

## BAB II

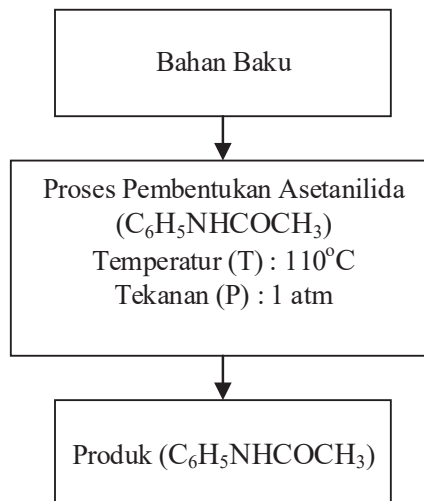
### DESKRIPSI PROSES

#### 2.1 Perancangan Proses Produksi

##### 2.1.1 Pembuatan Asetanilida dari Anilin dan Asam Asetat Anhidrat

Proses Asetanilida dapat dihasilkan dari reaksi antara asam anhidrat dan anilin pada temperatur 30-110°C dan tekanan 1 atm dengan yield yang dihasilkan sebesar 65% dan konversi sebesar 90%. Campuran reaksi disaring, kemudian kristal dipisahkan dari air panasnya dengan pendinginan, sedangkan filtratnya di recycle kembali (Kirk & Othmer, 1981).

Reaksi antara anilin dengan asam asetat anhidrat membentuk asetanilida yaitu sebagai berikut:



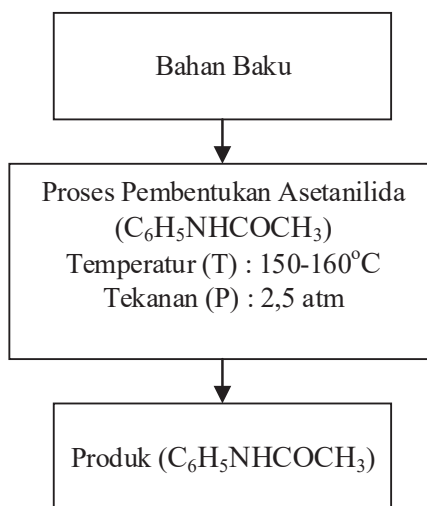
**Gambar 2.1.** Blok Diagram Pembuatan Asetanilida dari Anilin dan Asam Asetat Anhidrat

##### 2.1.2 Pembuatan Asetanilida dari Anilin dan Asam Asetat

Proses ini paling banyak digunakan dalam industri karena lebih ekonomis. Dalam pembuatannya anilin direaksikan dengan asam asetat dalam *Continuous Stirrerred Tank Reaktor* (CSTR) selama 6 jam pada suhu 100-160°C dan tekanan 2,5 atm. Konversi dapat mencapai 99% dan yield

mencapai 90%. Produk lalu dikristalkan dalam *crystallizer*, kemudian dipisahkan dengan *centrifuge* dan dikeringkan dengan *rotary drayer* (Faith Keyes, 1975).

Reaksi antara anilin dengan asam asetat membentuk asetanilida yaitu sebagai berikut:

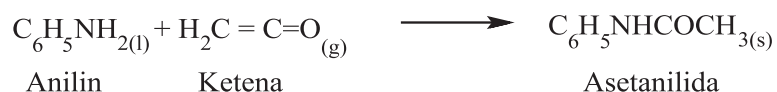


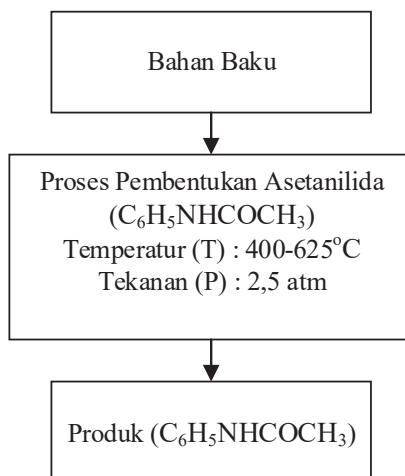
**Gambar 2.2** Blok Diagram Pembuatan Asetanilida dari Anilin dan Asam Asetat

