

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Perancangan Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) akan didirikan dengan kapasitas produksi sebesar 500.000 ton/tahun dimana bahan baku yang mendukung pembuatan produk ini berupa asam sulfat 98% dan batuan kapur. Dan pabrik ini akan beroperasi selama 24 jam untuk setiap harinya serta operasi pertahunnya 330 hari. Untuk proses pembuatan produk yang berkualitas sesuai dengan yang ada dipasaran maka, diperlukan pemilihan proses yang tepat dan efektif agar produk memiliki kualitas tinggi.

3.1 Uraian Proses

3.1 Konsep Proses

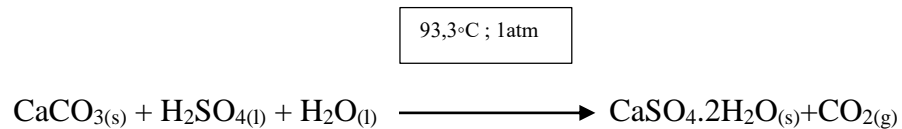
A. Dasar Reaksi

Proses pembuatan gipsum dan karbondioksida dari batu kapur dan asam sulfat merupakan reaksi asidulasi. Senyawa-senyawa yang digunakan dalam pembuatan gipsum adalah senyawa anorganik. Dimana proses pembuatan gipsum dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB), dimana bahan baku asam sulfat dan batu kapur dengan komposisi lain yang terkandung didalamnya dimasukkan dari bagian atas reaktor secara bersamaan.

(US Patents 3.929.416)

Reaksi pembentukan gipsum dari batu kapur dan asam sulfat secara umum yang terjadi adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan kalsium sulfat dihidrat (gipsum) adalah :

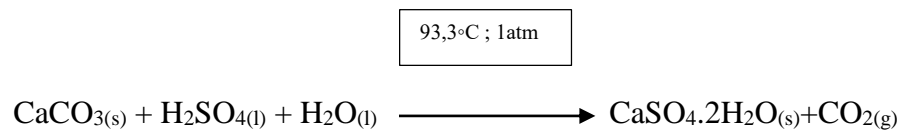


(US Patents 6.613.141B)

B. Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi yang terjadi untuk pembentukan gipsum dari batu kapur (97,89%) dan asam sulfat (50%) adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan Kalsium sulfat dihidrat :



C. Kondisi Operasi

Kondisi operasi di reaktor yang berfungsi untuk membentuk gipsum pada suhu 93,3°C dan tekanan 1 atm. Konversi pembentukan gipsum sebesar 90 % dan

perbandingan berat antara batu kapur dan asam sulfat masuk reaktor sebesar 1:2.

Waktu tinggal di reaktor adalah 5- 10 menit.

(US Patents 6.613.141B)

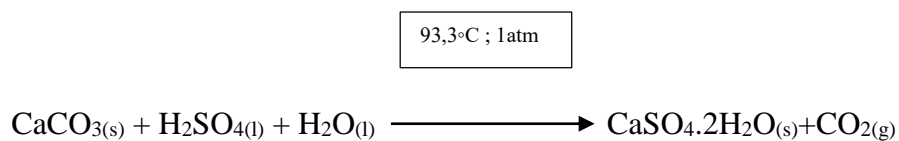
D. Sifat Reaksi

Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (reversible/irreversible). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada tekanan $P = 1$ atm dan $T = 298$ K.

Pada pembentukan gipsum terjadi reaksi sebagai berikut :

Reaksi pembuatan kalsium sulfat dihidrat (gipsum) :



(US Patents 6.613.141B)

Harga ΔH_f° untuk masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel 3.1. sebagai berikut :

Tabel 3.1 Harga Berat Molekul dan ΔH°_f masing-masing Komponen

Komponen	Berat Molekul (kg/kmol)	ΔH°_f (kkal/kmol)
CaCO ₃	100	-289,54
H ₂ SO ₄	98	-193,69
H ₂ O	18	-68,3174
CaSO ₄	136	-338,73
SiO ₂	60	-203,35
MgCO ₃	84	-261,7
Al ₂ O ₃	102	-399,09
Fe ₂ O ₃	160	-198,5
CaSO ₄ .2 H ₂ O	172	-479,33
CO ₂	44	-94,052

(Perry's ed 8, Table 2-178, Hal. 2-186)

