

No: TK/TA/2021/76

**PRA RANCANGAN PABRIK KAPROLAKTAM  
DARI SIKLOHEKSANON OKSIM DAN ASAM  
SULFAT**

**KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Konsentrasi Teknik Kimia**



**Oleh:**

**Nama : Nur Ahmad Ndaru Bintoro**

**NIM : 14521341**

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2021**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nur Ahmad Ndaru Bintoro

NIM : 14521341

Yogyakarta, Januari 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberpa bagian dari karya ini adalah bukan karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan,  
  
A0BA0X436190760  
Nur Ahmad Ndaru Bintoro  
NIM. 14521341

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRA RANCANGAN PABRIK KAPROLAKTAM DARI  
SIKLOHEKSANON OKSIM DAN ASAM SULFAT DENGAN  
KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**



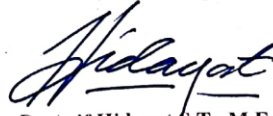
Oleh :

Nama : Nur Ahmad Ndaru Bintoro

NIM : 14521341

Yogyakarta, Januari 2022

Pembimbing I



Dr Arif Hidayat S.T., M.Eng.

NIP. 005220101

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRA RANCANGAN PABRIK KAPROLAKTAM DARI SIKLOHEKSANON OKSIM DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN

### PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

**Nama : Nur Ahmad Ndaru Bintoro**

**NIM : 14521341**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Januari 2022

Tim Penguji,  
Dr Arif Hidayat S.T., M.Eng  
Ketua

Ir, Agus Taufiq, M.Sc.  
Anggota I

Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.  
Anggota II



*Arif Hidayat*  
.....

*Agus Taufiq*  
.....

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



**Dr. Suharno Rusdi**

**NIP. 845210102**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, karunia dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir Perancangan Pabrik. Tidak lupa shalawat dan salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW., keluarganya, dan para shahabatnya, serta orang-orang yang memegang teguh kitab Allah dan sunnah Rasul-Nya.

Laporan Tugas Akhir Perancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Kaprolaktam Dari Sikloheksanon Oksim dan Asam Sulfat Dengan Kapasitas 36.000 Ton/Tahun dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala petunjuk dan pertolongan kepada hamba-Mu sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Orang tua dan keluarga tercinta atas kasih sayang, perhatian, doa serta dukungan moril maupun materiil yang telah diberikan selama ini.
3. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

4. Bapak Dr Arif Hidayat S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Gina Kamelia dan Fauzi Ahmadul Baki atas dukungan, bantuan dan motivasi yang diberikan selama proses mengerjakan Tugas Akhir.
6. *Last but not least, I wanna thank me,for believing in me,for doing all this hard work,for having no days off,for never quit,for just being me at all times.*

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Yogyakarta, Januari 2022

Penulis

# DAFTAR ISI

## Contents

PRA RANCANGAN PABRIK KAPROLAKTAM .....	1
DARI SIKLOHEKSANON OKSIM DAN ASAM SULFAT.....	1
KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN .....	1
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK ...	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	3
1.2.1 Prediksi Kebutuhan Pasar.....	4
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku .....	11
1.3 Tinjauan Pustaka .....	12
1.3.1 Macam Macam Proses .....	12
1.3.2 Pemilihan Proses .....	17
BAB II.....	18
PERANCANGAN PRODUK .....	18
2.1 Spesifikasi Produk .....	18
2.1.1 Sifat Fisik .....	18
2.2 Spesifikasi Bahan.....	19
2.2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	19
2.3 Pengendalian Kualitas .....	21
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	22
2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi .....	22
2.3.3 Pengendalian Terkait Waktu Produksi .....	26
2.3.4 Pengendalian Kualitas Produk .....	26
BAB III .....	29
PERANCANGAN PROSES .....	29
3.1 Uraian Proses .....	29
3.1.1 Persiapan Bahan Baku.....	29
3.1.2 Proses Reaksi di dalam Reaktor.....	30
3.1.3 Proses Netralisasi .....	30
3.1.4 Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	30
3.2 Spesifikasi Alat Proses .....	33
3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku .....	33
3.2.2 Heat Exchanger .....	35

3.2.3 Cooler.....	38
3.2.4 Reaktor (R-1) .....	39
3.2.5 Melter (M – 1).....	41
3.2.6 Ultrafiltration Membrane (UF – 1) .....	43
3.2.7 Netralizer (N - 1).....	44
3.2.8 Evaporator (EV - 1).....	45
3.2.9 Centrifuge (CR – 1).....	46
3.2.10 Crystallizer (CR – 1) .....	47
3.2.11 Rotary Dryer (RD – 1) .....	48
3.2.12 Pompa.....	48
3.2.13 Alat kecil .....	56
3.3 Perencanaan Produksi .....	61
3.3.1 Kapasitas Perancangan .....	61
3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses .....	63
<b>BAB IV .....</b>	<b>65</b>
<b>PERANCANGAN PABRIK.....</b>	<b>65</b>
4.1 Lokasi Pabrik .....	65
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	66
4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	70
4.1.3 Metode Pemilihan Alternatif Lokasi Pabrik .....	72
4.2 Tata Letak Pabrik .....	75
4.2.1 Area Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium .....	77
4.2.2 Area Proses dan Ruang Kontrol .....	77
4.2.3 Area Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi.....	77
4.2.4 Area Utilitas dan Power Station .....	78
4.3 Tata Letak Alat Proses .....	80
4.4 Alir Proses dan Material.....	83
4.4.1 Neraca Massa .....	83
4.4.2 Neraca Panas .....	88
4.5 Diagram Alir .....	96
4.5.1 Diagram Alir Kualitatif .....	96
4.5.2 Diagram Alir Kuantitatif .....	97
4.6 Perawatan ( <i>Maintenance</i> ).....	98
4.7 Utilitas .....	99
4.7.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ).....	101
4.7.2 Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ).....	112
4.7.3 Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ) .....	113
4.7.4 Unit Penyediaan Udara Tekan .....	116
4.7.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	116
4.8 Organisasi Perusahaan .....	117
4.8.1 Bentuk Perusahaan .....	117
4.8.2 Struktur Organisasi .....	119
4.8.3 Tugas dan Wewenang .....	124
4.8.4 Status Karyawan .....	131
4.8.5 Ketenagakerjaan.....	132
4.8.6 Fasilitas Karyawan .....	136



4.8.7 Penggolongan Jabatan dan Keahlian.....	138
4.9 Evaluasi Ekonomi .....	139
4.9.1 Harga Alat .....	142
4.9.2 Dasar Perhitungan .....	148
4.9.3 Perhitungan Biaya .....	149
4.9.4 Analisis Keuntungan .....	153
4.9.5 Analisis Kelayakan.....	154
BAB V.....	161
PENUTUP.....	161
5.1 Kesimpulan .....	161
5.2 Saran.....	162
DAFTAR PUSTAKA .....	xvii
Lampiran	



## DAFTAR TABEL

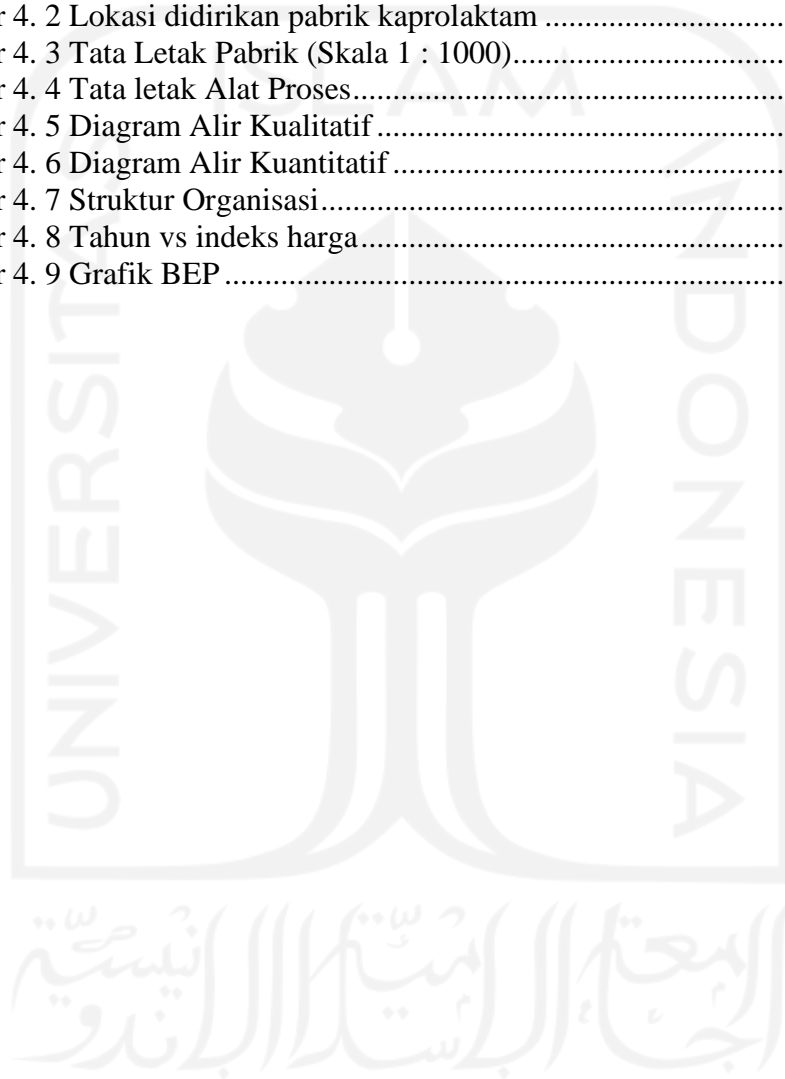
Tabel 1. 1 Industri Indonesia yang Menggunakan Kaprolaktam .....	5
Tabel 1. 2 Kebutuhan Kaprolaktam di Indonesia.....	6
Tabel 1. 3 Kebutuhan Kaprolaktam di Dunia, Source: DSM Fibre Intermediates. 9	9
Tabel 1. 4 Harga Bahan dan Produk Proses HPO.....	13
Tabel 1. 5 Harga Bahan dan Produk Proses Aminasi Kaprolakton .....	15
Tabel 1. 6 Matrik pemilihan proses.....	17
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik .....	78
Tabel 4. 2 Neraca Massa Total.....	83
Tabel 4. 3 Neraca Massa Melter .....	84
Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor (R – 1) .....	84
Tabel 4. 5 Neraca Massa Netralizer (N – 1).....	85
Tabel 4. 6 Neraca Massa Ultrafiltration Membrane (UF – 1).....	86
Tabel 4. 7 Neraca Massa Evaporator (EV – 1) .....	86
Tabel 4. 8 Neraca Massa Crystallizer (CR – 1) .....	87
Tabel 4. 9 Neraca Massa Centrifuge (CF – 1) .....	87
Tabel 4. 10 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD – 1) .....	88
Tabel 4. 11 Neraca Panas <i>Melter</i> .....	88
Tabel 4. 12 Neraca Panas <i>Heater 1</i> .....	89
Tabel 4. 13 Neraca Panas Reaktor .....	89
Tabel 4. 14 Neraca Panas <i>Heater 2</i> .....	90
Tabel 4. 15 Neraca Panas <i>Netralizer</i> .....	91
Tabel 4. 16 Neraca Panas <i>Ultrafiltration Membrane</i> .....	92
Tabel 4. 17 Neraca Panas <i>Evaprator</i> .....	92
Tabel 4. 18 Neraca Panas <i>Cooler</i> .....	93
Tabel 4. 19 Neraca Panas <i>Crystalizer</i> .....	93
Tabel 4. 20 Neraca Panas <i>Centrifuge</i> .....	94
Tabel 4. 21 Neraca Panas <i>Heater 3</i> .....	94
Tabel 4. 22 Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> .....	95
Tabel 4. 23 Kebutuhan air pembangkit <i>steam</i> .....	109
Tabel 4. 24 Kebutuhan air proses pendinginan.....	110
Tabel 4. 25 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga.....	111
Tabel 4. 26 Kebutuhan Listrik Alat Proses .....	114
Tabel 4. 27 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	115
Tabel 4. 28 Gaji karyawan. ....	133
Tabel 4. 29 Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i> .....	136
Tabel 4. 30 Jabatan dan keahlian .....	139
Tabel 4. 31 Harga indeks .....	142
Tabel 4. 32 Harga Alat Proses .....	145
Tabel 4. 33 Harga Alat Utilitas .....	147
Tabel 4. 34 <i>Physichal Plant Cost</i> (PPC).....	149
Tabel 4. 35 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC) .....	150
Tabel 4. 36 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .....	150

Tabel 4. 37 <i>Total Working Capital Investment (WCI)</i> .....	150
Tabel 4. 38 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i> .....	151
Tabel 4. 39 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> .....	152
Tabel 4. 40 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i> .....	152
Tabel 4. 41 <i>Total Manufacturing Cost (TMC)</i> .....	152
Tabel 4. 42 <i>General Expense (GE)</i> .....	153
Tabel 4. 43 <i>Total Production Cost (TPC)</i> .....	153
Tabel 4. 44 <i>Annual Fixed Cost (Fa)</i> .....	156
Tabel 4. 45 <i>Annual Variable Cost (Va)</i> .....	156
Tabel 4. 46 <i>Annual Regulated Cost (Ra)</i> .....	156
Tabel 4. 47 <i>Annual Sales Cost (Sa)</i> .....	157



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Konsumsi Kaprolaktam Dunia .....	6
Gambar 1. 2 Kebutuhan Kaprolaktam Indonesia.....	7
Gambar 4. 1 Lokasi Cilegon, Banten.....	67
Gambar 4. 2 Lokasi didirikan pabrik kaprolaktam .....	67
Gambar 4. 3 Tata Letak Pabrik (Skala 1 : 1000).....	79
Gambar 4. 4 Tata letak Alat Proses.....	81
Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif .....	96
Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif .....	97
Gambar 4. 7 Struktur Organisasi.....	123
Gambar 4. 8 Tahun vs indeks harga.....	143
Gambar 4. 9 Grafik BEP .....	160



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A (Reaktor)	A-1
LAMPIRAN B (PEFD)	B-1
LAMPIRAN C (Lembar Konsultasi)	C-1



## ABSTRAK

Pabrik Kaprolaktam dari Sikloheksanon Oksim dan Asam Sulfat yang dirancang dengan kapasitas 34.000 ton/tahun, direncanakan didirikan di Cilegon, Jawa Barat dengan luas tanah 34.000 m<sup>2</sup>. Kebutuhan Sikloheksanon oksim diimport dari China yaitu *Shanghai Miner Chemical Technology Co.Ltd.* China, Shanghai, Luwan dengan kapasitas produksi Sikloheksanon Oksim sebanyak 86.000 ton/tahun.

Sedangkan untuk air diambil dari sungai dengan jumlah yang tidak terbatas dan ada disekitar pabrik yang akan dibangun tersebut. Untuk katalis Asam Sulfat (H<sup>2</sup>SO<sup>4</sup>) didapatkan dari kerjasama dengan PT Petrokimia Gresik dengan kapasitas 63.000 ton/tahun dan Natrium Oksida (NaOH) didapatkan dari kerjasama dengan PT. Industri Soda Indonesia, Sidoarjo dengan kapasitas 54.000 ton/tahun. Bentuk perusahaan dipilih badan hukum berbentuk Perseroan Terbatas (PT).

Pembuatan Kaprolaktam ini menggunakan proses DSM (Deutch States Mines) yaitu menggunakan bahan sikloheksanon oksim, asam sulfat dan natrium hidroksida 60% melalui tahapan-tahapan sebagai berikut; bahan baku sikloheksanon oksim dan asam sulfat direaksikan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang disusun secara paralel sebanyak 1 buah. Reaksi terjadi pada suhu 110<sup>o</sup>C dan tekanan 1 atm. Hasil reaksi berupa Kaprolaktam sulfat, Sikloheksanon oksim sisa, Asam sulfat sisa, Air, dan impuritis berupa sikloheksanon. Kaprolaktam sulfat dan asam sulfat sisa, dinetralkan dalam netralizer menggunakan natrium hidroksida 60%. Lalu hasil keluaran netralizer di umpangkan ke Ultrafiltration Membrane untuk di pisahkan berdasakan ukuran partikel dari Sikloheksanon Oksim dan Asam Sulfat, serta produk sampingnya berupa garam (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Untuk memekatkan liquid produk netralizer, digunakan evaporator. Hasil keluaran Evaporator di umpangkan ke Crystalizer untuk Mengkristalkan larutan CPL menjadi CPL kristal. Hasil atas Centrifuge dialirkan ke UPL, sedangkan Natrium sulfat sebagai hasil dari penetralan, dipisahkan dalam centrifuge sedangkan filtratnya yang merupakan campuran antara produk utama dan impuritis yang lain dipisahkan dalam Rotary Dryer. Hasil keluaran dari Rotary Dryer berupa produk utama yaitu Kaprolaktam, serta ada beberapa bagian komponen yang ikut terbawa seperti Sikloheksanon Oksim dan Sikloheksanon yang sudah terimpuritis Bersama dengan produk utama.

Unit pendukung proses pabrik Kaprolaktam meliputi unit penyediaan air sebesar 116473,20 kg/jam, *steam* sebesar 300024,42 kg/jam, bahan bakar sebesar 142,19 liter/jam, udara tekan sebesar 61,68 m<sup>3</sup>/jam, dan listrik sebesar 232,72 kWh dipenuhi oleh PLN dan untuk cadangan disediakan generator sebesar 200 kWh bila listrik mati. Pabrik Kaprolaktam ini memerlukan modal tetap sebesar US \$ 12.093.738,72 dan Rp 165.684.220.526,71 dan modal kerja sebesar Rp 283.306.002.233,00. Pabrik ini menjual Kaprolaktam dengan harga Rp 23.000,00/kg.

Analisis ekonomi dilakukan dengan kajian *Non-Discounted Cash Flow* dan *Discounted Cash Flow (DCF)*. Dengan kajian *Non-Discounted Cash Flow* diperoleh *Return of Investment (ROI)* sebelum pajak 37 % dan sesudah pajak 19 %, *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak 2,1 tahun dan sesudah pajak 3,48 tahun, *Shut Down Point (SDP)* 27,98 % dan *Break Even Point (BEP)* 45,45 %. Dari analisis di atas menunjukkan hasil yang layak, sehingga dapat disimpulkan pabrik ini menarik dan tepat untuk didirikan.

Kata Kunci : Kaprolaktam, Sikloheksanon Oksim, Asam Sulfat

## ABSTRACT

The Caprolactam Plant of Cyclohexanone Oxime and Sulfuric Acid which is designed with a capacity of 34,000 tons / year, is planned to be established in Cilegon, West Java with a land area of 34,000 m<sup>2</sup>. The need for cyclohexanone oxime is imported from China, namely Shanghai Miner Chemical Technology Co.Ltd. China, Shanghai, Luwan with a production capacity of 86,000 tons / year of Siklohexanon Oksim.

Whereas water is drawn from an unlimited number of rivers and is located around the plant to be built. For the sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) catalyst obtained from collaboration with PT Petrokimia Gresik with a capacity of 63,000 tons / year and Sodium Oxide (NaOH) obtained from collaboration with PT. Soda Indonesia Industry, Sidoarjo with a capacity of 54,000 tons / year. The form of company is chosen as a limited liability company (PT).

The production of caprolactam uses the DSM (Deutch States Mines) process, which uses cyclohexanone oxime, sulfuric acid and 60% sodium hydroxide through the following steps; cyclohexanone oxime and sulfuric acid raw materials are reacted in a stirred tank flow reactor (RATB) arranged in parallel as much as 1 piece. The reaction occurs at a temperature of 110°C and a pressure of 1 atm. The results of the reaction in the form of caprolactam sulfate, cyclohexanone residual oxime, residual sulfuric acid, water, and impurities in the form of cyclohexanone. Caprolactam sulfate and residual sulfuric acid, neutralized in a neutralizer using 60% sodium hydroxide. Then the output of the neutralizer is fed to the Ultrafiltration Membrane to be separated based on the particle size of the cyclohexanone oxime and sulfuric acid, and the byproducts are in the form of salt (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). To concentrate the liquid neutralizer product, an evaporator is used. The Evaporator output is fed to the Crystallizer to crystallize the CPL solution into crystalline CPL. The results of the centrifuge are flowed to the UPL, while Sodium sulfate as a result of neutralization, is separated in a centrifuge while the filtrate which is a mixture of the main product and other impurities is separated in the Rotary Dryer. The output of the Rotary Dryer in the form of the main product is Caprolactam, and there are some component parts that are carried along such as Cyclohexanone Oxime and Cyclohexanone which has been impregnated together with the main product.

Caprolactam plant supporting units include water supply units at 116473.20 kg / hour, steam at 300024.42 kg / hour, fuel at 142.19 liters / hour, compressed air at 61.68 m<sup>3</sup> / hour, and electricity at 232 , 72 kWh is fulfilled by PLN and a generator of 200 kWh is provided for backup when the power fails. This Caprolactam factory requires fixed capital of US \$ 12,093,738.72 and Rp 165,684,220,526.71 and working capital of Rp 283,306,002,233.00. This factory sells Caprolactam at a price of Rp 23,000.00 / kg.

Economic analysis is carried out with the study of Non-Discounted Cash Flow and Discounted Cash Flow (DCF). With the Non-Discounted Cash Flow study, a Return of Investment (ROI) before tax of 37% and 19% after tax, Pay Out Time (POT) before tax 2.1 years and after taxes 3.48 years, Shut Down Point (SDP) 27.98% and Break Even Point (BEP) 45.45%. From the analysis above shows decent results, so it can be concluded this factory is interesting and appropriate to be established.

Keywords: Caprolactam, Cyclohexanone Oxime, Sulfuric Acid

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan industri merupakan bagian dari upaya pembangunan jangka panjang untuk mencapai struktur ekonomi yang kokoh. Berdasarkan alasan tersebut, lahirlah industri pendukung untuk mendukung perkembangan industri yang merupakan motor penggerak utama untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi dan menciptakan banyak lapangan kerja baru.

