 2. Proses Pembuatan Gypsum dari Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan Proses Acydolisis

Calcium carbonate (limestone) diumpankan ke dalam reaktor bersamaan dengan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Di dalam reaktor tersebut terjadi reaksi. Suhu reaksi di dalam reaktor sebesar  $60^\circ\text{C}$  dan reaksi berjalan eksotermik sehingga membutuhkan pendingin. Produk dari reaktor berbentuk *slurry* dan dipisahkan menggunakan alat pemisah sehingga dihasilkan produk gypsum dan filtratnya. Produk gypsum dilakukan purifikasi di dalam alat pengering untuk meningkatkan kemurniannya, sedangkan filtratnya diolah di *waste water treatment*.

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor sebagai berikut :



(Tanaka 1975)



## II.2. Seleksi Proses

Dari uraian proses yang telah dijabarkan di atas, maka dilakukan seleksi proses berdasarkan dua parameter yaitu aspek teknis dan ekonomis seperti pada tabel II.1.

Tabel II. 1 Seleksi Proses Pembuatan Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

No.	Parameter	Macam Proses	
		Proses Kalsinasi	Proses Acydolisis
1.	Bahan baku	Gypsum rock	Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
2.	Alat utama	Rotary kiln	Reaktor, Rotary Drum Vacuum Filter, Rotary Dryer
3.	Suhu operasi	160 – 190°C	60°C
4.	Yield	99 - 100%	96%
5.	Kelebihan	Alat yang digunakan sedikit sehingga konsumsi energi juga sedikit, Memiliki kemurniaan yang lebih tinggi, dan Tidak memiliki produk samping	Bahan baku melimpah dan mudah didapat, Suhu operasi rendah, Perolehan produk gypsum tinggi



Lanjutan dari Tabel II. 2 Seleksi Proses Pembuatan Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )			
No.	Parameter	Macam Proses	
		Proses Kalsinasi	Proses Acydolisis
6.	Kekurangan	Bahan baku sedikit karena penambangan gypsum rock dihentikan dan beroperasi pada suhu tinggi.	Alat yang digunakan lebih banyak sehingga konsumsi energi dan investasi di awal lebih besar.
7.	<i>Maintenance</i> Peralatan	Alat yang digunakan lebih sedikit sehingga <i>maintenance</i> alat lebih mudah dan cepat	Alat yang digunakan lebih banyak dan lebih kompleks seperti heater, rotary drum vacuum filter sehingga <i>maintenance</i> harus dilakukan lebih detail dan lama

Dari tabel II.1, proses yang dipilih dalam pembuatan gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) adalah proses acydolisis dengan bahan baku limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan pertimbangan :

1. Bahan baku tersedia melimpah dan mudah didapat
2. Kondisi operasi relatif aman yaitu pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm
3. Perolehan produk gypsum tinggi



### II.3. Uraian Proses

Secara garis besar, uraian proses pembuatan gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dari limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan proses acydolisis sebagai berikut :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemisahan produk
4. Tahap pemurnian produk
5. Tahap penanganan produk

#### II.3.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

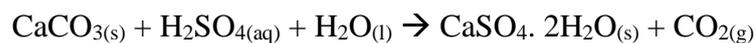
Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan limestone dan asam sulfat sebelum direaksikan dalam reaktor. Limestone yang digunakan memiliki kemurnian  $\text{CaCO}_3$  98,65%, dan impurities berupa  $\text{MgCO}_3$  0,54%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,05%,  $\text{SiO}_2$  0,50%,  $\text{H}_2\text{O}$  0,17%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,09%. Limestone yang diperoleh berbentuk bongkahan berukuran 5-10 cm yang kemudian akan dikecilkan ukurannya menjadi 100 mesh sebelum direaksikan dalam reaktor dengan asam sulfat. Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dari gudang penyimpanan (F-110) diangkut menggunakan belt conveyor (J-111) dan diteruskan menuju Jaw crusher (C-120), ukuran limestone pada keluaran jaw crusher adalah *undersize* 5 mesh. Limestone *undersize* 5 mesh dihancurkan kembali di Ball mill (C-122) hingga ukurannya menjadi *undersize* 100 mesh. Limestone *undersize* berukuran 100-200 mesh diangkut dan ditampung sementara pada Hopper (F-211) sebelum diumpankan ke dalam reaktor. Sebelum direaksikan dengan Limestone didalam reaktor, asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan kadar 98% yang disimpan dalam tangki penampung  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (F-130) pada suhu kamar ( $30^\circ\text{C}$ ) dan tekanan 1 atm, dipompa (L-131) menuju tangki pengencer  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (M-140) untuk diencerkan menggunakan air hingga kadarnya mencapai 50%. Pada tahap pembentukan produk, limestone dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan kadar 50% diumpankan secara simultan menuju reaktor (R-210) untuk direaksikan hingga membentuk *slurry* gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).