Perhitungan ΔH°_R (T = 298 °K) :

$$\Delta H^{\circ}_R = \Delta H^{\circ}_f, \text{produk} - \Delta H^{\circ}_f, \text{reaktan}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{CaCO}_3 \text{ (s)} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (l)} + \text{H}_2\text{O} \text{ (l)} \longrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ (s)} + \text{CO}_2 \quad (3.5) \\
 & = (\Delta H^\circ_f, \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \Delta H^\circ_f \text{CO}_2) - (\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{SO}_4 + \Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O} + \Delta H^\circ_f \text{CaCO}_3) \\
 & = [-479,33 + (-94,052)] - [-193,69 + (-68,3174) + (-289,54)] \text{ kcal/mol} \\
 & = -21,8346 \text{ kcal/mol}
 \end{aligned}$$

Karena ΔH_R pada reaksi di reaktor bernilai negatif (-), maka reaksi bersifat eksotermis. Penurunan suhu operasi dapat mengakibatkan kenaikan harga K (konstanta kesetimbangan). Hal ini sesuai dengan persamaan berikut :

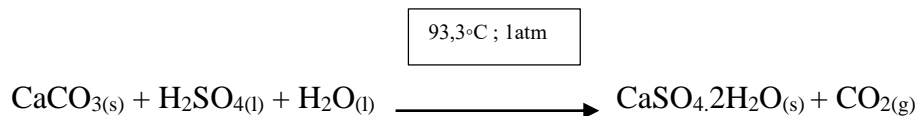
$$\frac{d \ln K}{d T} = \frac{\Delta H}{RT}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan ΔH_R di reaktor :

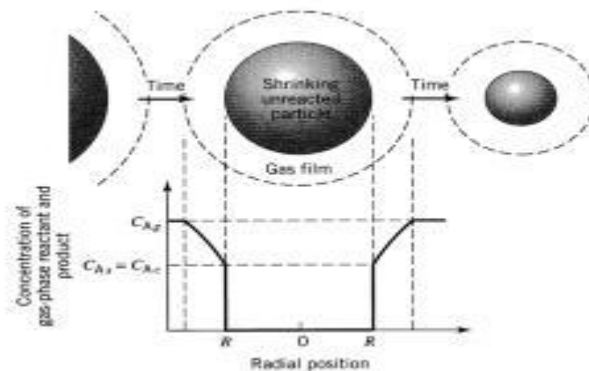
$$\Delta H_R = -21,8346 \text{ kcal/mol}$$

E. Kinetika Reaksi

Reaksi pembentukan Kalsium Sulfat Dihidrat (gypsum) :



Fase reaksi di Reaktor merupakan fase padat – cair dan diketahui ukuran padatan menyusut dari 127 mikron (200 mesh) menjadi 50 mikron (270 mesh) setelah terjadi reaksi maka digunakan mekanisme reaksi *Shrinking Spherical Particles*



Gambar 3.1 Shrinking Spherical Particles

Mekanisme :

1. Difusi reaktan dari badan utama liquid (H_2SO_4 atau reaktan B) melalui lapisan film
2. Reaksi pada permukaan padatan antara reaktan.
3. Difusi zat hasil dari permukaan padatan melalui lapisan film ke fase liquid. Namun tidak terbentuk lapisan abu, sehingga tidak ada yang menghambat tahap difusi zat hasil ke fase liquid jadi reaksi di permukaan padatan adalah yang mengendalikan. Reaksi di permukaan padatan pada proses pembentukan gipsum dianggap memenuhi reaksi orde satu (*pseudo first order-reaction*) terhadap batuan kapur ($-r_A = k.C_A$).

(Primiceriomonti, 2013)

Ukuran padatan yang sangat kecil dan jumlah reaktan cair yang jauh lebih banyak, maka difusivitasnya sangat tinggi sehingga transfer massa dianggap sangat cepat dan diabaikan (Levenspiel, hal 577).

Waktu tinggal yang dibutuhkan di reaktor adalah 5-10 menit. Ketika batu kapur diumpangkan ke reaktor dengan eksese 10%, reaksi akan selesai dalam waktu 10 menit. Reaksi yang dijalankan dengan konsentrasi H_2SO_4 50% massa. Suhu reaksi pencampuran $93,3^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$.