Pengembangan sektor industri merupakan upaya untuk meningkatkan nilai tambah suatu bahan baku. Untuk memajukan sektor industri yang fokus pada industri kimia, maka kebutuhan bahan kimia rumah tangga harus ditingkatkan dan dikembangkan baik jumlah maupun ragamnya. Salah satunya adalah pembangunan pabrik kaprolaktam. Dalam industri petrokimia, kaprolaktam merupakan zat antara kimia yang banyak digunakan dalam proses produksi industri. Kaprolaktam adalah bahan baku dasar untuk produksi nilon-6 dan plastik. Sekitar 90% produksi kaprolaktam digunakan untuk bahan nilon-6, karpet dan peralatan rumah tangga. Sepuluh persen sisanya digunakan untuk membungkus kabel, membungkus makanan dan produk lainnya. Selain sebagai bahan baku Nylon6, kaprolaktam juga dibutuhkan dalam industri film, leatherette, serat sintetis, plasticizer dan cat otomotif.



Kegunaan lain adalah sebagai pengikat silang dalam poliuretan dan sebagai bahan baku untuk sintesis asam amino lisin. Penggunaan nilon-6 yang masif mengakibatkan peningkatan permintaan nilon-6 di pasar dunia setiap tahunnya mencapai sekitar 3,6 miliar ton pada tahun 1998. Kaprolaktam beredar di pasaran dalam bentuk serpihan, butiran dan bubuk. Produk peleburan dijual dalam kantong kertas, drum dan tangki.

Rata-rata, kebutuhan kaprolaktam dipenuhi dengan mengimpornya dari beberapa negara. Selama lima tahun terakhir, impor kaprolaktam relatif besar yaitu sekitar 33.000 hingga 34.000 ton per tahun. Kebutuhan kaprolaktam di Indonesia cukup tinggi dan terus bertambah seiring dengan meningkatnya permintaan dari pengguna industri. Namun, permintaan kaprolaktam ini tidak dapat dipenuhi karena belum ada pabrik kaprolaktam di Indonesia. Oleh karena itu, tren impor dari tahun ke tahun terus meningkat. Terutama untuk memasok industri dengan Nylon-6, yang masih merupakan konsumen terbesar kaprolaktam.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka pabrik Kaprolaktam ingin didirikan di indonesia dengan alasan sebagai berikut:

1. Kaprolaktam banyak digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan polimer, cat, bahan – bahan sintetik dan lain-lain.
2. Belum adanya pabrik *Kaprolaktam* di indonesia.
3. Kebutuhan Kaprolaktam semakin tahun semakin meningkat, sementara ketersediaan Kaprolaktam di dalam negeri tidak ada. Sehingga pemenuhan

kebutuhan Kaprolaktam di Indonesia selama ini masih diimpor dari luar negeri.

4. Pendirian pabrik Kaprolaktam diharap dapat memenuhi kebutuhan Kaprolaktam dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor Kaprolaktam dari luar negeri, sehingga dapat menghemat devisa negara.
5. Mengurangi tingkat pengangguran dengan cara membuka lapangan kerja di sekitar wilayah industri yang didirikan. Dengan tujuan untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat sekitar.
6. Sebagai pemasok bahan baku industri dalam negeri yang menggunakan Kaprolaktam sebagai bahan baku dan bahan penolong produk yang ada. Untuk dapat merangsang perkembangan industri yang menggunakan kaprolaktam.

Dengan memperhatikan hal – hal tersebut diatas serta belum mencukupinya kebutuhan Kaprolaktam dalam negeri, maka pendirian pabrik Kaprolaktam di Indonesia merupakan gagasan yang perlu dikaji lebih lanjut sebagai investasi yang menguntungkan di masa yang akan datang.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Kapasitas produksi mempengaruhi perhitungan ekonomis dan teknis dalam desain pabrik. Dalam rancang bangun pabrik kaprolaktam dari sikloheksanon dan asam sulfat kurus ini diharapkan memiliki kapasitas 36.000 ton per tahun. Kapasitas desain pabrik kaprolaktam ditentukan berdasarkan faktor-faktor berikut:

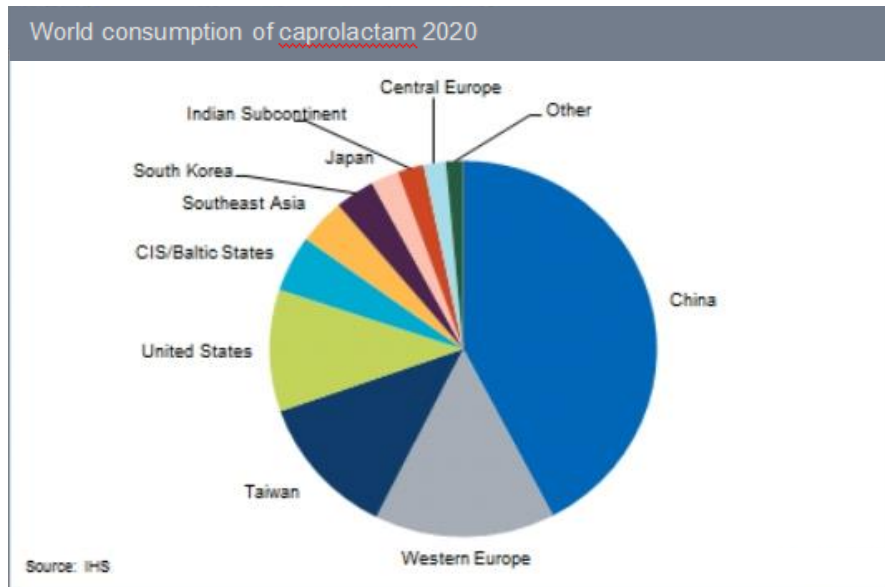
- a) Prediksi kebutuhan pasar
- b) Ketersediaan bahan baku

### **1.2.1 Prediksi Kebutuhan Pasar**

Kebutuhan kaprolaktam dalam maupun luar negeri dapat dilihat dari data BPS (Badan Pusat Statistik) impor dalam jangka waktu tahun 2017 sampai tahun 2021. Data statistik mengenai impor Kaprolaktam Indonesia (Tabel 1.2) memperlihatkan bahwa impor kaprolaktam di Indonesia mengalami kenaikan di tahun 2019, mengalami penurunan pada tahun 2020 dan mengalami kenaikan pada tahun 2017-2019,2020-2021, data tersebut dapat di lihat pada Tabel 1.2. Sedangkan data permintaan global untuk kaprolaktam yang meningkat 4,5% per tahunnya selama 2020 akan memberikan prospek yang baik untuk mendirikan pabrik kaprolaktam ini. Pada tahun 2020, sekitar 80% konsumsi kaprolaktam dunia adalah di Asia. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1

Tabel 1. 1 Industri Indonesia yang Menggunakan Kaprolaktam

Nama Produsen	Produk	Lokasi	Situs Internet
PT. Indo Kordsa tbk. 64.000 Ton/Tahun	Nilon-6	Cibinong	<a href="http://www.kordsa.com.tr/general/default.asp?d=en">http://www.kordsa.com.tr/general/default.asp?d=en</a>
PT. Suryatama  Polyurethane  Foam Factor.  58.000  Ton/Tahun	Poliuretan	Surabaya	<a href="http://www.scribd.com/doc/46766939/Daftar-an-Plastic">www.scribd.com/doc/46766939/Daftar-an-Plastic</a>
PT. Super  Polimer  Indonesia.  73.000  Ton/Tahun	Asam  amino  kaproat	Bogor	<a href="http://www.manufacturer.com/company/i5266484-PT.WMK+Bandung.html">http://www.manufacturer.com/company/i5266484-PT.WMK+Bandung.html</a>



Gambar 1. 1 Konsumsi Kaprolaktam Dunia

Kaprolaktam sangat dibutuhkan di Indonesia, karena di Indonesia terdapat beberapa perusahaan yang sudah mengembangkan produk nilon-6, asam amino kaproat, dan poliuretan yang menggunakan kaprolaktam sebagai bahan bakunya. Industri yang membutuhkan kaprolaktam dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Kebutuhan Kaprolaktam di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (ton)
2017	33295
2018	33630
2019	34096
2020	33887
2021	34290

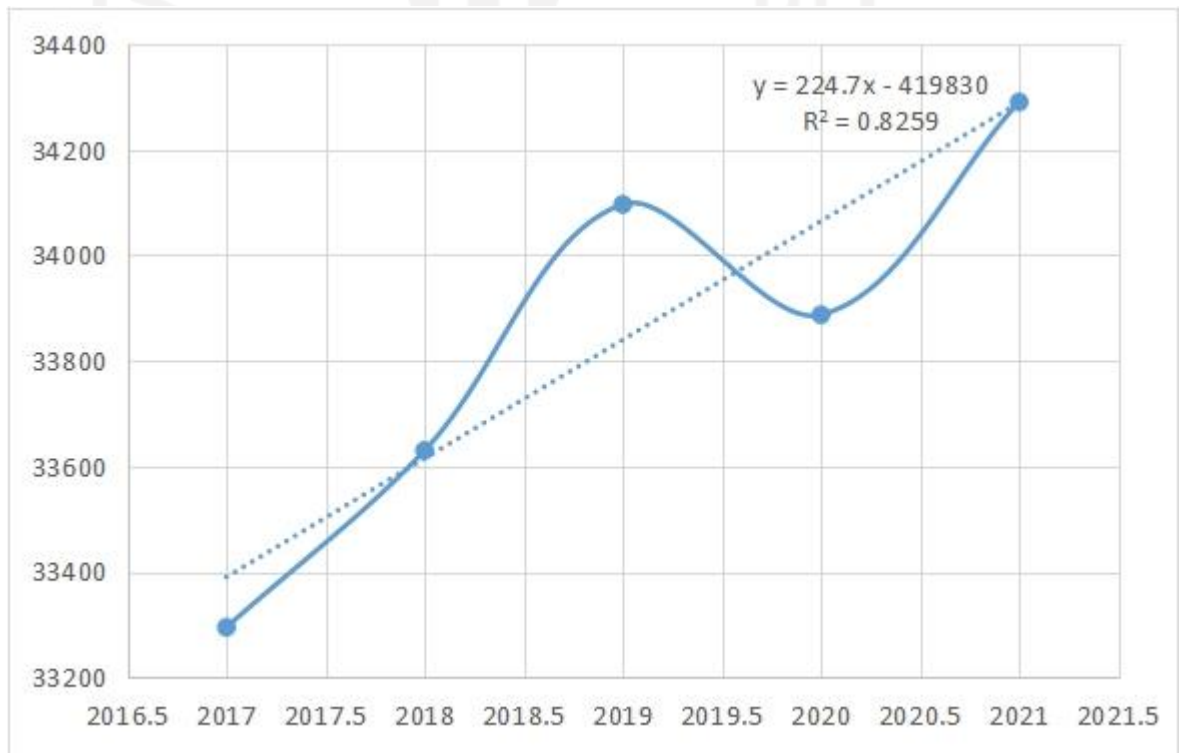
Dari data BPS diatas impor Kaprolaktam mengalami penurunan setiap tahunnya. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode pendekatan linier dapat diperoleh nilai impor Kaprolaktam untuk tahun 2026 dengan menggunakan persamaan:

$$y = ax + b$$

$$y = -28,323x + 5734$$

Kemudian mengenai kebutuhan Kaprolaktam di Asia dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri yang menggunakannya. Hal tersebut terlihat dari data kebutuhan Kaprolaktam di Asia pada tabel berikut :

Bila digambarkan dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut :



Gambar 1. 2 Kebutuhan Kaprolaktam Indonesia

Grafik diatas menunjukkan bahwa impor Kaprolaktam pada tahun 2017 sampai 2021 mengalami kenaikan kemudian mengalami penurunan pada tahun 2019 - 2020 kemudian mengalami kenaikan lagi pada tahun 2020 - 2021. Angka impor kaprolaktam cukup tinggi di Indonesia. Pendirian pabrik kaprolaktam sangat penting untuk pemenuhan kebutuhan kaprolaktam Indonesia dan akan memenuhi kebutuhan impor kaprolaktam Indonesia sehingga merupakan peluang yang besar dalam memberikan keuntungan sekaligus meningkatkan devisa negara karena akan menekan laju angka impor dan meningkatkan laju angka ekspor.

Kebutuhan kaprolaktam yang diperkirakan meningkat pada tahun-tahun mendatang dapat dihitung dengan membuat grafik linier kebutuhan kaprolaktam 2017 - 2021 dan diperoleh persamaan kapasitas =  $115.858,20x - 200.474.978,00$ . Berdasarkan perhitungan diperkirakan kebutuhan kaprolaktam pada tahun 2026 sekitar 36.000 ton per tahun.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka direncanakan didirikan pabrik kaprolaktam dengan kapasitas 36,000 ton per tahun untuk membantu memenuhi kebutuhan kaprolaktam tersebut. Berikut adalah table kebutuhan kaprolaktam di dunia:

Tabel 1. 3 Kebutuhan Kaprolaktam di Dunia, Source: DSM Fibre Intermediates.

<b>PLANT</b>	<b>COUNTRY</b>	<b>CAPACITY(TON )</b>
mitsubishi, KUROSAKI	JAPAN	115
UBE, SAKAI	JAPAN	114
UBE, UBE CITY	JAPAN	104
SUMITOMO, NIIHIMA	JAPAN	95
TORAY, TOKAI	JAPAN	90
TORAY, NAGOYA	JAPAN	88
BALINMG YINGSHAN, YUEYANG (HUNAN)	CHINA	60
NANJING DONFANG, NANJING (JIANGSU)	CHINA	50
SHIJIAZHUANG, SHIJIAZHUANG (HABEI)	CHINA	30
GUJARAT, VADODARA	INDIA	70
FACT, UDYOGAMANDAL	INDIA	50
HANKOOK, ULSAN	KOREA	120
CPDC, KAOHSIUNG	TAIWAN	120
CPDC, TOUFEN	TAIWAN	65
THAI CAPROLACTAM (UBE 80%), CHEONG NEM	THAILAND	78
SNIA	ITALY	20
AGROBIOCHIM	BULGARIA	25
FIBRREX	ROMANIA	25
EVERGREEN	USA	45



AZOT CHERKASSY	UKRAINE	50
lanjutan tabel 1.3 Kebutuhan Kaprolaktam di Dunia, Source: DSM Fibre Intermediates.		
AZOT KEMEROVO	RUSSIA	50
AZOT SHCHEKINO	RUSSIA	110
KUIBYSHEVAZO	RUSSIA	50
DOMO CAPROLEUNA	GERMANY	180
SPOLANA	CZECH	48
LANXESS	BELGIUM	200
BASF	BELGIUM	290
UBE CHEMICAL EUROPE	SPAIN	95
ZA PULAWY	POLAND	65
ZA TARNOW	POLAND	96
DSM	NETHERLANDS	250

Selain data impor kaprolaktam dan konsumsi dunia, pertimbangan penentuan kapasitas produksi kaprolaktam juga dapat dipertimbangkan dari kapasitas produksi pabrik yang ada. Memang, pabrik yang didirikan memiliki analisis ekonomi yang menguntungkan sesuai dengan kapasitas produksi yang dihasilkan.

### **1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku**

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang sangat penting bagi kelangsungan hidup suatu pabrik. Untuk menjamin kelangsungan proses produksi pabrik, bahan baku harus diperhatikan secara serius dalam jumlah yang cukup agar tersedia secara berkala. Bahan baku yang digunakan dalam produksi kaprolaktam adalah siklohexanon oksim dan asam sulfat. Bahan baku kaprolaktam diperoleh di luar negeri, terutama dari *Shanghai Mining Chemical Technology Co., Ltd.* Cina, Shanghai, Luwan. dengan kapasitas produksi Cyclohexanon Oxim 86.000 ton/tahun.

Sedangkan untuk air diambil dari sungai dengan jumlah yang tidak terbatas dan ada disekitar pabrik yang akan dibangun tersebut. Untuk katalis Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) didapatkan dari kerjasama dengan PT Petrokimia Gresik dengan kapasitas 63.000 ton/tahun dan Natrium Oksida ( $NaOH$ ) didapatkan dari kerjasama dengan PT. Industri Soda Indonesia, Sidoarjo dengan kapasitas 54.000 ton/tahun. serta tersedianya tenaga kerja yang cukup banyak maka dimungkinkan untuk didirikan pabrik Kaprolaktam dari Sikloheksanon Oksim dan Asam Sulfat di Indonesia.

## 1.3 Tinjauan Pustaka

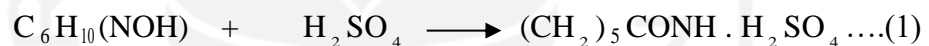
### 1.3.1 Macam Macam Proses

Kaprolaktam dapat dibuat dengan beberapa proses. Untuk menentukan proses yang paling menguntungkan, kita harus meninjau beberapa proses pembuatan Kaprolaktam.

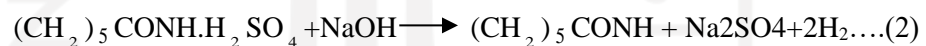
#### a. Tinjauan berbagai proses

##### 1. *Hidrosilamine Processed to Oxime (HPO) Process*

Reaksi :



Sikloheksanon oxim      asam sulfat      Kaprolaktam sulfat



Kaprolaktam sulfat      Natrium Hidroksida      Kaprolaktam      Natrium Sulfat

(Faith, Keyes & Clarks, 1975)

Dalam proses ini, bahan baku yang digunakan adalah sikloheksanon oksim, asam sulfat dan natrium hidroksida. Cyclohexanone oxime diimpor dari Jepang, Amerika Serikat, Australia dan negara-negara lain. Pengangkutan cyclohexanone oxime dengan kapal, setelah docking, diangkut dengan truk ke pabrik. Cyclohexanone oxime disimpan dan ditandai sebagai berbahaya jika terhirup atau

tertelan. Asam sulfat tersebut berasal dari PT Petrokimia Gresik, yang dipompa ke tangki penyimpanan. Untuk mempersiapkan potensi ekonomi (PE) dapat menggunakan persamaan:

$$EP = (\text{Nilai Produk}) - (\text{Harga Bahan Baku}) \text{ (Smith, Robin., 1995)}$$

Tabel 1. 4 Harga Bahan dan Produk Proses HPO

Bahan	Berat Molekul	\$/Kg
$(\text{CH}_2)_5 \text{CONH}$ (Kapolaktam)	113	2,70
$\text{C}_6\text{H}_{11}(\text{NOH})$ (Sikloheksanon oxim)	113	0,80
$\text{H}_2\text{SO}_4$ (Asam Sulfat)	98	0,34
NaOH (Natrium Oksida)	40	0,20

$$EP = (113 \times 2,7) - ((113 \times 0,8) + (98 \times 0,34) + (40 \times 0,20))$$

$$EP = 173,35 \text{ \$/kmol}$$

Pada reaksi ini menggunakan reaktor jenis RATB karena fase umpan masuk reaktor adalah cair - cair dengan kondisi reaksi suhu 110 °C dan tekanan 1,5 atm tanpa menggunakan katalis.

## 2. Proses Aminasi Kaprolakton

Reaksi :



Kaprolakton      Amonia      Aminocaproic acid



Aminocapric acid      kaprolaktam      air

Bahan baku yang digunakan adalah Kaprolakton dan Amonia. Kaprolakton diimpor dari negara Jepang, Cina, Belanda, Spanyol, dll. Pengangkutan Kaprolakton menggunakan kapal tangki, setelah sampai dipelabuhan diangkut dengan truk tangki sampai ke pabrik. Amonia diperoleh dari pabrik pupuk lokal. Kaprolaktone disimpan dalam tangki penyimpanan dan diberi tanda berbahaya bila terhirup/tertelan. Untuk penyusunan potensial ekonomi (EP) dapat menggunakan persamaan :

$$\text{EP} = (\text{Nilai Produk}) - (\text{Harga Bahan Baku})$$

Tabel 1. 5 Harga Bahan dan Produk Proses Aminasi Kaprolakton

Bahan	Berat Molekul	\$/Kg
$(\text{CH}_2)_5\text{CONH}$ (Kaprolaktam)	113	2,7
$\text{O}(\text{CH}_2)_5\text{CO}$ (Kaprolakton)	114	1,32
$\text{NH}_3$ (Amonia)	17	0,33

$$EP = (113 \times 2,7) - ((114 \times 1,32) + (17 \times 0,33))$$

$$EP = 149,01 \text{ \$/kmol}$$

Pada reaksi (1) reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan suhu reaksi 125 °C dan tekanannya 3,4-34 atm. Untuk reaksi ke (2) menggunakan reaktor pipa koil dengan suhu reaksi 335-370 °C dan tekanannya 204-340 atm. Kedua reaksi ini tanpa menggunakan katalis.

Selain proses HPO dan proses aminasi Kaprolakton, pembuatan Kaprolaktam juga dapat diperoleh dengan cara :

1. Oksidasi sikloheksanon dengan hidrogen peroksida untuk menghasilkan amonia menghasilkan sikloheksanon oksim, yang kemudian digunakan untuk membuat kaprolaktam dengan cara biasa.

2. Proses Toyo Rayon, yaitu oksidasi fotokimia sikloheksana dengan nitrosil klorida membentuk sikloheksanon hidroklorida oksim yang merupakan bahan baku antara produksi kaprolaktam.
3. Oksidasi toluena menghasilkan asam benzoat dan hidrogenasi senyawa ini menghasilkan asam sikloheksana karboksilat, diikuti dengan reaksi asam nitrosil sulfat menghasilkan kaprolaktam.

Dari ketiga reaksi diatas membutuhkan bahan baku yang relatif lebih banyak dan memerlukan proses yang cukup panjang sehingga memerlukan biaya dan energi yang cukup besar.

