



## BAB II

### DESKRIPSI PROSES

#### 2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Proses

##### 2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku

###### a. Glukosa

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Rumus molekul           | : $C_6H_{12}O_6$         |
| Berat molekul           | : 180,16 g/mol           |
| Densitas                | : 1,54 g/cm <sup>3</sup> |
| <i>Specific gravity</i> | : 1,28646                |
| Komposisi               |                          |
| Glukosa                 | : 90%                    |
| H <sub>2</sub> O        | : 10%                    |

(Chen and Chou, 1993)

###### b. Asam Nitrat

|                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Bentuk           | : Cair                    |
| Warna            | : Bening (tidak berwarna) |
| Rumus molekul    | : HNO <sub>3</sub>        |
| Berat jenis      | : 1,51 g/cc               |
| Titik didih      | : 86°C                    |
| Titik lebur      | : -42°C                   |
| Panas pembakaran | : -41,53 kkal/mol         |
| Komposisi        |                           |
| Asam nitrat      | : 65%                     |
| H <sub>2</sub> O | : 35%                     |

(PT Multi Nirotama Kimia)

##### 2.1.2. Spesifikasi Produk

###### Asam Oksalat Dihidrat

|               |                           |
|---------------|---------------------------|
| Rumus molekul | : $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ |
| Berat molekul | : 126,07 kg/kmol          |



|  |                        |
|--|------------------------|
| Kenampakan                                       | : Kristal putih halus  |
| Kadar  | : 99%                  |
| Kelarutan  | : 120 g/100 mL (100°C) |
| Densitas   | : 1,653 g/ml           |
| Index reaktif, $n_D^{20}$                        | : 1,475                |
| Panas pembakaran, $\Delta H_f(18^\circ\text{C})$ | : -1442 kJ/mol         |
| Titik lebur                                      | : 101-102°C            |

(Krik and Othmer,1994)

## 2.2. Konsep Dasar

### 2.2.1. Dasar Reaksi

Glukosa akan masuk ke dalam reaktor. Sebelumnya reaktor telah mengalami pemanasan hingga suhu mencapai 71°C. Lalu, asam nitrat ditambahkan secara perlahan kedalam reaktor. Setelah terjadi reaksi, produk berupa asam oksalat akan mengalami proses pengkristalan di dalam *crystallizer*. Proses kristalisasi dilakukan 2 tahap. Tujuannya yaitu untuk menghasilkan asam oksalat dihidrat dengan kemurnian yang lebih tinggi. Masing-masing keluaran *crystallizer* akan masuk ke dalam *centrifuge* untuk memisahkan asam oksalat dengan *mother liquor*. *Mother liquor* tersebut akan di *recycle* kembali ke dalam *mixed tank* dan bercampur dengan glukosa pada tahap awal proses. Proses pengeringan kristal asam oksalat dihidrat dilakukan dalam *rotary dryer*.

Reaksi oksidasi antara glukosa dan asam nitrat adalah sebagai berikut:



### 2.2.2. Kondisi Operasi

Pembentukan asam oksalat dihidrat dengan mereaksikan antara glukosa dengan asam nitrat menghasilkan reaksi yang bersifat eksotermis *reversible*, dimana penurunan konstanta kesetimbangan ditunjukkan akibat dari kenaikan suhu. Suhu operasi pembentukan asam oksalat dihidrat yaitu 71°C dengan tekanan 1,013 bar.



### 2.2.3. Tinjauan Kinetika

#### 1. Reaksi Oksidasi

Ditinjau dari segi kinetika dapat dilihat melalui hubungan antara kecepatan reaksi dengan suhu, kecepatan reaksi akan bertambah saat suhu dinaikan. Hal ini dapat dilihat dari persamaan *Arrhenius* dibawah ini:

$$k = Ae^{-E/RT} \quad \dots(2.2)$$

dimana,

$k$  = konstanta kecepatan reaksi

$A$  = faktor eksponensial

$E$  = energi aktivasi

$R$  = konstanta gas umum

$T$  = temperatur absolut

Besar kecilnya kecepatan reaksi dipengaruhi oleh harga  $k$ , dengan persamaan berikut ini:



$$\text{Sehingga} : r = k \cdot C_A \cdot C_B - k' \cdot C_C \cdot C_D \quad \dots(2.4)$$

Kecepatan reaksi secara keseluruhan dapat dilihat dari persamaan dibawah ini, dengan menganggap kecepatan reaksinya atau harga  $k$  kecil. Hal ini terjadi karena besarnya jumlah mol B yang direaksikan. Persamaannya yaitu:

$$r \approx k \cdot C_A \cdot C_B \quad \dots(2.5)$$

Dibawah ini merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi harga  $k$  dalam pembuatan asam oksalat, antara lain:

##### a. Temperature

Berdasarkan hukum *Arrhenius*, bahwa suhu yang tinggi akan meningkatkan kecepatan reaksi dan memperbesar harga  $k$ . Namun, hal tersebut juga harus diperhatikan, karena suhu yang terlalu tinggi akan menguraikan asam oksalat sehingga berkurangnya jumlah asam oksalat yang dihasilkan. Sehingga suhu operasi dalam reaksi pembentukan asam oksalat harus tetap dijaga agar tetap stabil atau tetap berada dalam batas suhu dari asam oksalat yang telah ditetapkan, dalam kata lain suhu dibawah ambang batas asam oksalat dapat terurai. (Wertheim, 1951)



#### b. Konsentrasi

Konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan molekul atau atom tumbukan yang terkandung semakin banyak, sehingga kecepatan reaksinyapun semakin cepat. Nilai konsentrasi yang tinggi akan menghasilkan harga  $r$  yang besar.

