

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Sodium Silikat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 3,2\text{SiO}_2$) Liquid Alkaline Grade 40

- Wujud : cair (30 °C, 1 atm)
- Warna : tidak berwarna
- Density : 2,610 kg/l (20 °C)
- Specific gravity : 1,401 (20 °C)
- Komposisi : $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3,2\text{SiO}_2$ minimum = 35 % berat
H₂O maksimum = 65 % berat

2. Asam Sulfat (H_2SO_4)

- Wujud : cair
- Densitas : 1,840 kg/l
- Komposisi : H_2SO_4 minimum = 98 % berat
H₂O maksimum = 2 % berat

2.1.2 Spesifikasi Produk

Precipitated Silica (SiO_2)

- Wujud : padat
- Bentuk : powder
- Warna : putih
- Ukuran : 20 μm (700 mesh)
- Surface area : 45 – 700 m^2/gr

□ Komposisi	: SiO ₂	minimal 97 % berat
	Impuritas	maksimal 3 % berat

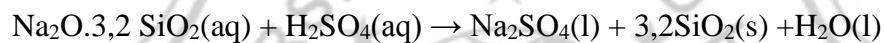
(Esch et al, 2005)

2.2 Konsep Proses

2.2.1 Dasar dan Fasa Reaksi

Proses pembuatan precipitated silica didasarkan pada reaksi netralisasi antara larutan sodium silikat dengan asam sulfat. Berdasarkan fasa reaktannya, fasa reaksi adalah cair-cair.

Reaksi yang terjadi yaitu



(Ullmann, 2005)

2.2.2 Kondisi Operasi

Reaksi berlangsung pada tangki reaktor kontinu berpengaduk (CSTR), yang dioperasikan pada suhu 80⁰C dan tekanan 1 atm. Konsentrasi sodium silikat masuk reaktor sebesar 35% berat, sedangkan konsentrasi asam sulfat 5% berat. Perbandingan mol sodium silikat : asam sulfat adalah 1:1,1 dengan konveersi 99,4% (Chevallier et al, 2001). Kondisi reaksi tersebut dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi reaksi maksimum terjadi pada suhu 80 ⁰C yang berada pada range 75- 85 ⁰C.
2. Reaksi pembentukan *precipitated silica* adalah reaksi *irreversible* dengan fasa cair – cair, sehingga tekanan berperan kecil dalam hal konversi reaksi. Oleh karena itu, dipilih tekanan operasi 1 atm.
3. Reaksi berjalan dalam suasana netral atau basa, apabila berada pada suasana asam akan terbentuk *silica gel*.

2.2.3 Sifat Reaksi

Berdasarkan data kelarutan masing – masing komponen dalam air pada suhu kamar diketahui bahwa SiO_2 tidak larut dalam air sedangkan $\text{Na}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$, H_2SO_4 dan Na_2SO_4 larut dalam air. Reaksi presipitasi berjalan diatas suhu kamar ($75 - 80^\circ\text{C}$), dimana $\text{Na}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$, H_2SO_4 , dan Na_2SO_4 berupa larutan dan SiO_2 berbentuk padatan. Sehingga dapat dipastikan bahwa reaksi hanya berjalan satu arah, yaitu ke arah pembentukan produk.

Berdasarkan harga panas reaksi pada suhu 25°C sebesar $-2.614.359 \text{ kJ/kmol}$ dapat diketahui bahwa reaksi terjadi secara eksotermis yang berarti ada panas yang dihasilkan dari suatu system. Oleh karena itu, perlu adanya jaket pendingin pada reaktor untuk mempertahankan suhu reaktor. Berikut adalah tinjauan termodinamika dan tinjauan kinetika yang digunakan dalam pra-rancangan pabrik *precipitated silica* ini.

