

## BAB II DESKRIPSI PROSES

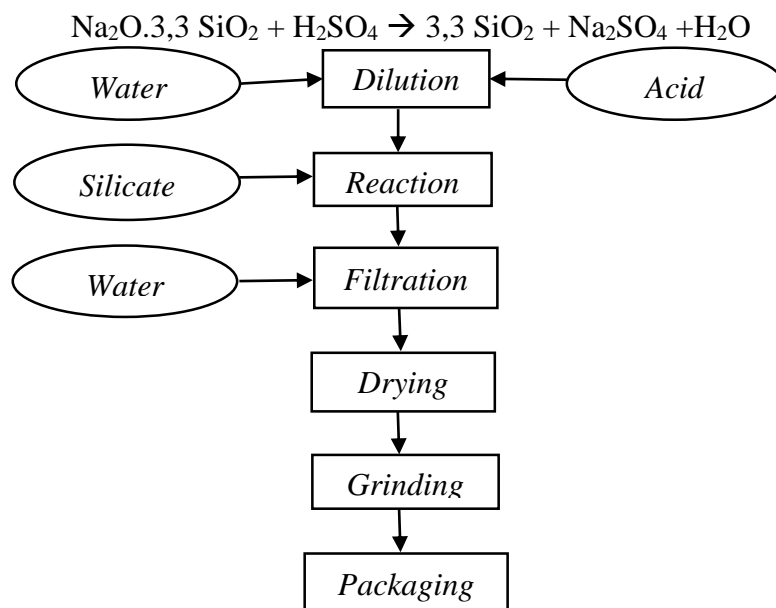
### 2.1 Perancangan Proses Produksi

#### 2.1.1 Jenis-jenis Proses Produksi

- A. Pembuatan *Precipitated Silica* ( $\text{SiO}_2$ ) dari Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3,3 \text{SiO}_2$ ) dan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Proses pembuatan *precipitated silica* dari natrium silikat yaitu dengan mereaksikan natrium silikat dengan asam sulfat pada suhu  $82,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Penambahan asam sulfat akan terjadi peningkatan derajat keasaman dari larutan alkali silikat yang disusul dengan pembentukan kristal *precipitated silica*. Presipitasi umumnya dilakukan dengan mencampur dua larutan reaktan dalam tangki berpengaduk secara cepat untuk mencapai kondisi yang lewat jenuh (*highly supersaturated system*).

Presipitasi terdiri dari tiga tahap utama yaitu tercapainya kondisi lewat jenuh, pembentukan inti kristal dan pertumbuhan kristal hingga ukuran tertentu. Proses produksi *precipitated silica* secara umum terdiri dari presipitasi, filtrasi, pengeringan, penggilingan. Konversi reaksi yang dihasilkan mencapai 85% (DE Patent No. 1767332C3, 1968). Reaksi pembentukan *precipitated silica* pada proses ini yaitu:

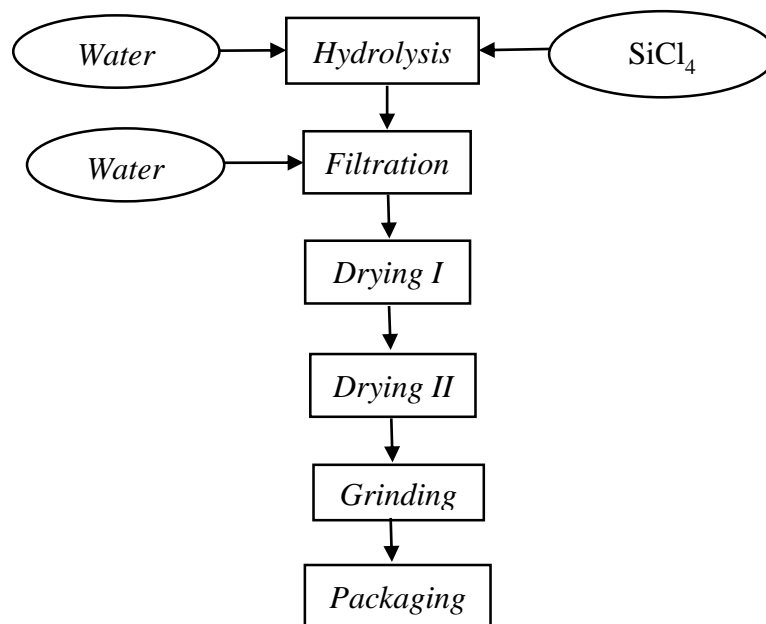
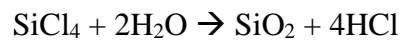


