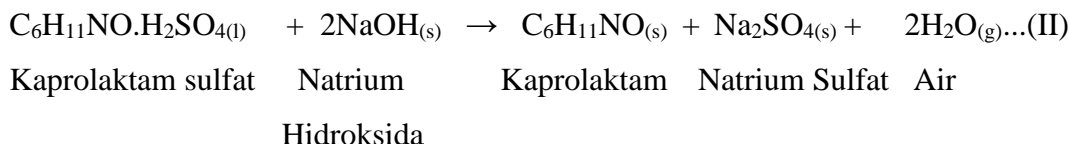
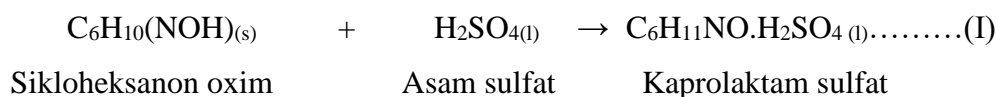


**BAB II****SELEKSI DAN URAIAN PROSES****II.1 Macam-Macam Proses**

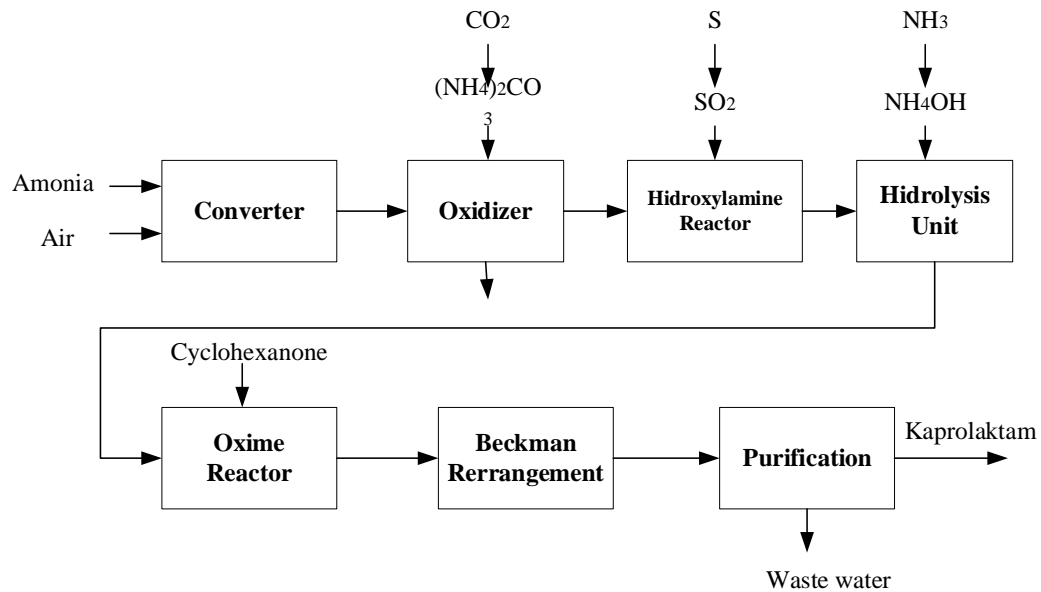
Proses pembuatan kaprolaktam dapat dilakukan dengan berbagai metode proses dan bahan baku yang berbeda-beda. Jenis metode proses dan bahan baku yang digunakan akan mempengaruhi alat yang digunakan serta biaya produksi yang diperlukan. Metode proses pembuatan kaprolaktam diantaranya yaitu (1) Hidrosilamine Processed to Oxime (HPO) Process, dan (2) Societa Nazionale Industria Applicazioni-Viscosa (Snia-Viscosa) Process. Adapun uraian prosesnya adalah sebagai berikut:

**II.1.1 *Hidrosilamine Processed to Oxime* (HPO) Process**

Dalam skala industri, kaprolaktam diproduksi dalam kondisi fase cair dengan menggunakan asam sulfat pekat. Dalam metode ini kaprolaktam disintesis dalam dua langkah. Pada tahap awal, sikloheksanon oxim akan direaksikan dengan asam sulfat dengan penyusunan Beckman untuk membentuk kaprolaktam sulfat. Pada tahap selanjutnya kaprolaktam sulfat akan direaksikan dengan natrium hidroksida dan berubah menjadi kaprolaktam dengan hasil samping berupa natrium sulfat. Natrium sulfat yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pupuk. Proses ini memiliki kelemahan tertentu, misalnya, diperlukan basa dalam jumlah besar untuk menetralkan produk. Selain itu, dalam sistem reaksi fasa cair ini beberapa kelemahan lain juga dipertimbangkan. (Mettu, 2009).