#### c. Tingkat pencampuran

Untuk meningkatkan homogenitas campuran atau memperbesar faktor tumbukan dalam pembuatan asam oksalat, maka dibutuhkan sebuah reaktor yang dirancang atau dilengkapi dengan pengaduk. Pengaduk ini berfungsi sebagai alat pembantu dalam proses homogenitas suatu campuran dengan tingkat pencampuran yang baik.

### 2.2.4. Tinjauan Termodinamika

#### 1. Reaksi Oksidasi

Reaksi pembuatan asam oksalat yang terjadi adalah sebagai berikut:



$\Delta G$  dan  $\Delta H$  yang terjadi pada reaksi berikut adalah :



$$\Delta G = -RT \ln K \quad \dots(2.8)$$

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = - \frac{\Delta H_r}{RT^2} \quad \dots(2.9)$$

Keterangan :

$\Delta G^\circ$  = Energi bebas gibbs standar ( $T = 298\text{K}$ ) = kkal/mol

$\Delta H_r$  = Panas reaksi = kkal/mol

$K$  = Konstanta kesetimbangan

$T$  = Temperatur =  $71^\circ\text{C}$

$R$  = Tetapan gas = 1,987 kkal/mol.K


 Tabel 2.1 Data  $\Delta G$  dan  $\Delta H$  masing – masing komponen (Perry's, 1999)

| Komponen       | $\Delta G^\circ_{289}$ (kKal/mol) | $\Delta H^\circ_f$ (kKal/mol) |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$ | -217.6                            | -304.7323                     |
| $HNO_3$        | -19.1                             | -41.6109                      |
| $C_2H_2O_4$    | -166.81                           | -197.7055                     |
| $NO$           | 20.69                             | 21.5703                       |
| $H_2O$         | -56.687                           | -68.315                       |

$$\begin{aligned}
 \Delta H_r &= \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan} \\
 &= ((3 \times -197,7055) + (6 \times 21,5703) + (6 \times (-68,315))) - ((-304,7323) + (6 \times -41,5703)) \\
 &= -319,187 \text{ kKal/mol}
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa harga *enthalpy* pembentukan negatif, hal tersebut berarti reaksi bersifat eksotermis.

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ_f &= \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan} \\
 &= ((3 \times -166,81) + (6 \times 20,69) + (6 \times -56,687)) - ((-217,6) + (6 \times -19,10)) \\
 &= -384,182 \text{ kkal/mol}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan (2.2) dapat dicari konstanta kesetimbangan pada  $T = 298$  K

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K1$$

$$K1 = \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right)$$

$$K1 = \exp\left(\frac{-384,182}{1,987 \times 298}\right)$$

$$K1 = \exp^{(0,6842)}$$

$$K1 = 1,9133$$

Masuk dalam persamaan (2.3)

$$\frac{d(\ln K1)}{dT} = \frac{-\Delta H_r}{RT^2}$$

$$\int_{K1}^K d \ln K = \int_{T1}^{T2} -\frac{\Delta H_r}{RT^2} dT$$



$$\frac{\ln K}{K1} = -\frac{\Delta H_r}{R} \left( \frac{1}{T2} - \frac{1}{T1} \right)$$

$$\frac{\ln K}{K1} = -\frac{319,187}{1,987} \left( \frac{1}{344} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\frac{\ln K}{1,9133} = 0,0720$$

$$\ln K = 0,13834$$

$$K = e^{0,12834}$$

$$K = 1,148$$

Kesetimbangan reaksi untuk reaksi pembentukan asam oksalat adalah :

$$K = \frac{[C_2H_2O_4]^3 [NO]^6 [H_2O]^6}{[C_6O_{12}O_6] [HNO_3]^6}$$

Dapat diambil kesimpulan dari harga  $K \approx 1$  berarti reaksi bolak-balik.

#### 2.2.5. Perbandingan Mol Reaktan

Perbandingan mol reaktan pada pembuatan asam oksalat dihidrat dengan bahan baku glukosa dan asam nitrat adalah 1 : 6 (US Patent 2,057,119).

### 2.3. Tahap proses

Berikut ini merupakan tahap proses dalam pembentukan asam oksalat dihidrat dari bahan baku glukosa dan asam nitrat dengan reaksi yang bersifat eksotermis, yaitu:

#### 2.3.1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku glukosa disimpan dalam tangki penyimpanan. Tangki penyimpanan glukosa dirancang dengan kapasitas penyimpanan untuk persiapan pasediaan glukosa selama 15 hari dengan kondisi operasi pada suhu kamar, tangki penyimpanan glukosa berjumlah 1 buah. Selanjutnya, glukosa dipompa menuju *mixed tank* dan bercampur dengan hasil samping dan masuk reaktor sebagai umpan.