### 1.3.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan peninjauan proses HPO dan aminasi Kaprolakton, dapat dibuat matrik pemilihan proses, seperti yang terlihat pada tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Matrik pemilihan proses

No		Proses DSM	Proses Aminasi Kaprolacton
1	Produk	Kaprolaktam (***)	Kaprolaktam (***)
2	Bahan baku <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cara mendapatkan</li> <li>• Pengangkutan</li> <li>• Penyimpanan</li> </ul>	Sikloheksanon oksim, Asam sulfat, NaOH (*)  Sikloheksanon oksim diimpor dari Jepang, Amerika, Australia, dll. Asam sulfat dari pabrik pupuk di dalam negeri. (*)  Kapal dan Truk (***)  Gudang dan tangki (*)	Kaprolakton, Amonia (**)  Kaprolakton diimpor dari Jepang, Cina, Belanda, Spanyol, dll. Amonia dari pabrik pupuk di dalam negeri. (*)  Kapal tangki dan Truk tangki (**)  Tangki (**)
3	Potensial Ekonomi	173,35 \$/kmol(**)	149,01 \$/kmol (*)
4	Reaktor	RATB (***)  Netralizer	RATB (1)  Pipa Coil (2) (**)
5	Kondisi operasi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur</li> <li>• Tekanan</li> </ul>	110 °C  110°C (***)  1 atm 1 atm (***)	125 °C (1)  335-370 °C (2) (**)  3,4-34 atm (1)  204-340 atm (2) (*)
6	Fase	Cair (***)	Cair (***)
7	Katalis	- (***)	- (***)

Keterangan : (\*\*\*) = Baik (\*\*) = Sedang (\*) = Kurang



## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

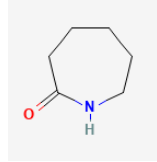
Berdasarkan pada desain pabrik yang akan dibangun, kualitas bahan dan produk harus sesuai dengan apa yang dirancang untuk tujuan yang ingin dicapai. Dan ada beberapa spesifikasi pendukung yang harus disesuaikan dengan kualitas produk yang diproduksi agar sesuai dengan pasar.

#### 2.1 Spesifikasi Produk

##### 2.1.1 Sifat Fisik

- a. Kaprolaktam
- Rumus molekul :  $(\text{CH}_2)_5\text{CNOH}$
  - Nama lain : Kaprolaktam
  - Berat molekul : 113 g/gmol
  - Bentuk : Padat
  - Kemurnian : 97 % berat
  - Bau : Tidak berbau
  - Titik lebur :  $70^\circ\text{C} / 1 \text{ atm}$
  - Titik didih :  $270^\circ\text{C} / 1 \text{ atm}$
  - Densitas :  $0,96 \text{ gr/cm}^3 / 30^\circ\text{C}$
  - Suhu kritis :  $532,85^\circ\text{C}$
  - Kelarutan  $25^\circ\text{C}$  : 0,525 g/L air
  - Tekanan kritis : 366,57 atm

- Rumus Kimia Kaprolaktam



b. Natrium Sulfat

- Rumus molekul :  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- Nama lain : Natrium Sulfat
- Berat molekul : 142 g/gmol
- Bentuk : Padat
- Bau : Tidak berbau
- Titik lebur :  $884^\circ\text{C} / 1 \text{ atm}$
- Titik didih :  $330^\circ\text{C} / 1 \text{ atm}$
- Densitas :  $2,68 \text{ gr/cm}^3 / 30^\circ\text{C}$
- Kelarutan  $25^\circ\text{C}$  : 18,5 g/L

## 2.2 Spesifikasi Bahan

### 2.2.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. Sikloheksanon Oksim

- Rumus molekul :  $\text{C}_6\text{H}_{10}(\text{NOH})$
- Nama lain : Siklo Heksanon
- Berat molekul : 98,145 g/gmol
- Bentuk : Padat
- Titik lebur :  $90^\circ\text{C} / 1 \text{ atm}$
- Titik didih :  $208^\circ\text{C} / 1 \text{ atm}$

- Densitas : 0,968 gr/cm<sup>3</sup> / 30°C
- Suhu kritis : 441,85°C
- Kelarutan 25°C : 25 g/L
- Tekanan kritis : 46,29 atm

b. Asam Sulfat

- Rumus molekul : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Nama lain : Asam Sulfat
- Berat molekul : 98 g/gmol
- Bentuk : Cair
- Titik lebur : 10,31°C / 1 atm
- Titik didih : 336,85°C / 1 atm
- Densitas : 1,834 gr/cm<sup>3</sup>/30°C
- Suhu kritis : 651,85°C
- Kelarutan 25°C : 0,0624 g/L
- Tekanan kritis : 497,9 atm

c. Natrium Hidroksida

- Rumus molekul : NaOH
- Nama lain : Natrium Hidroksida
- Berat molekul : 40 g/gmol
- Bentuk : Padat
- Titik lebur : 318°C / 1 atm
- Titik didih : 1390°C / 1 atm
- Densitas : 2,13 gr/cm<sup>3</sup>/30°C

- Suhu kritis : 2547°C
- Kelarutan 25°C : 38 g/L
- Tekanan kritis : 249,998 atm

d. Air

- Rumus molekul : H<sub>2</sub>O
- Nama lain : Air
- Berat molekul : 18 g/gmol
- Bentuk : Cair
- Titik lebur : 0°C / 1 atm
- Titik didih : 100°C / 1 atm
- Densitas : 1 gr/cm<sup>3</sup>/30°C
- Suhu kritis : 373,98°C
- Tekanan kritis : 217,67 atm

### 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengawasan mutu di pabrik Kaprolaktam meliputi pemeriksaan mutu bahan baku, pengendalian mutu proses, dan pemeriksaan mutu produk. Dan untuk mendapatkan dan memelihara suatu produk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, maka dilakukan proses manufaktur yang memerlukan pemantauan dan pengendalian proses manufaktur agar proses tersebut dapat berlangsung. Mencocokkan langkah-langkah proses yang ada. Dan kegiatan proses manufaktur seharusnya menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan berkualitas tinggi

sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditentukan. Selain itu diharapkan waktu produksi produk dapat berjalan sesuai dengan jadwal yang ada. Oleh karena itu, harus ada pengendalian produksi, antara lain.

### **2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengujian kualitas bahan baku disini untuk mengetahui tingkat kualitas bahan baku yang akan digunakan untuk membuat produk yang diinginkan. Dalam hal beberapa pertimbangan, apakah bahan baku yang ada memenuhi spesifikasi yang ditentukan untuk proses tersebut. Oleh karena itu sebelum memulai atau memulai proses produksi perlu dilakukan pengecekan kualitas bahan baku berupa sikloheksanon  $C_6H_{10}$  (NOH), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), natrium hidroksida (NaOH) dan air ( $H_2O$ ) sesuai pesanan. Bahwa bahan yang digunakan untuk memproduksi produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan di pabrik.

Dan semua kontrol yang berkaitan dengan kualitas bahan baku dapat dianalisis di laboratorium atau menggunakan instrumen kontrol. Dan setelah dilakukan analisa, jika kualitas bahan baku yang ada tidak sesuai, kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan ke pemasok.

### **2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi**

Kontrol proses pabrik mencakup aliran dan alat yang bertindak sebagai sistem kontrol. Kontrol dan pemantauan operasional dilakukan oleh perangkat kontrol terpusat di ruang kontrol, oleh pengontrol otomatis menggunakan

indikator. Apabila terdapat kesalahan dan penyimpangan dari proses saat ini pada indikator yang telah ditetapkan, mengenai aliran bahan dan produk, kontrol level dan kontrol suhu, hal ini dapat diketahui atau dideteksi dari sinyal dan tanda yang diberikan, yaitu suara alarm, lampu berkedip dan indikasi lainnya. Dan apabila terjadi penyimpangan maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan ke keadaan semula, hal ini dapat dilakukan secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan dalam proses pemroduksian pabrik yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi yang berhubungan dengan *temperature*, tekanan dan sebagainya. Dan alat control yang harus di *set* pada kondisi tertentu yaitu sebagai berikut:

a. *Flow Control*

Sebagai salah satu alat yang terpasang pada aliran material, input dan output dari proses.

b. *Temperature control*

Ini adalah instrumen kontrol suhu yang memiliki batas setpoint untuk nilai suhu yang dimasukkan oleh parameter yang dikandungnya. Ketika nilai suhu objek yang diukur (nilai aktual) melebihi setpoint hanya beberapa derajat, output akan bekerja.

c. *Level control*

Merupakan alat yang dipasang pada dinding tangki. Jika tidak sesuai dengan kondisi yang ditetapkan atau ditetapkan, maka akan menimbulkan sinyal atau tanda berupa lampu dan suara alarm.

d. *Pressure Control (Valve)*

Suatu alat yang dipasang untuk mengatur tekanan dalam suatu rangkaian dengan mengembalikan seluruh atau sebagian oli ke reservoir ketika tekanan dalam rangkaian mencapai tekanan yang disetel.

Pengendalian proses dilakukan pada pekerjaan dengan harga tertentu sehingga dihasilkan produk standar, kemudian dilakukan pemeriksaan kualitas untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk memenuhi spesifikasi, spesifikasi yang diharapkan atau tidak. Setelah perencanaan produksi dan pelaksanaan proses produksi, diperlukan pemantauan dan pengendalian produksi agar proses dapat berjalan dengan lancar.

Kegiatan proses produksi untuk menciptakan produk dengan kualitas standar, dalam jumlah yang tepat dan pada waktu yang tepat. Untuk menjaga kelancaran proses, diperlukan monitoring dan in-process monitoring produk aspirin karena berada di tangki penyimpanan (product silo) sebelum didistribusikan ke konsumen yang membutuhkan.

Dan secara umum pengendalian kualitas atau mutu proses dilakukan dengan menggunakan tiga metode antara lain :

1. Pengawasan proses secara langsung

Dalam quality control ini, tim quality control secara langsung mengawasi setiap proses, memberikan perhatian khusus pada penanganan aliran bahan baku dan mesin produksi.

2. Pengawasan melalui panel kendali dan pengawasan secara otomatis

Kontrol proses otomatis yang ada pada mesin produksi, misalnya kondisi tekanan pada saat reaksi berlangsung, temperatur operasi reaktor, jumlah zat dalam alat dan lain-lain. Jika terjadi penyimpangan dari bahan baku selama proses, mesin produksi akan berhenti secara otomatis.

3. Pengawasan kondisi parameter mesin

Dengan memantau proses dengan cara ini, lebih banyak perhatian diberikan pada parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Jika tidak sesuai standar, maka pengaturan mesin harus diatur ulang agar memenuhi standar yang telah ditentukan.



### **2.3.3 Pengendalian Terkait Waktu Produksi**

Dalam mencapai kuantitas/jumlah tertentu perlu adanya waktu tertentu yang harus diperhitungkan sebelumnya. Maka dari itu pengendalian waktu dibutuhkan untuk mengefisienkan waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung, agar nantinya produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana dan target yang sudah dirancang.

### **2.3.4 Pengendalian Kualitas Produk**

Kontrol produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang diproduksi, dan ini harus dilakukan dari bahan baku hingga produk. Untuk mencapai standar mutu atau mutu produk, perlu diperoleh bahan baku yang berkualitas, memantau dan mengontrol proses yang ada dengan sistem pengendalian agar produk yang berkualitas dapat diperoleh dan dibawa ke pasar secara kuantitas. Untuk mengetahui produk mana yang diproduksi sesuai dengan standar yang berlaku, analisis produk harus dilakukan sebelum dipasarkan. Dan pengujian yang dilakukan memeriksa kemurnian produk dan komposisi bahan yang terkandung dalam produk aspirin apakah layak dan layak untuk digunakan.

Selain itu, dalam membangun rencana produksi secara umum perlu memperhatikan dua faktor, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor ekstrinsik adalah faktor yang menghubungkan ukuran pasar dengan jumlah yang diproduksi. Sedangkan faktor internal yang berhubungan dengan kapasitas pabrik, yaitu :

#### b. Kemampuan Pasar

Ada dua kemungkinan pertama, bahwa kapasitas pasar lebih besar dari kapasitas pabrik, untuk merencanakan produksi secara optimal.

Kedua, kapasitas pasar lebih kecil dari kapasitas pabrik. Dari dua kapasitas tersebut, dimungkinkan untuk mempertahankan tiga pilihan, yaitu memproduksi sesuai kapasitas pasar atau mengurangi output sesuai kapasitas pasar dengan mempertimbangkan untung rugi. Rencana produksi kemudian ditetapkan dengan mempertimbangkan kelebihan produksi disimpan dan dibawa ke pasar untuk tahun berikutnya. Serta tindakan dan upaya yang biasa dilakukan untuk menemukan area pemasaran lain di mana produk dapat dijual.

#### b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor yaitu berupa material (Bahan baku) dimana dengan pemakaian bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas, maka akan mencapai target produksi yang diinginkan. Kemudian terkait manusia sebagai tenaga kerja dimana kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian yang menimpa pabrik. Oleh karena itu perlu dilakukannya semacam training atau pelatihan pada setiap karyawan di pabrik tersebut yang nantinya akan meningkatkan keterampilan dan cara berpikir dalam menjalankan suatu pekerjaan.

Selain terkait pada dua hal diatas dalam suatu pabrik juga berkaitan dengan kemampuan mesin (peralatan) yang digunakan di dalam suatu pabrik. Dimana ada dua hal yang mempengaruhi kemampuan dan kehandalan peralatan yaitu keefektifan jam kerja pada mesin dan kemampuan mesin itu sendiri.



## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik etanol perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

#### 3.1 Uraian Proses

Secara garis besar proses pembuatan etanol dapat dibagi menjadi 4 tahap proses, yaitu:

1. Persiapan Bahan baku
2. Proses Reaksi dalam Reaktor
3. Proses Netralisasi
4. Pemisahan dan Pemurnian Produk

##### 3.1.1 Persiapan Bahan Baku

Sikloheksanon Oksim (SHO) dari gudang (G – 1) diangkut ke silo (S-1) menggunakan *Belt Konveyor* (BC – 1) dan *Bucket Elevator* (BE – 1). SHO dari *Silo* (S-1) diumpankan ke *Melter* (ML–1). Didalam *melter* (ML–1) SHO dilelehkan pada suhu 110 °C selanjutnya diumpankan ke *Reaktor* (R-1). Asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dari *Tangki penyimpanan* (T-1) dinaikkan suhunya dari 30°C menjadi 110°C menggunakan (HT-1) yang kemudian diumpankan ke *Reaktor* (R – 1) dengan konsentrasi 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 2% H<sub>2</sub>O.

### **3.1.2 Proses Reaksi di dalam Reaktor**

Reaktor yang digunakan jenis RATB. Reaktor beroperasi pada suhu 110°C dan tekanan 1 atm dengan konversi yang diinginkan 99,7%. Karena reaksi bersifat eksotermis maka reaktor dipasang pendingin jenis koil. Hasil reaksi adalah kaprolaktam sulfat (CPS) kemudian diumpankan ke Netralizer (N-1). Di dalam Tangki Pelarut NaOH dilarutkan dengan air hingga konsentrasinya 60 % NaOH dan 40% H<sub>2</sub>O. Proses pelarutan ini dilakukan secara batch. Hasil dari setiap Tangki pelarut ditampung pada tangki (T-2) yang selanjutnya di naikan suhunya dari 30°C menjadi 110°C menggunakan (HT-1) yang kemudian diumpankan ke Netraliser (N-1) secara kontinyu.

### **3.1.3 Proses Netralisasi**

Pada Netralizer, asam sulfat sisa dan CPS dinetralkan dengan larutan NaOH dari Tangki NaOH (T-2) menjadi Kaprolaktam, air dan produk samping berupa Natrium Sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Netralizer beroperasi pada suhu 110°C dan tekanan 1 atm dengan menggunakan air pendingin yang dialirkan lewat koil. Campuran hasil dari Netralizer di turunkan suhunya dari 110°C menjadi 60°C menggunakan Cooler (CL-1).

### **3.1.4 Pemisahan dan Pemurnian Produk**

Kemudian diumpankan ke Ultrafiction Membrane (UF-1) untuk di pisahkan berdasarkan partikel-partikel di dalamnya melalui suatu celah

dengan ukuran tertentu. Partikel-partikel yang memiliki ukuran lebih kecil dari pori penyaring akan melewati filter yang disebut filtrat. Setelah di dapat hasil penyaringan berdasarkan ukuran partikel, lalu diumpankan ke Evaporator (EV-1) untuk diuapkan airnya. Produk Evaporator (EV – 1) selanjutnya akan di naikan suhunya dari 60°C menjadi 182°C menggunakan (CL-1) yang kemudian diumpankan ke Crystallizer (CR-1).

Larutan dikristalkan dalam *Crystallizer* (CR-1) dengan pendinginan sampai temperature 40°C karena pada suhu lingkungan diharapkan asam sulfat dalam larutan dapat jenuh dan mengkristal. *Slurry* dari *Crystallizer* kemudian masuk ke dalam Cetrifuge (CF-1) untuk dipisahkan dengan cairannya yang masih terkandung dalam padatan.

Produk keluar dari *Crystallizer* berupa campuran kristal dan *mother liquor* dan dialirkan menuju *Centrifuge* secara gravitasi. Penggunaan filter tergantung dari rate produksi dan jumlah reaktor yang digunakan. Secara gravitasi *slurry* masuk kedalam *Centrifuge* yang sedang berputar. *Slurry* masuk melalui pipa stasioner yang merupakan corong pengumpan. Dalam *Filter* kristal dipisahkan dari *mother liquor*nya. Dengan adanya putaran basket yang cepat *slurry* akan terlempar ke dinding basket karena gaya sentrifugal.

Cairan akan mengalir keluar dinding basket yang dilapisi filter untuk menahan kristal. Dalam *Centrifuge* terdapat screen 30 US mesh untuk memisahkan kristal dari larutannya.

Lapisan cake Asam Sulfat kristal ini didorong keluar dengan *cake pusher* yang bergerak maju mundur secara periodik. Setiap gerakan *pusher* itu menggeser kristal ke arah bibir basket, kemudian akan jatuh ke dalam casing dan masuk ke dalam corong pengumpul. Kristal basah yang telah terpisah diangkut dengan *Belt Conveyor (BC-2)*. Filtrat yang berupa *mother liquor* selama basket berputar dikeluarkan melalui saluran tersendiri dan *mother liquor* tersebut berupa produk samping yang akan dipasarkan.

Kristal Kaprolaktam yang telah terpisah dari filtratnya, dengan menggunakan *Belt Conveyor (BC-2)* menuju *Bucket Elevator (BE-2)*, kemudian dikeringkan dengan *Rotary Dryer (RD-1)*. Pengeringan dilakukan oleh udara yang telah dikeringkan dengan *air heater* dengan menggunakan *steam* sebagai media pemanas. Pengeringan pada *Rotary Dryer* dimaksudkan untuk mendapatkan kristal asam asetilsalisilat dengan kemurnian 99,5% berat.

Keluar dari *Rotary Dryer*, kristal dilewatkan *Belt Conveyor (BC-3)* menuju *Bucket Elevator (BE-3)*, dan akhirnya ditampung dalam sebuah Silo (S-1). Dari Silo (S-1) ini selanjutnya kristal akan masuk ke unit pengepakan dan ditampung digudang sebelum dipasarkan. Centrifuge (CF – 1). Cake berupa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yang merupakan by produk yang laku dijual.