**Gambar 2.1** Blok Diagram Proses Produksi *Precipitated Silica* dari Natrium Silikat dan Asam Sulfat

B. Pembuatan *Precipitated Silica* ( $\text{SiO}_2$ ) dari Silikon Tetraklorida ( $\text{SiCl}_4$ ) dan Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )

Proses pembuatan *precipitated silica* pada proses ini yaitu menghidrolisis silikon tetraklorida ( $\text{SiCl}_4$ ). Silikon tetraklorida sebagai bahan baku utama pada proses ini memerlukan kemurnian yang tinggi yaitu sebesar 99%. Hidrolisis silikon tetraklorida dilakukan pada suhu  $60\text{ }^\circ\text{C}$ . Ketika proses hidrolisis berakhir, produk kristal yang terbentuk akan dipisahkan dari campuran reaksi dengan filtrasi.

Produk hidrolisis ini kemudian dicuci dengan air dan silika kristalin yang diperoleh akan dikeringkan. Pengeringan dilakukan dalam dua tahap yaitu, pada suhu  $120\text{ }^\circ\text{C}$  kemudian pada suhu  $650\text{ }^\circ\text{C}$ . Konversi reaksi yang dihasilkan mencapai 43 % (US Patent No. 4.738.839, 1988). Reaksi pada proses ini adalah:



**Gambar 2.2** Blok Diagram Proses Produksi *Precipitated Silica* dari Silikon Tetraklorida dan Air

### 2.1.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian kedua proses di atas, maka kemudian dilakukan pemilihan proses mana yang terbaik untuk diaplikasikan. Pemilihan kedua proses tersebut dilakukan berdasarkan perbandingan berbagai parameter meliputi teknis, ekonomi dan lingkungan. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Pemilihan Proses Produksi *Precipitated Silica*

| No | Parameter              | Proses I<br>(DE Patent No.<br>1767332C3, 1968)                              | Proses II<br>(US Patent No.<br>4.738.839, 1988) |
|----|------------------------|---|---|
| 1. | Teknis                 |   |   |
|    | a. Bahan baku          | $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3,3 \text{SiO}_2$<br>dan $\text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{SiCl}_4$ dan $\text{H}_2\text{O}$        |
|    | b. Temperatur          | 82,5 °C   | 60 °C   |
|    | c. Konversi            | 85 %  | 43 %  |
|    | d. Yield               | 65 %  | 35 %  |
|    | e. Tekanan             | 1 atm   | 1 atm   |
| 2. | Ekonomi                |   |   |
|    | Harga natrium silikat  | Rp. 7.000,-   | Rp. 655.000,-                                   |
|    | Harga asam sulfat      | Rp. 5.100,-   | Rp. 5.100,-                                     |
| 3. | Lingkungan             |   |   |
|    | Limbah yang Dihasilkan | $\text{Na}_2\text{SO}_4$ dan $\text{H}_2\text{O}$                           | HCl   |

Pra-rancangan pabrik *precipitated silica* dari natrium silikat dan asam sulfat yang akan didirikan menggunakan proses I, dengan pertimbangan yaitu konversi produk yang dihasilkan lebih tinggi, bahan baku yang digunakan tersedia di Indonesia dan lebih murah, serta limbah yang dihasilkan berbentuk air dan garam, sehingga mudah dalam penaggulangnya.