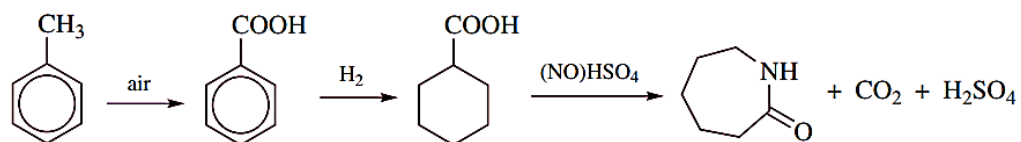
(Faith et al, 1975)



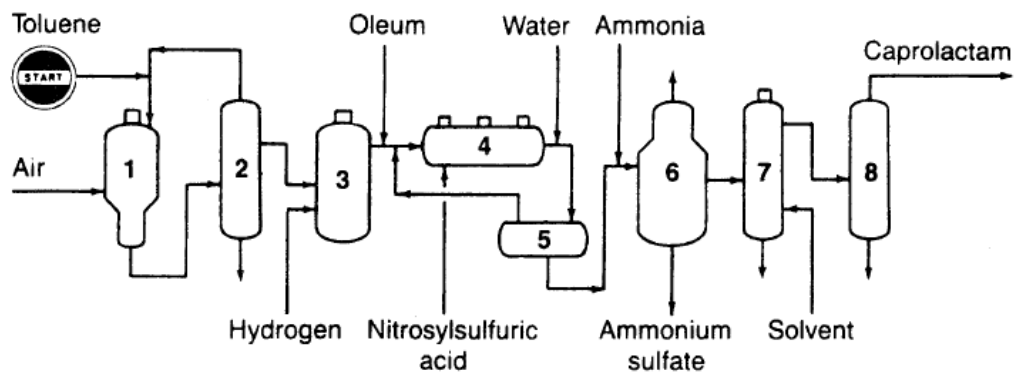
Gambar II.1 Proses HPO pada Produksi Kaprolaktam (Faith et al, 1975)

### II.1.2 *Sosieta Nazionale Industria Applicazioni-Viscosa* Process

Dalam proses ini toluena diubah dalam fase cair menjadi asam benzoat dengan proses oksidasi udara katalitik toluena menghasilkan asam benzoat dengan hasil sekitar 90%. Reaksi ini merupakan reaksi irreversibel eksotermis. Asam benzoat dihidrogenasi dengan katalis paladium untuk membentuk asam sikloheksanokarboksilat (Fisher, W. B & Crescentini, 2000) pada 160-170 °C dan 1,0-1,7 MPa melalui katalis Pd/arang.  $\text{NOHSO}_4$  (dibuat melalui oksidasi  $\text{NH}_3$  dan perlakuan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) kemudian ditambahkan ke asam karboksilat dalam sikloheksana (80 °C). Proses ini menghindari penataan ulang Beckmann yang umum terjadi pada proses sebelumnya (Mettu, 2009). Reaksi ini bersifat eksotermis irreversibel dan berlangsung pada fase cair-gas.



(Faith et al, 1975)



Gambar II.2 Proses SNIA pada Produksi Kaprolaktam

## II.2 Pemilihan Proses

Dalam mendapatkan hasil yang terbaik maka perlu dilakukan seleksi dari beberapa proses yang ada dengan perbandingan aspek teknis, kondisi operasi dan aspek ekonomi dari masing-masing proses.

Tabel II. 1 Perbandingan Masing-Masing Proses Pembuatan Kaprolaktam

Parameter	HPO Process	Snia Process
A. Aspek Teknis		
Bahan Baku	Sikloheksanon oxim, asam sulfat, natrium hidroksida	Toluena
Fase	Cair-cair	Cair-gas
katalis	-	Paladium, arang $\text{NOHSO}_4$
B. Kondisi Operasi		
Temperatur Reaktor	110 °C	160-170 °C
Tekanan Reaktor	1 atm	8-9 atm

Dari kedua proses tersebut, dapat dilihat bahwa HPO Process memiliki banyak kelebihan dibandingkan Snia-Viscosa Process. Sehingga dipilihlah proses



HPO dengan pertimbangan:

1. Proses operasinya lebih sederhana, karena dilakukan pada temperatur rendah
2. Jumlah peralatan yang digunakan lebih sedikit
3. Biaya investasi yang dibutuhkan lebih murah karena total peralatan yang digunakan memiliki harga yang lebih rendah

### **II.3 Uraian Proses**

Proses pembuatan kaprolaktam dengan metode HPO proses dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Persiapan Bahan Baku
2. Proses Reaksi dalam Reaktor
3. Proses Netralisasi
4. Pemisahan Dan Pemurnian Produk

#### **II.3.1 Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku utama, yaitu Sikloheksanon Oxim (SHO) dari Gudang (F-110) diangkut menggunakan Belt Conveyor (J-111) dan Bucket Elevator (J-112) dan diumpankan ke Melter (E-140). Di dalam Melter (E-130), selanjutnya SHO akan dilelehkan pada suhu 110°C kemudian diumpankan menuju Reaktor (R-210). Dari Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (F-120), Asam Sulfat akan dialirkan menuju Heater (E-160) untuk dipanaskan sampai dengan suhu 110°C dan diumpankan ke Reaktor (R-210)