## 3.2 Spesifikasi Alat Proses

### 3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan Baku

#### a. Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-1)

Tugas	:	Menyimpan bahan baku H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> selama 7 hari	
		Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom, Conical	
Jenis	:	Roof	
Bahan	:	Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316	
Fasa	:	Cair	
Kondisi operasi			
Tekanan	:	1	atm
Suhu	:	30	°C
Dimensi			
kapasitas	:	629,5472	m <sup>3</sup>
Diameter	:	13,7250	m
Tinggi	:	5,4900	m
Tebal <i>shell</i>	:	0,8750	in
Jumlah <i>course</i>	:	3	
Tinggi <i>head</i>	:	93,5305	in
Tebal <i>head</i>	:	0,1875	in
Jumlah	:	1	Buah
Harga	:	\$167.960	



b. Tangki Penyimpanan Bahan Baku (T-2)

Tugas	:	Menyimpan bahan baku NaOH selama 7 hari
		Cylindrical Vertical Tank, Flat Bottom, Conical
Jenis	:	Roof
Bahan	:	Carbon Steel SA 167 Grade 11 type 316
Fasa	:	Cair
Kondisi operasi		
Tekanan	:	1 atm
Suhu	:	30 °C
Dimensi		
kapasitas	:	977,6643 m <sup>3</sup>
Diameter	:	15,2500 m
Tinggi	:	7,3200 m
Tebal <i>shell</i>	:	1,0000 in
Jumlah <i>course</i>	:	4
Tinggi <i>head</i>	:	103,6908 in
Tebal <i>head</i>	:	0,1875 in
Jumlah	:	1 buah
Harga	:	\$167.960

### 3.2.2 Heat Exchanger

#### a. Heater (HE-1)

Tugas	:	Memanaskan bahan baku H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sebelum masuk reaktor (R-01)	
Jenis	:	Double Pipe Heat Exchanger	
Kondisi Operasi	:		
Fluida Dingin	:		
	- t in	:	30 °C
	- t out	:	110 °C
Fluida Panas	:		
	- T in	:	200,00 °C
	- Tout	:	200,00 °C
Annulus	:	Steam	
	- Kapasitas	:	363,44 kg/jam
	- ID	:	0,17 ft
	- OD	:	0,14 ft
	- Pressure Drop	:	0,0226780 psi
Inner Pipe	:	Fluida Dingin (Heavy Organic)	
	- Kapasitas	:	5.655,00 kg/jam
	- ID	:	0,12 ft
	- Pressure Drop	:	0,407 psi
Dirt Factor	:	0,0022 hr ft <sup>2</sup> °F/Btu	
Luas Transfer Panas	:	26,82	ft <sup>2</sup>
Jumlah Hairpin	:	6	Buah

Jumlah : 1 Buah  
 Harga : \$859

b. Heater (HE-2)

Tugas : Memanaskan bahan baku NaOH sebelum masuk Netralizer

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Kondisi Operasi

Fluida Dingin

- t in : 30 °C

- t out : 110 °C

Fluida Panas

- T in : 200,00 °C

- Tout : 200,00 °C

Annulus : Steam

- Kapasitas : 7.540,00 kg/jam

- ID : 0,21 ft

- OD : 0,14 ft

- Pressure Drop : 2,0812247 psi

Inner Pipe : Fluida Dingin (Heavy Organic)

- Kapasitas : 928,31 kg/jam

- ID : 0,12 ft

	- Pressure Drop	:	0,015	psi
Dirt Factor	:		0,0021 hr ft <sup>2</sup> °F/Btu	
Luas Transfer Panas	:	75,34	ft <sup>2</sup>	
Jumlah Hairpin	:	15	Buah	
Jumlah	:	1	Buah	
Harga	:	\$859		
c. Heater (HE-03)				
Tugas	:	Memanaskan hasil keluaran blower menuju RD		
Jenis	:	Double Pipe Heat Exchanger		
Kondisi Operasi				
Fluida Dingin				
	- t in	:	30	°C
	- t out	:	100	°C
Fluida Panas	:			
	- T in	:	200,00	°C
	- Tout	:	180,00	°C
Annulus	:	Steam		
	- Kapasitas	:	253,31	kg/jam
	- ID	:	0,34	ft
	- OD	:	0,29	ft
	- Pressure Drop	:	0,0004223	psi
Inner Pipe	:	Gas		
	- Kapasitas	:	9.908,29	kg/jam
	- ID	:	0,26	ft

	- Pressure Drop	:	1,384	psi
Dirt Factor	:	0,0021	hr ft <sup>2</sup> °F/Btu	
Luas Transfer Panas	:	75,61	ft <sup>2</sup>	
Jumlah Hairpin	:	7	Buah	
Jumlah	:	1	Buah	
Harga	:	\$859		

### 3.2.3 Cooler

#### a. Cooler (CL-1)

Tugas	:	Menurunkan suhu keluaran Evaporator		
Jenis	:	Double Pipe		
Kondisi Operasi				
Fluida Panas	:			
	- T in	:	182,00	°C
	- Tout	:	60,00	°C
Fluida Dingin				
	- t in	:	30,00	°C
	- t out	:	45,00	°C
Annulus	:	Fluida Dingin(air)		
	- Kapasitas	:	35.712,74 kg/jam	
	- ID	:	0,51	ft
	- OD	:	0,38	ft
	- Pressure Drop	:	0,5254	psi
Inner Pipe	:	Aqueous solution		

	- Kapasitas	:	6.617,00 kg/jam
	- ID	:	0,34 ft
	- Pressure Drop	:	0,0038 psi
Dirt Factor	:	0,0023	hr ft <sup>2</sup> °F/Btu
Luas Transfer Panas	:	124,08	ft <sup>2</sup>
Jumlah Hairpin	:	9	Buah
Jumlah	:	1	Buah
Harga	:	\$38.000	

### 3.2.4 Reaktor (R-1)

Tugas	:	Mereaksikan Sikloheksanon Oxime dengan Asam Sulfate menjadi Caprolactam Sulfate
Jenis	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Kondisi operasi	:	
Tekanan	:	1 atm
Waktu Tinggal	:	28 menit
Temperature	:	110 °C
Dimensi Reaktor	:	
Volume	:	4,6506 m <sup>3</sup>
Bahan	:	stainless steel SA 167 grade II type 316
Diameter	:	1,6637 m
Tinggi	:	2,4956 m

Tebal Shell	:	0,2500 in
Tinggi Cairan dalam shell	:	1,9760 m
Bentuk Head	:	Torispherical dished head
Tebal Head	:	0,1875 in
Koil Pendingin		
Jumlah Lilitan	:	6 lilitan
Tinggi Tumpukan Koil	:	0,8573 m
Diameter Lilitan Koil	:	1,3310 m
Panjang Lilitan Koil	:	4,7022 m
Panjang Koil	:	23,5191 m
Pengaduk		
Jenis	:	marine propeller with 3 blades and pitch 2Di
Diameter Pengaduk	:	0,5546 m
Tinggi cairan dalam pengadukan	:	2,1628 m
Jarak pengaduk dari dasar tangki	:	0,7209 m
Power Pengaduk	:	5,0000 Hp
Jumlah	:	1 Buah

### 3.2.5 Melter (M – 1)

Tugas : Meleburkan Sikloheksanon Oksim (SHO) sebagai umpan reaktor dengan

kecepatan umpan SHO = 5067,52577 kg/jam

Jenis : Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 atm

Suhu = 110 oC

1. Ukuran Melter :

Panjang (P)= 2,45 m

Lebar (L) = 2,45 m

Tinggi (t) = 2,45 m

Volume cairan di badan Melter = 12,32 m<sup>3</sup>

Tinggi cairan di badan Melter = 2,05 m<sup>3</sup>

Tebal shell = 3 in  
16

Tebal dasar= 1 in  
4

2. Alat perpindahan panas :

Koil :

diameter koil 6,44 ft = 1,96 m

jumlah lilitan koil 15,43 = 16 lilitan

panjang total koil 81,72 ft = 24,91 m

tinggi lilitan koil 7,02 ft = 2,14 m

jarak koil dengan dasar 0,81 ft = 0,25 m

jarak antar koil(tanpa turbin) 0,1 ft = 0,03 m

jarak antar koil(dengan turbin) 0,53 ft = 0,16 m



Beban panas melter =	955966,26	kJ/jam =	906043,27	Btu/jam
luas perpindahan panas	74,94	ft <sup>2</sup> =	6,96	m <sup>2</sup>
luas perpindahan panas per koil	18,55	ft <sup>2</sup> =	1,72	m <sup>2</sup>
jarak koil teratas dengan cairan	0,2	8 ft =	0,09	m

#### Pipa Koil

$$\text{OD pipa koil} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{ID pipa koil} = 3,068 \text{ in}$$

#### 3. Pengaduk

$$\text{Tipe pengaduk} = \text{Flat blade turbin}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah turbin} = 1,089 \quad 2 \text{ buah}$$

$$\text{diameter pengaduk} = 3,22 \text{ ft} = 0,98 \text{ m}$$

$$\text{jarak pengaduk dengan dasar} = 2,66 \text{ ft} = 0,81 \text{ m}$$

$$\text{jarak turbin 1 dengan turbin 2} = 5,31 \text{ ft} = 1,62 \text{ m}$$

$$\text{lebar blade (q)} = 0,53 \text{ ft} = 0,16 \text{ m}$$

$$\text{kecepatan putaran} = 69,21 \text{ rpm}$$

$$\text{Daya pengadukan} = 13,52 = 15 \text{ hp}$$

### 3.2.6 Ultrafiltration Membrane (UF – 1)

Tugas : Memisahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dari umpan keluaran  
Netralizer

Jenis : Spiral wound dengan flow channel 90 mil

Kondisi Operasi:

Suhu : 60 °C

Tekanan : 1 atm

Bahan : *Stainless Steel*

Number of membran elements : 6

Number of housing : 20

A per elements used : 5,4788 m<sup>2</sup>

Area per pressure vessel : 32,8725 m<sup>2</sup>

### 3.2.7 Netralizer (N - 1)

Tugas	Menetralkan Caprolactam Sulfat dengan NaOH 60 % Menghasilkan Caprolactam	
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk	
Kondisi operasi		
Tekanan	: 1	atm
Waktu Tinggal	: 20	menit
Temperature	: 110	°C
Dimensi Reaktor		
Volume	: 2,9012	m <sup>3</sup>
Bahan	: stainless steel SA 167 grade II type 316	
Diameter	: 1,5145	m
Tinggi	: 2,2717	m
Tebal Shell	: 0,1875	in
Tinggi Cairan dalam shell	: 1,7941	m
Bentuk Head	: torispherical Flanged & Dished Head	
Tebal Head	: 0,2500	in
Koil Pendingin		
Jumlah Lilitan	: 7	lilitan
Tinggi Tumpukan Koil	: 0,6370	m
Diameter Lilitan Koil	: 1,2116	m
Panjang Lilitan Koil	: 4,2802	m
Panjang Koil	: 27,4487	m
Pengaduk		
Jenis	: marine propeller with 3 blades and pitch 2Di	
Diameter Pengaduk	: 0,4784	m

Tinggi cairan dalam pengadukan	:	1,8658	m
Jarak pengaduk dari dasar tangki	:	0,6219	m
Power Pengaduk	:	5	Hp
Jumlah	:	1	Buah
Harga	:	\$384.569	

### 3.2.8 Evaporator (EV - 1)

Tugas	:	Menguapkan air yang terkandung dalam produk Caprolactam yang keluar dari Ultrafiltration Membrane	
Jenis	:	Long Tube Vertical Evaporator with External Heater	
Bahan	:	Stainless Steel SA 167 grade II type 316	
Dimensi Evaporator			
Tebal minimum tube	:	0,1254	in
Jenis tube	:	Tube sheet layout 3/4in. OD tubes on 15/16-in. Triangular Pitch	
Tube Side	:	Medium Organic	
		- Jumlah Passed (n)	: 2
		- Jumlah Tube (Nt)	: 114
		- Area per Tube (A't)	: 0,182 in <sup>2</sup>
Shell Side	:	Steam	
		- IDs Steam	: 13,25 in
		- Baffle space	: 3,3125 in
Dirt Factor	:	0,0056	hr ft <sup>2</sup> °F/Btu

Pressure drop	0,2726	psi
Dimensi Separator Fasa		
Volume cairan	: 1,1050	m <sup>3</sup>
Waktu tinggal	: 10	menit
Volume Vapor	: 0,6949	m <sup>3</sup>
Volume Total	: 2,1599	m <sup>3</sup>
Diameter	: 1,2097	m
Tinggi	: 2,4194	m
Tebal Dinding Separator	: 0,1875	in
Tebal Head	: 0,1875	in
Tinggi total separator	: 0,2374	m
Jumlah	: 1	Buah
Harga	: \$174.511	

### 3.2.9 Centrifuge (CR – 1)

Tugas : Memisahkan padatan hasil pengkristalan di Crystallizer dari cairan yang masih terikut.

Jenis : Helical Conveyor Centrifuge (Solid Bowl).

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm

Temperature : 40 °C

Panjang Bowl : 1,8288m

Bahan : Carbon Steel SA-283 Grade C

Power : 0,05 Hp

Jumlah : 1 buah

### 3.2.10 Crystallizer (CR – 1)

Tugas : Mengkristalkan larutan CPL menjadi CPL kristal

Jenis : *Continous Stired Crystallizer Tank (CSTC)*

Suhu : 40 °C

Tekanan : 1 atm

Waktu Tinggal : 1,5 Jam

Dimensi

Volume Design : 7,785 m<sup>3</sup>

Tebal Shell : 1,320 in

Diameter Luar : 122,751 in

Tinggi Total Cairan : 2,918 ft

Head and Botttom

Tebal Head : 1,441 in

Tinggi Head : 1,5 in

Pengaduk

Jenis : 6 flat blades inclined 45o

Jumlah Pengaduk : 1 buah

Tebal Pengaduk : 0,20m

Lebar Pengaduk : 0,25m

Power : 7,755Hp

Jumlah : 1 Buah  
Bahan : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

### 3.2.11 Rotary Dryer (RD – 1)

Tugas : Mengurangi kandungan cairan dalam  
Produk Kaprolaktam  
Jenis : *Counter Current Direct Heat Rotary Drier*  
Bahan : *Carbon Steel AISI (316) ( 18Cr, 12Ni, 2.5Mo)*  
Kondisi Oprasi  
Tekanan : 1 atm  
Suhu Bahan Masuk : 40 °C  
Suhu Udara Masuk : 100 °C  
Suhu Bahan Keluar : 65 °C  
Suhu Udara Keluar : 74 °C  
Jumlah : 1 buah  
Diameter : 1,5 m  
Panjang : 8,22 m  
Tebal Shell : 2 in  
Power : 10 Hp

### 3.2.12 Pompa

#### a. Pompa (P-1)

Tugas : Mengalirkan keluaran Melter ke Reaktor  
Jenis : Centrifugal pump single stage  
Kondisi :

Tekanan Masuk	:	1	atm
Takanan Keluar	:	1	atm
Suhu	:	110	<sup>0</sup> C
Bahan	:	Carbon Steel	
Densitas	:	51,3323	lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas	:	0,0017	lb/ft.s
Laju massa	:	11173,89	lb/jam
Laju Alir Volumetrik (Qf)	:	32,57	gpm
Diametern optimum	:	2,0670	in
Kecepatan Linier Fluida (v)	:	3,1153	ft/s
Panjang total pipa	:	34,0487	m
Head pompa	:	12,9278	ft.lbf/lbm
Daya Pompa	:	0,2918	Hp
Daya motor Pompa	:	0,3648	Hp
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	\$35.439	

b. Pompa (P-2)

Tugas	:	Mengalirkan produk H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dari Tangki ke Reaktor	
Jenis	:	Centrifugal pump single stage	
Kondisi	:		
Tekanan Masuk	:	1	atm
Takanan Keluar	:	1	atm
Suhu	:	30	<sup>0</sup> C



Bahan	:	Stainless Steel 316 AISI	
Densitas	:	112,9882	lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas	:	0,0119	lb/ft.s
Laju massa	:	12469,2750	lb/jam
Laju Alir Volumetrik (Qf)	:	16,5108	gpm
Diametern optimum	:	2,0670	in
Kecepatan Linier Fluida (v)	:	1,5794	ft/s
Panjang total pipa	:	34,0487	m
Head pompa	:	11,0378	ft.lbf/lbm
Daya Pompa	:	0,6416	Hp
Daya motor Pompa	:	0,8015	Hp
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	\$60.569	

c. Pompa (P-3)

Tugas : Mengalirkan umpan dari Reaktor ke Netralizer

Jenis : Centrifugal pump single stage

Kondisi :

Tekanan Masuk : 1 atm

Takanan Keluar : 1 atm

Suhu : 110 °C

Bahan : Stainless Steel 316 AISI

Densitas : 80,8389 lb/ft<sup>3</sup>

Viskositas : 0,0020 lb/ft.s

Laju massa : 23643,1693 lb/jam

Laju Alir Volumetrik (Qf)	:	43,7568	gpm
Diametern optimum	:	2,4690	in
Kecepatan Linier Fluida (v)	:	2,9337	ft/s
Panjang total pipa	:	38,1330	m
Head pompa	:	12,0908	ft.lbf/lbm
Daya Pompa	:	0,4331	Hp
Daya motor Pompa	:	0,5409	Hp
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	\$60.569	

d. Pompa (P-4)

Tugas	:	Mengalirkan produk NaOH dari Tangki ke Netralizer
Jenis	:	Centrifugal pump single stage
Kondisi	:	
Tekanan Masuk	:	1 atm
Takanan Keluar	:	1 atm
Suhu	:	30 °C
Bahan	:	Stainless Steel 316 AISI
Densitas	:	97,0126 lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas	:	0,6251 lb/ft.s
Laju massa	:	16625,7000 lb/jam
Laju Alir Volumetrik (Qf)	:	25,6397 gpm
Diametern optimum	:	2,0670 in
Kecepatan Linier Fluida (v)	:	2,4527 ft/s
Panjang total pipa	:	30,6959 m

Head pompa	:	13,4888	ft.lbf/lbm
Daya Pompa	:	0,6178	Hp
Daya motor Pompa	:	0,7720	Hp
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	\$60.569	

e. Pompa (P-5)

Tugas	:	Mengalirkan umpan dari Netralizer ke Cooler
Jenis	:	Centrifugal pump single stage
Kondisi	:	
Tekanan Masuk	:	1 atm
Takanan Keluar	:	1 atm
Suhu	:	110 °C
Bahan	:	Stainless Steel 316 AISI
Densitas	:	100,4815 lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas	:	0,0004 lb/ft.s
Laju massa	:	40268,8693 lb/jam
Laju Alir Volumetrik (Qf)	:	59,9576 gpm
Diametern optimum	:	3,0680 in
Kecepatan Linier Fluida (v)	:	2,6034 ft/s
Panjang total pipa	:	43,5890 m
Head pompa	:	11,1262 ft.lbf/lbm
Daya Pompa	:	0,4764 Hp
Daya motor Pompa	:	0,5951 Hp
Jumlah	:	1 buah

Harga : \$60.569

f. Pompa (P-6)

Tugas : Mengalirkan umpan dari UF ke Evaporator

Jenis : Centrifugal pump single stage

Kondisi :

Tekanan Masuk : 1 atm

Takanan Keluar : 1 atm

Suhu : 60 °C

Bahan : Stainless Steel 316 AISI

Densitas : 62,7985 lb/ft<sup>3</sup>

Viskositas : 0,0024 lb/ft.s

Laju massa : 22562,4988 lb/jam

Laju Alir Volumetrik (Q<sub>f</sub>) : 53,7524 gpm

Diametern optimum : 3,0680 in

Kecepatan Linier Fluida (v) : 2,3340 ft/s

Panjang total pipa : 43,5890 m

Head pompa : 11,2767 ft.lbf/lbm

Daya Pompa : 0,3084 Hp

Daya motor Pompa : 0,3853 Hp

Jumlah : 1 buah

Harga : \$60.569

g. Pompa (P-7)

Tugas	:	Mengalirkan umpan dari Evaporator ke Cooler-2
Jenis	:	Centrifugal pump single stage
Kondisi	:	
Tekanan Masuk	:	1 atm
Takanan Keluar	:	1 atm
Suhu	:	182 °C
Bahan	:	Stainless Steel 316 AISI
Densitas	:	56,7408 lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas	:	0,0003 lb/ft.s
Laju massa	:	14590,4757 lb/jam
Laju Alir Volumetrik (Q <sub>f</sub> )	:	38,4711 gpm
Diametern optimum	:	2,4690 in
Kecepatan Linier Fluida (v)	:	2,5793 ft/s
Panjang total pipa	:	40,1142 m
Head pompa	:	11,3678 ft.lbf/lbm
Daya Pompa	:	0,2872 Hp
Daya motor Pompa	:	0,3589 Hp
Jumlah	:	1 buah
Harga	:	\$60.569

h. Pompa (P-8)

Tugas	Mengalirkan umpan dari Crystalizer ke	
	: Centrifuge	
Jenis	: Centrifugal pump single stage	
Kondisi	:	
Tekanan Masuk	: 1	atm
Takanan Keluar	: 1	atm
Suhu	: 40	<sup>0</sup> C
Bahan	: Stainless Steel 316 AISI	
Densitas	: 41,4073	lb/ft <sup>3</sup>
Viskositas	: 0,0161	lb/ft.s
Laju massa	: 14590,4757	lb/jam
Laju Alir Volumetrik (Q <sub>f</sub> )	: 52,7172	gpm
Diametern optimum	: 2,4690	in
Kecepatan Linier Fluida (v)	: 3,5344	ft/s
Panjang total pipa	: 40,1142	m
Head pompa	: 14,0104	ft.lbf/lbm
Daya Pompa	: 0,2528	Hp
Daya motor Pompa	: 0,3159	Hp
Jumlah	: 1	buah
Harga	: \$60.569	

### 3.2.13 Alat kecil

a. Belt Conveyor 1 (BC – 1)

Tugas = mengangkut Sikloheksanon Oksim padat dari gudang ke bucket elevator

Operasi = batch

ukuran

a. panjang = 20 m

b. lebar = 24 in

power motor = 1 hp

Efisiensi motor = 80 %

jumlah = 1 buah

b. Belt Conveyor 2 (BC – 2)

Tugas = Mengumpulkan hasil dari Centrifuge ke Bucket Elevator-2

Operasi = batch

ukuran

a. panjang = 20 m

b. lebar = 24 in

power motor = 1 hp

Efisiensi motor = 80 %

jumlah = 1 buah

c. Belt Conveyor 3 (BC – 3)

Tugas = Mengumpankan hasil dari RD ke Bucket Elevator-3

Operasi = batch

ukuran

a. panjang = 20 m

b. lebar = 24 in

power motor = 1 hp

Efisiensi motor = 80 %

jumlah = 1 buah

d. Bucket Elevator 1 (BE – 1)

Tugas = mengangkut Sikloheksanon oksim (SHO) padat dari belt conveyor-1 ke silo-1

Jenis = Elevator  
Centrifugal Discharge Bucket

Operasi batch

1 Kapasitas alat = 100 ton/j

2 Ukuran bucket = 14 in x 7 in x 7,25 in

3 Jarak antara bucket = 18 in

4 Lebar bucket = 15 in

5 Tinggi direncanakan = 52,48 ft = 16 m

6 Kecepatan bucket = 300 ft/menit

7 Putaran = 38 rpm

8 Tenaga head shaft = 7,3 Hp

9 Penambahan tenaga tiap feet = 0,14 Hp

10 Efisiensi motor = 80 %



11 Power total = 10 Hp

12 Jumlah = 1

e. Bucket Elevator 2 (BE – 2)

Tugas = Mengumpulkan umpan dari Belt Conveyor-2 ke Hooper-3

Centrifugal Discharge Bucket

Jenis = Elevator

Operasi = batch

1 Kapasitas alat = 100 ton/j

2 Ukuran bucket = 14 in x 7 in x 7,25 in

3 Jarak antara bucket = 18 in

4 Lebar bucket = 15 in

5 Tinggi direncanakan = 52,48 ft = 16 m

6 Kecepatan bucket = 300 ft/menit

7 Putaran = 38 rpm

8 Tenaga head shaft = 7,3 Hp

9 Penambahan tenaga tiap feet = 0,14 Hp

10 Efisiensi motor = 80 %

11 Power total = 10 Hp

12 Jumlah = 1

f. Elevator 3 (BE – 3)

Tugas = Mengumpulkan hasil dari BC-3 ke  
= SILO-2

Jenis = Centrifugal Discharge Bucket  
= Elevator

Operasi = batch

1	Kapasitas alat	=	100	ton/j
2	Ukuan bucket	=	14 in x 7 in x 7,25 in	
3	Jarak antara bucket	=	18 in	
4	Lebar bucket	=	15 in	
5	Tinggi direncanakan	=	52,48 ft = 16 m	
6	Kecepatan bucket	=	300 ft/menit	
7	Putaran	=	38 rpm	
8	Tenaga head shaff	=	7,3 Hp	
9	Penambahan tenaga tiap feet	=	0,14 Hp	
10	Effisiensi motor	=	80 %	
11	Power total	=	10 Hp	
12	Jumlah	=	1	

g. Hooper 1 (H – 1)

Tugas : Penampung sementara SHO untuk diumpan ke BC-B03

1. Ukuran: D 1,36 m  
H 3,21 m

2. Bahan : carbon steel SA-212 grade B

3. Jumlah: 1

h. Hooper 2 (H – 2)

Tugas : Penampung sementara SHO untuk diumpan ke BC-B03

1. Ukuran: D 1,36 m  
H 3,21 m
2. Bahan : carbon steel SA-212 grade B
3. Jumlah: 1

i. Hooper 3 (H – 3)

Tugas : Penampung sementara SHO untuk diumpan ke BC-B03

1. Ukuran: D 1,99 m  
H 4,71 m
2. Bahan : carbon steel SA-212 grade B
3. Jumlah: 1

j. Silo 1 (S – 1)

Tugas : Menampung Sikloheksanon Oksim padat untuk kebutuhan proses selama 336 jam operasi

1. Ukuran: D 9,42 m  
H 22,3 m
2. Bahan: carbon steel SA-212 grade B
3. Jumlah: 1

k. Silo 2 (S – 2)

Tugas : Tempat penampungan produk akhir berupa CPL sebelum di alirkan ke Packaging Room selama 72 jam operasi

1. Ukuran: D 7,9 m  
H 18,9 m
2. Bahan : carbon steel SA-212 grade B
3. Jumla : 1

## 1. Blower (BL – 2)

Fungsi : Mengalirkan udara untuk dipanaskan di dalam heater (HE-02) sebagai media pengering dalam rotary dryer

Jumlah udara masuk : 364,0673 lb/menit

densitas : 0,03825763 lb/ft<sup>3</sup>

laju volumetrik udara : 9516,19938 ft<sup>3</sup>/menit

Power Motor : 10,00 HP

### 3.3 Perencanaan Produksi

#### 3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan Kaprolaktam di Indonesia, kebutuhan Kaprolaktam di Asia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan aspirin dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 36.000 ton/ tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

## 1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS dan data dari Asia tentang kebutuhan kaprolaktam di Indonesia dan Asia dari tahun ke tahun cenderung meningkat.