(U.S Patent 3.929.416)

$$R_{\text{in}} - R_{\text{out}} - R_{\text{reaction}} = R_{\text{Acc}}$$

$$0 - 0 - (-r_A) V = \frac{dn_A}{dt}$$

$$- k C_A V = V \frac{dC_A}{dt}$$

$$\int_{C_{Ao}}^{C_A} - \frac{dC_A}{C_A} = \int_{t_o}^t k dt$$

$$- (\ln C_A - \ln C_{Ao}) = k t$$

$$\ln \frac{C_{Ao}}{C_A} = kt$$

$$\ln \frac{C_{Ao}}{C_{Ao}(1-x)} = kt$$

$$\ln \frac{1}{1-x} = kt$$

x dibuat 90% agar excess batu kapur minimal 10%, sehingga waktu reaksi adalah 10 menit

$$\ln \frac{1}{1-0,9} = k \text{ 10 menit}$$

$$2,3 = k \text{ 10 menit}$$

$$k = 0,23 / \text{menit}$$

Sehingga persamaan kecepatan reaksi pembuatan Gypsum adalah

$$-r_A = 0,23 [\text{CaCO}_3]$$

3.1.2. Langkah Proses

Proses pembuatan gipsum dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

1. Langkah penyiapan bahan baku
2. Langkah pembentukan produk
3. Langkah pemisahan dan pemurnian produk

a) Langkah penyiapan bahan baku

Batuan kapur disimpan dalam gudang penyimpanan dengan temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Batuan kapur berbentuk padatan dari gudang dibawa menggunakan *belt conveyor* dan diangkut menggunakan *bucket elevator* kemudian akan ditampung terlebih dahulu di *hopper*. Setelah itu, dari *hopper* batu kapur akan diumpangkan ke dalam *screw conveyor*. Batu kapur padatan kemudian di pecah terlebih dahulu menjadi bagian yang lebih kecil dari ukuran awalnya yaitu dengan menggunakan alat *Crusher* dengan tipe yang digunakan adalah *Jaw Crusher*. Dari

Crusher batuan kapur dimasukkan ke dalam *screw conveyor* yang berfungsi sebagai *feeder*, kemudian batuan kapur dimasukkan ke dalam reaktor untuk diproses.

Bahan Baku utama selain batu kapur yaitu digunakan Asam sulfat. Awalnya asam sulfat disimpan dalam tangki penyimpanan pada kondisi 30°C dan tekanan 1 atm. Asam sulfat ini memiliki kadar 98%. Asam sulfat kemudian dipompakan ke *mixer* untuk diencerkan menggunakan air hingga mencapai kadar 50%. Ke dalam *mixer* juga ditambahkan *recycle* dari filter (setelah proses awal berlangsung).

b) Langkah Pembentukan Produk

Tahap ini bertujuan untuk membentuk gipsum yang merupakan reaksi antara batuan kapur dan larutan asam sulfat. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperatur 93,33°C. Reaktor yang digunakan adalah RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk). Batuan kapur masuk ke dalam reaktor 1 pada suhu 30°C dan asam sulfat dari *mixer* pada suhu 93,33°C pada tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah reaksi eksotermis dan suhu produk keluar reaktor sebesar 93,33°C.

Reaksi tersebut selain menghasilkan kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) juga menghasilkan gas karbondioksida (CO_2). Gas keluar dari reaktor langsung dibuang ke lingkungan. *Slurry* yang keluar dari reaktor kemudian di pompa ke *rotary drum vacuum filter* untuk di proses ke alat berikutnya yaitu *rotary dryer*.

c) Langkah Pemisahan dan Pemurnian produk

Langkah pemisahan bertujuan untuk memisahkan gipsum dengan air dan asam sulfat. Proses pemisahan ini menggunakan jenis *rotary drum vacuum filter*. Keluaran dari *filter* yang beroperasi pada suhu $93,3^{\circ}\text{C}$ dan 1 atm ini ialah produk gipsum sebagai *cake* dan larutan asam sulfat sebagai filtrat.

Cake gipsum keluaran *filter* dialirkan menggunakan *screw conveyor* menuju *rotary dryer* yang beroperasi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm sehingga mengalami proses purifikasi, yaitu proses pengurangan kandungan cairan dalam *cake* gipsum. Proses purifikasi *cake* gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bertujuan untuk menaikkan kemurnian *cake* gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang dihasilkan filter karena kemurnian *cake* yang dihasilkan masih rendah dan belum sesuai dengan yang ada di pasaran. Proses purifikasi menggunakan *rotary dryer* tipe *direct counter current* yang metode pengeringannya menggunakan hembusan udara panas yang berasal dari udara kering yang dipanaskan dengan *heat exchanger* yang menggunakan *steam* sebagai pemanas.