#### **II.3.2 Proses Reaksi dalam Reaktor**

Di dalam Reaktor (R-210), Reaktor beroperasi pada suhu 110°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang berjalan dalam reactor merupakan reaksi eksotermis, sehingga Reaktor dipasang pendingin jenis koil. Setelah bereaksi, akan terbentuk Kaprolaktam Sulfat (CPS) yang kemudian diumpankan ke Netralizer (R-220). Bahan NaOH 48% di dalam Tangki Penampung NaOH (F-130) kemudian dinaikkan suhunya menjadi 110°C menggunakan Heater (E-180) dan dialirkan

---



menuju Netralizer (R-220)

### II.3.3. Proses Netralisasi

Proses netralisasi dilakukan di dalam Netralizer (R-220), proses ini dilakukan untuk menetralkan asam sulfat sisa dan kaprolaktam sulfat (CPS) dengan NaOH dari tangki (D-170). Dari netralizer ini, akan dihasilkan kaprolaktam, air, dan produk samping yaitu natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Proses netralisasi dilakukan pada kondisi suhu  $110^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Setelah melalui proses netralisasi, campuran akan didinginkan dengan Cooler (E-230) untuk diturunkan suhunya menjadi  $60^\circ\text{C}$

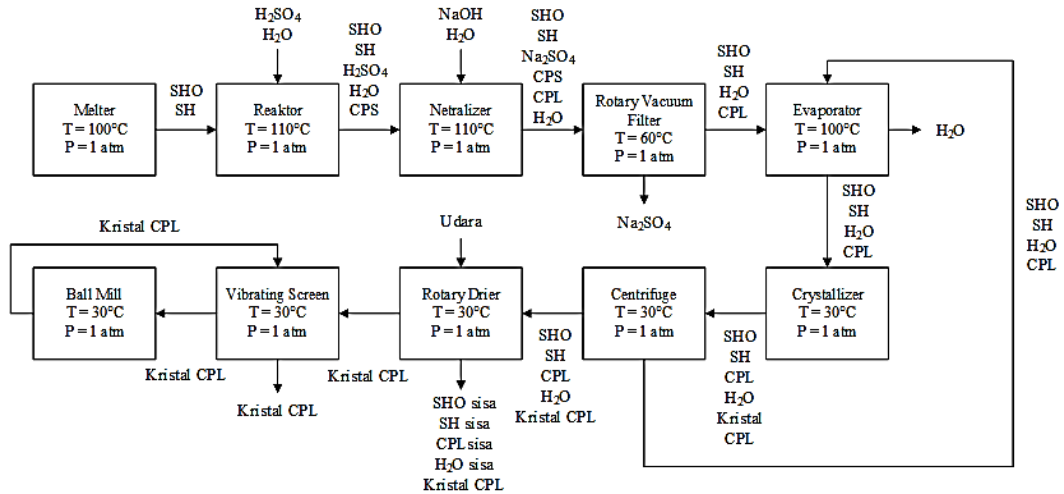
### II.3.4 Pemisahan dan Pemurnian Produk

Setelah didinginkan, akan terbentuk kristal  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  pada campuran. Kristal  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  akan dipisahkan melalui Rotary Vacuum Filter (H-240) dan ditampung pada Tangki Penampung Cake 1 (F-250), sedangkan filtratnya akan diumpankan ke Evaporator (V-260) untuk diuapkan airnya. Evaporator (V-260) beroperasi pada suhu  $100^\circ\text{C}$  tekanan 1 atm. Setelah itu, larutan akan dikristalkan dengan Crystallizer (S-310) melalui pendinginan hingga suhu  $30^\circ\text{C}$ . Slurry dari Crystallizer (S-310) akan masuk ke dalam Centrifuge (H-320) untuk dilakukan pemisahan antara kristal kaprolaktam dengan cairannya (Mother Liquor).

Di dalam Centrifuge (H-320), dengan memanfaatkan gaya sentrifugal Slurry akan masuk ke dinding basket sedangkan Mother Liquornya (ML) akan mengalir keluar dinding. Kristal basah kemudian diangkut dengan Screw Conveyor (J-321) dan Bucket Elevator (J-322) menuju ke Rotary Dryer (B-330) dengan memanfaatkan udara panas yang dialirkan melalui Blower (G-331). Setelah kristal menjadi kering, kristal akan diangkut dengan Cooling Screw Conveyor (J-332) dan Bucket Elevator (J-333) menuju ke Ball Mill (C-340) untuk diperkecil ukurannya. Kristal yang lolos dari Ball Mill (C-340) yaitu kristal dengan ukuran yang lebih kecil dari 30 mesh, akan dimasukkan ke dalam Silo kaprolaktam (F-350). Sedangkan Mother Liquor akan ditampung dikembalikan ke Evaporator (V-260).



### II.4 Flowsheet Dasar



Gambar II. 1 Flowsheet Dasar Pra-Rancangan Pabrik Kaprolaktam