Dengan kapasitas tersebut diharapkan:

- a. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
- b. Dapat memenuhi sekian persen kebutuhan di lingkup Asia
- c. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena laju import kaprolaktam dapat ditekan seminimal mungkin.

## 2. Ketersediaan bahan baku

Kontinuitas ketersediaan bahan baku dalam pembuatan kaprolaktam adalah penting dan mutlak yang harus diperhatikan pada penentuan kapasitas produksi suatu pabrik. Diharapkan kebutuhan bahan baku Siklohensanon Oksim dapat diperoleh dari luar negeri yaitu dari *Shanghai Miner Chemical Technology Co.Ltd.* China, Shanghai, Luwan. dengan kapasitas produksi Siklohensanon Oksim sebanyak 86.000 ton/tahun. Sedangkan untuk bahan baku katalis Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) didapatkan dari kerjasama dengan PT Petrokimia Gresik, serta Natrium Oksida (NaOH) didapatkan dari kerjasama dengan PT. Industri Soda Indonesia, Sidoarjo. Sedangkan

untuk air diambil dari sungai Musi yang ada disekitar pabrik dengan jumlah yang tidak terbatas.

### **3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses**

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

#### **1. Kemampuan Pasar**

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu:

- a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya:

- 1) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- 2) Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.

3) Mencari daerah pemasaran.

## 2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

### a. Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

### b. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

### c. Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

Tata letak peralatan dan fasilitas merupakan salah satu bagian terpenting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dalam suatu perancangan pabrik yang meliputi fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan, desain sarana pemipaan dan kelistrikan. Hal ini akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tanah sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya lebih terperinci sebelum mendirikan suatu pabrik.

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Pemilihan dan penentuan letak suatu pabrik sangat penting dalam perencanaan pabrik dan akan mempengaruhi kemajuan serta kelangsungan suatu industri. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan besarnya keuntungan yang dihasilkan serta perluasan di masa yang akan datang. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat karena akan memberikan kontribusi yang sangat penting baik dalam segi teknis maupun segi ekonomis. Faktor utama adalah pabrik tidak hanya dibangun dengan production cost dan operating cost yang minimum, tetapi tersedianya ruang untuk perluasan pabrik juga menjadi hal yang dipertimbangkan.



Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang harus diperhatikan diantaranya adalah pengadaan bahan baku, utilitas, dan faktor penunjang lain– lain. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik.

#### **4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik**

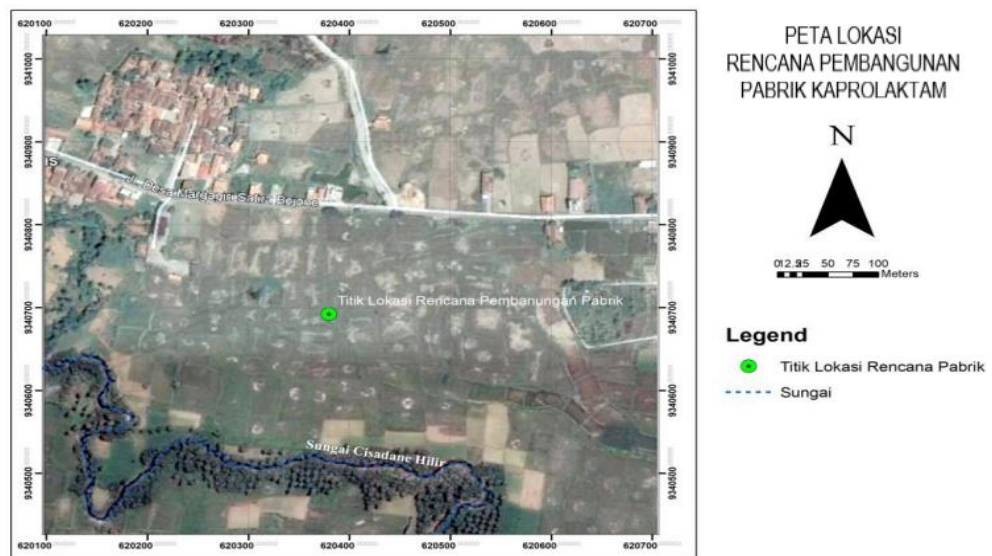
Faktor yang secara langsung dapat mempengaruhi proses produksi dan distribusi. Faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik meliputi :

1. Ketersediaan bahan baku
2. Sarana utilitas yang cukup dan memadai
3. Transportasi dan distribusi yang lancar
4. Pemasaran yang cukup potensial
5. Penyediaan sumber daya manusia (tenaga kerja)
6. Keadaan iklim yang stabil

Dengan memperhatikan faktor-faktor yang dipertimbangkan di atas, maka lokasi yang tepat dan memenuhi syarat untuk lokasi pendirian pabrik kaprolaktam direncanakan dibangun di daerah Cilegon, Banten (Gambar 4.1). Dan lokasi Pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Lokasi Cilegon, Banten.



Gambar 4. 2 Lokasi didirikan pabrik kaprolaktam

Daerah Cilegon merupakan lokasi terbaik untuk mendirikan pabrik kaprolaktam, hal ini dipertimbangkan karena beberapa hal berikut :

## 1. Ketersediaan Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar dan biaya transportasi dapat diminimalisir. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan laut jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.

Bahan baku untuk pembuatan kaprolaktam yaitu Siklohexanon Oksim yang di impor dari China. sedangkan katalis Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) didapatkan dari kerjasama dengan PT Petrokimia Gresik serta Natrium Oksida ( $NaOH$ ) didapatkan dari kerjasama dengan PT. Industri Soda Indonesia, Sidoarjo.

## 2. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Tenaga listrik tersebut didapat dari PLN dan tenaga listrik sendiri. Pembangkit listrik utama untuk pabrik adalah menggunakan generator diesel yang bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina. Lokasi pabrik dekat dengan Sungai, maka keperluan air (air proses, air pendingin/penghasil steam, perumahan dan lain-lain) dapat diperoleh dengan mudah.

### 3. Transportasi

Sarana Transportasi dari dan ke lokasi pabrik haruslah lancar dan memadai. Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat maupun laut. Pendirian pabrik di kawasan industri cilegon dilakukan dengan pertimbangan kemudahan sarana transportasi darat dan laut yang mudah dijangkau karena Cilegon berada dalam jalur transportasi Merak-Jakarta yang merupakan pintu gerbang pulau Jawa dan Sumatera, sehingga transportasi darat dari sumber bahan baku dan pasar tidak lagi menjadi masalah. Bandara Soekarno- Hatta juga dapat dijangkau dengan mudah, sehingga semakin mempermudah pengiriman produk. Angkutan darat dengan jalan raya yang cukup lancar dapat dilalui oleh kendaraan besar dan kecil. Pelabuhan PT Indonesia II cabang Banten yang ada cukup memadai untuk pengangkutan melalui laut, sehingga dapat mengangkut bahan baku maupun produk. Dengan ketersediaan sarana tersebut akan menjamin kelangsungan produksi pabrik.

### 4. Pemasaran

Pemasaran produk mudah dijangkau karena tersedianya sarana transportasi yang memadai. Pemasaran produk dapat dilakukan melalui jalur darat maupun jalur laut. Pemasaran jalur laut dapat dilakukan melalui pelabuhan PT Indonesia II cabang Banten.

Pemasaran produk diharapkan tidak hanya di dalam negeri melainkan dapat juga untuk di ekspor.

#### 5. Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja)

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja yang dibutuhkan mudah untuk didapatkan, baik tenaga berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga terampil yang siap pakai, karena dari tahun ke tahun tenaga kerja semakin meningkat.

#### 6. Keadaan Iklim

Daerah Cilegon, Banten merupakan suatu daerah yang terletak di daerah kawasan industri dan cukup dekat dengan pesisir pantai yang memiliki daerah alam yang sangat menunjang. Daerah Cilegon dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri. Temperatur udara normal daerah tersebut sekitar 25-30oC, sehingga kemungkinan operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.

#### **4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik. Akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi :

## 1. Perluasan Areal Unit

Pendirian pabrik harus mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan, karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

## 2. Biaya dan Perizinan Tanah

Sesuai dengan kebijakan pemerintah tentang kebijakan pengembangan industri, daerah Cilegon telah dijadikan sebagai daerah kawasan industri. Sehingga memudahkan perijinan dalam pendirian pabrik. Adapun faktor-faktor lain meliputi :

- Segi keamanan kerja terpenuhi.
- Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau.
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- Transportasi yang baik dan efisien.

### 3. Lingkungan masyarakat sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dan mendukung dengan berdirinya pabrik baru. Hal ini disebabkan akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka, sehingga terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat setelah pabrik-pabrik didirikan. Selain itu pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak sudah dipertimbangkan sebelum pabrik berdiri.

#### **4.1.3 Metode Pemilihan Alternatif Lokasi Pabrik**

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam pemilihan alternatif lokasi pabrik, diantaranya adalah metode ranking prosedur, metode analisa pusat gravitasi, dan metode analisa transportasi program linear.

##### **4.1.3.1 Metode Ranking Procedure**

Bersifat kualitatif atau subyektif. Metode ini diaplikasikan dalam memecahkan masalah yang sulit untuk dikuantifikasikan. Ada beberapa prosedur yang dilakukan berdasarkan langkah analisa, antara lain.

- Identifikasi faktor - faktor yang relevan dan signifikansi berkaitan dengan proses pemilihan lokasi pabrik, meliputi faktor lokasi suplai bahan baku, lokasi wilayah pemasaran dan lainnya.

- Memberi bobot pada masing - masing faktor yang telah diidentifikasi berdasarkan derajat atau bobot kepentingan (weighted procedure).
- Melakukan penilaian (skor) pada faktor yang diidentifikasi untuk masing - masing alternatif lokasi yang akan dievaluasi. Nilai diberikan dengan skala angka berdasarkan range antara 0 s/d 10, dimana nilai terbaik ialah 10.
- Hitunglah total nilai untuk masing - masing alternatif lokasi berdasarkan total nilai bobot dikalikan dengan total nilai alternatif lokasi yang terbesar.

Metode ini terlihat sangat sederhana dan cepat untuk dilaksanakan, tapi memiliki kesulitan pokok ialah penetapan bobot setiap faktor yang dievaluasi karena memiliki kesan yang subyektif.

#### **4.1.3.2 Metode Analisa Pusat Gravitasi**

Lokasi yang optimal untuk pendirian suatu fasilitas produksi (pabrik) pada dasarnya akan dipengaruhi oleh lokasi sumber-sumber bahan baku yang dibutuhkan atau juga ditentukan oleh lokasi wilayah pemasaran (potential konsumen) output hasil produksi. Metoda analisa pusat gravitasi dibuat dengan memperhitungkan jarak masing-masing lokasi sumber material atau wilayah pemasaran tadi dari lokasi pabrik yang direncanakan. Pada metode ini, asumsi yang digunakan adalah bahwa



biaya produksi dan distribusi untuk lokasi masing-masing lokasi akan sama. Persamaan fungsi tujuan dari metode analisa pusat gravitasi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$FT = \text{Min} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sqrt{w_j [(x_i - a_j)^2 + (y_i - b_j)^2]}$$

Keterangan :

$i$  = Banyaknya sumber lokasi material atau wilayah pemasaran yang akan dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik, dimana = 1,2,3 .....m.

$j$  = Jumlah atau banyaknya alternatif lokasi yang diusulkan, dimana  $J = 1,2, \dots, n$ .

$w_j$  = Jumlah kebutuhan (demand) produk atau material dari masing - masing lokasi. Jumlah kebutuhan ialah beban yang harus dipindahkan dari sumber ke lokasi pabrik dan sebaliknya.

$(x_i ; y_i)$  = Koordinasi alternatif pabrik yang akan didirikan.

$(a_j ; b_j)$  = Koordinasi lokasi dari daerah pemasaran didapatkan dari lokasi perolehan sumber material.

Kendala utama dalam metode ini ialah adanya perbedaan biaya distribusi dan produksi untuk setiap lokasi, dimana pada formula yang ada tidak diperhitungkan. Metode analisa transportasi dapat diaplikasikan untuk mencari optimalisasi lokasi dengan memasukkan elemen biaya baik produksi maupun transportasi.

#### **4.1.3.3 Metode Analisa Transportasi Program Linear**

Metode analisa transportasi program linear merupakan suatu metode penyelesaian problema lokasi sebagai bagian dari pemrograman linear. Pada metode ini, formulasi transportasi program linier dipergunakan untuk menentukan pola distribusi yang terbaik dari lokasi pabrik ke wilayah pemasaran tertentu. Keputusan diambil untuk lokasi yang memberikan total biaya yang terkecil.

#### **4.2 Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, storage (persediaan) dan lahan alternatif (areal handling) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (Peter & Timmerhaus, 2004) :

- a) Urutan proses produksi.
- b) Pengembangan lokasi baru atau penambahan/peluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c) Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.

- d) Pemeliharaan dan perbaikan.
- e) Keamanan (safety) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f) Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g) Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi
- h) Masalah pembuangan limbah cair.
- i) Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Peters and Timmerhaus, 2004) :

- 1) Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material handling.
- 2) Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-blowdown.
- 3) Mengurangi ongkos produksi.
- 4) Meningkatkan keselamatan kerja.

- 5) Mengurangi kerja seminimum mungkin.
- 6) Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Secara garis besar layout pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

#### **4.2.1 Area Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium**

Area administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengembangan, pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan yang dijual. Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti poliklinik, mess, kantin, aula dan masjid.

#### **4.2.2 Area Proses dan Ruang Kontrol**

Merupakan area tempat alat-alat proses diletakkan untuk kegiatan produksi dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

#### **4.2.3 Area Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi**

Merupakan area tempat menyimpan alat-alat dan bahan kimia, tempat kegiatan umum, reparasi transportasi, dan parkir kendaraan.

#### 4.2.4 Area Utilitas dan Power Station

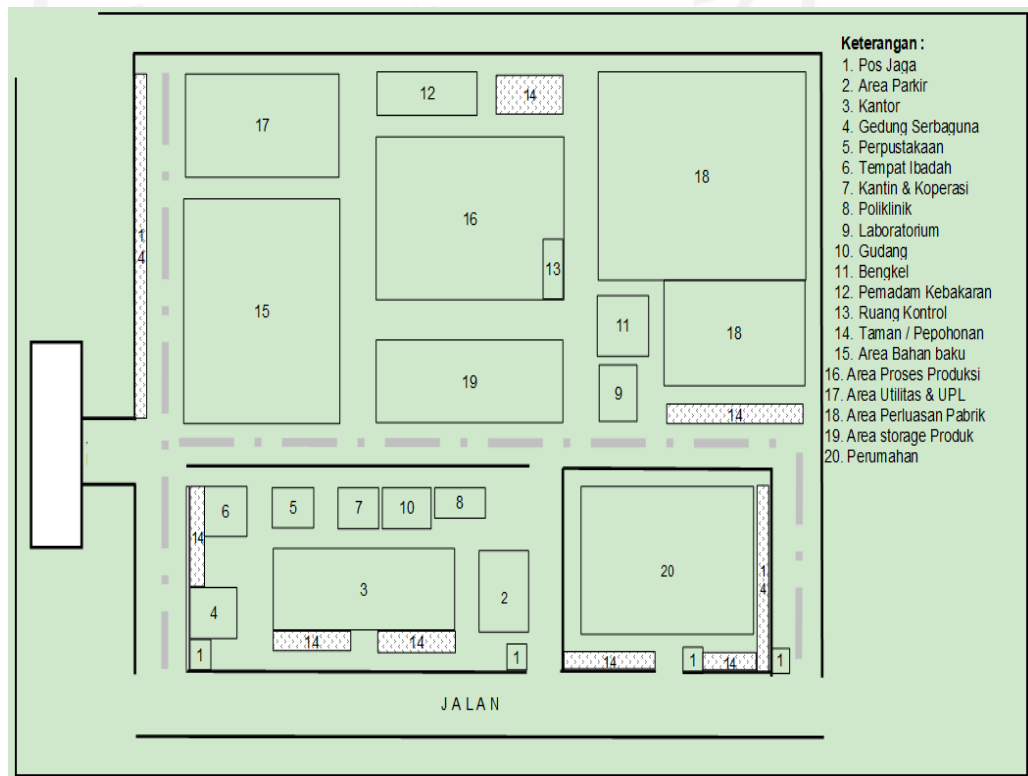
Merupakan area dimana kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik dipusatkan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran..

Pendirian pabrik kaprolaktam ini direncanakan di bangun pada lahan seluas 1,9 ha dengan ukuran 410 m x 324 m. Adapun tata letak pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m <sup>2</sup>
	m	m	m <sup>2</sup>
Kantor utama	30	20	600
Pos Keamanan/satpam	3	3	9
Mess	14	28	392
Parkir Tamu	10	20	200
Parkir Truk	16	14	224
Ruang timbang truk	10	5	50
Kantor teknik dan produksi	16	14	224
Klinik	8	8	64
Masjid	12	12	144
Kantin	10	12	120
Bengkel	12	15	180
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	20	10	200
Laboratorium	10	12	120
Utilitas	25	20	500
Area proses	60	30	1800
Control Room	10	12	120
Control Utilitas	8	10	80
Jalan dan taman	40	25	1000

Lanjutan tabel 4.1			
lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m <sup>2</sup>
	m	m	m <sup>2</sup>
Perluasan pabrik	80	40	3200
<b>Luas Tanah</b>			<b>9451</b>
<b>Luas Bangunan</b>			<b>5251</b>
<b>Total</b>	<b>410</b>	<b>324</b>	<b>14702</b>



Gambar 4. 3 Tata Letak Pabrik (Skala 1 : 1000)

### 4.3 Tata Letak Alat Proses

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

1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan *layout* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki,

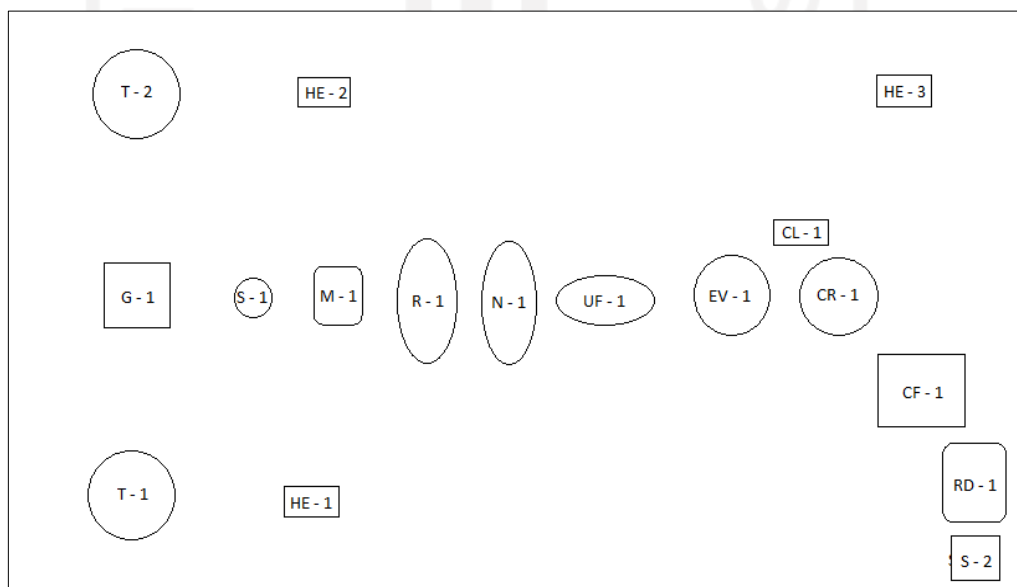
selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

#### 5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.

#### 6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.



Gambar 4. 4 Tata letak Alat Proses



Keterangan :