Produk keluaran *rotary dryer* yang memiliki kadar $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebesar 91,25% sudah berada diatas pasaran. kadar $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang ada dipasaran adalah 91%. Produk yang sudah keluar *rotary dryer* selanjutnya diangkut menggunakan *bucket elevator* menuju silo untuk menampung sementara produk gipsum sebelum menuju ke unit *packaging* untuk di kemas kemudian disimpan di gudang penyimpanan sebagai produk utama. Sedangkan filtrat yang dihasilkan dari bagian bawah filter berupa air dan asam sulfat yang selanjutnya direcycle ke mixer. Air

dan asam sulfat yang berada di bagian output rotary dryer akan keluar bersama udara panas. Dan senyawa asam sulfat dan air nantinya akan di lanjutkan ke UPL untuk di olah.

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Alat Besar

a) Reaktor

Kode : R – 01

Fungsi : Mereaksikan CaCO_3 sebanyak 38.016,174 kg/jam dan H_2SO_4

50% serta H_2O 50% sebanyak 76.032,349 kg/jam

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304*

Kondisi Operasi

Suhu : 93 °C

Tekanan : 1 atm

Jumlah : 1 buah

Waktu tinggal : 10 menit

Dimensi Reaktor :

Diameter : 2,1177 m

Tinggi : 4,2355 m

Tebal *Shell* : 0,3125 in

Head dan Bottom:

Tipe : *Torispherical Dished Head*

Tebal : 0,25 in

Pengaduk :

Jenis : *Marine Propeller with 3 blades and pitch 2Di*

Diameter : 0,7059 m

Panjang *blade* : 0,1765 m

Lebar *blade* : 0,1412 m

Power : 6,1723 Hp

Koil pendingin :

Pendingin : Air

Diameter Koil : - ID : 3,50 in

- OD : 3,068 in

Jumlah lilitan : 28

Tinggi Tumpukan Koil : 3,4493 m

Harga : \$ 255.914

b) Mixer

Kode : M – 01

Fungsi : Mencampurkan larutan H_2SO_4 (98%) sebanyak 34.552,507

kg/jam dengan air sehingga adanya pengenceran dari

konsentrasi H_2SO_4 (98%) menjadi H_2SO_4 50% sebanyak

76.032,394 kg/jam

Jenis : Tangki Silinder Tegak/*vertical* dengan atap berbentuk

Torispherical dan dilengkapi dengan pengaduk

Jumlah : 1 Buah

Volume : 7,1157 m³

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304*

Kondisi Operasi :

Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi :

Tinggi mixer : 3,9447 m

Tebal *Shell* : 0,3125 in

Tebal *Head* : 0,25 in

Tinggi Total Cairan : 2,4519 m

Pengaduk :

Tipe : *Marine Proppeller with 3 blades and pitch 2Di*

Diameter : 0,6574 m

Kecepatan : 3,5437 rps = 0,0590 rpm

Power : 9,3988 Hp

Harga : \$ 196.848

c) Filter

Kode : F – 01

Fungsi : Untuk memisahkan padatan gipsum sebanyak 69.475,809
kg/jam dari *slurry* sebanyak 102.785,556 kg/jam

Jenis : *Rotary Drum Vacuum Filter*

Bahan konstruksi: *Stainless Steel 316 AISI (18 Cr, 12Ni, 2,5Mo)*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Dimensi :

Diameter : 9 m

Panjang : 18 m

Tebal *cake* : 0,03937 in

Kecepatan : 1 rpm

Power : 0,003 Hp

Harga : \$ 1.511.212

d) Dryer

Kode : RD – 01

Fungsi : Mengurangi Kandungan Cairan dalam produk

Gypsum sebanyak 69.475,809 kg/jam

Jenis : *Direct contact counter current*

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA – 283 Grade C*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Suhu bahan masuk : 30 °C

