

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Pabrik silikon dioksida ini diproduksi dengan kapasitas 200.000 ton/tahun dari bahan baku asam sulfat dan sodium silikat yang akan beroperasi selama 24 jam per hari dalam 330 hari selama setahun. Secara garis besar pabrik ini terdiri dari penyiapan bahan baku, proses pembentukan produk, dan pemurnian produk. Untuk dapat memperoleh kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik silikon dioksida diperlukan pemilihan proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1. Uraian Proses

Langkah pembuatan silikon dioksida dapat dikelompokkan menjadi 3 tahap, yaitu:

3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap penyiapan bahan baku bertujuan untuk menyiapkan asam sulfat dan sodium silikat sebelum direaksikan di reaktor. Bahan baku yang digunakan adalah asam sulfat dengan kemurnian 98% dan sodium silikat dengan kemurnian 37,5%.

1. Unit persiapan asam sulfat

Bahan baku asam sulfat dalam kondisi cair dialirkan dalam tangki penyimpanan asam sulfat (T-01) pada suhu 30°C dan tekanan atmosferis menuju mixer (M-01) untuk dilarutkan dengan air hingga kemurniannya 5% kemudian diumpankan melalui pompa (P-04) menuju Heat Exchanger

(HE-01) yang berfungsi untuk memanaskan asam sulfat hingga mencapai suhu 90°C.

2. Unit persiapan sodium silikat

Sodium silikat yang disimpan dalam tangki penyimpanan (T-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm) diumpankan melalui pompa (P-03) menuju Heat Exchanger (HE-02) untuk memanaskan sodium silikat hingga mencapai 90°C kemudian dialirkan menuju ke reaktor (R-01).

3.1.2 Tahap Pembentukan Produk

Reaktor yang digunakan pada proses pembuatan silikon dioksida adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang bekerja pada kondisi isothermal pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Konversi reaksi dalam reaktor mencapai 90%. Reaksi yang terjadi antara asam sulfat dengan sodium silikat bersifat eksotermis dan tidak dapat balik (*irreversible*), sehingga suhu dalam reaksi harus dipertahankan untuk menghindari terjadinya reaksi samping. Untuk menjaga suhu reaksi, maka reaktor (R-01) dilengkapi dengan coil pendingin. Produk keluar dari reaktor (R-01) pada suhu 90°C dan diumpankan melalui pompa (P-05) menuju rotary drum vacuum filter (F-01) untuk proses pencucian.

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Hasil dari reaktor berupa *slurry* diumpankan menuju *filter* (F-01) untuk proses penyaringan. Hasil penyaringan ini berupa padatan (*cake*) dan cairan (*filtrate*). Produk utama yang diinginkan adalah

cake berupa silikon dioksida sedangkan *filtrate* berupa produk samping dari reaksi dan air pencuci yang kemudian dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL). *Cake* yang masih mengandung air diangkut dengan screw conveyor (SC-01) menuju rotary *dryer* (RD-01) untuk pengeringan sehingga diperoleh konsentrasi produk 99,3%. Produk dari rotary *dryer* dibawa menuju silo (S-01).

3.2. Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.2.1. Tangki Penyimpanan Bahan

a. Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-01)

Tugas : Menyimpan bahan baku asam sulfat 12730,15 kg/jam selama 7 hari

Jenis : *Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom, Torispherical Flanged & Dished Head*

Bahan : *Stainless Steel 316 AISI (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)*

Fasa : Cair

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Dimensi

Diameter : 18,29 m

Tinggi : 7,32 m

Tebal *shell* : 1,25 in

Tinggi *head* : 3,32 m

Tebal *head* : 1,25 in
Jumlah : 1
Harga : \$824.551

b. Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-02)

Tugas : Menyimpan H₂O sebanyak 236780,86 kg/jam
selama 1 hari

Jenis : *Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom,
Torispherical Flanged & Dished Head*

Bahan : *Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316*

Fasa : Cair

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Dimensi

Diameter : 30,48 m

Tinggi : 10,97 m

Tebal shell : 1,875 in

Tinggi head : 5,39 m

Tebal head : 2 in

Jumlah : 1

Harga : \$660.565

c. Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-03)

Tugas : Menyimpan bahan baku sodium silikat
sebanyak 176597,90 kg/jam selama 3 hari