## 2.2 Deskripsi Proses

Proses pembuatan *precipitated silica* dari natrium silikat dan asam sulfat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

### 2.2.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku natrium silikat dengan kemurnian 60 % diumpankan menggunakan pompa menuju *heater* dengan tujuan untuk memanaskan larutan

natrium silikat hingga mencapai suhu 82,5 °C sesuai dengan kondisi operasi reaktor. Selanjutnya larutan natrium silikat yang telah dipanaskan dialirkan menuju reaktor. Bahan baku asam sulfat 98 % dari tangki penyimpanan dialirkan menuju *mixer* yang kemudian diencerkan dengan air hingga konsentrasi larutan asam sulfat mencapai 55,5 %. Larutan asam sulfat 55,5 % tersebut kemudian dipompakan menuju *heater* dengan tujuan untuk memanaskan larutan asam sulfat hingga mencapai suhu 82,5 °C sesuai dengan kondisi operasi reaktor.

### 2.2.2 Tahap Reaksi

Bahan baku utama berupa larutan natrium silikat direaksikan dengan asam sulfat 55,5 % di dalam reaktor. Adapun reaktor yang digunakan yaitu jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Reaktor bekerja pada tekanan 1 atm dan suhu 82,5 °C. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, maka perlu digunakan air pendingin yang berfungsi untuk menjaga suhu operasi agar tetap pada batas suhu yang diinginkan. Produk keluaran dari reaktor kemudian diumpankan melalui pompa menuju *rotary drum filter* untuk proses pemisahan.

### 2.2.3 Tahap Pemisahan dan Pengeringan

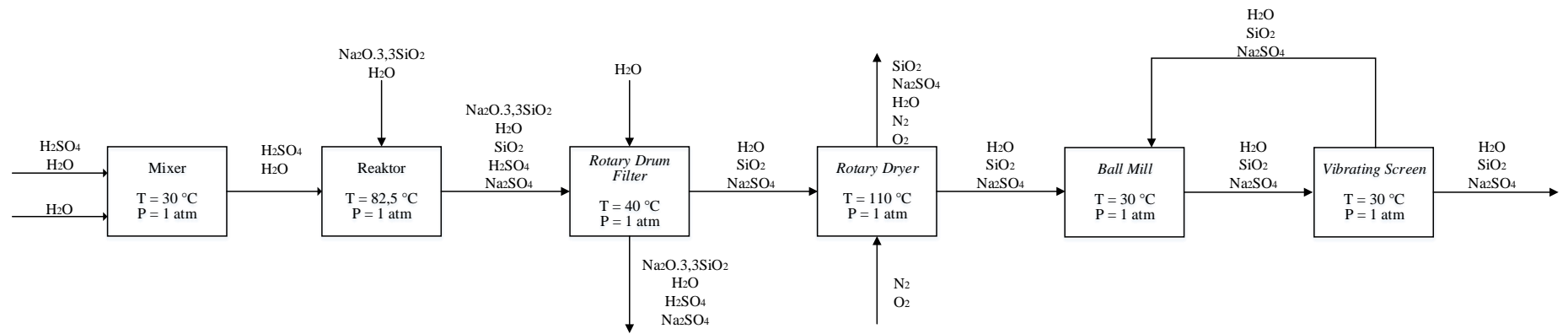
Produk yang dihasilkan dari reaktor yaitu berupa *slurry* dialirkan terlebih dahulu ke dalam *cooler* untuk didinginkan menjadi suhu 40 °C. Selanjutnya *slurry* dialirkan menuju *rotary drum filter* untuk dilakukan proses pemisahan antara padatan (*cake*) dan cairan (filtrat). Produk utama yaitu *precipitated silica* akan tertahan dalam *rotary drum filter* dalam bentuk *cake*, sedangkan filtratnya berupa larutan natrium sulfat dan air akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah. Setelah itu *cake* diangkat dengan *screw conveyor* menuju *rotary dryer* untuk pengeringan. Proses pengeringan ini menggunakan udara panas yang diperoleh dari udara yang telah dipanaskan menggunakan *heater* dengan media pemanas *steam*. *Rotary dryer* tersebut dilengkapi dengan siklon untuk memisahkan *precipitated silica* yang terbawa oleh gas dari keluaran *rotary dryer*.