Suhu udara masuk : 120 °C

Suhu bahan keluar : 80 °C

Suhu udara keluar : 59 °C

Diameter : 2,0812 m

Panjang : 8 m

Tebal *shell* : 0,0048 m

Power : 5,5 Hp

Harga : \$ 221.900

e) Crusher

Kode : CR-01

Fungsi : Menghancurkan batu kapur sebanyak 38.016,174

kg/jam dari ukuran 15 in menjadi 1,5-2 in

Jenis : *Blake Jaw Crusher*

Power Motor : 15 Hp

Kapasitas : 38.016,174 kg/jam

Harga : \$ 19.800

f) Screen

Kode : VS-01

Fungsi : Menyeragamkan ukuran batuan kapur hingga 200

mesh (0.074 mm)

Tipe : *Vibrating Screen*

Kapasitas : 38.016,174 kg/jam

Luas Ayakan : 3.017,3540 ft²

Bahan Konstruksi: *Carbon Steel*

Jumlah : 1 buah

g) Silo

Kode : S-01

Fungsi : Tempat penampungan produk akhir berupa Gypsum
(CaSO₄.2H₂O) sebanyak 31.565,656 kg/jam sebelum
dimasukan ke gudang penyimpanan untuk dipacking

Jenis : Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 1.951,4161 m³

Harga satuan : \$ 187.282

Harga total : \$ 375.655

Kondisi Operasi :

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

h) Silo

Kode : S-01

Fungsi : Tempat penampungan produk akhir berupa Gypsum
($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 31.565,656 kg/jam sebelum
dimasukan ke gudang penyimpanan untuk dipacking

Jenis : Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 1.951,4161 m³

Harga satuan : \$ 187.282

Harga total : \$ 375.655

Kondisi Operasi :

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

3.2.2 Alat Kecil

a) Belt Conveyor

Kode : BC-01

Fungsi : Mengangkut batuan kapur (CaCO_3) sebanyak 38.016,174 kg/jam dari gudang ke BC-01 untuk diumpankan ke

Crusher

Jenis : *Troughed Antifriction Idlers*, dengan sudut kemiringan 30°C

Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Kapasitas : 45,6194 ton/jam

Panjang : 3,0480 m

Lebar : 0,3556 m

Kecepatan : 200 ft/menit

Power motor : 17,6733 Hp

Harga : \$ 6.766

b) Bucket Elevator

Kode : BE-01

Fungsi : Mengangkut bahan baku batu kapur sebanyak 38.016,174
kg/jam dari BE-01 ke H-01 untuk diumpankan ke *Crusher*
(*CR-01*)

Jenis : *Centrifugal Discharge Bucket*

Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Kapasitas : 38.016,174 ton/jam

Panjang : 0,254 m

Lebar : 0,1524 m

Tinggi : 7,62 m

Kecepatan : 135,7514 ft/menit

Power motor : 2,742 Hp

Jumlah bucket : 14 buah

Harga satuan : \$ 5.799

Harga total : \$ 81.188

c) Bucket Elevator

Kode : BE-02

Fungsi : Mengangkut produk berupa *cake* sebanyak 69.475,809 kg/jam dari *rotary drum vaccum filter* (F-01) menuju *rotary dryer* (RD-01)

Jenis : *Centrifugal Discharge Bucket*

Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Kapasitas : 69,476 ton/jam

Panjang : 0,3048 m

Lebar : 0,1778 m

Tinggi : 7,6200 m

Kecepatan : 211,5323 ft/menit

Power motor : 2,4085 Hp

Jumlah bucket : 12

Harga satuan : \$ 6.381

Harga total : \$ 76.570

d) Bucket Elevator

Kode : BE-03

Fungsi : Mengangkut produk berupa produk gipsum sebanyak
31.565,657 kg/jam dari *Screw Conveyor (SC-04)* menuju *Silo*
(S-01)

Jenis : *Centrifugal Discharge Bucket*

Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Kapasitas : 31,5657 ton/jam

Panjang : 0,254 m

Lebar : 0,1524 m

Tinggi : 7,6200 m

Kecepatan : 131,0794 ft/menit

Power motor : 2,4452 Hp

Jumlah bucket : 14

Harga satuan : \$ 14.605

Harga total : \$ 204.473

e) Bucket Elevator

Kode : BE-04

Fungsi : Mengangkut produk berupa produk gipsum sebanyak
31.565,657 kg/jam dari *Screw Conveyor (SC-04)*

menuju *Silo* (S-02)