Jenis : *Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom,
Torispherical Flanged & Dished Head*

Bahan : *Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316*

Fasa : Cair

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Dimensi

Diameter : 36,58 m

Tinggi : 12,80 m

Tebal shell : 3 in

Tinggi head : 6,43 m

Tebal head : 3 in

Jumlah : 1

Harga : \$952.562

3.2.2 Silo

Tugas : Menyimpan produk SiO₂ sebanyak 25075,76
kg/jam selama 7 hari

Jenis : Silinder vertical dengan alas berbentuk kerucut

Bahan : *Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316*

Fasa : Padat

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Dimensi

Diameter : 9,61 m

Tinggi : 19,21 m

Tebal shell : 1,5 in

Jumlah : 1

Harga : \$260.532

3.2.3 Heat Exchanger

a. Heater (HE-01)

Tugas : Untuk memanaskan suhu asam sulfat dari 31 °C
ke suhu 90 °C menuju reaktor (R-01)

Jenis : Shell and Tube

Kondisi Operasi

Fluida Panas

- T in : 162 °C

- Tout : 162 °C

Fluida Dingin

- t in : 30 °C

- t out : 90 °C

Tebal minimum tube : 0,134 in

Jenis tube : Tube sheet layout 1 ½ in. OD tubes
on 1 7/8-in. Triangular Pitch

Shell Side : Steam

- IDs : 29 in

- Baffle space : 7,250 in

Tube Side : Aqueous Solution

- Jumlah Passed (n) : 4

- Jumlah Tube (Nt) : 147

- Area per Tube (A't) : 1,190 in²

Dirt Factor : 0,001 hr ft²°F/Btu

Jumlah : 1

Harga : \$260.424

b. Heater (HE-02)

Tugas : Untuk memanaskan suhu sodium silikat dari 30 °C
ke suhu 90 °C menuju reaktor (R-01)

Jenis : Shell and Tube

Kondisi Operasi

Fluida Panas

- T in : 162 °C

- Tout : 162 °C

Fluida Dingin

- t in : 30 °C

- t out : 90 °C

Tebal minimum tube : 0,134 in

Jenis tube : Tube sheet layout 3/4 in. OD tubes
on 1 in. Triangular Pitch

Shell Side : Steam

- IDs : 19,25 in

- Baffle space : 4,8 in

Tube Side : Aqueous Solution

- Jumlah Passed (n) : 2

- Jumlah Tube (Nt) : 250

- Area per Tube (A't) : 1,182 in²

Dirt Factor : 0,001 hr ft²°F/Btu

Jumlah : 1

Harga : \$51.440

c. Heater (HE-03)

Tugas : Untuk memanaskan udara dari 31 °C ke suhu 149 °C menuju rotary dryer (RD-01)

Jenis : Shell and Tube

Kondisi Operasi

Fluida Panas

- T in : 162 °C

- Tout : 162 °C

Fluida Dingin

- t in : 30 °C

- t out : 149 °C

Tebal minimum tube : 0,049 in

Jenis tube : Tube sheet layout 3/4 in. OD tubes on 1 in. Triangular Pitch

Shell Side : Steam

- IDs : 17 ¼ in

- Baffle space : 4,312 in

Tube Side : Udara

- Jumlah Passed (n) : 6

- Jumlah Tube (Nt) : 166

- Area per Tube (A't) : 0,334 in²

Dirt Factor : 0,002 hr ft² °F/Btu

Jumlah : 1
 Harga : \$12.028

3.2.4 Cooler

a. Cooler (CL-01)

Tugas : Untuk menurunkan suhu keluar reaktor dari 90 °C ke suhu 30 °C menuju rotary drum vacuum filter (F-01)

Jenis : Shell and Tube

Kondisi Operasi

Fluida Panas

- T in : 90 °C

- Tout : 30 °C

Fluida Dingin

- t in : 30 °C

- t out : 45 °C

Tebal minimum tube : 0,134 in

Jenis tube : Tube sheet layout 3/4 in. OD tubes on 1 in. Triangular Pitch

Shell Side : Water

- IDs : 29 in

- Baffle space : 7,250 in

Tube Side	: Aqueous Solution
	- Jumlah Passed (n) : 1
	- Jumlah Tube (Nt) : 630
	- Area per Tube (A't) : 0,204 in ²
Dirt Factor	: 0,001 hr ft ² °F/Btu
Jumlah	: 1
Harga	: \$139.179