Bahan baku berupa asam nitrat disimpan dalam tangki penyimpanan dengan kapasitas tangki yang dirancang untuk persediaan asam nitrat selama 15 hari. Selanjutnya asam nitrat dipompa menuju reaktor sebagai umpan.





Katalis berupa vanadium pentoksida dari hasil *recycle* evaporator akan menuju *mixed tank* dan menjadi umpan reaktor.

Penyimpanan bahan baku berada pada kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1,013 bar.

### 2.3.2. Tahap Reaksi

Bahan baku berupa asam nitrat keluar dari tangki penyimpanan. Asam nitrat yang keluar dari tangki penyimpanan dipompa ke reaktor untuk direaksikan dengan glukosa yang keluar dari *mixed tank* dan cairan induk (*mother liquor*) yang keluar dari hasil bawah evaporator. Selain sisa reaktan, cairan induk yang keluar dari evaporator terdiri dari  $V_2O_5$  (vanadium pentoksida) yang digunakan sebagai katalis reaksi. Kondisi operasi reaktor pada suhu 71°C dan tekanan 1,013 bar.

Hasil reaksi berupa gas  $NO$  akan keluar melalui pipa pembuangan. Hasil reaksi sebagai produk reaktor yang berupa asam oksalat dan impuritas dialirkan menuju evaporator hingga akhirnya terakhir menjadi produk pada arus keluar *rotary dryer*.

### 2.3.3. Tahap Pengkristalan Asam Oksalat

Asam oksalat yang keluar dari reaktor dimasukan ke evaporator untuk memisahkan asam oksalat dengan sisa reaktan dan *mother liquor*. Kemudian asam oksalat masuk ke dalam *crystallizer* 1 untuk mengkristalkan asam oksalat menjadi asam oksalat dihidrat. Tipe *crystallizer* yang digunakan adalah *swensons walker crystallizer*. Kemudian campuran asam oksalat dihidrat dan cairan induk dipisahkan dengan menggunakan *centrifuge* 1. Untuk mendapatkan kemurnian asam oksalat yang tinggi, hasil kristal asam oksalat dicuci dengan  $H_2O$  didalam tangki *redissolving*. Kemudian hasil produk dari tangki *redissolving* dikristalkan kembali menggunakan *crystallizer* 2, lalu kemudian dipisahkan lagi dari cairan induknya menggunakan *centrifuge* 2. Sedangkan untuk cairan induk dimasukan lagi ke dalam evaporator 2.

### 2.3.4. Tahap Pengeringan Asam Oksalat Dihidrat

Kristal asam oksalat dihidrat ( $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) yang keluar dari *centrifuge* 2 diumpankan ke *rotary dryer* dengan menggunakan *belt conveyor* untuk



dikeringkan. Pada *rotary dryer* digunakan udara panas suhu 120 °C yang telah dipanaskan menggunakan *heat exchanger*. Udara yang keluar dari *rotary dryer* masih sedikit mengandung asam nitrat, sehingga dimasukkan ke unit pengolahan limbah.

### 2.3.5 Tahap Pengemasan Asam Oksalat Dihidrat

Kristal  $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$  yang telah kering diangkut menggunakan *bucket elevator* kemudian dibawa ke silo produk. Selanjutnya dilakukan pengemasan di unit pengemasan (gudang).

## 2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas

### 2.4.1 Neraca Massa

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| Kemurnian produk             | : Asam Oksalat Dihidrat 99% |
| Kapasitas perancangan        | : 18.000 ton / tahun        |
| Waktu operasi selama 1 tahun | : 330 hari                  |
| Waktu operasi selama 1 hari  | : 24 jam                    |
| Basis perhitungan            | : 1 jam operasi             |
| Satuan                       | : kg/jam                    |

Tabel 2.2 *Neraca Massa Mixed Tank*

| Komponen       | Arus Masuk (kg/jam)       |                   | Arus Keluar (kg/jam) |
|----------------|---------------------------|-------------------|----------------------|
|                | <i>Recycle dari EV-02</i> | <i>Fresh Feed</i> |                      |
| $C_6H_{12}O_6$ | 390.274                   | 1078.620          | 1468.894             |
| $H_2C_2O_4$    | 355.500                   | -                 | 355.500              |
| $V_2O_5$       | 0.134                     | -                 | 0.134                |
| $H_2O$         | 477.000                   | 119.847           | 596.847              |
| <b>Total</b>   | <b>2421.374</b>           |                   | <b>2421.374</b>      |





Tabel 2.3 Neraca Massa pada Reaktor

| Komponen       | Arus Masuk<br>(kg/jam) | Arus Keluar<br>(kg/jam) |
|----------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$ | 1468.894               | 394.251                 |
| $H_2C_2O_4$    | 355.500                | 1967.464                |
| $HNO_3$        | 3084.677               | 827.927                 |
| $V_2O_5$       | 0.134                  | 0.134                   |
| $H_2O$         | 2257.827               | 2902.613                |
| NO             | -                      | 1074.643                |
| <b>Jumlah</b>  | <b>7167.032</b>        | <b>7167.032</b>         |