Jenis : *Centrifugal Discharge Bucket*
 Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
 Kapasitas : 31,5657 ton/jam
 Panjang : 0,254 m
 Lebar : 0,1524 m
 Tinggi : 7,6200 m
 Kecepatan : 131,0794 ft/menit
 Power motor : 2,4452 Hp
 Jumlah bucket : 14
 Harga satuan : \$ 14.605
 Harga : \$ 204.473

f) Screw Conveyor

Kode : SC-01
 Fungsi : Mengumpulkan batu kapur CaCO_3 menuju *Crusher*
 Sebanyak 38.016,174 kg/jam
 Jenis : *Stainless Steel SA-283 Grade C*
 Material : *Helicoid Flight*
 Kapasitas : 38.016,174 kg/jam

Panjang : 39,2184 m
Diameter *Screw* : 14 in
Kecepatan : 36 rpm
Power motor : 5,4181Hp
Harga : \$ 21.478

g) Screw Conveyor

Kode : SC-02
Fungsi : Mengumpulkan batu kapur CaCO_3 dari *Crusher*
(C-01) ke Reaktor (R-01) sebanyak 38.016,174
kg/jam
Jenis : *Helicoid Flight*
Material : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 38.016,174 kg/jam
Panjang : 39,2184 m
Diameter *Screw* : 14 in
Kecepatan : 36 rpm
Power motor : 5,4181 Hp

Harga : \$ 21.478

h) Screw Conveyor

Kode : SC-03

Fungsi : Mengangkut cake berupa produk dari *rotary drum vaccum filter* (F-01) menuju *rotary dryer* (RD-01) untuk dikeringkan sebanyak 69.475,809 kg/jam

Jenis : *Helicoid Flight*

Material : *Stainless Steel SA-283 Grade C*

Kapasitas : 64.475,809 kg/jam

Panjang : 105,8979 m

Diameter *Screw* : 18 in

Kecepatan : 43 rpm

Power motor : 37,0542 Hp

Harga : \$ 58.099

i) Screw Conveyor

Kode	: SC-04
Fungsi	: Mengangkut produk gipsum sebanyak 63.131,313 kg/jam dari <i>rotary dryer</i> (RD-01) menuju <i>Bucket Elevator</i> (BE-03 dan BE-04) untuk di simpan produk ke silo (S-01 dan S-02)
Jenis	: <i>Helicoid Flight</i>
Material	: <i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	: 63.131,313 kg/jam
Panjang	: 91,6329 m
Diameter <i>Screw</i>	: 12 in
Kecepatan	: 39 rpm
Power motor	: 21,2285 Hp
Harga	: \$ 39.842

j) Hopper

Kode	: H-01
Fungsi	: Tempat Penampungan sementara bahan baku berupa CaCO_3 sebanyak 38.016,174 kg/jam sebelum masuk <i>Crusher</i>
Jenis	: Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut

(Conical Bin)

Material : Carbon Steel SA-283 Grade C

Kapasitas : 38.016,174 kg/jam

Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Lama Penyimpanan : 7 hari

Tinggi total : 17,4434 m

Diameter : 11,6290 m

Tebal : 1,625 in

Harga : \$ 138.105

k) Hopper

Kode : H-02

Fungsi : Tempat penyimpanan sementara produk

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 62.971,600 kg/jam

sebelum masuk *rotary dryer* (RD-01)

Jenis : Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut

(Conical Bin)

Material : Carbon Steel SA-283 Grade C

Kapasitas	: 62.971,600 kg/jam
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Lama Penyimpanan	: 7 hari
Tinggi total	: 21,7039 m
Diameter	: 14,4693 m
Tebal	: 1,625 in
Harga	: \$ 232.825

1) Heater

Kode	: HE-01
Fungsi	: Memanaskan fluida sebelum masuk reaktor (R-01) dari suhu 48°C menjadi 93°C dengan menggunakan uap air jenuh (saturated steam) yang bersuhu 153°C dan tekanan 74 psi sebanyak 4.536,1542 kg/jam
Jenis	: <i>Shell and Tube 1-1</i>
Jumlah	: 1 buah
Media Pemanas	: <i>Steam</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel 316 AISI (18Cr,10Ni, 2,5 Mo)</i>

Luas Transfer Panas : 201,927 ft²

Spesifikasi Shell:

ID Shell : 17,25 in

Baffle spacing : 4,3125 in

Passes : 1

Spesifikasi Tube :