### 2.1.3 Pembuatan Asetanilida dari Anilin dan Ketena

Proses ini dilakukan dengan mereaksikan anilin dan ketena (gas) dalam reaktor *packed tube*. Reaksi berlangsung pada temperatur 400-625°C dan tekanan 2,5 atm dengan konversi sebesar 90%. Kandungan air dalam asetanilida dihilangkan dengan proses pengeringan menggunakan *Spray Dryer* sehingga diperoleh asetanilida serbuk dengan kandungan air hingga 4%.

Reaksi antara anilin dengan ketena membentuk asetanilida yaitu sebagai berikut:





**Gambar 2.3** Blok Diagram Pembuatan Asetanilida dari Anilin dan Asam Ketena

## 2.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan uraian proses diatas, maka dapat disimpulkan bahwa perbandingan masing-masing proses dapat dirangkum pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1** Perbandingan Proses Pembuatan Asetanilida

No	Parameter	Proses Pembuatan Asetanilida		
1.	Bahan baku	Asam asetat anhidrat (impor)	Asam Asetat (lokal)	Ketena (impor)
		Anilin (impor)	Anilin (impor)	Anilin (Impor)
2	Suhu	30-110°C	150-160°C	400-625°C
3	Tekanan	1 atm	2,5 atm	2,5 atm
4.	Reaktor	CSTR	CSTR	<i>Packed tube</i>
5.	Konversi	90%	99%	90%
6.	Yield	65%	90%	85%

Berdasarkan ketiga proses pembuatan asetanilida maka dipilih proses pembuatan asetanilida dengan bahan baku asam asetat dan anilin dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Reaksi yang berlangsung relatif sederhana.
2. Konversi sebesar 99% lebih tinggi dari proses lainnya.

3. Yield yang dihasilkan 90%.
4. Reaksi tidak menggunakan katalis.
5. Kondisi operasi tidak terlalu beresiko tinggi.

### 2.3 Konsep dan Perancangan

Konsep dan perancangan pabrik asetnilida dari anilin dan asam asetat kapasitas 13.000 ton/tahun dapat dijabarkan sebagai berikut:

#### 1. Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi yang terjadi dalam pembentukan asetnilida dari anilin dan asam asetat adalah sebagai berikut:



Proses pembuatan asetnilida didasarkan pada prose. Reaksi pembuatan asetnilida merupakan reaksi antara anilin ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ) dan asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) yang berlangsung dalam *Continuous Stirrerred Tank Reaktor* (CSTR) pada temperatur  $150^\circ\text{C}$  dan tekanan 2,5 atm.

#### 2. Kondisi Operasi

Reaksi pembentukan asetnilida terjadi di dalam *Continuous Stirrerred Tank Reaktor* (CSTR) berlangsung secara eksotermis. Reaktor beroperasi secara adiabat-isotermal, dimana kondisi operasi asetnilida dilakukan pada temperatur  $150^\circ\text{C}$  dan tekanan 2,5 atm, dengan konversi pembentukan asetnilida sebesar 99% (Faith Keyes,1975).

#### 3. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi berjalan secara endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi dapat di hitung dengan perhitungan panas pembentukan standar  $\Delta H^\circ_f$ . Nilai  $\Delta H^\circ_f$  masing-masing komponen pada suhu  $298^\circ\text{C}$  dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Komponen	$\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)	$\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	86,86	166,69
$\text{CH}_3\text{COOH}$	-434,84	-372,69
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOCH}_3$	-128,50	9,47
$\text{H}_2\text{O}$	-241,80	-228,60

Sumber: (Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_r 298K &= \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan} \\
 &= (\Delta H^{\circ}_f \text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOCH}_3 + \Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^{\circ}_f \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \\
 &\quad \Delta H^{\circ}_f \text{CH}_3\text{COOH}) \\
 &= (-128,50 + (-241,80)) \text{ KJ/mol} - (86,86 + (-434,84)) \text{ KJ/mol} \\
 &= -22,32 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan  $\Delta H^{\circ}_r$  bernilai negatif (-) maka reaksi bersifat eksotermis.