Tabel 2.4 Neraca Massa di Evaporator 01

| Komponen       | Arus Masuk<br>(kg/jam) | Arus Keluar (kg/jam) |             |
|----------------|------------------------|----------------------|-------------|
|                |                        | Hasil Atas           | Hasil Bawah |
| $C_6H_{12}O_6$ | 394.251                | -                    | 394.251     |
| $H_2C_2O_4$    | 1967.464               | -                    | 1967.464    |
| $HNO_3$        | 827.927                | 554.711              | 273.216     |
| $V_2O_5$       | 0.134                  | -                    | 0.134       |
| $H_2O$         | 2902.613               | 1930.237             | 972.375     |
| <b>Jumlah</b>  | <b>6092.389</b>        | <b>6092.389</b>      |             |



Tabel 2.5 Neraca Massa Crystallizer-01

| Komponen                | Arus Masuk<br>(kg/jam) | Arus Keluar (kg/jam) |         |
|-------------------------|------------------------|----------------------|---------|
|                         |                        | Kristal              | Larutan |
| $C_6H_{12}O_6$          | 394.251                | -                    | 394.251 |
| $H_2C_2O_4$             | 1967.464               | -                    | 27.973  |
| $HNO_3$                 | 273.216                | -                    | 273.216 |
| $V_2O_5$                | 0.134                  | -                    | 0.134   |
| $H_2O$                  | 972.375                | -                    | 196.579 |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | -                      | 2715.288             | -       |
| <b>Jumlah</b>           | <b>3607.440</b>        | <b>3607.440</b>      |         |

Tabel 2.6 Neraca Massa di Centrifugal Filter - 01

| Komponen                | Arus Masuk (kg/jam) |                | Arus Keluar (kg/jam) |                  |
|-------------------------|---------------------|----------------|----------------------|------------------|
|                         | Umpan               | Air<br>Pencuci | Kristal              | Mother<br>Liquor |
| $C_6H_{12}O_6$          | 394.251             | -              | 119.991              | 274.260          |
| $H_2C_2O_4$             | 27.973              | -              | 8.514                | 19.459           |
| $HNO_3$                 | 273.216             | -              | 83.154               | 190.062          |
| $V_2O_5$                | 0.134               | -              | 0.041                | 0.093            |
| $H_2O$                  | 196.579             | 2715.288       | 59.829               | 2852.037         |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | 2715.288            | -              | 2715.288             | -                |
| <b>Jumlah</b>           | <b>6322.728</b>     |                | <b>6322.728</b>      |                  |

Tabel 2.7 Neraca Massa di Tangki *Redissolving*

| Komponen                | Arus Masuk (kg/jam) |          | Arus Keluar (kg/jam) |
|-------------------------|---------------------|----------|----------------------|
|                         | Bahan I             | Bahan II |                      |
| $C_6H_{12}O_6$          | 119.991             | -        | 119.9912             |
| $H_2C_2O_4$             | 8.514               | -        | 1948.0048            |
| $HNO_3$                 | 83.154              | -        | 83.1539              |
| $V_2O_5$                | 0.041               | -        | 0.0407               |
| $H_2O$                  | 59.829              | 2361.120 | 3196.7453            |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | 2715.288            | -        | -                    |
| <b>Jumlah</b>           | <b>5347.936</b>     |          | <b>5347.936</b>      |

Tabel 2.8 Neraca Massa di *Crystallizer-02*

| Komponen                | Arus Masuk (kg/jam) | Arus Keluar (kg/jam) |          |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------|
|                         |                     | Kristal              | Larutan  |
| $C_6H_{12}O_6$          | 119.991             | -                    | 119.991  |
| $H_2C_2O_4$             | 1948.005            | -                    | 364.780  |
| $HNO_3$                 | 83.154              | -                    | 83.154   |
| $V_2O_5$                | 0.041               | -                    | 0.041    |
| $H_2O$                  | 3196.745            | -                    | 2563.455 |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | -                   | 2216.515             | -        |
| <b>Jumlah</b>           | <b>5347.936</b>     | <b>5347.936</b>      |          |



Tabel 2.9 Neraca Massa di Centrifugal Filter-02

| Komponen                | Arus Masuk (kg/jam) | Arus Keluar (kg/jam) |                  |
|-------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
|                         | Umpan               | Produk CF-02         | Recycle ke EV-02 |
| $C_6H_{12}O_6$          | 119.991             | 8.493                | 111.498          |
| $H_2C_2O_4$             | 364.780             | 25.820               | 338.959          |
| $HNO_3$                 | 83.154              | 5.886                | 77.268           |
| $V_2O_5$                | 0.041               | 0.003                | 0.038            |
| $H_2O$                  | 2563.455            | 181.449              | 2382.006         |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | 2216.515            | 2216.515             | -                |
| <b>Jumlah</b>           | <b>5347.936</b>     | <b>5347.936</b>      |                  |