#### 2.2.4 Tahap Grinding

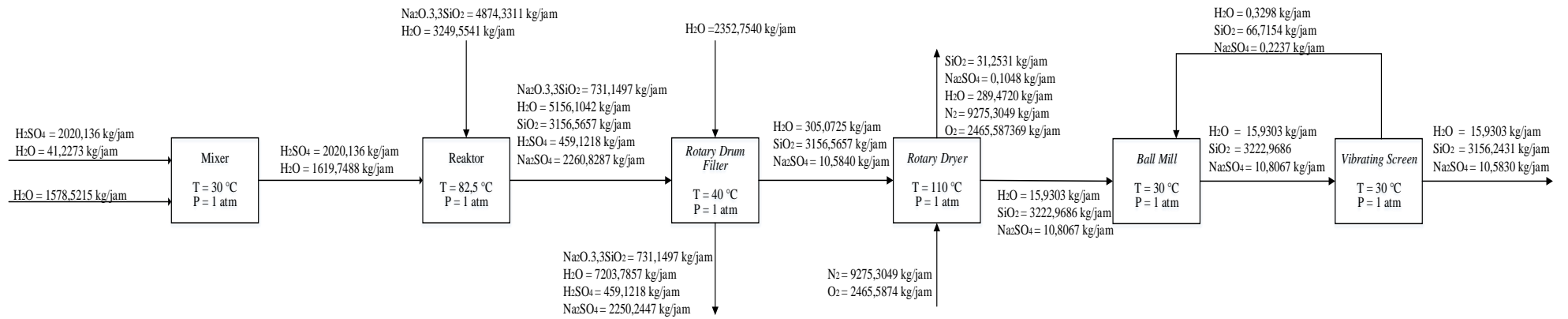
*Precipitated silica* dari *rotary dryer* kemudian dibawa menggunakan *cooling conveyor* untuk menurunkan suhu produk sebelum masuk menuju *ball mill* untuk dihaluskan. Produk *precipitated silica* keluaran dari *ball mill* dibawa menuju *vibrating screen* menggunakan *screw conveyor* dan *bucket elevator*. *Vibrating screen* berfungsi untuk memisahkan produk *precipitated silica* sesuai ukuran yang dikehendaki yaitu 200 mesh. Produk *precipitated silica* yang belum memenuhi spesifikasi dikembalikan lagi menuju *ball mill* untuk dihaluskan kembali. Sedangkan produk yang telah memenuhi spesifikasi dibawa menuju silo menggunakan *bucket elevator*.

## 2.3 Diagram Alir Proses

### 2.3.1 Diagram Alir Kualitatif



### 2.3.2 Diagram Alir Kuantitatif



**PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM (P&ID)**  
**PRA-RANCANGAN PABRIK PRECIPITATED SILICA DARI NATRIUM SILIKAT DAN ASAM SULFAT**  
**DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN**