Perubahan energi gibbs dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta G_{298} = -RT \ln K \quad (\text{Smith Van Ness, 1997})$$

Dimana:

$\Delta G_{298}$  = Energi bebas Gibbs standar sesuatu reaksi pada 298 K (kJ/mol)

R = konstanta gas (R = 8,314 j/mol/K)

T = temperatur (K)

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \Delta G^{\circ}_{298K} &= \Delta G^{\circ}_f \text{produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{reaktan} \\
 &= (\Delta G^{\circ}_f \text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOCH}_3 + \Delta G^{\circ}_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^{\circ}_f \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \\
 &\quad \Delta G^{\circ}_f \text{CH}_3\text{COOH}) \\
 &= (9,47 + (-228,60)) - (166,69 + (-372,69)) \\
 &= -9,13 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Didapat  $\Delta G^{\circ} < 0$ , sehingga reaksi dapat berlangsung ke kanan. Konstanta kesetimbangan reaksi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \ln K_{298} &= - \frac{\Delta G^{\circ}}{RT} \\
 \ln K_{298} &= - \frac{-(-9130)}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \times 298K} \\
 &= 39,85
 \end{aligned}$$

Pada suhu 150 °C (423k) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \ln \frac{K_{423K}}{K_{298K}} &= - \frac{\Delta H^{\circ}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \\
 \ln K_{423K} - \ln 39,85 &= - \frac{22320}{8,314} \left( \frac{1}{423} - \frac{1}{298} \right) \\
 \ln K_{423K} &= 1,02 \\
 K_{423K} &= 2,78
 \end{aligned}$$

Didapat nilai  $K > 0$ , maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan ke arah produk (*irreversibel*).

Menentukan nilai  $\Delta G_{432}$

$$\begin{aligned} \ln K_{432} &= -\frac{\Delta G_{432}}{RT} \\ \Delta G_{432} &= -R T \ln K \\ \Delta G_{432} &= -8,314 \text{ j/mol.k} \times 432 \text{ K} \times \ln(2,78) \\ &= -3595,77 \text{ j/mol} \\ &= -3,60 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai  $\Delta G_{432}$  bernilai negatif sehingga reaksi dapat berlangsung secara spontan.

Reaksi pembentukan asetanilida dijalankan pada kondisi isothermal di dalam *Continuous Stirred Tank Reaktor* (CSTR) dengan temperatur  $150^\circ\text{C}$ . Untuk mempertahankan kondisi isothermalnya yaitu pada temperatur  $150^\circ\text{C}$  maka digunakan jaket pendingin.

### 2.3 Uraian Proses Terpilih

Proses produksi asetanilida dari anilin dan asam asetat melalui 4 tahap yaitu persiapan bahan baku, tahap reaksi, tahap pemisahan dan kristalisasi dan proses pemurnian produk.

#### 2.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa asam asetat dan anilin dengan kadar 99% disimpan dalam tangki penyimpanan dengan temperatur  $30^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm. Bahan baku berupa asam asetat dan anilin sebelum diumpankan ke reaktor dialirkan menggunakan pompa sentrifugal guna menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 2,5 atm kemudian dilewatkan pada *heater* 1 dan *heater* 2 untuk dipanaskan hingga mencapai temperatur  $150^\circ\text{C}$  menggunakan *satureted steam*  $180^\circ\text{C}$ .

#### 2.3.2 Tahap Reaksi

Bahan baku kemudian diumpankan ke dalam reaktor jenis *continous stirred tank reactor* (CSTR). Reaksi berlangsung pada temperatur  $150^\circ\text{C}$  dan tekanan 2,5 atm selama 6 jam. Reaksi berifat eksotermis sehingga pada reaktor ini digunakan jaket pendingin sebagai penstabil suhu dan penyerap panas serta dilengkapi dengan pengaduk. Fluida pendingin yang digunakan

yaitu berupa air yang diumpankan dari *cooling tower*. Pada proses reaksi asam asetat dan anilin menghasilkan produk berupa asetanilida dan air dengan konversi asetanilida sebesar 99%. Setelah proses reaksi produk dilewatkan melalui *expansion valve* yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dari 2,5 atm menjadi 1 atm sebelum menuju *evaporator* untuk mengurangi kandungan air pada asetanilida yang terbentuk.