Tabel 2.10 Neraca Massa di Evaporator-02

| Komponen       | Arus Masuk (kg/jam) | Arus Keluar (kg/jam) |             |
|----------------|---------------------|----------------------|-------------|
|                |                     | Hasil Atas           | Hasil Bawah |
| $C_6H_{12}O_6$ | 385.758             | -                    | 385.758     |
| $H_2C_2O_4$    | 358.419             | -                    | 358.419     |
| $HNO_3$        | 267.330             | 267.330              | -           |
| $V_2O_5$       | 0.131               | -                    | 0.131       |
| $H_2O$         | 2518.756            | 2040.864             | 477.892     |
| <b>Jumlah</b>  | <b>3530.393</b>     | <b>3530.393</b>      |             |



Tabel 2.11 Neraca Massa di Rotary Dryer

| Komponen                | Arus Masuk<br>(kg/jam) | Arus Keluar (kg/jam) |          |
|-------------------------|------------------------|----------------------|----------|
|                         |                        | Produk               | Gas      |
| $C_6H_{12}O_6$          | 8.493                  | 8.493                | -        |
| $H_2C_2O_4$             | 25.820                 | -                    | -        |
| $HNO_3$                 | 5.886                  | -                    | 5.886    |
| $V_2O_5$                | 0.003                  | 0.003                | -        |
| $H_2O$                  | 181.449                | 11.340               | 159.7808 |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | 2216.515               | 2252.664             | -        |
| <b>Jumlah</b>           | <b>2438.167</b>        | <b>2438.167</b>      |          |

Tabel 2.12 Neraca Massa Total

| Komponen                | Arus Masuk (kg/jam)    |          |         | Arus Keluar (kg/jam)   |          |          |         |          |
|-------------------------|------------------------|----------|---------|------------------------|----------|----------|---------|----------|
|                         | 1                      | 3        | 11      | 4                      | 6        | 12       | 18      | 19       |
| $C_6H_{12}O_6$          | 1078.62                |          |         |                        |          |          |         | 8.493    |
| $H_2C_2O_4$             |                        |          |         |                        |          |          |         |          |
| $H_2O$                  | 119.85                 | 1660.98  | 2361.12 |                        | 1930.237 | 2040.864 | 159.781 | 11.34    |
| $HNO_3$                 |                        | 3084.677 |         |                        | 554.711  | 267.33   | 5.886   |          |
| NO                      |                        |          |         | 1074.643               |          |          |         |          |
| $V_2O_5$                |                        |          |         |                        |          |          |         | 0.003    |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ |                        |          |         |                        |          |          |         | 2252.664 |
| <b>Jumlah</b>           | 1198.47                | 4745.657 | 2361.12 | 1074.643               | 2484.948 | 2308.194 | 165.667 | 2272.5   |
|                         | <b>8305.244 kg/jam</b> |          |         | <b>8305.952 kg/jam</b> |          |          |         |          |



## 2.4.2 Neraca Panas

Tabel 2.13 Neraca Panas pada *Mixed Tank*

| Komponen       | Panas Masuk<br>(kkal/jam) | Panas Keluar<br>(kkal/jam) |
|----------------|---------------------------|----------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$ | 548.139                   | 548.139                    |
| $H_2C_2O_4$    | 518.528                   | 518.528                    |
| $V_2O_5$       | 0.046                     | 0.046                      |
| $H_2O$         | 2991.758                  | 2991.758                   |
| <b>Jumlah</b>  | <b>4058.472</b>           | <b>4058.472</b>            |

Tabel 2.14 Neraca Panas pada Reaktor

| Komponen                | Panas Masuk<br>(kkal/jam) | Panas Keluar<br>(kkal/jam) |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$          | 548.139                   | 1400.621                   |
| $H_2C_2O_4$             | 518.528                   | 27443.006                  |
| $HNO_3$                 | 6482.886                  | 16261.227                  |
| $V_2O_5$                | 0.046                     | 0.421                      |
| $H_2O$                  | 11317.601                 | 133363.742                 |
| NO                      | -                         | 15531.401                  |
| Panas Reaksi            | 1891489.075               | -                          |
| Panas Hilang            | -                         | 175698.756                 |
| Panas Diserap Pendingin | -                         | 1540657.101                |
| <b>Jumlah</b>           | <b>1910356.275</b>        | <b>1910356.275</b>         |





Tabel 2.15 Neraca Panas Pada Evaporator-01

| Komponen       | Panas Masuk (kkal/jam) | Panas Keluar (kkal/jam) |
|----------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$ | 1400.621               | 2197.336                |
| $H_2C_2O_4$    | 27443.006              | 43060.231               |
| $HNO_3$        | 16261.227              | 88524.407               |
| $V_2O_5$       | 0.421                  | 0.647                   |
| $H_2O$         | 133363.742             | 1222724.291             |
| Panas Steam    | 1234911.450            | -                       |
| Panas Hilang   | -                      | 56873.555               |
| <b>Jumlah</b>  | <b>1413380.468</b>     | <b>1413380.468</b>      |

Tabel 2.16 Neraca Panas pada Crystallizer-01

| Komponen                | Panas Masuk (kkal/jam) | Panas Keluar (kkal/jam) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$          | 2197.336               | 147.120                 |
| $H_2C_2O_4$             | 43060.231              | 40.801                  |
| $HNO_3$                 | 8374.491               | 574.202                 |
| $V_2O_5$                | 0.647                  | 0.046                   |
| $H_2O$                  | 68684.787              | 985.372                 |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | -                      | 14061.253               |
| Panas Kristalisasi      | 7684.758               | -                       |
| Panas Diserap Pendingin | -                      | 114193.456              |
| <b>Jumlah</b>           | <b>130002.251</b>      | <b>130002.251</b>       |