ID Tube : 0,482 in

OD Tube : 3/4 in

BWG : 10

Panjang Tube : 10 ft

Passes : 1

Harga : \$ 34.365

m) Heater

Kode : HE-02

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk *rotary dryer*

(RD-01) dari suhu 30°C menjadi 80°C dengan

menggunakan uap air jenuh (*saturated steam*) yang bersuhu 153°C dan tekanan 74 psi sebanyak 6.582,482 kg/jam

Jenis : *Shell and Tube 1-1*

Jumlah : 1 buah

Media Pemanas : *Steam*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel 316 AISI (18Cr,10Ni,2,5Mo)*

Luas Transfer Panas: 1.555,447 ft²

Spesifikasi Shell :

ID *Shell* : 27 in

Baffle spacing : 6,75 in

Passes : 1

Spesifikasi Tube :

ID *Tube* : 0,482 in

OD *Tube* : 3/4 in

BWG : 10

Panjang *Tube* : 16 ft
Passes : 1
 Harga : \$ 76.570

n) Cooler

Kode : CL-01
 Fungsi : Mendinginkan fluida keluaran reaktor (R-01) sebelum masuk filter (F-01) dari suhu 93°C menjadi 31°C sebanyak 18.724,48 kg/jam
 Jenis : *Shell and Tube 1-1*
 Jumlah : 1 buah
 Media Pendingin : Air
 Bahan Konstruksi : *Stainless Steel 316 AISI (18Cr,10Ni,2,5Mo)*
 Luas Transfer Panas: 229,113 ft²

Spesifikasi Shell :

ID *Shell* : 15 in
Baffle spacing : 3,8125 in
Passes : 1

Spesifikasi Tube :

ID Tube	: 0,482 in
OD Tube	: 3/4 in
BWG	: 10
Panjang Tube	: 8 ft
Passes	: 1
Harga	: \$ 248.074

o) Pompa

Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan Umpan berupa H ₂ SO ₄ 98 % dari tangki penyimpanan (T-01) ke <i>Mixer</i> (M-01) sebanyak 34.552,507 kg/jam
Jenis	: <i>Centrifuge Pump</i>
Jumlah	: 2 buah
Kapasitas	: 22,8538 m ³ /jam
Power Motor	: 12,8406 Hp
Harga satuan	: \$ 21.371

Harga total : \$ 42.742

p) Pompa

Kode : P-02

Fungsi : Mengalirkan Umpan berupa H₂O 100% dari tangki penyimpanan (T-01) ke *Mixer* (M-01) sebanyak 8170,094 kg/jam

Jenis : *Centrifuge Pump*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 9,5645 m³/jam

Power Motor : 1,1804 Hp

Harga satuan : \$ 12.028

Harga total : \$ 24.056

q) Pompa

Kode : P-03

Fungsi : Mengalirkan umpan berupa H₂SO₄ 50 % dan dari *Mixer* (M-01) ke *Heater* (HE-01) sebanyak

76.032,349 kg/jam

Jenis : *Centrifuge Pump*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 64,7909 m³/jam

Power Motor : 10,2091 Hp

Harga satuan : \$ 25.667

Harga total : \$ 51.333

r) Pompa

Kode : P-04

Fungsi : Mengalirkan produk berupa CaSO₄.2H₂O
(Gypsum) dari Reaktor (R-01) ke *Cooler* (CL-01)
sebanyak 99.311,766 kg/jam

Jenis : *Reciprocating Pump*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 53,0334 m³/jam

Power Motor : 1,5 Hp

Harga satuan : \$ 25.667

Harga total : \$ 51.333

s) Pompa

Kode : P-05

Fungsi : Mengalirkan umpan *recycle* berupa H_2SO_4 dan H_2O dari *rotary drum vaccum filter* (F-01) ke *mixer* (M-01) sebanyak 33.309,748 kg/jam

Jenis : *Centrifuge Pump*

Jumlah : 2 buah

Kapasitas : 35,5145 m³/jam

Power Motor : 4,2227Hp

Harga satuan : \$ 28.352

Harga total : \$ 56.703

t) Blower

Kode : BL-01

Fungsi : Mengalirkan udara untuk dipanaskan di dalam Heater (HE- 02) sebagai media pengering dalam *Rotary dryer* (RD-01) sebanyak 254.689,852 kg/jam