3.2.5 Reaktor (R-01)

Tugas : Mereaksikan asam sulfat sebanyak 249511,01 kg/jam dengan sodium silikat sebanyak 176597,90 kg/jam menjadi silicon dioksida

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Waktu Tinggal : 30 menit

Temperature : 90 °C

Dimensi Reaktor

Volume : 132,98 m³

Bahan : Stainless Steel SA 167 Grade 3
Type 304

Diameter : 5,18 m

Tinggi : 7,574 m

Tebal Shell	:	0,375 in
Tinggi Cairan dalam shell	:	6,42 m
Bentuk Head	:	Torispherical dished head
Tebal Head	:	0,4375 in
Jaket Pendingin		
Jenis Pendingin	:	Air
Tebal jaket	:	0,375 in
Pengaduk		
Jenis	:	marine propeller with 3 blades and pitch 2
Diameter Pengaduk	:	1,72 m
Jarak pengaduk dari dasar tangki	:	2,24 m
Power Pengaduk	:	52,70 Hp
Jumlah	:	1
Harga	:	\$1.244.989

3.2.6 Filter (F-01)

Tugas	:	Memisahkan silikon dioksida sebanyak 27256,26 kg/jam dari <i>slurry</i> sebanyak 399780,13 kg/jam
Jenis	:	<i>Rotary drum vacuum filter</i>
Bahan	:	Stainless Steel AISI (316) (18Cr, 12Ni, 2.5Mo)
Kondisi operasi		
Tekanan	:	1 atm
Temperature	:	30 °C

Dimensi Filter

Diameter Filter	:	3,66 m
Panjang Filter	:	7,32 m
Tebal <i>cake</i>	:	0,39 in
Kecepatan	:	1 rpm
Daya	:	1 hp
Jumlah	:	1
Harga	:	\$893.497

3.2.7 Mixer (M-01)

Tugas : Mengencerkan H_2SO_4 98% sebanyak 12730,15 kg/jam menjadi larutan asam sulfat 5% sebanyak 249511,01 kg/jam

Jenis : Tangki berpengaduk silinder tegak

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Waktu Tinggal : 10 menit

Temperature : 30 °C

Dimensi

Volume : 39,76 m³

Bahan : Stainless Steel SA 167 Grade 3
Type 304

Diameter : 3,66 m

Tinggi	:	5,47 m
Tebal Shell	:	0,25 m
Tinggi Cairan dalam shell	:	4,29 m
Bentuk Head	:	torispherical Flanged & Dished Head
Tebal Head	:	0,31 in
Pengaduk		
Jenis	:	marine propeller with 3 blades and pitch 2Di
Diameter Pengaduk	:	1,21 m
Jarak pengaduk dari dasar tangki	:	3,54 m
Power Pengaduk	:	52,51 Hp
Jumlah	:	1
Harga	:	\$1.922.951

3.2.8 Rotary Dryer (RD-01)

Tugas : Mengurangi kandungan air yang terdapat dalam silikon dioksida 92%

Jenis : *Direct contact co – current rotary dryer*

Bahan : *Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316*

Suhu Operasi : 60°C

Tekanan : 1 atm

Dimensi Rotary Dryer

Diameter	: 1 m
Panjang	: 3,99 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,19 in
Kecepatan putar	: 19,17 rpm
Waktu tinggal	1,28 jam
Kemiringan	: 0,0154 m/m
Daya	: 1 hp
Jumlah	: 1
Harga	: \$136.495

3.2.9 Screw Conveyor

a. Screw Conveyor (SC-01)

Tugas : Mengangkut SiO₂ sebanyak 27256,26 kg/jam dari
filter (F-01) ke rotary *dryer* (RD-01)

Jenis : *Helicoid flight*

Dimensi :

Bahan	: Carbon Steel
Rate volumetric	: 5,32 ft ³ /menit
Daya	: 4 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: \$30.499

b. Screw Conveyor (SC-02)

Tugas : Mengangkut SiO₂ sebanyak 25252,53 kg/jam dari

rotary *dryer* (RD-01) ke silo (S-01)