### 2.3.3 Tahap Pemisahan dan Kristalisasi

Hasil keluaran dari reaktor berupa asetanilida dan reaktan yang tersisa (anilin dan asam asetat) diumpankan ke dalam evaporator untuk mengurangi kadar air pada asetanilida dengan tekanan 1 atm dan temperatur 135 °C. Kondisi operasi evaporator disesuaikan dengan kondisi bahan baku dan air agar dapat menguap tanpa mempengaruhi kualitas produk asetanilida. Setelah proses evaporasi hasil keluaran evaporator dialirkan menuju *cooler* untuk menurunkan suhu dari 135°C menjadi 80 °C sebelum menuju *cystallizer*. Kemudian keluaran *cooler* diumpankan menuju *crystallizer* untuk dilakukan proses pengkristalan asetanilida. Kondisi operasi pada *cystallizer* yaitu pada temperatur 60 °C dan tekanan 1 atm. pada *cystallizer* digunakan *cooling agitated* dengan koil pendingin guna mencapai luas transfer panas yang diharapkan karena dapat bersinggungan dengan fluida sehingga transfer panas lebih efektif. Selanjutnya produk keluaran *cystallizer* berupa *slurry* yang merupakan kombinasi antara kristal asetanilida yang terbentuk dengan kandungan larutan induk yang tersisa (*mother liquor*) dipisahkan dalam *centrifuge*. *Mother liquor* yang terpisah akan dipompakan dan di-*recycle* kembali ke *crystallizer*. Selanjutnya kristal asetanilida dilewatkan menggunakan *screw conveyor* menuju *rotary dryer* untuk dikeringkan. Pengeringan dilakukan dengan *steam* kering bertemperatur 90 °C.

### 2.3.4 Tahap Pemurnian Produk

Kristal asetanilida yang telah dihilangkan kandungan airnya diteruskan menuju *cooling conveyor* untuk diturunkan suhunya menjadi 30 °C dengan mengalirkan air pendingin hingga panas produk menurun menjadi 30 °C. Kristal asetanilida dibawa menuju *ball mill* dan *vibrating screen* menggunakan *screw conveyor* agar ukuran kristal sesuai dengan spesifikasi

pasar. Setelah melewati *vibrating screen* produk diteruskan menggunakan *bucket elevator* menuju silo penyimpanan sebelum produk dijual. Sedangkan produk yang tertahan pada *vibrating screen* akan di-*recycle* kembali menuju *ball mill*.

## 2.4 Basis Perancangan

### 2.4.1 Kapasitas Perancangan

Kapasitas pabrik asetamilida dapat ditentukan berdasarkan kebutuhan produk dan mengacu pada kebutuhan asetamilida dalam negeri. Pabrik asetamilida ini direncanakan dibangun pada awal tahun 2027 dan pada tahun 2030 pabrik tersebut sudah dapat beroperasi. Perencanaan pabrik asetamilida ini dilakukan untuk kapasitas produksi ton/tahun dengan ketentuan sebagai berikut:

1 tahun beroperasi : 330 hari kerja

1 hari kerja : 24 jam

Basis : 1 jam operasi

Produk akhir : Asetamilida

Kapasitas tiap jam :  $\frac{13000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$   
: 1.641,4141 kg/jam

### 2.4.2 Mode Operasi

Prancangan pabrik asetamilida rencana akan dibangun dengan kapasitas produksi ton/tahun dengan bahan baku berupa anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) dan asam asetat ( $C_3COOH$ ). Berikut adalah mode operasi yang akan digunakan pada prancangan pabrik asetamilida.