ST-01 Tangki Natrium Silikat  
 ST-02 Tangki Asam Sulfat

M-01 Mixer  
 E-01 Heater 1  
 R-01 Reaktor

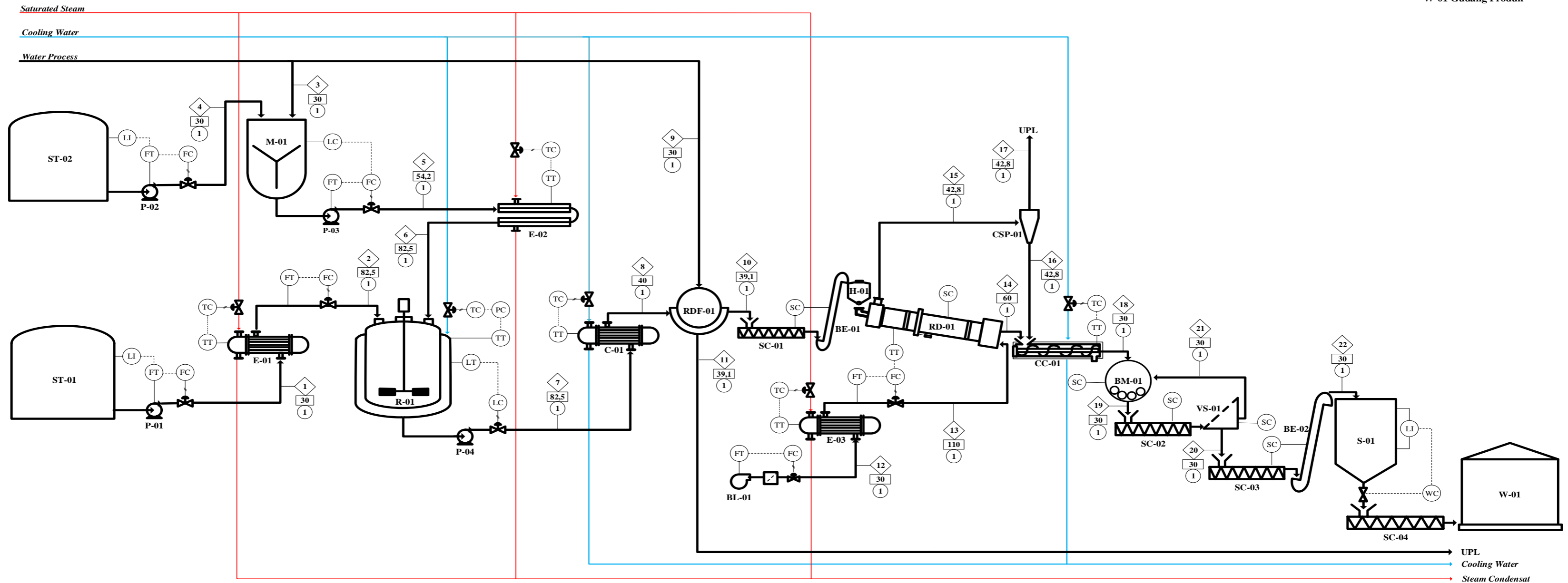
E-02 Heater 2  
 C-01 Cooler  
 RDF-01 Rotary Drum Filter

SC-01 Screw Conveyor 1  
 BW-01 Blower  
 E-03 Heater 3

H-01 Hopper  
 RD-01 Rotary Dryer  
 CSP-01 Cyclone

CC-01 Cooling Conveyor  
 BM-01 Ball Mill  
 SC-02 Screw Conveyor 2  
 VS-01 Vibrating Screen

SC-03 Screw Conveyor 3  
 BE-02 Bucket Elevator 2  
 S-01 Silo  
 SC-04 Screw Conveyor 4  
 W-01 Gudang Produk