Tabel 2.17 Neraca Panas pada *Centrifugal Filter-01*

| Komponen                | Panas Masuk (kkal/jam) | Panas Keluar (kkal/jam) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$          | 147.120                | 147.120                 |
| $H_2C_2O_4$             | 40.801                 | 40.801                  |
| $HNO_3$                 | 574.202                | 574.202                 |
| $V_2O_5$                | 0.046                  | 0.046                   |
| $H_2O$                  | 14596.044              | 14596.044               |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | 2343.542               | 2343.542                |
| <b>Jumlah</b>           | <b>17701.756</b>       | <b>17701.756</b>        |

Tabel 2.18 Neraca Panas pada Tangki *Redissolving*

| Komponen                   | Panas Masuk (kkal/jam) | Panas Keluar (kkal/jam) |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$             | 44.776                 | 321.401                 |
| $H_2C_2O_4$                | 12.418                 | 20472.785               |
| $HNO_3$                    | 174.760                | 1236.008                |
| $V_2O_5$                   | 0.014                  | 0.098                   |
| $H_2O$                     | 12135.267              | 111816.593              |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$    | 2343.542               | -                       |
| Panas Pelarutan            | -                      | 182847.789              |
| Panas Yang Diberikan Steam | 333833.670             | -                       |
| Panas Hilang               | -                      | 31849.774               |
| <b>Jumlah</b>              | <b>348544.448</b>      | <b>348544.448</b>       |

Tabel 2.19 Neraca Panas pada *Crystallizer-02*

| Komponen                | Panas Masuk (kkal/jam) | Panas Keluar (kkal/jam) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$          | 321.401                | 44.776                  |
| $H_2C_2O_4$             | 20472.785              | 532.064                 |
| $HNO_3$                 | 1236.008               | 174.760                 |
| $V_2O_5$                | 0.098                  | 0.014                   |
| $H_2O$                  | 111816.593             | 12849.596               |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | -                      | 1913.056                |
| Panas Kristalisasi      | 6273.141               | -                       |
| Panas Diserap Pendingin | -                      | 124605.7607             |
| <b>Jumlah</b>           | <b>140120.026</b>      | <b>140120.026</b>       |

Tabel 2.20 Neraca Panas pada *Centrifugal Filter-02*

| Komponen                | Panas Masuk (kkal/jam) | Panas Keluar (kkal/jam) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$          | 44.776                 | 44.776                  |
| $H_2C_2O_4$             | 532.064                | 532.064                 |
| $HNO_3$                 | 174.760                | 174.760                 |
| $V_2O_5$                | 0.014                  | 0.014                   |
| $H_2O$                  | 23960.118              | 23960.118               |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | 1913.056               | 1913.056                |
| <b>Jumlah</b>           | <b>26624.788</b>       | <b>26624.788</b>        |



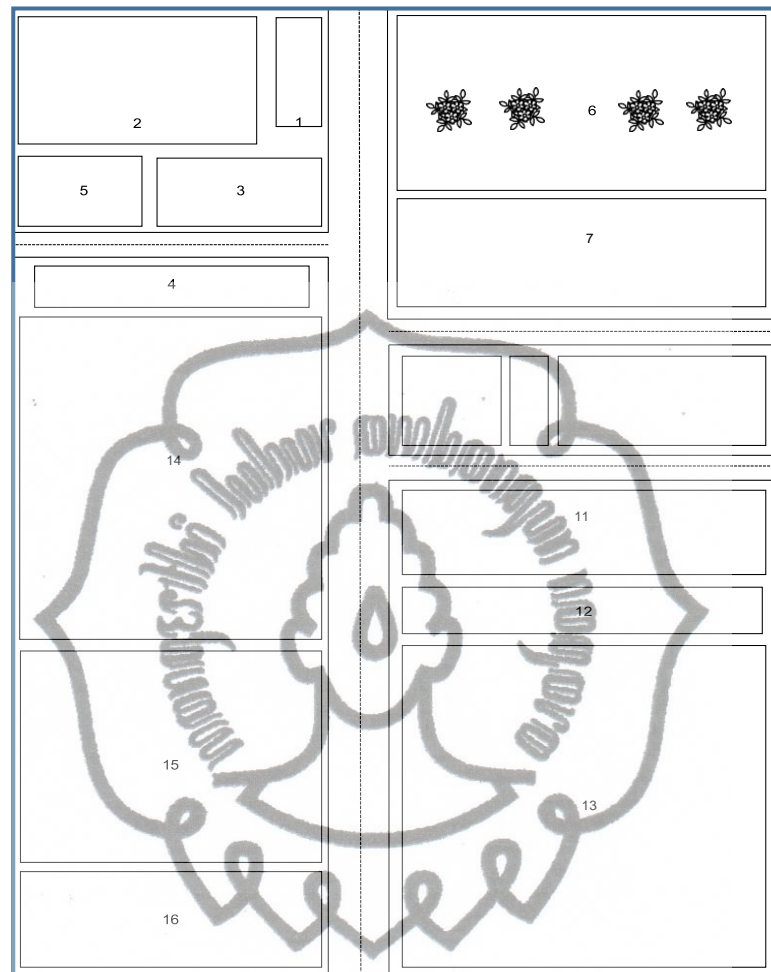
Tabel 2.21 Neraca Panas Pada Evaporator-02