1. Tinjauan Termodinamika

Data enthalpy untuk masing-masing komponen pada reaksi tersebut didapat dari *National Institute Standart Technology* (NIST) sbb:

Sodium silikat = $-1.561.430 \text{ kJ/kmol}$

Asam sulfat = -813.989 kJ/kmol

Precipitated silica = -905.490 kJ/kmol

Sodium sulfat = $-1.356.380 \text{ kJ/kmol}$

Air = -285.830 kJ/kmol

$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= \Delta H^0_{\text{precipitated silica}} + \Delta H^0_{\text{sodium sulfat}} + \Delta H^0_{\text{air}} - \Delta H^0_{\text{sodium silikat}} - \Delta^0_{\text{asam sulfat}} \\ &= 3,2 (-905.490) + (-1.356.380) + (-285.830) - (-1.561.430) - (-813.989) \\ &= -2.614.359 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diketahui bahwa panas reaksi pembentukan precipitated silica bernilai negatif, sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan precipitated silica bersifat eksotermis.

Reaksi pembentukan precipitated silica merupakan reaksi irreversible. Hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan konstanta kesetimbangan sebagai berikut:

Perhitungan Energi Gibbs pada temperatur 298⁰K

$$\begin{aligned}\Delta G^0 &= \Delta G^0_{\text{precipitated silica}} + \Delta G^0_{\text{sodium sulfat}} + \Delta G^0_{\text{air}} - \Delta G^0_{\text{sodium silikat}} + \Delta G^0_{\text{asam sulfat}} \\ &= \{3,2 \times (-850,733) + (-1.266,832) + (-237.178)\} - \{(-3.293,000) + \\ &\quad (-690,067)\} \\ &= -234,287 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Dari persamaan hubungan energy pembentukan Gibbs dengan konstanta kesetimbangan reaksi, diperoleh nilai K:

$$\Delta G^0 = -R T \ln K$$

$$\frac{\Delta G^0}{RT} = -\ln K$$

$$\frac{-234,287}{8,314 \times 298} = -\ln K$$

$$\ln K = 98,196$$

$$K_{298} = 4,425 \times 10^{42}$$

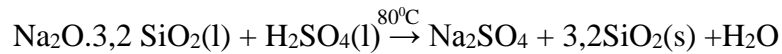
$$\text{Persamaan } \ln \frac{K_{353}}{K_{298}} = -\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$K_{353} = 3,862 \times 10^{42}$$

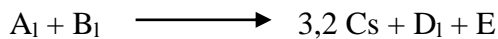
Karena harga K sangat besar, maka reaksi pembentukan precipitated silica merupakan reaksi *irreversible*.

2. Tinjauan Kinetika

Tempat terjadinya reaksi antara $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3,2 \text{SiO}_2$ dengan H_2SO_4 adalah dalam reaktor CSTR. Reaksinya adalah:



Secara kinetika, persamaan reaksi di atas dapat ditulis sebagai berikut:



$$-r_a = \frac{dC_A}{dt} = k C_A C_B$$

Harga $k = 79.147,666 \text{ L/kmol.menit}$

Pada persamaan di atas menunjukkan bahwa jika suhu dinaikkan maka harga k juga akan naik sedangkan jika suhu diturunkan maka harga konstanta kecepatan reaksi (k) juga menurun. Harga k pada suhu 80°C adalah $79.147,666 \text{ L/kmol.menit}$.

3. Perbandingan Mol Reaktan

Perbandingan mol reaktan sodium silikat dan asam sulfat masuk reaktor adalah 1 :

1,1. Asam sulfat merupakan reaktan *excess*, sedangkan sodium silikat sebagai reaktan pembatas. Asam sulfat dibuat *excess* dengan tujuan menjaga pH larutan tetap 7 (netral) karena reaksi akan berlangsung optimum pada pH netral.

2.3 Diagram Alir Proses

2.3.1 Diagram Alir

Diagram alir proses pra rancangan pabrik precipitated silica dengan proses asidifikasi larutan sodium silikat terlampir.