| Komponen                             | Neraca Massa (kg/jam) |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
|                                      | Aliran 1              | Aliran 2  | Aliran 3  | Aliran 4  | Aliran 5  | Aliran 6  | Aliran 7  | Aliran 8  | Aliran 9  | Aliran 10 | Aliran 11 | Aliran 12 | Aliran 13 | Aliran 14 | Aliran 15 | Aliran 16 | Aliran 17 | Aliran 18 | Aliran 19 | Aliran 20 | Aliran 21 | Aliran 22 |         |
| Na <sub>2</sub> O,3 SiO <sub>2</sub> | 4874,3311             | 4874,3311 |           |           |           |           | 731,1497  | 731,1497  |           |           | 731,1497  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>       |                       |           |           | 2020,136  | 2020,136  | 2020,136  | 459,1218  | 459,1218  |           |           | 459,1218  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |
| SiO <sub>2</sub>                     |                       |           |           |           |           |           | 3156,5657 | 3156,5657 |           |           | 3156,5657 |           |           | 3125,3125 | 31,2531   | 30,9406   | 0,3125    | 3156,2531 | 3222,9686 | 3156,2531 | 66,7154   | 3156,2531 |         |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>      |                       |           |           |           |           |           | 2260,8287 | 2260,8287 |           |           | 10,5840   | 2250,2447 |           |           | 10,4792   | 0,1048    | 0,1037    | 0,0010    | 10,5830   | 10,8067   | 10,5830   | 0,2237    | 10,5830 |
| H <sub>2</sub> O                     | 3249,5541             | 3249,5541 | 1578,5215 | 41,2273   | 1619,7488 | 1619,7488 | 5156,1042 | 5156,1042 | 2352,7540 | 305,0725  | 7203,7857 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |         |
| N <sub>2</sub>                       |                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 9275,3049 | 9275,3049 |           |           | 9275,3049 |           | 9275,3049 |           |           |           |           |           |         |
| O <sub>2</sub>                       |                       |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 2465,5874 | 2465,5874 |           |           | 2465,5874 |           | 2465,5874 |           |           |           |           |           |         |
| Sub Total                            | 8123,8851             | 8123,8851 | 1578,5215 | 2061,3634 | 3639,8849 | 3639,8849 | 11763,770 | 11763,770 | 2352,7540 | 3472,2222 | 10644,302 | 11740,892 | 11740,892 | 3151,3923 | 12061,722 | 31,0443   | 12030,678 | 3182,4367 | 3249,7056 | 3182,4367 | 67,2689   | 3182,4367 |         |
| P (atm)                              | 1                     | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         |         |
| T (°C)                               | 30                    | 82,5      | 30        | 82,5      | 54,2      | 82,5      | 82,5      | 82,5      | 40        | 30        | 39,1      | 39,1      | 30        | 110       | 60        | 42,8      | 42,8      | 42,8      | 30        | 30        | 30        | 30        |         |

| KETERANGAN |                    |
|------------|--------------------|
| ST         | Storage Tank       |
| M          | Mixer              |
| E          | Heater             |
| R          | Reaktor            |
| C          | Cooler             |
| RDF        | Rotary Drum Filter |
| SC         | Screw Conveyor     |
| BE         | Bucket Elevator    |
| BL         | Blower             |
| RD         | Rotary Dryer       |
| CSP        | Cyclone            |
| CC         | Cooling Conveyor   |
| BM         | Ball Mill          |
| VS         | Vibrating Screen   |
| S          | Silo               |
| P          | Pompa              |
| H          | Hopper             |
| W          | Gudang Produk      |

| KETERANGAN |                         |
|------------|-------------------------|
| LI         | Level Indicator         |
| LT         | Level Transmitter       |
| FT         | Flow Transmitter        |
| FC         | Flow Control            |
| TT         | Temperature Transmitter |
| TC         | Temperature Control     |
| SC         | Speed Control           |
| WC         | Weight Control          |

| SIMBOL |                          |
|--------|--------------------------|
| ◇      | Nomor Arus               |
| □      | Temperatur (°C)          |
| ○      | Tekanan (atm)            |
| —      | Pipa                     |
| —○—    | Pneumatic Signal         |
| —□—    | Electrical Analog Signal |

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**  
**PONTIANAK**

*Piping and Instrument Diagram (P&ID)*  
 Pra-Rancangan Pabrik Precipitated Silica dari Natrium Silikat dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 25.000 Ton/Tahun

Oleh:

1. Gayu Ika Putri      NIM D1121171015  
 2. Kresentia Eva Oktavia      NIM D1121171022

Dosen Pembimbing:

1. Wivina Diah Ivontianti, S.Si., M.Eng.  
 2. Rinjani Ratih Rakasiwi, S.T., M.T.



## 2.4 Basis Perancangan

Kapasitas perancangan = 25.000 ton/tahun

Waktu operasi dalam satu tahun = 330 hari

Basis = 1 jam

Sehingga,

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produksi} &= \frac{25.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 3.156,5657 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$