| Komponen       | Panas Masuk (kcal/jam) | Panas Keluar (kcal/jam) |
|----------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$ | 143.951                | 2071.534                |
| $H_2C_2O_4$    | 522.786                | 7558.609                |
| $HNO_3$        | 561.832                | 38669.890               |
| $V_2O_5$       | 0.045                  | 0.612                   |
| $H_2O$         | 37346.729              | 4194628.831             |
| Panas Steam    | 4277647.927            | -                       |
| Panas Hilang   | -                      | 73293.793               |
| <b>Jumlah</b>  | <b>4316223.269</b>     | <b>4316223.269</b>      |

Tabel 2.22 Neraca Panas pada Rotary Dryer

| Komponen                | Panas Masuk (kkal/jam) | Panas Keluar (kkal/jam) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| $C_6H_{12}O_6$          | 3.169                  | 22.750                  |
| $H_2C_2O_4$             | 37.661                 | -                       |
| $HNO_3$                 | 12.370                 | 864.642                 |
| $V_2O_5$                | 0.001                  | 0.007                   |
| $H_2O$                  | 909.534                | 93323.433               |
| $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ | 1913.056               | 13609.786               |
| Udara Kering            | 181133.885             | 78074.951               |
| Uap Air                 | 77878.590              | 75992.698               |
| <b>Jumlah</b>           | <b>261888.266</b>      | <b>261888.266</b>       |

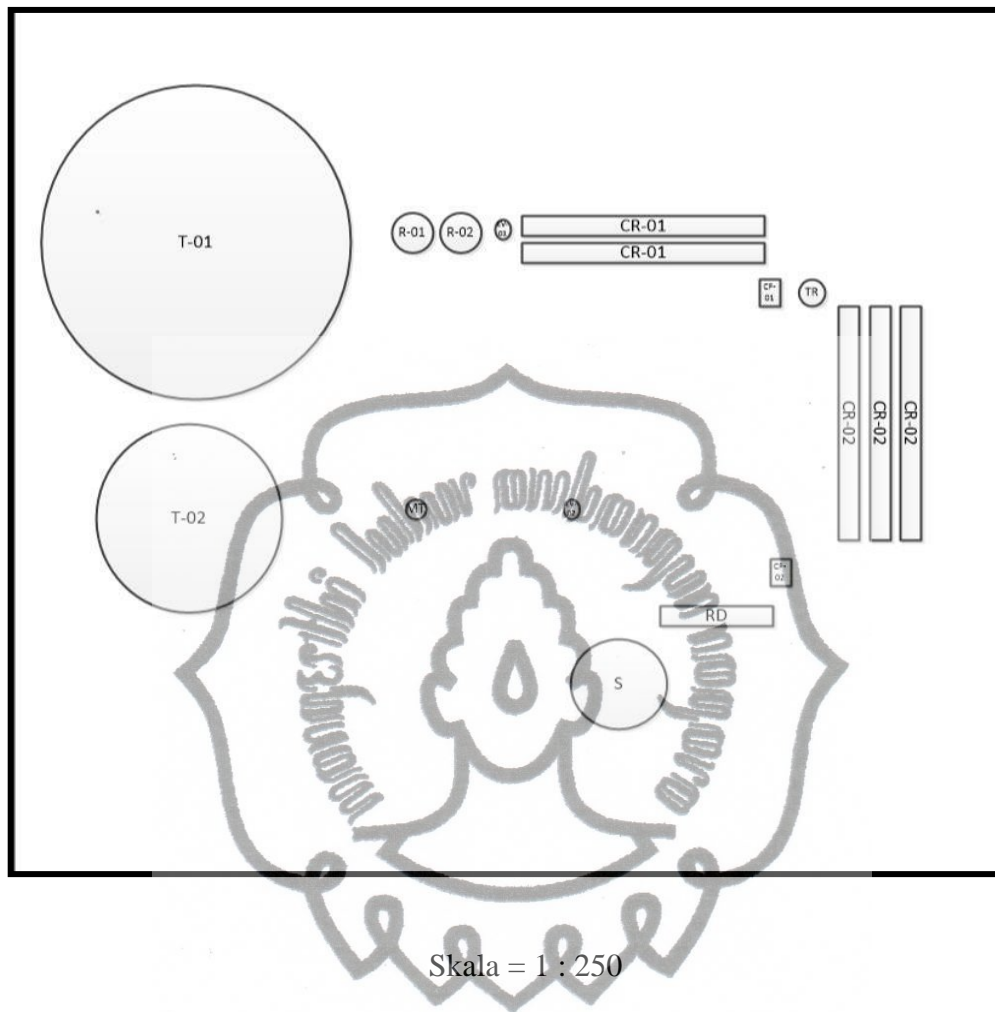
### Tata Letak Pabrik



#### Keterangan gambar :

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. Pos keamanan     | 9. Musholla            |
| 2. Parkir Kendaraan | 10. Klinik             |
| 3. Laboratorium     | 11. Utilitas           |
| 4. Ruang Kontrol    | 12. Pemadam            |
| 5. Bengkel          | 13. Area Perluasan     |
| 6. Taman            | 14. Area Produksi      |
| 7. Kantor           | 15. Area Bongkar Muat  |
| 8. Kantin           | 16. Gudang Penyimpanan |