### II.3.2. Tahap Pembentukan Produk

Tahap ini bertujuan untuk membentuk gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang merupakan hasil reaksi antara limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan ukuran 100 mesh diangkut menggunakan screw conveyor (J-123) dan diteruskan menggunakan bucket elevator (J-124) menuju Hopper (F-211) kemudian diumpankan ke dalam reaktor berpengaduk (RATB) (R-210) bersamaan dengan asam sulfat dengan kadar 50%. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor berpengaduk adalah *eksotermis* berlangsung pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Reaktor dilengkapi dengan jaket agar suhu operasi tetap terjaga. Konversi reaksi sebesar 96%.

Persamaan reaksi yang terjadi dalam proses ini sebagai berikut :



Ketika  $\text{CaCO}_3$  bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , akan menghasilkan gas dan padatan yaitu *slurry* gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang masih mengandung filtrat  $\text{H}_2\text{O}$  dan sisa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang tidak bereaksi. Gas yang dihasilkan adalah gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) berasal dari dekomposisi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) akibat reaksi dengan asam sulfat. Dalam mekanisme reaksi, asam sulfat tidak mengalami perubahan struktural atau komposisi yang signifikan, selain sebagai zat reaktan dalam menghasilkan produk yaitu Gypsum dan  $\text{CO}_2$ . Gas  $\text{CO}_2$  yang keluar dari reaktor diumpankan menuju Scrubber (H-212) bertujuan untuk membersihkan gas buangnya sebelum dialirkan langsung ke lingkungan. Pada tahap pemisahan produk, *Slurry* gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dari reaktor kemudian dipompa menuju rotary drum vacuum filter (H-220) dipisahkan antara filtrat dan gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang terbentuk.

### II.3.3. Tahap Pemisahan Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan *cake* gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dari larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Proses pemisahan ini menggunakan alat rotary drum vacuum filter (H-220). Hasil proses ini adalah gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang berupa *cake* dan larutan asam sulfat sebagai filtrat. Filtrat berupa larutan asam sulfat dialirkan menuju *waste water treatment*, sedangkan *Cake* gypsum dilakukan tahap



pemurnian produk dengan diumpankan ke rotary dryer (B-310) untuk dikeringkan dengan bantuan screw conveyor (J-222). Proses ini berlangsung pada tahap pemurnian produk.

#### II.3.4. Tahap Pemurnian Produk

Tahap pemurnian atau purifikasi bertujuan untuk menaikkan kemurnian dari produk gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). *Cake* gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang masih mengandung kadar air, dikeringkan menggunakan rotary dryer (B-310) pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Rotary dryer (B-310) beroperasi secara *counter current* dengan bantuan hembusan udara panas yang dipanaskan dengan Heater (E-312) menggunakan *steam* sebagai pemanas. Padatan kering gypsum yang terbawa oleh udara akan dipisahkan dengan cyclone (H-313). Padatan kering gypsum yang keluar dari rotary dryer (B-310) dan padatan yang sudah dipisahkan dari cyclone (H-313) didinginkan menggunakan cooling screw conveyor (J-314) hingga suhunya menjadi  $30^\circ\text{C}$  dan diteruskan ke bucket elevator (J-315) untuk diumpankan ke ball mill (C-320). Proses ini berlangsung pada tahap penanganan produk.

#### II.3.5. Tahap Penanganan Produk

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan padatan gypsum dengan ukuran sebesar 200 mesh, sehingga produk dapat dipasarkan. Produk gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang diumpankan ke ball mill (C-320) bertujuan untuk memperkecil ukuran produk gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) sehingga diperoleh serbuk ukuran *undersize* 200 mesh. Produk *undersize* ukuran 200 mesh yang keluar dari ball mill (C-320) ditampung dalam silo (F-330) sebelum menuju unit *packaging* untuk dikemas kemudian disimpan dalam gudang penyimpanan (F-340) sebagai produk utama.