2.3.2 Langkah Proses

Pada dasarnya proses pembuatan precipitated silica terdiri dari 4 tahap proses, yaitu

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

2. Tahap Pembentukan Produk
3. Tahap Pemurnian Produk
4. Tahap Packaging & Labelling

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

- a. Mengencerkan asam sulfat 98% berat dengan air dalam tangki pengenceran, sehingga didapat larutan asam sulfat 5% berat.
- b. Memanaskan larutan sodium silikat dengan panas yang dihasilkan dari pelarutan asam sulfat sehingga didapatkan suhu campuran di dalam reaktor 80°C.

Asam sulfat dari gudang penyimpanan (T-01) pada kondisi tekanan 1 atm dan suhu 30°C masuk ke tangki pelarutan (D-01) dengan laju 3.568,310 kg/jam. Pada saat yang sama, air dari utilitas (WP-01) pada kondisi tekanan 1 atm dan suhu 30°C dialirkan menggunakan pompa dengan laju 66.370,566 kg/jam yang diatur menggunakan check valve menuju tangki pelarutan (D-01) untuk melarutkan asam sulfat dan diaduk hingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 5% berat. Panas yang dihasilkan dari pelarutan asam sulfat dan air menyebabkan terjadinya peingkatan suhu hingga 146,16°C pada asam sulfat, sehingga saat proses pengenceran diperlukan pendingin. Air dari utilitas dengan laju 245.175,442 kg/jam digunakan untuk menurunkan suhu asam sulfat keluaran tangki pelarutan. Asam sulfat keluar dari tangki pelarutan memiliki suhu 91,32 °C.

Larutan sodium silikat dari tangki T-02 suhu 30 °C dengan laju 23.551,084 kg/jam dipanaskan melalui heat exchanger (HE-01) dengan menggunakan larutan asam sulfat konsentrasi 5%. Keluaran (HE-01) didapatkan suhu larutan sodium silikat 80°C dan suhu larutan asam sulfat 80°C.

2. Tahap Pembentukan Produk

- a. Mereaksikan larutan sodium silikat dan larutan asam sulfat dalam CSTR yang beroperasi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm agar kedua reaktan dapat bereaksi dengan perbandingan mol sodium silikat : asam sulfat masuk reaktor adalah 1:1,1.
- b. Melakukan pengadukan untuk meningkatkan faktor tumbukan antar reaktan.
- c. Mempertahankan fasa dan suhu reaksi dengan jaket pendingin karena reaksi bersifat eksotermis.

Larutan sodium silikat dari HE-01 dialirkan ke reaktor (R-01) menggunakan pompa (P-05) dengan laju 23.552,084 kg/jam. Pada saat yang sama, larutan asam sulfat dari HE-01 dialirkan ke reaktor (R-01) menggunakan pompa (P-04) dengan laju 66.441,932 kg/jam. Pengadukan dilakukan di dalam reaktor (R-01) untuk meningkatkan faktor tumbukan antar reaktan. Reaksi antara kedua reaktan yang terjadi dalam reaktor (R-01) bersifat eksotermis, sehingga membutuhkan jaket pendingin untuk mempertahankan fasa dan suhu reaksi. Panas hasil reaksi diserap oleh air yang dialirkan menggunakan pompa (P-06) dengan laju 664.104,140 kg/jam.

3. Tahap Pemurnian Produk

- a. Memisahkan precipitated silica (solid) dari campuran slurry hasil keluaran reaktor dengan filtrat yang terdiri dari sisa reaktan, sodium sulfat dan air, dengan menggunakan rotary vacuum filter.
- b. Mencuci cake precipitated silica untuk mengurangi kadar sisa reaktan dan sodium sulfat selama cake berada dalam rotary vacuum filter.
- c. Mengeringkan cake precipitated silica pada suhu $279,31^{\circ}\text{C}$ dengan rotary dryer.