Gambar 2.1 Tata Letak Pabrik

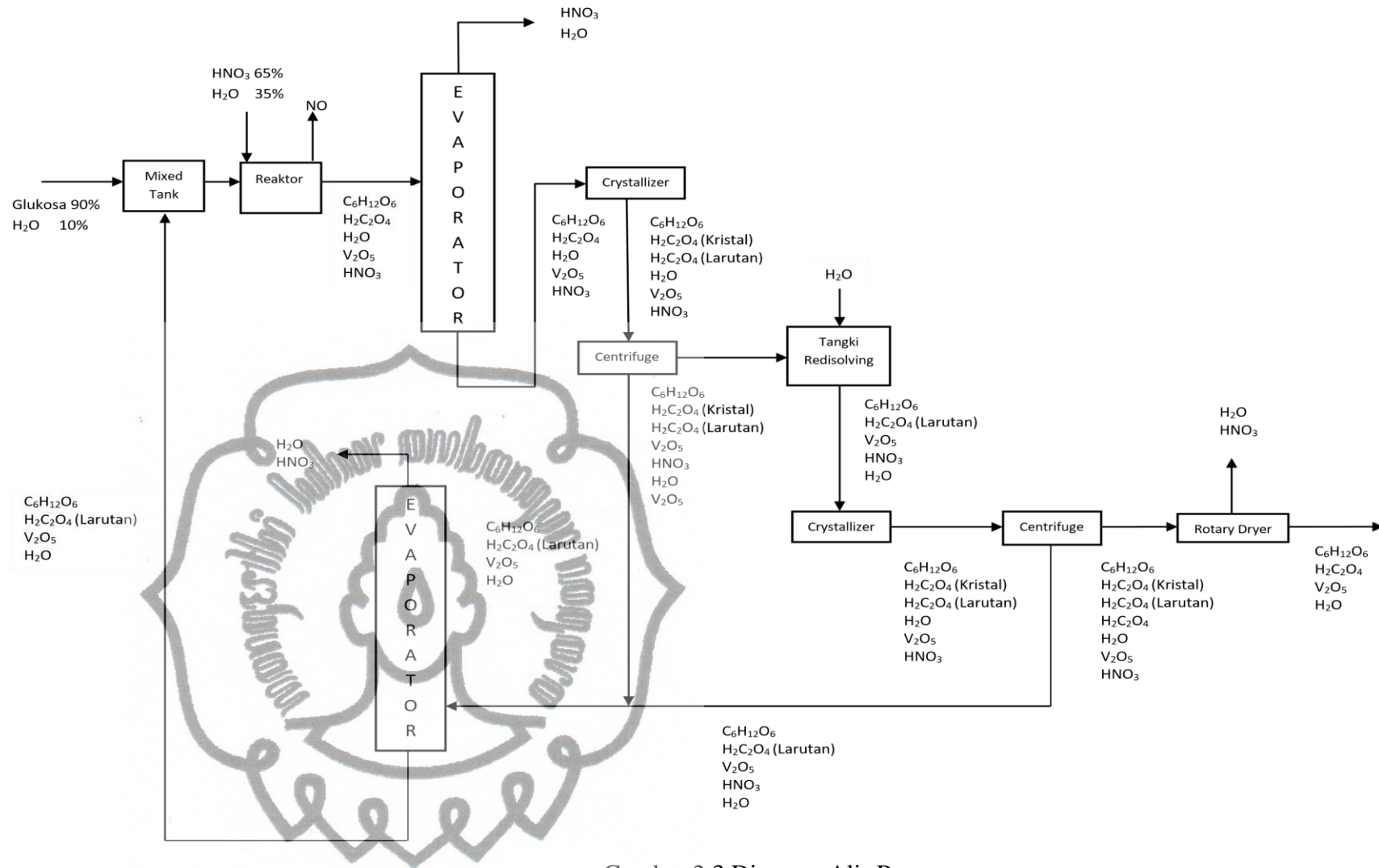


Gambar 2.2 Lay Out Peralatan Proses

Keterangan Gambar:

|   |                     |    |                      |    |                             |
|---|---------------------|----|----------------------|----|-----------------------------|
| T | : Tangki            | EV | : Evaporator         | TR | : Tangki <i>Redisolving</i> |
| M | : <i>Mixed Tank</i> | CR | : <i>Crystalizer</i> | RD | : <i>Rotary Dryer</i>       |
| R | : Reaktor           | CF | : <i>Centrifuge</i>  | S  | : Silo                      |





Gambar 2.3 Diagram Alir Proses