G – 1	: Gudang Penyimpanan SHO
T – 1	: Tangki Penyimpanan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
T – 2	: Tangki Penyimpanan NaOH
H – 1	: <i>Heater</i>
H – 2	: <i>Heater</i>
H – 3	: <i>Heater</i>
CL – 1	: <i>Cooler</i> pada hasil keluar UF
M – 1	: Melter
R – 1	: Reakto
N – 1	: Netralizer
UF – 1	: Ultrafiltration Membrane
EV – 1	: Evaporator
CR – 1	: Crystalizer
CF – 1	: Centrifuge
RD – 1	: Rotary Dryer
S – 1	: Silo
S – 2	: Silo

## 4.4 Alir Proses dan Material

### 4.4.1 Neraca Massa

#### 4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

NO	KOMPONEN	NOMOR ARUS (Kg/Jam)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	SHO / C6H10	4915,50	4915,50	-	147,47	-	147,47	-	147,47	-	147,47	147,47	113,14	34,33	-	32,21	2,12
2	SH / C6hH100	152,03	152,03	-	1406,79	-	152,03	-	152,03	-	152,03	152,03	116,64	35,39	-	33,20	-
3	CPS / (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH.H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	152,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	CPL / (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	-	-	-	-	-	4768,04	-	4768,04	-	4768,04	139,45	106,99	32,46	-	30,46	2,00
5	CPL KRISTAL / (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4628,58	-	4628,58	-	94,46	4534,12	
6	ASAM SULFAT / H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	5541,90	113,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	NATRIUM HIDROKSIDA / NaOh	-	-	-	-	4524,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	NATRIUM SULFAT / Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	8030,10	8030,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	HIDROGEN DIOKSIDA / H <sub>2</sub> O	-	-	113,10	8903,15	3016	5164,90	-	5164,90	3615,43	1549,47	1549,47	1188,79	360,68	-	338,43	22,25
10	N <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7600,47	7600,47	-
11	O <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2307,81	2307,81	-
<b>TOTAL</b>		<b>5067,53</b>	<b>5067,53</b>	<b>5655,00</b>	<b>10722,53</b>	<b>7540,00</b>	<b>18262,53</b>	<b>8030,10</b>	<b>10232,43</b>	<b>3615,43</b>	<b>6617,00</b>	<b>6617,00</b>	<b>1525,55</b>	<b>5091,44</b>	<b>9908,29</b>	<b>10437,05</b>	<b>4562,68</b>

#### 4.4.1.2 Neraca Massa per Alat

##### 1. Neraca Massa Melter (M – 1)

Tabel 4. 3 Neraca Massa Melter

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	arus 1		arus 2	
$C_6H_{10}(NOH)$	4915,50		4915,50	
$C_6H_{10}O$	152,03		152,03	
<b>Total</b>	<b>5067,53</b>		<b>5067,53</b>	

##### 2. Neraca Massa Reaktor (R – 1)

Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor (R – 1)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	arus 2	arus 3	arus 4
$C_6H_{10}(NOH)$	4915,50	0,00	147,47
$C_6H_{10}O$	152,03	0,00	1406,79
$H_2SO_4$	0,00	5541,90	113,10
$H_2O$	0,00	113,10	8903,15
$(CH_2)_5CONH.H_2SO_4$	0,00	0,00	152,03
<b>Total</b>	<b>5067,53</b>	<b>5655,00</b>	<b>10722,53</b>
<b>Total</b>	<b>10722,53</b>		<b>10722,53</b>

### 3. Neraca Massa Netralizer (N – 1)

Tabel 4. 5 Neraca Massa Netralizer (N – 1)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	arus 4	arus 5	arus 6
$C_6H_{10}(NOH)$	147,47	0,00	147,47
$C_6H_{10}O$	1406,79	0,00	152,03
$H_2SO_4$	113,10	0,00	0,00
$H_2O$	8903,15	3016	5164,90
$(CH_2)_5CONH.H_2SO_4$	152,03	0,00	0,00
NaOH	0,00	4524,00	0,00
$(CH_2)_5CONH$	0,00	0,00	4768,04
$Na_2SO_4$	0,00	0,00	8030,10
<b>Sub Total</b>	<b>10722,53</b>	<b>7540,00</b>	<b>18262,53</b>
<b>Total</b>	<b>18262,53</b>		<b>18262,53</b>

#### 4. Neraca Massa Ultrafiltration Membrane (UF – 1)

Tabel 4. 6 Neraca Massa Ultrafiltration Membrane (UF – 1)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	arus 6	arus 8	arus 7
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (NOH)	147,47	147,47	0,00
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	152,03	152,03	0,00
H <sub>2</sub> O	5164,90	5164,90	0,00
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	4768,04	4768,04	0,00
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8030,10	0,00	8030,10
<b>Sub Total</b>	<b>18262,53</b>	<b>10232,43</b>	<b>8030,10</b>
<b>Total</b>	<b>18262,53</b>	<b>18262,53</b>	

#### 5. Neraca Massa Evaporator (EV – 1)

Tabel 4. 7 Neraca Massa Evaporator (EV – 1)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	arus 8	arus 10	arus 9
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (NOH)	147,47	147,47	0,00
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	152,03	152,03	0,00
H <sub>2</sub> O	5164,90	1549,47	3615,43
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	4768,04	4768,04	0,00
<b>Sub Total</b>	<b>10232,43</b>	<b>6617,00</b>	<b>3615,43</b>
<b>Total</b>	<b>10232,43</b>	<b>10232,43</b>	

## 6. Neraca Massa Crystallizer (CR – 1)

Tabel 4. 8 Neraca Massa Crystallizer (CR – 1)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	arus 10	arus 11
$C_6H_{10}(NOH)$	147,47	147,47
$C_6H_{10}O$	152,03	152,03
$H_2O$	1549,47	1549,47
$(CH_2)_5CONH$	4768,04	139,45
$(CH_2)_5CONH$ kristal	0,00	4628,58
<b>Total</b>	<b>6617,00</b>	<b>6617,00</b>

## 7. Neraca Massa Centrifuge (CF – 1)

Tabel 4. 9 Neraca Massa Centrifuge (CF – 1)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	arus 11	arus 13	arus 12
$C_6H_{10}(NOH)$	147,47	34,33	113,14
$C_6H_{10}O$	152,03	35,39	116,64
$H_2O$	1549,47	360,68	1188,79
$(CH_2)_5CONH$	139,45	32,46	106,99
$(CH_2)_5CONH$ kristal	4628,58	4628,58	0,00
<b>Sub Total</b>	<b>6617,00</b>	<b>5091,44</b>	<b>1525,55</b>
<b>Total</b>	<b>6617,00</b>	<b>6617,00</b>	

## 8. Neraca Massa Rotary Dryer (RD – 1)

Tabel 4. 10 Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD – 1)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	arus 13	arus 14	arus 15	arus 16
$C_6H_{10}(NOH)$	34,33	0,00	32,21	2,12
$C_6H_{10}O$	35,39	0,00	33,20	2,18
$H_2O$	360,68	0,00	338,43	22,25
$(CH_2)_5CONH$	32,46	0,00	30,46	2,00
$(CH_2)_5CONH$ kristal	4628,58	0,00	94,46	4534,12
$N_2$	0,00	7600,47	7600,47	0,00
$O_2$	0,00	2307,81	2307,81	0,00
<b>Sub Total</b>	<b>5091,44</b>	<b>9908,29</b>	<b>10437,05</b>	<b>4562,68</b>
<b>Total</b>	<b>14999,73</b>		<b>14999,73</b>	

### 4.4.2 Neraca Panas

#### 1. *Melter*

Tabel 4. 11 Neraca Panas *Melter*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)
	arus 1	arus 2
$C_6H_{10}(NOH)$	51,6971	927.593,9569
$C_6H_{10}O$	1,4953	26.437,8502
Q peleburan	0	1.080,48
Q pemanasan	955.059,0954	0
<b>Total</b>	<b>955112,2878</b>	<b>955112,2878</b>

## 2. Heater 1

Tabel 4. 12 Neraca Panas Heater 1

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	40003,39	706569,43
H <sub>2</sub> O	2377,96	40343,68
Q pemanasan	704531,75	0
<b>Total</b>	<b>746913,11</b>	<b>746913,11</b>

## 3. Reaktor

Tabel 4. 13 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Q in (Kj/jam)		Q out (Kj/jam)
	arus 2	arus 3	arus 4
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (NOH)	927593,96	0	27827,82
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	26437,85	0	26437,85
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	706569,43	179359,93
H <sub>2</sub> O	0	40343,68	40343,68
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH.H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	718530,95
Panas Reaksi	2495757,46		0
Q pendinginan	0		3204202,14
<b>Total</b>	<b>4196702,37</b>		<b>4196702,37</b>



#### 4. Heater 2

Tabel 4. 14 Neraca Panas *Heater 2*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)
NaOH	49266,44	836358,56
H <sub>2</sub> O	63412,34	1075831,42
Q pemanasan	1799511,193	0
Total	1912189,9749	1912189,9749

## 5. Netralizer

Tabel 4. 15 Neraca Panas *Netralizer*

Komponen	Q in (Kj/jam)		Q out (Kj/jam)
	arus 4	arus 5	arus 6
$C_6H_{10}(NOH)$	27827,82	0	11098,46
$C_6H_{10}O$	26437,85	0	10618,71
$H_2SO_4$	179359,93	0	0
$H_2O$	40343,68	1075831,42	757976,48
$(CH_2)_5CONH.H_2SO_4$	718530,95	0	0
$NaOH$	0	836358,56	0
$(CH_2)_5CONH$	0	0	357757,65
$Na_2SO_4$	0	0	450445,74
Panas Reaksi	13049,22		0
Q pendinginan	0		1329842,39
<b>Total</b>	<b>2917739,43</b>		<b>2917739,43</b>

## 6. Ultrafiltration Membrane

Tabel 4. 16 Neraca Panas *Ultrafiltration Membrane*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)	
	arus 6	arus 7	arus 8
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (NOH)	1254126,30	0	1254126,30
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	1040633,49	0	1040633,49
H <sub>2</sub> O	13643576,57	0	13643576,57
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	40426614,76	0	40426614,76
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	63963295,59	63963295,5928	0
<b>Total</b>	<b>120328246,71</b>	<b>120328246,7</b>	

## 7. Evaporator

Tabel 4. 17 Neraca Panas *Evaporator*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)	
	arus 8	arus 9	arus 10
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (NOH)	11098,46	0	53524,34
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	10618,71	0	50910,28
H <sub>2</sub> O	757976,48	7084951,39	1037174,77
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	357757,65	0	54410,01
Q pemanasan	7143519,48	0	0
<b>Total</b>	<b>8280970,78</b>	<b>8280970,78</b>	

### 8. Cooler

Tabel 4. 18 Neraca Panas *Cooler*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (NOH)	53524,34	11098,46
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	50910,28	10618,71
H <sub>2</sub> O	1037174,77	227392,94
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	1706479,22	357757,65
Q pendinginan	0	2241220,8379
<b>Total</b>	<b>2848088,61</b>	<b>2848088,61</b>

### 9. Crystalizer

Tabel 4. 19 Neraca Panas *Crystalizer*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)
	arus 10	arus 11
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> (NOH)	11098,46	3995,31
C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	10618,70912	4737,54
H <sub>2</sub> O	227392,9428	40226,24
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH	357757,6528	3049,22
(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CONH kristal	0	101207,21
Beban panas Cristalizer	0	453652,24
<b>Total</b>	<b>606867,7675</b>	<b>606867,7675</b>

10. *Centrifuge*

Tabel 4. 20 Neraca Panas *Centrifuge*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)	
	arus 11	arus 12	arus 13
$C_6H_{10}(NOH)$	3995,312604	3597,11	930,02
$C_6H_{10}O$	4737,539574	3458,23	1102,79
$H_2O$	40226,24156	74893,04	9363,77
$(CH_2)_5CONH$	3049,222439	3399,94	709,79
$(CH_2)_5CONH$ kristal	101207,2101	0	101207,21
Beban panas Centrifuge	45446,37557	0	0
<b>Total</b>	<b>198661,9019</b>	<b>198661,9019</b>	

11. *Heater 3*

Tabel 4. 21 Neraca Panas *Heater 3*

Komponen	Q in (Kj/jam)	Q out (Kj/jam)
$N_2$	39446,83	592847,08
$O_2$	10616,92	160475,70
Q pemanasan	703259,035	0
<b>Total</b>	<b>753322,7866</b>	<b>753322,7866</b>

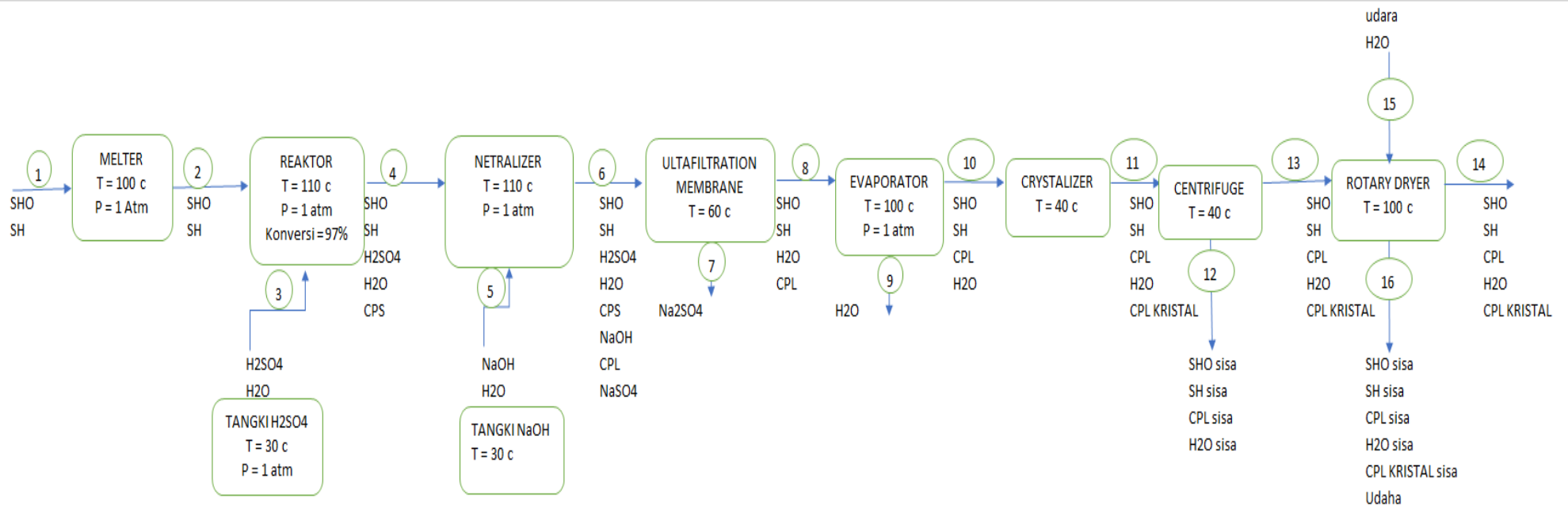
12. Rotary Dryer

Tabel 4. 22 Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	Q in (Kj/jam)		Q out (Kj/jam)	
	arus 13	arus 15	arus 14	arus 16
$C_6H_{10}(NOH)$	930,02	0	1640,92	135,48
$C_6H_{10}O$	1102,79	0	1621,29	159,38
$H_2O$	9363,77	0	29383,52	1333,72
$(CH_2)_5CONH$	709,79	0	1253,70	103,16
$(CH_2)_5CONH$ kristal	101207,21	0	3888,09	233526,90
$N_2$	0	592847,0826	355385,17	0
$O_2$	0	160475,704	95956,63	0
Beban panas RD	0	0	142248	
<b>Total</b>	<b>866636,3742</b>		<b>866636,3742</b>	

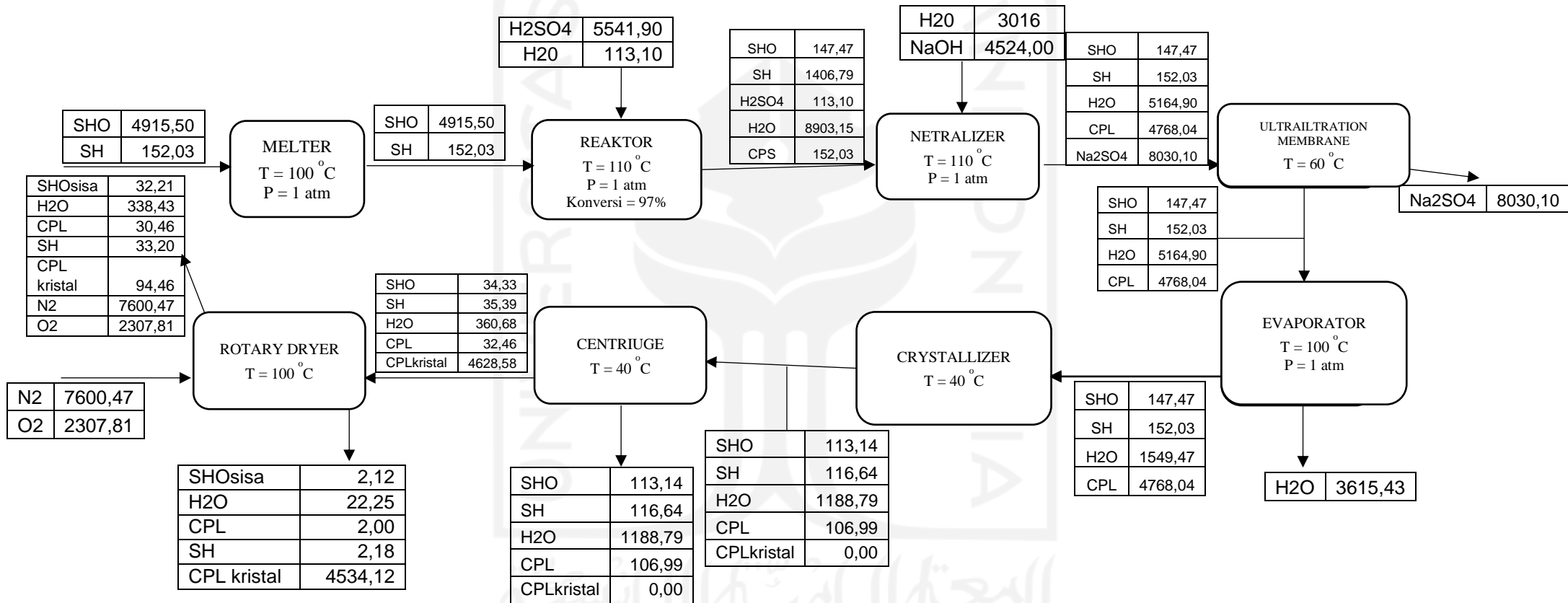
### 4.5 Diagram Alir

#### 4.5.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif

4.5.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif



#### 4.6 Perawatan (*Maintenance*)

*Maintenance* berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat memproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi:

1. *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian- bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

#### 4.7 Utilitas

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi menyediakan air pendingin, air umpan *boiler* dan air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan.

2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan di *heat exchanger* dan *reboiler*.

3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)

Unit ini berfungsi menyediakan udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol *pneumatic*.

5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk *Boiler* dan Generator.

## 4.7.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

### 4.7.1.1 Unit Penyediaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik kaprolaktam ini, sumber air yang digunakan berasal air sungai yang terdekat dengan pabrik, Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

- Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
- Letak sungai berada dekat dengan pabrik.
- Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur

Air yang diperlukan pada pabrik ini adalah :

a. Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor- faktor berikut :

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.

- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- Tidak terdekomposisi.

b. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut :

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan- larutan asam, gas-gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  dan  $NH_3$ ,  $O_2$  masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika. Kerak dalam *boiler* dapat menyebabkan isolasi terhadap proses perpindahan panas terhambat dan kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

- Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya *foaming* diantaranya adalah kesulitan dalam pembacaan tinggi *liquid* dalam *boiler* dan juga buih ini dapat menyebabkan percikan yang kuat serta dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut. Untuk mengatasi hal-hal di atas maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan *boiler*. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

- Air sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

- Syarat fisika, meliputi:

Suhu : Di bawah suhu udara

Warna : Jernih

Rasa : Tidak berasa

Bau : Tidak berbau

- Syarat kimia, meliputi:

Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air. Air sanitasi tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisis air.

#### **4.7.1.2 Unit Pengolahan Air**

Dalam perancangan pabrik kaprolaktam ini, kebutuhan air diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

##### *1. Penyaringan Awal / screening*

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilewatkan *screen* (penyaringan awal) berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian dialirkan ke bak pengendap.

##### *2. Bak pengendap (BU-01)*

Air sungai setelah melalui filter dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai yang

tidak lolos dari penyaring awal (*screen*). Kemudian dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

### 3. *Premix Tank* (TU-01)

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah Tawas atau alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Adapun reaksi yang terjadi dalam bak penggumpal adalah :



### 4. *Clarifier* (CLU)

Kebutuhan air dari suatu pabrik diperoleh dari sumber air yang berada disekitar pabrik dengan cara mengolah air terlebih dahulu agar dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisika, kimia, penambahan desinfektan, dan penggunaan *ion exchanger*.

*Raw water* diumpankan ke tangki terlebih dahulu dan kemudian diaduk dengan kecepatan tinggi serta ditambahkan bahan-bahan kimia selama pengadukan tersebut. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah:



- a.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)\cdot 18\text{H}_2\text{O}$  yang berfungsi sebagai koagulan.
- b.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang berfungsi sebagai flokulan.

Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan dengan diinjeksi alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)\cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai koagulan yang membentuk flok. Selain itu ditambahkan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku dialirkan ke bagian tengah *clarifier* untuk diaduk. Selanjutnya air bersih akan keluar melalui pinggiran *clarifier* sebagai *overflow*, sedangkan flok yang terbentuk atau *sludge* akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dengan waktu yang telah ditentukan. Air baku yang belum di proses memiliki *turbidity* sekitar 42 ppm. Setelah keluar *clarifier* kadar *turbidity* akan turun menjadi kurang dari 10 ppm.