Hasil reaksi berupa slurry dari R-01 pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm, dengan laju 93.489,961 kg/jam menuju rotary drum vacuum filter (RF-01) untuk memisahkan

precipitated silica yang berupa padatan dengan filtrat berupa campuran sodium sulfat, sisa asam sulfat sisa sodium silikat, dan air. Selama di dalam alat rotary drum vacuum filter, cake precipitated silica juga dicuci menggunakan air dengan suhu 30⁰C.

Filtrat berupa campuran sodium sulfat, sisa asam sulfat, sisa sodium silikat, dan air, dialirkan menuju *Nanofiltration* untuk memisahkan Na₂SO₄ pekat dengan filtrat yang lain. Cake precipitated silica dengan kadar air 25% dibawa dengan screw conveyor (SC-01) menuju rotary dryer (RD-01) untuk dikeringkan dengan udara panas hingga kadar air cake precipitated silica mencapai 1,6%. Udara panas didapatkan dengan memanaskan udara yang telah difilter dari polutan menggunakan filter (F-01). Udara tersebut dialirkan menggunakan blower (BL-01) menuju heater (AH-01). Suhu udara pengering masuk rotary dryer sebesar 279,31⁰C dan keluar pada suhu 100⁰C. Precipitated silica keluar dari rotary dryer (RD-01) pada suhu 100⁰C dan dipindahkan ke ball mill dengan menggunakan screw conveyor (SC-02) yang akan masuk hopper (HP-02) terlebih dahulu.

4. Tahap Packaging & Labelling

- a. Menghaluskan precipitated silica yang sudah kering dalam ball mill.
- b. Mengayak bubuk precipitated silica dengan screen ukuran 650 mesh, sehingga didapatkan bubuk dengan ukuran maksimal 700 mesh.
- c. Melakukan pengepakan.

Precipitated silica masuk ke hopper (H-02) untuk menampung *precipitated silica* sebelum masuk *ball mill* (BM-01) untuk dihaluskan. *Precipitated silica* keluaran *ball mill* (BM-01) ditampung sementara di silo (S-01). *Precipitated silica* dari silo (S-01) dibawa menuju *vibrating screen* (VS-01) menggunakan *pneumatic conveyor* (PC-01), melewati ukuran 650 mesh untuk memisahkan antara produk yang ukurannya sudah

memenuhi spesifikasi dengan yang belum. *Precipitated silica* yang belum memenuhi spesifikasi diangkut dan dikembalikan lagi ke *ball mill* (BM-01) menggunakan *pneumatic conveyor* (PC-02). Produk *precipitated silica* yang ukurannya telah memenuhi spesifikasi ditampung di silo (S-02), selanjutnya melewati *bagging machine* (BG-01) untuk dikemas dengan ukuran 50 kg/sak. *Precipitated silica* yang sudah dikemas diangkut menggunakan belt conveyor (BC-01) menuju gudang penyimpanan (G-01).

2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas

2.4.1 Neraca Massa

Berikut ini adalah resume dari neraca massa pabrik *precipitated silica* dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Untuk perhitungan lengkapnya dilampirkan pada lampiran A.

Tabel 2.1. Neraca Massa di Dissolver Asam Sulfat (D-01)

Komposisi	Laju Alir Masuk				Laju Alir Keluar	
	Arus 1		Arus 2		Arus 3	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
H ₂ SO ₄	3.496,944	35,654	0	0	3.496,944	35,654
H ₂ O	71,366	3,960	66.370,566	3.683,161	69.938,876	3687,122
jumlah	3.568,310		66.370,566		69.938,876	
					69.938,876	

Tabel 2.2. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Komposisi	Laju Alir Masuk				Laju Alir Keluar	
	Arus 3		Arus 4		Arus 5	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
Na ₂ O.3,2SiO ₂	0	0	8.242,879	32,413	49,457	0,194
H ₂ SO ₄	3.496,944	36,327	0	0	336,979	3,436
SiO ₂	0	0	0	0	6.196,213	103,098
Na ₂ SO ₄	0	0	0	0	4.576,602	32,218
H ₂ O	66.441,932	3.687,122	15.308,205	849,512	82.330,710	4.568,852
Jumlah	69.938,876		23551,084		93.489,961	
					93.489,961	