Konstruksi : *Carbon Steel SA 283 grade C*

Jumlah : 1 buah

Jumlah Udara masuk : 9.358,2578 lb/menit

Laju volumetrik udara : 244.611,513 ft³/menit

Power Motor : 240 Hp

Harga : \$ 70.771

u) Tangki Penyimpanan H₂SO₄

Kode : T-01

Fungsi : Menyimpan H₂SO₄ (98%) sebagai bahan baku
sebanyak 5.804.821.136 selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder vertical dengan atap Berbentuk
Torispherical Flanged Dished Head dengan alas
berbentuk datar (*flat bottom*)

Material : *Stainless stell 316 AISI (18Cr, 10Ni, 2,5Mo)*

Kapasitas : 34.457,8424 kg/jam

Waktu penyimpanan : 7 hari

Volume : 26.880 bbl = 4273,3824 m³

Tekanan Operasi : 1 atm

Jumlah : 1 buah

Diameter : 24,3840 m

Tinggi : 9,144 m

Tebal Shell :

Tebal Shell : 2 in

Course 1 : 2 in

Course 2 : 1,75 in

Course 3 : 1,625 in

Course 4 : 1,5 in

Course 5 : 1,375 in

Tebal Head : 2,250 in

Tinggi Head : 0,0945 m

Tinggi Total : 9,1728 m

Harga : \$ 1.187.212

v) Tangki Penyimpanan Air Proses

Kode : T-02

Fungsi : Menyimpan H₂O sebagai bahan baku sebanyak
1.372.575,8220 kg/jam selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder vertical dengan atap Berbentuk
Torispherical Flanged Dished Head dengan alas
berbentuk datar (*flat bottom*)

Material : *Carbon steel SA-167 grade 3 type 304*

Kapasitas : 8.170,094 kg/jam

Waktu penyimpanan : 7 hari

Volume : 12.096 bbl = 1923,0221 m³

Tekanan Operasi : 1 atm

Jumlah : 1 buah

Diameter : 18,2880 m

Tinggi : 7,3152 m

Tebal Shell :

Tebal Shell	: 1 in
<i>Course 1</i>	: 1 in
<i>Course 2</i>	: 0,875 in
<i>Course 3</i>	: 0,875 in
<i>Course 4</i>	: 0,75 in
Tebal Head	: 2,5 in
Tinggi Head	: 0,1063 m
Tinggi Total	: 7,4215 m
Harga	: \$ 211.346

3.3 Perencanaan Produksi**3.3.1 Kapasitas Perancangan**

Penentuan kapasitas perancangan suatu pabrik berdasarkan pada tingkat kebutuhan Gypsum yang ada di Indonesia, serta tersedianya bahan baku juga menentukan kapasitas minimal suatu pabrik yang akan dibangun. Dari pertimbangan yang ada menunjukkan bahwa kebutuhan Gypsum setiap

tahunnya akan meningkat, hal ini dilihat dari tingkat penggunaan Gypsum baik dari bidang industri konstruksi (pembangunan), bidang kesehatan dan beberapa bidang lainnya. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan Gypsum dan meminimalisir nilai impor maka, didirikanlah pabrik Gypsum dengan kapasitas produksi sebesar 500.000 ton/tahun.

3.3.2. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku Asam Sulfat 98% diperoleh dari pabrik PT.Petrokimia Gresik (PG) dan bahan baku batu kapur di dapat langsung dari lahan pertambangan yang berada di Temandang, Tuban, Jawa Timur.

Tabel 3.2 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan (ton/tahun)	Ketersediann Bahan Baku (ton/tahun)
H ₂ SO ₄ (98%)	301.850,6994	1.170.000
CaCO ₃	332.109,2996	(tidak terbatas)

Berdasarkan data yang telah dicantumkan diatas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku asam sulfat dan batuan kapur (*Limestone*) dapat

memenuhi kebutuhan pabrik, sehingga proses produksi dapat berjalan sesuai dengan rancangan serta dapat memenuhi kebutuhan Gypsum di Indonesia.

3.3.3 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Dalam hal analisis kebutuhan peralatan proses ini berkaitan terhadap kemampuan peralatan yang menunjang kelancaran suatu proses berdasarkan umur peralatan dan Pemeliharaan alat (*maintenance*). Dan diharapkan dengan adanya analisis kebutuhan alat proses ini pabrik dapat mengatur anggaran dan jenis peralatan apa yang cocok digunakan untuk pembuatan produk. Serta mengetahui cara perawatan untuk setiap alatnya.