Jam operasi : 24 jam/hari

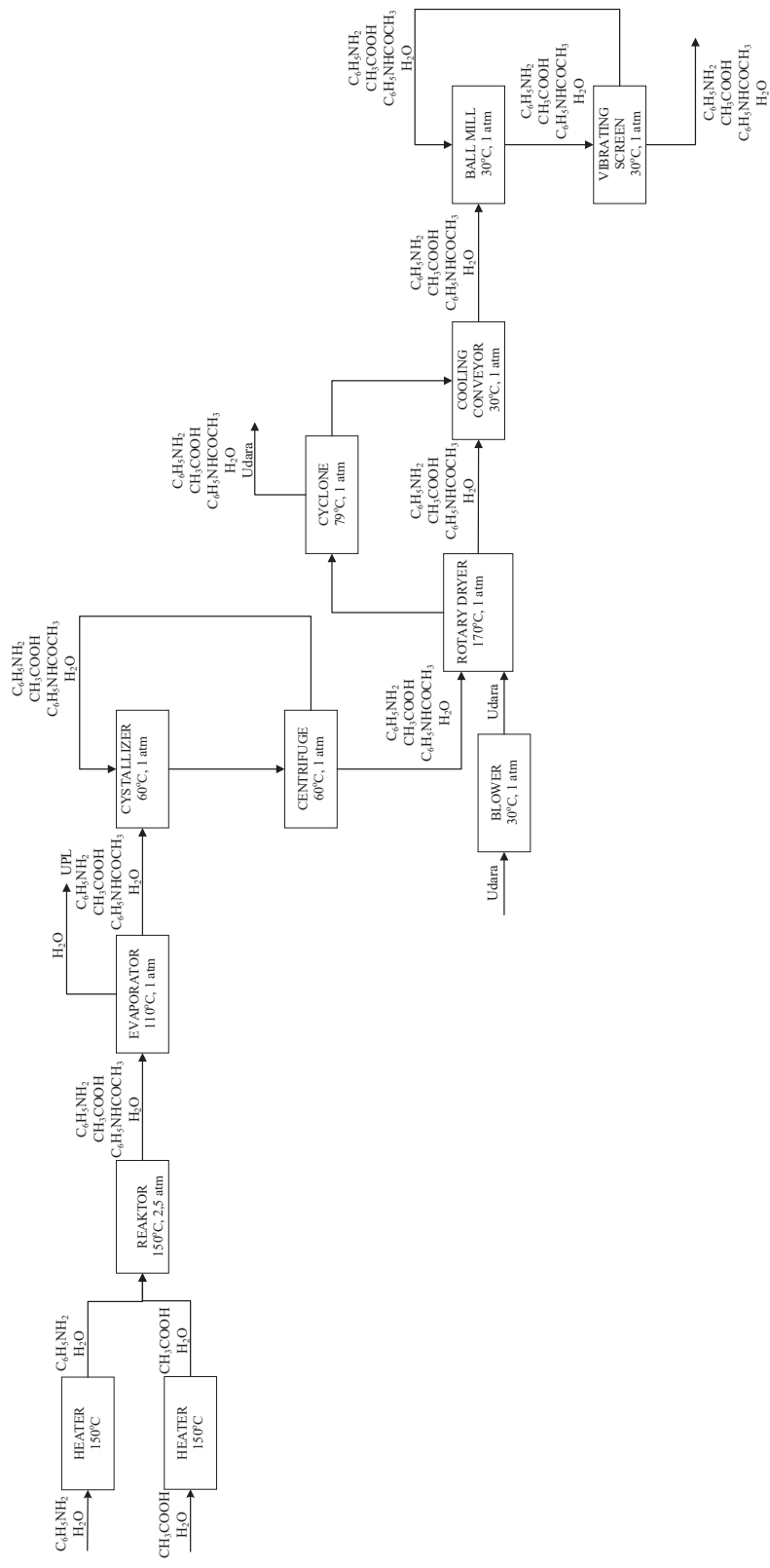
Hari operasi : 330 hari

Sistem operasi : kontinyu



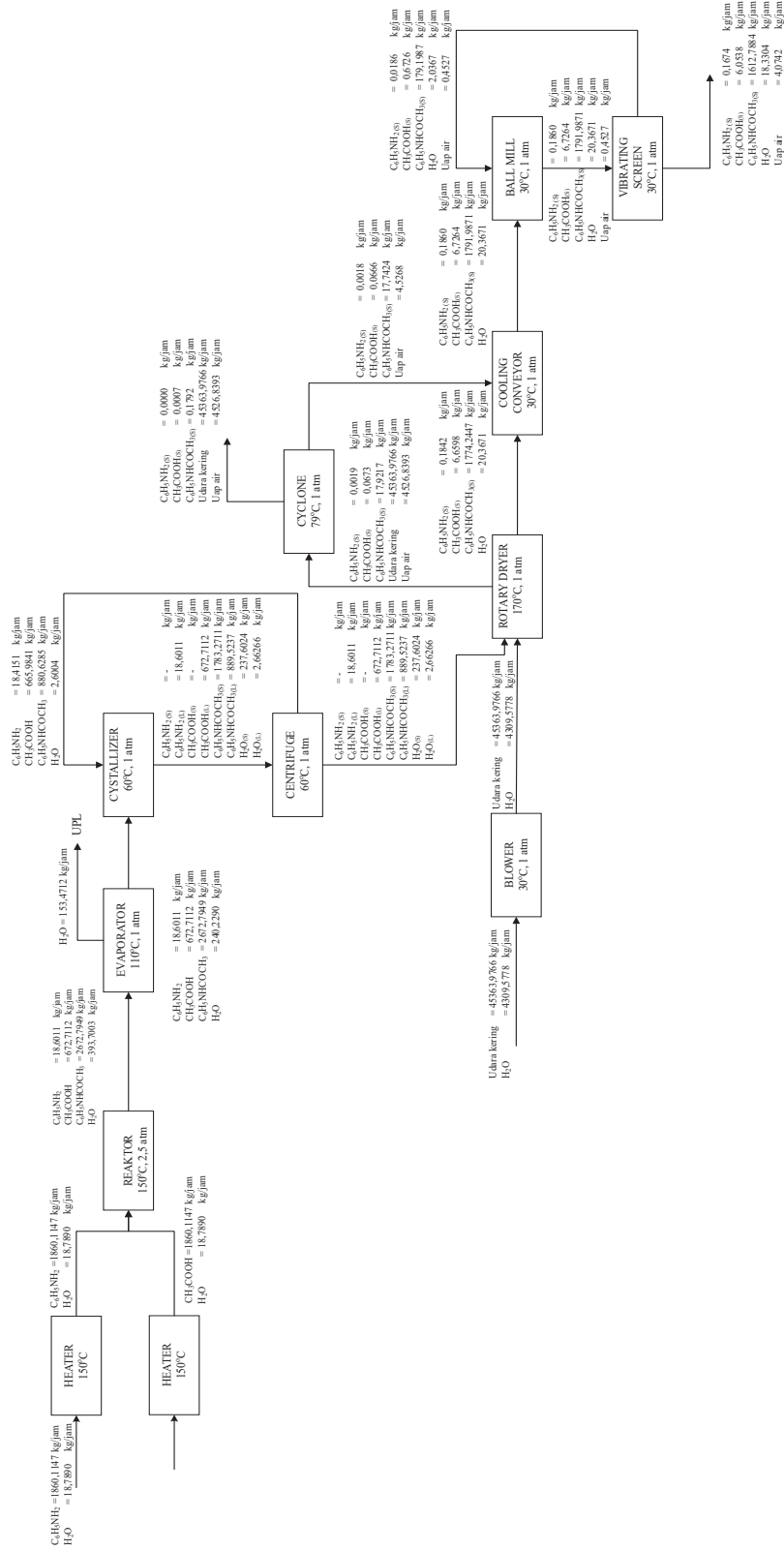
## 2.5 Diagram

### 2.5.1. Diagram Alir Kualitatif



**Gambar 2.1.1.** Diagram Blok Kualitatif

2.5.2. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 2.2. Diagram Blok Kuantitatif