Tabel 2.3. Neraca Massa di Rotary Vacuum Filter (RF-01)

Komposisi	Laju Alir Masuk			
	Arus 5		Arus 6	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol
Na ₂ O.3,2SiO ₂	49,457	0,194	0	0
H ₂ SO ₄	336,979	3,436	0	0
SiO ₂	6.196,213	103,098	0	0
Na ₂ SO ₄	4.576,602	32,218	0	0
H ₂ O	82.330,710	4.568,852	375.997,477	20.865,565
Jumlah	93.489,960		375.997,477	
	469.487,437			

Komposisi	Laju Lair Keluar			
	Arus 7		Arus 8	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol
Na ₂ O.3,2SiO ₂	49,457	0,194	0	0
H ₂ SO ₄	336,978	3,436	0	0
SiO ₂	0	0	6.196,213	103,098
Na ₂ SO ₄	4.563,178	32,124	13,673	0,095
H ₂ O	456.258,308	25.319,551	2.069,879	114,866
Jumlah	461.207,921		8.279,516	
	469.487,437			

Tabel 2.4. Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-01)

Komposisi	Laju Alir Masuk		Laju Alir Keluar			
	Arus 8		Arus 9		Arus 10	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
Na ₂ O.3,2SiO ₂	0	0	0	0	0	0
H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0
SiO ₂	6.196,213	103,098	0	0	6.196,213	103,098
Na ₂ SO ₄	13,424	0,095	0	0	13,424	0,095
H ₂ O	2.069,879	114,866	1.966,385	109,122	103,494	5,743
Jumlah	8.279,516		1.966,385		6.313,131	
	8.279,516		8.279,516			

Tabel 2.5. Neraca Massa di Nanofiltrasi (NF-01)

Komposisi	Laju Alir Masuk		Laju Alir Keluar			
	Arus 7		Arus 11		Arus 12	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
Na ₂ O.3,2SiO ₂	49,457	0,194	49,457	0,194	0	0
H ₂ SO ₄	336,978	3,436	336,978	3,436	0	0
Na ₂ SO ₄	4.563,178	32,124	638,845	4,497	3.924,333	27,626
H ₂ O	456.258,308	25.319,551	410.632,477	22.787,596	45.625,831	2.531,955
Jumlah	461.207,921		411.657,757		49.550,164	
	461.207,921		461.207,921			

2.4.2 Neraca Panas

Berikut ini adalah resume dari neraca panas pabrik precipitated silica dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Untuk perhitungan lengkapnya dilampirkan pada lampiran B.

Tabel 2.6. Neraca Panas di Dissolver Asam Sulfat (D-01)

ARUS	INPUT (kJ)	OUTPUT (kJ)
$\Delta H 1$	26,398	
$\Delta H 2$	1.391,214	
ΔH pengenceran	32.419.107,810	
ΔH Wpendingin		15.379.618,707
$\Delta H 3$		18.457.100,926
Jumlah	33.836.719,633	33.836.719,633

Tabel 2.7. Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-01)

ARUS	INPUT(kJ)	OUTPUT(kJ)
$\Delta H3$	18.457.100,926	
$\Delta H4$	320.908,756	
$\Delta H3'$		15.261.615,208
$\Delta H4'$		3.516.394,475
Jumlah	18.778.009,682	18.778.009,682

Tabel 2.8. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

ARUS	INPUT (kJ)	OUTPUT(kJ)
$\Delta H3'$	15.261.615,208	
$\Delta H4'$	3.516.394,475	
ΔH_{Win}	13.920.499,893	
ΔH_{Wout}		83.292.139,075
$\Delta H5$		19.559.138,167
Δh_{reaksi}	70.152.767,666	
Jumlah	102.851.277,242	102.851.277,242

Tabel 2.9. Neraca Panas di Rotary Vacuum Filter (RF-01)