##### 5. Penyaring pasir ( FU )

Air hasil dari *clarifier* dialirkan menuju alat penyaring pasir untuk memisahkan dengan partikel – partikel padatan yang terbawa. Air yang mengalir keluar dari alat penyaring pasir akan memiliki kadar *turbidity* sekitar 2 ppm. Air tersebut dialirkan menuju tangki penampung (penyaring reservoir air) yang kemudian didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi. *Back washing* pada *sand filter* dilakukan secara berkala dengan tujuan menjaga kemampuan penyaringan alat.

#### 6. Bak Penampung Sementara (BU-02)

Air setelah keluar dari bak penyaring dialirkan ke tangki penampung yang siap akan distribusikan sebagai air perumahan/ perkantoran, air umpan *boiler* dan air pendingin.

#### 7. Tangki Klorinator (TU-02)

Air setelah melalui bak penampung dialirkan ke tangki Klorinator (TU-02). Air harus ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti *amoeba*, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi.

#### 8. *Kation exchanger* (KEU)

Air dari bak penampung (BU-02) berfungsi sebagai *make up boiler*, selanjutnya air diumpankan ke *kation exchanger* (KEU). Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion  $H^+$  sehingga air yang akan keluar dari *kation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

#### 9. *Anion exchanger* (AEU)

Air yang keluar dari tangki *kation exchanger* (KEU) kemudian diumpankan *anion exchanger* (AEU). AEU berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$ , dan  $SO_4^{2-}$  akan terikat dengan resin. Dalam waktu

tertentu, anion resin akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

#### 10. Unit Deaerator (DAU)

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen ( $O_2$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger* dan *anion exchanger*) dipompakan menuju deaerator. Pada pengolahan air untuk (terutama) *boiler* tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator ini berfungsi menghilangkan gas  $O_2$  dan  $CO_2$  yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin ( $N_2H_2$ ) yang berfungsi untuk mengikat  $O_2$  sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Air yang keluar dari deaerator dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

#### 11. Bak Air Pendingin (BU-03)

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blowdown* diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih. Air pendingin harus mempunyai sifat-

sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersant, untuk mencegah timbulnya penggumpalan.

#### 4.7.1.3 Kebutuhan Air

##### a. Kebutuhan air pembangkit *steam*

Tabel 4. 23 Kebutuhan air pembangkit *steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater	HE-1	363,44
Heater	HE-2	928,31
Heater	HE-3	253,31
Melter	M-1	466,23
Evaporator	EV-1	1632,45
<b>Total</b>		<b>3643,74</b>

Perancangan dibuat *over design* 20% sehingga kebutuhan steam menjadi 4372,49 kg/jam. pembangkit *steam* 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga

$$\text{Blowdown pada boiler} = 15\% \times 4372,49 \text{ kg/jam}$$

$$= 655,87 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Steam trap} = 5\% \times 4372,49 \text{ kg/jam}$$

$$= 218,62 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Makeup water for steam} = \text{Blowdown} + \text{Steam trap}$$

$$= (655,87 + 218,62) \text{ kg/jam}$$

$$= 874,50 \text{ kg/jam}$$

b. Air Proses Pendinginan

Tabel 4. 24 Kebutuhan air proses pendinginan

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-1	51057,36
Netralizer	N-1	21190,37
Cristallizer	CR-1	7228,72
Cooler	CL-1	35712,74
Total		115189,20

$$\text{make up water} = W_e + W_d + W_b$$

$$= (1174,93 + 27,65 + 1147,28) \text{ kg/jam}$$

$$= 2349,86 \text{ kg/jam}$$

c. Air untuk perkantoran dan rumah tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan air =100 L/hari Jumlah

karyawan = 150 orang

Tabel 4. 25 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga

No	Pengguna	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Karyawan	15345,32
2.	Bengkel	200
3.	Poliklinik	300
4.	Laboratorium	500
5.	Kantin, Mushola dan taman	8000
6.	Mess	100000
	Jumlah	124345,32

Jumlah kebutuhan air domestic = 4806,06 kg/jam

Kebutuhan air total = Make up water + Make up steam

+ Water Domestic

= (2349,86+874,50+4806,06) kg/jam

= 8030,42 kg/jam

Diambil angka keamanan 10% = 1,1 x 7070,37 kg/jam

= 8511,03 kg/jam

#### 4.7.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 4372,49 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

*Boiler* tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve sistem* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5–11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 220<sup>0</sup>C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai

tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

#### 4.7.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power - power yang dinilai penting antara lain *boiler* , kompresor, pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah :

Kapasitas	: 146,43 kW
Jenis	: Generator Diesel
Jumlah	: 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan listrik PLN 100%. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%. Kebutuhan listrik untuk alat proses terdapat pada tabel 4.26.



Tabel 4. 26 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Melter	M-1	15	11185,5
Reaktor	R-1	5	3728,5
Netralizer	N-1	5	3728,5
Crystalizer	CR-1	10	7457
Centrifuge	CF-1	0,05	37,285
Rotary Dryer	RD-1	10	7457
Blower	BL-1	10	7457
Belt Conveyor	BC-1	1	745,7
Belt Conveyor	BC-2	1	745,7
Belt Conveyor	BC-3	1	745,7
Bucket Elevator	BE-1	10	7457
Bucket Elevator	BE-2	10	7457
Bucket Elevator	BE-3	10	7457
Pompa	P-101	0,5	372,85
Pompa	P-102	1	745,7
Pompa	P-103	0,75	559,275
Pompa	P-104	1	745,7
Pompa	P-105	0,75	559,275
Pompa	P-106	0,5	372,85
Pompa	P-107	0,5	372,85
Pompa	P-108	0,5	372,85
<b>Total</b>		<b>93,550</b>	<b>69760,235</b>

Kebutuhan listrik untuk keperluan alat proses = 69760,235 Watt

maka total power yang dibutuhkan = 93,550 Hp

Kebutuhan listrik untuk utilitas terdapat pada tabel 4.27

Tabel 4. 27 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		hp	Watt
Pompa	P-101	3	2237,100
Pompa	P-102	2	1491,400
Pompa	P-103	2	1491,400
Pompa	P-104	3	2237,100
Pompa	P-105	1	745,700
Pompa	P-106	5	3728,500
Pompa	P-107	0,3	186,425
Pompa	P-108	3	2237,100
Pompa	P-109	0,083	61,893
Pompa	P-110	0,083	61,893
Pompa	P-111	0,5	372,850
Pompa	P-112	0,083	61,893
Tangki flokuator	TU-101	15	11185,500
Cooling tower	CTU	15	11185,500
Kompresor udara tekan	KU	7,5	5592,750
<b>total</b>		<b>57,499</b>	<b>42877,004</b>

Jumlah kebutuhan listrik utilitas 57,499 Hp, Jumlah kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas 151,049 Hp, Angka keamanan diambil 10 % sehingga dibutuhkan 166,154 Hp. Kebutuhan listrik alat instrumentasi dan kontrol jumlah kebutuhan listrik untuk alat instrumentasi dan kontrol

diperkirakan sebesar 5 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas yaitu 7,55 Hp.

Kebutuhan Listrik Laboratorium, Rumah Tangga, Perkantoran dan lain- lain jumlah kebutuhan listrik untuk laboratorium, rumah tangga, perkantoran dan lain-lain diperkirakan sebesar 25 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas yaitu sebesar 37,76 Hp.

Kebutuhan Listrik Total

Jumlah kebutuhan listrik total = 196,36 Hp

Faktor daya diperkirakan 80 % = 245,46 Hp = 183,04 kWh.

Energi listrik diperoleh dari PLN, namun disediakan generator sebagai cadangan sebesar 200 kWh.

#### **4.7.4 Unit Penyediaan Udara Tekan**

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 61,68 m<sup>3</sup>/jam.

#### **4.7.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar**

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan untuk generator dan boiler adalah solar (*Industrial Diesel Oil*). Dibutuhkan bahan bakar sebanyak 274,37 kg/jam untuk memanaskan air dengan kapasitas 4372,49 kg/jam.

## 4.8 Organisasi Perusahaan

### 4.8.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Kaprolaktam ini yaitu Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi), Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan beberapa faktor sebagai berikut :

1. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya

atau karyawan perusahaan.

4. Efisiensi dari manajemen

Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.

5. Lapangan usaha lebih luas

Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

6. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.

7. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.

8. Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah :

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan undang-undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.

Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.

3. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
4. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang - undang pemburuan.

#### 4.8.2 Struktur Organisasi

Dalam menjalankan segala aktivitas suatu proses pabrik secara efisien dan efektif, di suatu perusahaan diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing.

Struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang
3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu sistem *line* dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat

4. Penyusunan program pengembangan manajemen
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan.

Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab.

Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

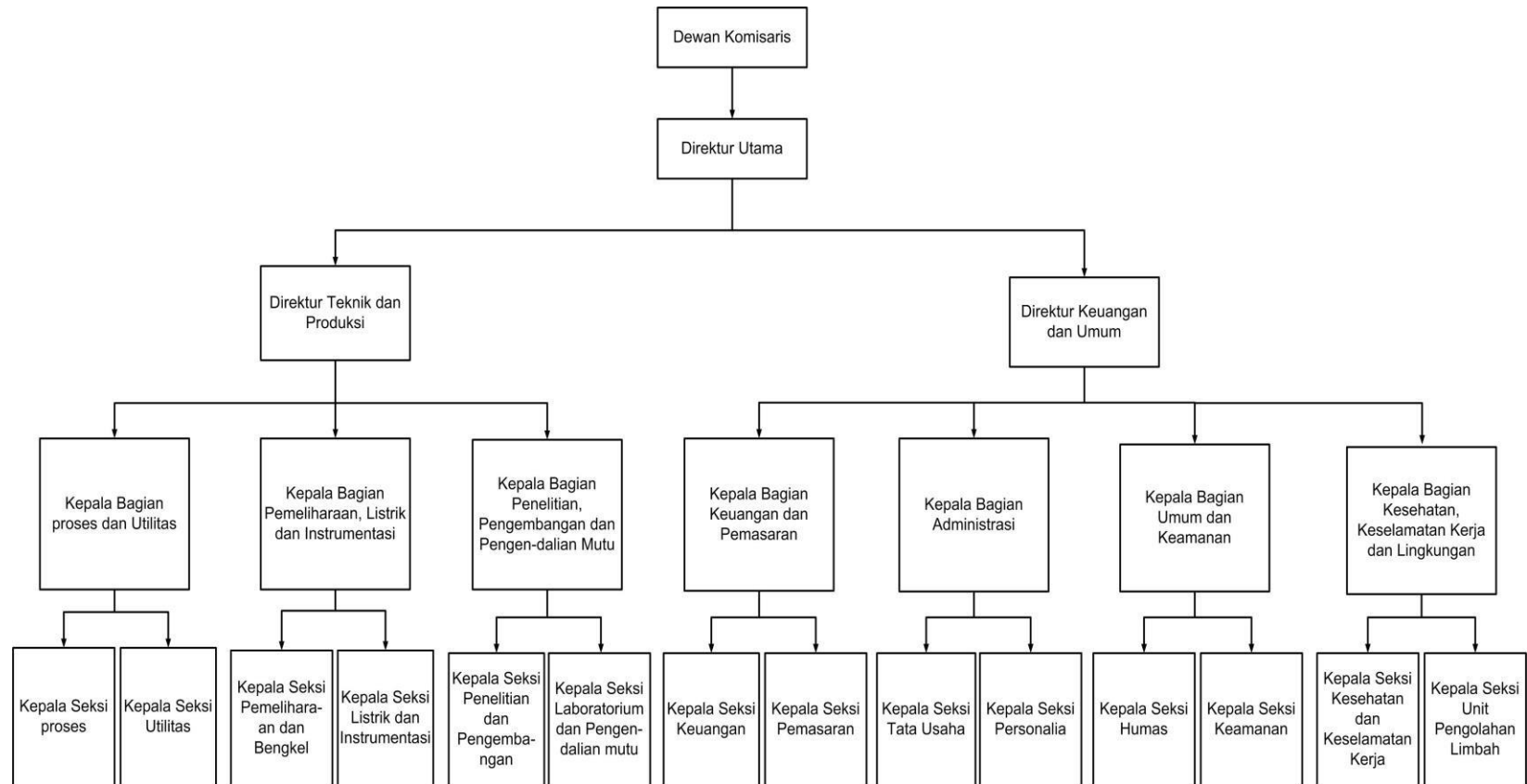
Untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan



bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik Kaprolaktam dari Siklohensanon Oksim dan Asam Sulfat dengan kapasitas 34.000 ton/tahun.





Gambar 4. 7 Struktur Organisasi

### 4.8.3 Tugas dan Wewenang

#### 1. Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang:

3. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
3. Mengangkat dan memberhentikan direktur
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

#### 2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur.
3. Membantu direktur dalam tugas-tugas penting.

### 3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

1. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
2. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi serta Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik.
2. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, serta penelitian dan pengembangan.
2. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

#### 4. Staff Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

1. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

#### 5. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai

dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Produksi

Tugas kepala bagian produksi yaitu :mengkoordinasikan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi operasi dan laboratorium. Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian Produksi membawahi:

- Seksi Proses

Tugas Seksi Proses yaitu menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang serta mengawasi jalannya proses produksi.

- Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian yaitu menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

- Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium yaitu mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu, mengawasi dan menganalisa produk serta mengawasi kualitas buangan pabrik.

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas Kepala Bagian Teknik yaitu Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Teknik membawahi:

- Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan yaitu melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan *table* pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

- Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas yaitu melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, *steam*, dan tenaga listrik.

c. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi

Tugas Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi yaitu bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

d. Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran yaitu bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

- Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian yaitu melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan. Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

- Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran yaitu merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi barang dari gudang.

e. Kepala Bagian Keuangan, Administrasi, dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum yaitu bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan.

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

- Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan yaitu menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.



- Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia yaitu membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis serta melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

- Seksi Humas

Tugas Seksi Humas yaitu mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

- Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan yaitu menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan. Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan

f. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan yaitu bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang penelitian dan pengembangan produksi. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi seksi penelitian dan seksi pengembangan.

g. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

#### 4.8.4 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

a. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan

c. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

#### 4.8.5 Ketenagakerjaan

##### 1. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun.

Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

##### 2. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Karyawan *shift*, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

##### 3. Kerja Lembur (*Overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

##### 4. Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1 setiap bulan. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

Tabel 4. 28 Gaji karyawan.

<b>Jabatan</b>	<b>Jmlh</b>	<b>Gaji per Bulan (Rp)</b>	<b>Total Gaji (Rp)</b>
Direktur Utama	1	35.000.000,00	35.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Staff Ahli	1	7.000.000,00	7.000.000,00
Ka. Bag Umum	1	12.000.000,00	12.000.000,00
Ka. Bag. Pemasaran	1	12.000.000,00	12.000.000,00
Ka. Bag. Keuangan	1	12.000.000,00	12.000.000,00
Ka. Bag. Teknik	1	14.000.000,00	14.000.000,00
Ka. Bag. Produksi	1	12.000.000,00	12.000.000,00
Ka. Bag. Litbang	1	12.000.000,00	12.000.000,00
Ka. Sek. Personalia	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Humas	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Keamanan	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Pembelian	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Pemasaran	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Administrasi	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Proses	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Pengendalian	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Laboratorium	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Utilitas	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Pengembangan	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Ka. Sek. Penelitian	1	8.000.000,00	8.000.000,00
Karyawan Personalia	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Humas	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Keamanan	6	5.000.000,00	30.000.000,00
Karyawan Pembelian	4	5.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Pemasaran	4	5.500.000,00	22.000.000,00
Karyawan Administrasi	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Kas/Anggaran	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Proses	40	6.500.000,00	260.000.000,00
Karyawan Pengendalian	5	5.500.000,00	27.500.000,00
Karyawan Laboratorium	4	5.500.000,00	22.000.000,00
Karyawan Pemeliharaan	7	5.500.000,00	38.500.000,00

Lanjutan tabel 4.28			
<b>Jabatan</b>	<b>Jmlh</b>	<b>Gaji per Bulan (Rp)</b>	<b>Total Gaji (Rp)</b>
Karyawan Utilitas	10	5.500.000,00	55.000.000,00
Karyawan KKK	6	5.500.000,00	33.000.000,00
Karyawan Litbang	3	5.500.000,00	16.500.000,00
Sekretaris	5	5.300.000,00	26.500.000,00
Medis	3	5.300.000,00	15.900.000,00
Perawat	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Sopir	6	4.300.000,00	25.800.000,00
Cleaning Service	5	4.300.000,00	21.500.000,00
Satpam	4	4.300.000,00	17.200.000,00
<b>Total</b>	<b>150</b>		<b>976.400.000,00</b>

#### 5. Jam Kerja Karyawan

Pabrik Kaprolaktam akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau shut down. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

- a. Pegawai non shift yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi di bawah tanggung jawan non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift :

Senin- Kamis : 07.00 - 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Jum'at : 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)

Sabtu : 07:00 – 12:00

Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

b. Pegawai shift bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 shift.

Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja.

Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut:

Shift I : 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 24.00

Shift III : 24.00- 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift*:

Tabel 4. 29 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	III	III	III	-	I	I	I	II	II	II	-	-
B	-	I	I	I	II	II	II	-	-	III	III	III
C	I	II	II	II	-	-	III	III	III	-	I	I
D	II	-	-	III	III	III	-	I	I	I	II	II

#### 4.8.6 Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan.

Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

##### a. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu perusahaan menyediakan fasilitas poloklinik yang ditangani oleh Dokter dan Perawat.

b. Pakaian kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

c. Makan dan minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan.

d. Koperasi

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

e. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang hari raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

f. Jamsostek

Merupakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

g. Masjid dan Kegiatan kerohanian

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.



#### h. Transportasi

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transport tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulan.

#### i. Hak Cuti

- Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

- Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti missal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

### **4.8.7 Penggolongan Jabatan dan Keahlian**

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SLTA. Perinciannya sebagai berikut:

Tabel 4. 30 Jabatan dan keahlian

Jabatan	Pendidikan
Direktur utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Dokter	S-1
Perawat	D-3/S-1
Karyawan	D-3/S-1
Sopir	SLTA
<i>Cleaning Service</i>	SLTP
Satpam	SLTA

#### 4.9 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik. Dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak maka dilakukan analisis kelayakan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah:

a. *Return On Investment* (ROI)

*Return on Investment* merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

b. *Pay Out Time* (POT)

*Pay Out Time* adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

c. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* adalah titik impas dimana tidak mempunyai suatu keuntungan/kerugian.

d. *Shut Down Point* (SDP)

Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

e. *Discounted Cash Flow* (DCF)

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan "*Discounted Cash Flow*" merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash*

*flow* adalah laju bunga maksimal di mana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

- a. Modal (*Capital Investment*)
  - Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - Modal kerja (*Working Capital Investment*)
- b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
  - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
- c. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
- d. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- Biaya variabel (*Variable Cost*)
- Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

#### 4.9.1 Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit. Sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

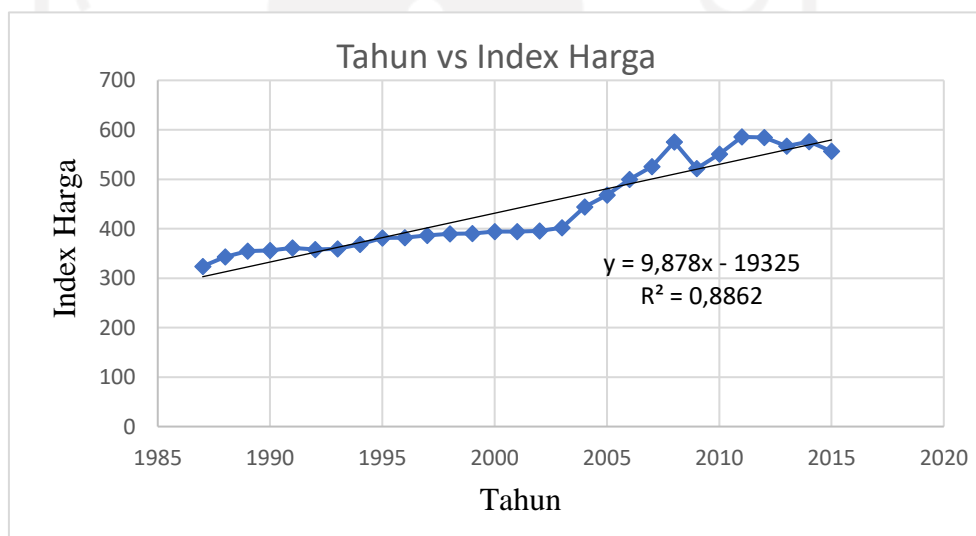
Tabel 4. 31 Harga indeks

Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
1987	324	1
1988	343	2
1989	355	3
1990	356	4
1991	361,3	5
1992	358,2	6
1993	359,2	7
1994	368,1	8
1995	381,1	9
1996	381,7	10
1997	386,5	11
1998	389,5	12
1999	390,6	13
2000	394,1	14
2001	394,3	15
2002	395,6	16
2003	402	17
2004	444,2	18
2005	468,2	19
2006	499,6	20
2007	525,4	21
2008	575,4	22
2009	521,9	23
2010	550,8	24

Lanjutan tabel 4.31		
Tahun (X)	indeks (Y)	X (tahun-ke)
2011	585,7	25
2012	584,6	26
2013	567,3	27
2014	576,1	28
2015	556,8	29
Total	12796,2	435

Sumber: *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*

([www.che.com](http://www.che.com))



Gambar 4. 8 Tahun vs indeks harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi Linear yang diperoleh adalah  $y = 9,878x - 19325$ . Pabrik Kaprolaktam akan dibangun pada tahun 2025, maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 677,95.