Jenis : *Helicoid flight*

Dimensi :

Bahan : Carbon Steel
 Rate volumetric : 4,68 ft³/menit
 Daya : 3 Hp
 Jumlah : 1
 Harga : \$260.532

3.2.10 Fan (F-01)

Tugas : Mengalirkan udara sebanyak 58165,32 kg/jam dari ke
 rotary *dryer* (RD-01)

Jenis : *Dry Throwaway*

Dimensi :

Rate volumetric : 54875,84
 ft³/menit
 Daya : 54 Hp
 Jumlah : 1
 Harga : \$3.866

3.2.11 Belt Elevator (BE-01)

Tugas : Mengangkut SiO₂ sebanyak 25252,53 kg/jam dari

screw conveyor (SC-01) ke silo (S-01)

Jenis : *Super capacity continuous bucket elevator*

Dimensi :

Kapasitas : 32707,51 kg/jam

Daya : 1 Hp

Jumlah : 1

Harga : \$17.700

3.2.12 Pompa

a. Pompa (P-01)

Tugas : Mengalirkan umpan H_2SO_4 98% sebanyak 12730,15 kg/jam dari tangki penyimpanan (T-01) ke Mixer (M-01).

Jenis : Centrifugal pump single stage

Dimensi :

Bahan : Carbon Steel

Diameter optimum : 2,469 in

Head pompa : 12,27 ft.lbf/lbm

Daya Pompa : 0,87 Hp

Daya motor Pompa : 1 Hp

Jumlah : 2

Harga satuan : \$34.043

Harga total : \$68.086

b. Pompa (P-02)

Tugas : Mengalirkan umpan H₂O dari tangki penyimpanan (T-02) ke Mixer (M-01) sebanyak 236780,86 kg/jam.

Jenis : Centrifugal pump single stage

Dimensi :

Bahan : Stainless Steel 316 AISI

Diameter optimum : 12,090 in

Head pompa : 10,32 ft.lbf/lbm

Daya Pompa : 4,53 Hp

Daya motor Pompa : 5,40 Hp

Jumlah : 2

Harga satuan : \$24.056

Harga total : \$48.111

c. Pompa (P-03)

Tugas : Mengalirkan umpan sodium silikat dari tangki penyimpanan (T-03) ke Reaktor (R-01) sebanyak 176597,90 kg/jam.

Jenis : Centrifugal pump single stage

Dimensi :

Diametern optimum : 10,020 in

Head pompa : 10,61 ft.lbf/lbm

Daya Pompa	: 3,85 Hp
Daya motor Pompa	: 4,52 Hp
Jumlah	: 2
Harga satuan	: \$24.056
Harga total	: \$48.111

d. Pompa (P-04)

Tugas : Mengalirkan produk H_2SO_4 5 % dari Mixer (M-01) ke Reaktor (R-01) sebanyak 249511,01 kg/jam.

Jenis : Centrifugal pump single stage

Dimensi

Bahan	: Stainless Steel 316 AISI
Diametern optimum	: 12,090 in
Head pompa	: 27,19 ft.lbf/lbm
Daya Pompa	: 37,78 Hp
Daya motor Pompa	: 42,93 Hp
Jumlah	: 2
Harga satuan	: \$44.460
Harga total	: \$88.920

e. Pompa (P-05)

Tugas : Mengalirkan silikon dioksida dari Reaktor (R-01) ke

Filter (F-01) sebanyak 3612,0494 kg/jam.

Jenis	:	Centrifugal pump single stage
Dimensi	:	
Bahan	:	Stainless Steel 316 AISI
Diametern optimum	:	13,250 in
Head pompa	:	10,35 ft.lbf/lbm
Daya Pompa	:	7,97 Hp
Daya motor Pompa	:	9,11 Hp
Jumlah	:	2
Harga satuan	:	\$44.460
Harga total	:	\$88.920

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan silikon dioksida di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan silikon dioksida dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan silikon dioksida akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan silikon dioksida. Dan juga dengan melihat kapasitas pabrik – pabrik silikon dioksida yang

telah berdiri. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 200.000 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 diperoleh dari PT. Timur Raya Tunggal, sodium silikat diperoleh dari PT. Mahkota Indonesia.

3.3.3 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur peralatan serta perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.