ARUS	INPUT (kJ)	OUTPUT (kJ)
$\Delta H5$	19.559.138,167	
$\Delta H6$	7.881.399,544	
$\Delta H7$		27.253.580,249
$\Delta H8$		186.957,462
Jumlah	27.440.537,711	27.440.537,711

Tabel 2.10. Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-01)

ARUS	INPUT (kJ)	OUTPUT (kJ)
ΔH_8	186.957,462	
ΔH_{Aout}	5.560.639,836	
ΔH_9		3.348.329,068
ΔH_{10}		392.944,480
Q loss		1.390.159,959
Q sensible		616.159,480
Q laten		4,311
Jumlah	5.747.597,298	5.747.597,298

Tabel 2.11. Neraca Panas di Air Heater (AH-01)

ARUS	INPUT (kJ)	OUTPUT (kJ)
ΔH_{Aout}		5.560.639,836
ΔH_{Ain}	203.314,963	
Q steam	5.357.324,873	
Jumlah	5.560.639,836	5.560.639,836

Tabel 2.12. Neraca Panas di Nanofiltrasi (NF-01)

ARUS	INPUT (kJ)	OUTPUT (kJ)
ΔH_7	27.253.580,249	
ΔH_{11}		24.449.182,945
ΔH_{12}		2.804.397,304
Jumlah	27.253.580,249	27.253.580,249

2.5 Tata Letak Pabrik dan Peralatan

2.5.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi daerah proses dan utilitas, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, perkantoran, area perluasan pabrik dan bangunan-bangunan pendukung lainnya. Tata letak pabrik dalam hal ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik menjadi efisien dan kelancaran proses terjamin. Jadi, dalam penentuan tata letak pabrik harus diperhatikan penempatan alat-alat produksi sehingga keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan terpenuhi. Selain peralatan yang tercantum di

dalam diagram alir proses, beberapa bangunan fisik yang lain seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, fire safety, pos penjagaan dan sebagainya sebaiknya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu.

Berikut ini adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah :

1. Perluasan pabrik dan kemungkinan penambahan bangunan

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak awal sehingga masalah yang berhubungan dengan tempat tidak timbul di masa yang akan datang. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk digunakan sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan pabrik untuk menambah kapasitas pabrik maupun mengolah produknya menjadi produk lain.

2. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan bahaya kebakaran, ledakan, asap, api atau gas yang beracun harus benar-benar diperhatikan di dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu, diperlukan peralatan-peralatan pemadam kebakaran di sekitar lokasi yang berbahaya tadi. Tangki penyimpanan bahan baku atau unit-unit lain yang mudah meledak harus diletakkan di area khusus dan perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya.

3. Luas lahan yang tersedia

Harga tanah menjadi hal yang membatasi kemampuan penyediaan lahan. Pemakaian tempat disesuaikan dengan lahan yang tersedia. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruang sehingga peralatan tertentu diletakkan di atas peralatan yang lain ataupun jumlah lantai ruangan diatur sedemikian rupa dengan tujuan menghemat tempat.

4. Instalasi dan utilitas

Perancangan dan distribusi gas, udara, steam, dan listrik yang baik akan memudahkan pekerjaan. Penempatan peralatan proses hendaknya diatur sedemikian rupa supaya petugas dapat dengan mudah mencapainya sehingga kelancaran proses dan perawatan lebih mudah.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama sebagai berikut :

a. Daerah administrasi, perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol

Daerah administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendali proses, kualitas, dan kuantitas bahan baku yang akan diproses serta produk yang akan dijual.

b. Daerah proses

Daerah proses merupakan tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat berlangsungnya proses.

c. Daerah pergudangan, bengkel, dan garasi

Gudang peralatan, bengkel, garasi, gudang penampungan produk dan tempat berdirinya tangki-tangki bahan baku.

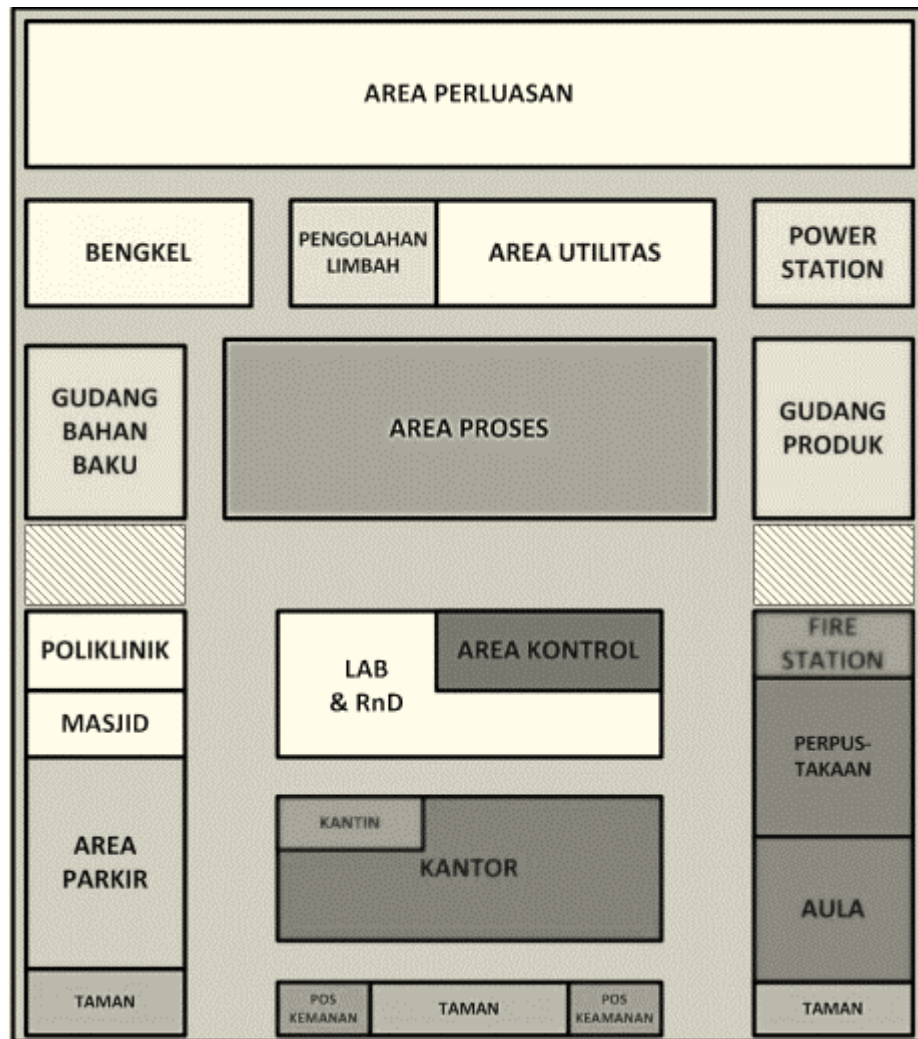
d. Daerah Utilitas

Lokasi pemusatan sarana pendukung proses seperti: penyediaan air, penyediaan steam, pembangkit tenaga listrik dan unit pengolahan limbah. Untuk pabrik precipitated silica ini, daftar bangunan beserta luasnya dapat dilihat dari Tabel 2.13.

Tabel 2.13. Rincian Luas Bangunan Pabrik

Bangunan	Luas (m ²)
Pos keamanan	74
Kantor	1.200
Masjid	200
Poliklinik	200
Kantin dan Koperasi	250
Perpustakaan	600
Aula	650
Ruang <i>control</i>	1.000
Laboratorium	2.000
Bengkel	1.200
Gudang	3.500
Area proses	5.000
Area parkir	900
Area utilitas	1.500
Area pengolahan limbah	1.000
<i>Fire station</i>	150
Power station	300
Taman dan jalan	2.300
Area perluasan	2.976
Bengkel	200
Jumlah	25.000

Pada prarancangan pabrik *precipitated silica* ini tata letak ruang pabrik dapat dilihat pada Gambar 2.1. sebagai berikut:



Gambar 2.1. Tata Letak Pabrik

2.5.2 Tata Letak Peralatan

Tata letak peralatan proses adalah tempat kedudukan alat-alat yang dipergunakan dalam proses produksi. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa dengan tujuan :

1. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
2. Penggunaan luas lahan menjadi efektif
3. Biaya material handling menjadi rendah

Hal ini akan menyebabkan terhindarnya pengeluaran untuk capital yang tidak penting. Jika tata letak peralatan proses dilakukan sedemikian rupa sehingga urutan

produksi menjadi lancar, maka perusahaan tidak perlu membeli alat angkut yang akan menambah biaya operasional.

Dalam menentukan tata letak peralatan proses pada pabrik precipitated silica, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

a. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu diperhatikan elevasi pipa, untuk pipa di atas tanah sebaiknya dipasang pada ketinggian 3 meter atau lebih, sedangkan pemipaan dan permukaan tanah perlu diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

b. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat menyebabkan akumulasi zat/bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Arah hembusan angin juga perlu diperhatikan.

c. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai, terutama untuk tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu diberi penerangan tambahan.

d. Lalu lintas manusia dan barang

Dalam perancangan, tata letak peralatan proses perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat. Jika terjadi gangguan pada alat proses dapat diperbaiki dengan cepat. Keamanan pekerja selama bekerja pun perlu mendapat perhatian.

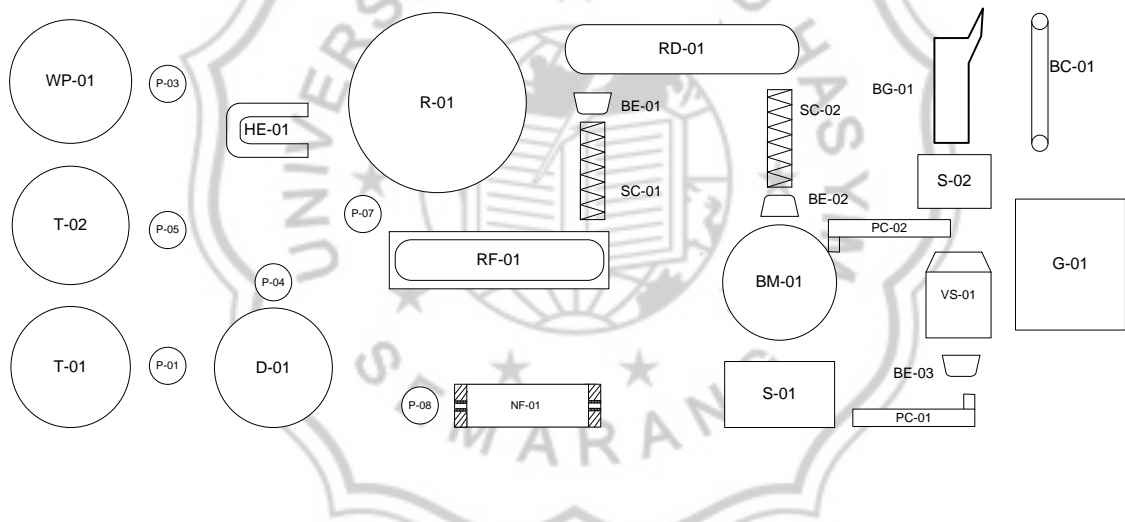
e. Pertimbangan ekonomi

Dalam perancangan alat-alat proses perlu diusahakan supaya dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik yang akhirnya akan memberi keuntungan dari segi ekonomi.

f. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses yang lain. Apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses yang lainnya.

Pada pra rancangan pabrik precipitated silica ini tata letak peralatan proses dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2. Tata Letak Peralatan Proses