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga. (Aries dan Newton, 1955)

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Dimana :  $E_x$  : Harga alat pada tahun x

$E_y$  : Harga alat pada tahun y

$N_x$  : Index harga pada tahun x

$N_y$  : Index harga pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak ada spesifikasi di referensi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan: (Peters dan Timmerhaus, 1980)

$$E_b = E_a \left[ \frac{C_b}{C_a} \right]^{0,6}$$

Dimana:  $E_a$  : Harga alat a

$E_b$  : Harga alat b

$C_a$  : Kapasitas alat a

$C_b$  : Kapasitas alat b

Tabel 4. 32 Harga Alat Proses

No.	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga Total
1	Tangki NaOH	T-1	1	\$249.480
2	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	T-2	1	\$222.414
3	Melter	M-1	1	\$291.962
4	Reaktor	R-1	1	\$742.438
5	<i>Netralizer</i>	N-1	1	\$600.988
6	<i>Ultrafiltration Membrane</i>	UF-1	1	\$76.962
7	<i>Evaporator</i>	EV-1	1	\$147.452
8	<i>Crystalizer</i>	CR-1	1	\$160.044
9	<i>Centrifuge</i>	CF-1	1	\$89.201
11	<i>Rotary Dryer</i>	RD-1	1	\$191.346
12	<i>Heater 1</i>	HE-1	1	\$2.471
13	<i>Heater 2</i>	HE-2	1	\$3.530
14	<i>Heater 3</i>	HE-3	1	\$3.530
15	Cooler	CL-1	1	\$3.883
16	<i>Hooper 1</i>	H-1	1	\$6.237
17	<i>Hooper 2</i>	H-2	1	\$6.237
18	<i>Hooper 3</i>	H-3	1	\$6.237
19	<i>Belt Conveyor 1</i>	BC-1	1	\$7.296
20	<i>Belt Conveyor 2</i>	BC-2	1	\$7.296
21	<i>Belt Conveyor 3</i>	BC-3	1	\$7.296
22	<i>Bucket Elevator 1</i>	BE-1	1	\$22.006
23	<i>Bucket Elevator 2</i>	BE-2	1	\$22.006
24	<i>Bucket Elevator 3</i>	BE-3	1	\$22.006
25	<i>Silo 1</i>	S-1	1	\$49.543
26	<i>Silo 2</i>	S-2	1	\$72.961



Lanjutan tabel 4.32				
No.	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga Total
27	<i>Blower</i>	BL-1	1	\$19.182
28	Pompa 1	P-1	1	\$4.825
29	Pompa 2	P-2	1	\$4.825
30	Pompa 3	P-3	1	\$4.825
31	Pompa 4	P-4	1	\$4.825
32	Pompa 5	P-5	1	\$6.590
33	Pompa 6	P-6	1	\$6.590
34	Pompa 7	P-7	1	\$4.825
35	Pompa 8	P-8	1	\$4.825
<b>TOTAL</b>			<b>18</b>	<b>\$2.848.307,90</b>

Tabel 4. 33 Harga Alat Utilitas

No.	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga Total
1	Bak Pengendap	BU-01	1	\$5.766,28
2	Tangki Kesadahan	TU-01	1	\$9.296,66
3	<i>Clarifier</i>	CLU	1	\$15.415,98
4	<i>Sand Filter</i>	FU	1	\$13.062,39
5	Bak Penampung Sementara	BU-02	1	\$15.180,62
6	Tangki Klorinator	TU-02	1	\$9.296,66
7	<i>Kation Exchanger</i>	KEU	1	\$3.237,40
8	<i>Anion Exchanger</i>	AEU	1	\$3.237,40
9	Daerator	DAU	1	\$13.901,78
10	Tangki <i>Feed Boiler</i>	TU-03	1	\$1.765,19
11	<i>Compressor</i>	CU	1	\$8.472,90
12	<i>Boiler</i>	BLU	1	\$67.077,16
13	Tangki Bahan Bakar	TU-04	1	\$1.059,11
14	<i>Generator</i>	GU	1	\$14.121,51
15	Tangki Penyimpanan Air	TU-05	1	\$5.648,60
16	Pompa 1	PU-01	1	\$21.552,11
17	Pompa 2	PU-02	1	\$2.155,21
18	Pompa 3	PU-03	1	\$21.552,11
19	Pompa 4	PU-04	1	\$21.552,11
20	Pompa 5	PU-05	1	\$21.552,11
21	Pompa 6	PU-06	1	\$21.552,11
22	Pompa 7	PU-07	1	\$5.231,10
23	Pompa 8	PU-08	1	\$21.552,11
24	Pompa 9	PU-09	1	\$5.231,10
25	Pompa 10	PU-10	1	\$5.231,10

Lanjutan tabel 4.33				
No.	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga Total
26	Pompa 11	PU-11	1	\$8.579,00
27	Pompa 12	PU-12	1	\$5.231,10
<b>Total</b>			<b>27</b>	<b>\$347.510,93</b>

#### 4.9.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas Pabrik = 36.000 ton/tahun

Pabrik beroperasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2025

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14,200,

/27 Desember 2021

Upah pekerja asing = \$ 20/*man hour*

Upah pekerja Indonesia = Rp 12,000/*man hour*

1 *man hour* asing = 2 *man hour* Indonesia

5% tenaga asing = 95% tenaga Indonesia

### 4.9.3 Perhitungan Biaya

#### 4.9.3.1 Modal (Capital Investment)

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran–pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik.

*Capital investment* terdiri dari:

##### a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

Tabel 4. 34 *Physichal Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp45.380.627.290	\$3.173.470
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp11.425.052.293	\$798.955
3	Instalasi cost	Rp6.883.793.745	\$481.384
4	Pemipaan	Rp24.424.045.356	\$1.707.975
5	Instrumentasi	Rp5.623.043.219	\$393.220
6	Insulasi	Rp1.657.032.060	\$115.876
7	Listrik	Rp6.855.031.376	\$479.373
8	Bangunan	Rp15.753.000.000	\$1.101.608
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp18.902.000.000	\$1.321.818
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>Rp136.903.625.339</b>	<b>\$9.573.680</b>

Tabel 4. 35 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp27.355.158.517	\$1.912.948
<b>Total (DPC + PPC)</b>		<b>Rp164.258.783.857</b>	<b>\$11.486.628</b>

Tabel 4. 36 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp164.258.783.857	\$11.486.628
2	Kontraktor	Rp8.206.547.555	\$573.884
3	Biaya tak terduga	Rp16.413.095.110	\$1.147.769
<b>Fixed Capital Investment (FCI)</b>		<b>Rp188.878.426.522</b>	<b>\$13.208.282</b>

b. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 4. 37 *Total Working Capital Investment (WCI)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp102.303.695.520	\$7.154.105
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp57.591.276.676	\$4.027.362
3	<i>Product Inventory</i>	Rp115.182.553.352	\$8.054.724
4	<i>Extended Credit</i>	Rp137.791.636.364	\$9.635.779
5	<i>Available Cash</i>	Rp115.182.553.352	\$8.054.724
<b>Working Capital (WCI)</b>		<b>Rp528.051.715.264</b>	<b>\$36.926.693</b>

#### 4.9.3.2 Biaya Produksi (Manufacturing Cost)

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries dan Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

*Direct Manufacturing Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

Tabel 4. 38 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp1.125.340.650.720	\$78.695.150
2	<i>Labor</i>	Rp1.674.000.000	\$117.063
3	<i>Supervision</i>	Rp167.400.000	\$11.706
4	<i>Maintenance</i>	Rp3.775.011.875	\$263.987
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp566.251.781	\$39.598
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp15.157.080.000	\$1.059.936
7	<i>Utilities</i>	Rp23.467.980.151	\$1.641.117
<b><i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i></b>		<b>Rp1.170.148.374.528</b>	<b>\$81.828.558</b>

a. *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

*Indirect Manufacturing Cost* adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

Tabel 4. 39 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp251.100.000	\$17.559
2	<i>Laboratory</i>	Rp167.400.000	\$11.706
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp837.000.000	\$58.531
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp75.785.400.000	\$5.299.678
<b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b>		<b>Rp77.040.900.000</b>	<b>\$5.387.476</b>

b. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

*Fixed Manufacturing Cost* adalah pengeluaran tetap yang tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 4. 40 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp16.043.800.470	\$1.121.944
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp1.887.505.938	\$131.993
3	<i>Insurance</i>	Rp1.887.505.938	\$131.993
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>Rp19.818.812.346</b>	<b>\$1.385.931</b>

Tabel 4. 41 *Total Manufacturing Cost (TMC)*

<b>No</b>	<b><i>Type of Expense</i></b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp617,500,673,233	\$45,073,042
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp42,903,978,794	\$3,131,677
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp19,882,106,463	\$1,451,249
<b><i>Total Manufacturing Cost (TMC)</i></b>		<b>Rp680,286,758,490</b>	<b>\$49,655,968</b>

#### 4.8.3.3 General Expense

*General Expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

Tabel 4. 42 *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp38.010.242.606	\$2.658.059
2	<i>Sales expense</i>	Rp63.350.404.344	\$4.430.098
3	<i>Research</i>	Rp44.345.283.041	\$3.101.069
4	<i>Finance</i>	Rp21.504.069.271	\$1.503.781
<b><i>General Expense (GE)</i></b>		<b>Rp167.209.999.262</b>	<b>\$11.693.007</b>

Tabel 4. 43 *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp1.267.008.086.874	\$88.601.964
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp167.209.999.262	\$11.693.007
<b><i>Total Production Cost (TPC)</i></b>		<b>Rp1.434.218.086.135</b>	<b>\$100.294.971</b>

#### 4.9.4 Analisis Keuntungan

##### a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 1.515.708.000.000

Total biaya produksi : Rp 1.434.218.086.135

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp 81.489.913.865



b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak : 20 % x Rp 81.489.913.865

: Rp 16.297.982.773

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp 65.191.931.092

#### 4.9.5 Analisis Kelayakan

1. Return on Investment (ROI)

*Return on investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan

$$ROI = \frac{\textit{profit}}{\textit{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

a. ROI sebelum pajak (ROI<sub>b</sub>)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah minimum adalah <11%. (Aries & Newton, 1955).

ROI<sub>b</sub> = 43,17 % (pabrik memenuhi kelayakan)

b. ROI setelah pajak (ROI<sub>a</sub>)

ROI<sub>a</sub> = 34,54 % (pabrik memenuhi kelayakan)

2. Pay Out Time (POT)

*Pay out time* adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan sesudah pajak + Depresiasi}}$$

a. POT sebelum pajak (POT<sub>b</sub>)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah maksimum adalah <5 tahun. (Aries & Newton, 1955).

$$POT_b = 1,94 \text{ tahun (pabrik memenuhi kelayakan)}$$

b. POT setelah pajak (POT<sub>a</sub>)

$$POT_a = 2,32 \text{ tahun (pabrik memenuhi kelayakan)}$$

### 3. Break Even Point (BEP)

*Break even point* adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40 – 60 %.

$$BEP = \frac{Fa + (0,3xRa)}{Sa - Va - (0,7xRa)} \times 100\%$$

Tabel 4. 44 Annual Fixed Cost (Fa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp16.043.800.470	\$1.121.944
2	Property taxes	Rp1.887.505.938	\$131.993
3	Insurance	Rp1.887.505.938	\$131.993
<b>Fixed Cost (Fa)</b>		<b>Rp19.818.812.346</b>	<b>\$1.385.931</b>

Tabel 4. 45 Annual Variable Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	Rp1.125.340.650.720	\$78.695.150
2	Packaging & shipping	Rp75.785.400.000	\$5.299.678
3	Utilities	Rp23.467.980.151	\$1.641.117
4	Royalties and Patents	Rp15.157.080.000	\$1.059.936
<b>Variable Cost (Va)</b>		<b>Rp1.239.751.110.871</b>	<b>\$86.695.882</b>

Tabel 4. 46 Annual Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp1.674.000.000	\$117.063
2	Plant overhead	Rp837.000.000	\$58.531
3	Payroll overhead	Rp251.100.000	\$17.559
4	Supervision	Rp167.400.000	\$11.706
5	Laboratory	Rp167.400.000	\$11.706
6	Administration	Rp38.010.242.606	\$2.658.059
7	Finance	Rp21.504.069.271	\$1.503.781
8	Sales expense	Rp63.350.404.344	\$4.430.098
9	Research	Rp44.345.283.041	\$3.101.069
10	Maintenance	Rp3.775.011.875	\$263.987
11	Plant supplies	Rp566.251.781	\$39.598
<b>Regulated Cost (Ra)</b>		<b>Rp174.648.162.918</b>	<b>\$12.213.158</b>

Tabel 4. 47 *Annual Sales Cost (Sa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Annual Sales Cost</i>	Rp1.515.708.000.000	\$106.740.000
	<b><i>Annual Sales Cost (Sa)</i></b>	<b>Rp1.515.708.000.000</b>	<b>\$106.740.000</b>

Dari hasil perhitungan di dapatkan BEP sebesar 46,98%.  
 BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60%, sehingga pabrik memenuhi kelayakan.

#### 4. Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$SDP = \frac{0,3xRa}{Sa - Va - (0,7xRa)} \times 100\%$$

$$SDP = 34,09 \%$$

#### 5. Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCF dibuat dengan mempertimbangkan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. (10 tahun). *Rate of return based on*

*discounted cash flow* adalah laju bunga maksimum dimana suatu pabrik (proyek) dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

*Discounted Cash flow Rate of Return* dihitung sebagai suku bunga dimana *net present value* di akhir proyek menjadi nol menggunakan nilai setelah pajak yang dikoreksi dengan inflasi untuk membandingkan kinerja kapital berbagai proyek dan sebagai ukuran profitabilitas maksimum. DCF dari suatu pabrik dinilai menguntungkan jika melebihi setengah kali bunga pinjaman bank, yang diperhatikan dari DCF ini adalah nilai *i* (*rate of return*), yaitu prosentase keuntungan pabrik yang dihitung dengan metode DCF. Harga *i* sering dibandingkan dengan suku bunga bank, dimana jika harga *i* lebih besar dari suku bunga berarti investasi ke pabrik lebih menguntungkan dari pada menyimpan di bank.

Umur pabrik (n) : 10 tahun

*Fixed Capital Investment (FCI)* Rp188.750.593.769

*Working Capital Investment (WCI)* Rp528.051.715.264

*Salvage value (SV) = Depresiasi* Rp16.043.800.470

*Cash flow (CF)* Rp102.739.800.833

*Discounted cash flow* dihitung secara *trial & error* dimana nilai R harus sama dengan S.

Persamaan untuk menentukan DCFR:

$$\frac{(WC + FCI)X(1+I)^{10}}{CF} = [(1+i)^9 + (1+I)^8 + \dots + (1+I) + 1] + \frac{(WC + SV)}{C}$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai  $i$  : 0,1467

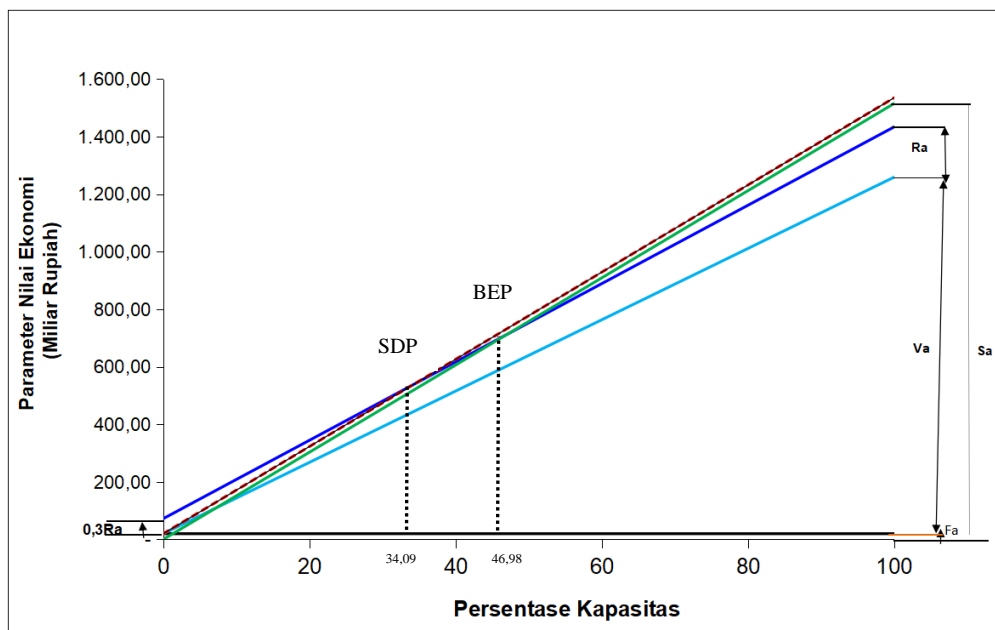
$i$  (*Rate of Return*) : 14,67 %

Minimum nilai  $i$  (*Rate of Return*) : 1,5 x bunga pinjaman bank (Aries  
Newton)

Bunga bank : 3,5 %

Kesimpulan : Memenuhi syarat (1,5 x 3,5% =  
5,25%) (Didasarkan pada suku  
bunga acuan di Bank Indonesia saat  
ini adalah 3,5% berlaku mulai 27  
Desember 2021)

Dari perhitungan diatas diperoleh harga  $i$  (*Rate of Return*) sebesar 14,67% lebih besar dari suku bunga acuan di bank yang berarti investasi ke pabrik lebih menguntungkan dari pada menyimpan di bank. Syarat minimum *Rate Of Return based on Discounted Cash Flow* adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1.5 x suku bunga pinjaman bank ( 1,5 x 5% = 5,25% ).



Gambar 4. 9 Grafik BEP

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Pra rancangan pabrik Kaprolaktam dari Siklohensanon Oksim dan Asam Sulfat dengan kapasitas 36.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pabrik Kaprolaktam digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena prosesnya berlangsung pada kondisi operasi (suhu dan tekanan) rendah.
2. Pabrik Kaprolaktam didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan import, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi
3. Pabrik akan didirikan di kawasan industri Cilegon, dengan pertimbangan mudah mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.
4. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
  - a. Keuntungan yang diperoleh yaitu keuntungan sebelum pajak Rp 81,5 Milyar/tahun, dan keuntungan setelah pajak (20%) sebesar Rp 65 Milyar/tahun.
  - b. *Return On Investment* (ROI) :  
  
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 43,17 %, dan ROI setelah pajak sebesar 34,54%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah <11% (Aries & Newton, 1955).



c. *Pay Out Time (POT)* :

POT sebelum pajak selama 1,94 tahun dan POT setelah pajak selama 2,32 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimal adalah <5 tahun (Aries & Newton, 1955).

d. *Break Event Point (BEP)* pada 46,98%, dan *Shut Down Point (SDP)* pada 34,09%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.

e. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)* sebesar 14,67%. Syarat minimum *Rate Of Return based on Discounted Cash Flow* adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa Pabrik Kaprolaktam dari Siklohensanon Oksim dan Asam Sulfat dengan kapasitas 36.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

## 5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia memerlukan pemahaman konsep- konsep dasar agar dapat meningkatkan kelayakan pendirian pabrik tersebut. Contohnya adalah optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku sehingga dapat memperoleh keuntungan yang lebih. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan pada masa mendatang didirikan pabrik- pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamsson, U.S Patent 5693853, 1997
- Aries, R.S., and Newton, R.D., "Chemical Engineering Cost Estimation", Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1955.
- Badan Pusat Statistik, "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia", Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta, 2010-2014.
- Brown, GG and Foust, AS. "Unit Operation". John Willey and Sons Inc. New York. 1961.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., "Process Equipment Design", 2nd Ed., John Willey and Sons. Inc., New York, 1959.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., "Chemical Engineering Design", 6nd Ed., vol 6, Pergamon Pess, Oxford, 1983.
- Faith, Keyes & Clark., "Industrial Chemical", 4 th ed, John Willey and Sons, Inc., New York, 1955.
- Fogler, H. Scott, "Elements of Chemical Reaction Engineering", Third edition, Prentice-Hall International, Inc.,USA, 1999.
- Kern, D.Q., "Process Heat Transfer", International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1983.
- Kirk, K.E., and Orthmer, D.F., "Encyclopedia of Chemical Technology", John Willey and Sons. Inc., New York.
- Levenspiel, O. "Chemical Reaction Engineering". 2nd ed. John Willey and Sons Inc. New York. 1972.
- Noriyuki, Kunisi, European Patent Application EP 0796819A1, 1997

Perry, J.H., and Chilton, C.H., "Chemical Engineering Hand Book", 6th Ed., Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1984.

Peters, M.S., and Timmerhause, K.D., "Plant Design and Economic for Chemical Engineer's", 3rd ed., Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1968.

Smith, J.M and Van Ness, H.C, " Introduction toChemical Engineering Thermodynamic's ", 2nd ed, Mc GrawHill Book Co. Ltd., New York

Stauffer, U.S Patent 5672747, 1997

Treyball, E., "Mass Transfer Operation", International StudentEdition, Koagakusha Company, Tokyo

Ullmann, "Ullmann's Encyclopedia of Indutrial Chemistry", Interscience Encyclopedia, Inc., New York, 1985

Wallas, S.M., "Chemical Process Equipment", Mc. Graw Hill Book Koagakusha Company, Tokyo, 1959.

Yaws, C.L., "Chemical Properties Handbook", Mc Graw Hill Handbooks. New York, 1999.

K, Sameer et all, "Microfabricated Packed-Bed Reactor for Phosgene Synthesis", AIChE Journal, 2001

[www.dow.com/heattrans](http://www.dow.com/heattrans). "Dowtherm A, Heat Transfer Fluid". diakses pada 10 Desember 2021, pukul 18.34

Matche. 2018. equipment cost. <http://www.matche.com/>. Diakses pada 24 Desember 2021, pukul 20.30

[www.pajak.go.id/info-pajak](http://www.pajak.go.id/info-pajak). Diakses pada 24 Desember 2021, pukul 20.48

[www.qerja.com](http://www.qerja.com). Diakses pada 24 Desember 2021, pukul 21.15

[www.pln.co.id/tarif-tenaga-listrik/](http://www.pln.co.id/tarif-tenaga-listrik/). Diakses pada 24 Desember 2021, pukul 21.40

# LAMPIRAN A

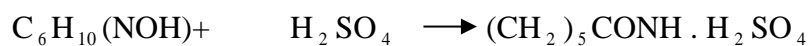
## REAKTOR

### 1. Reaktor

#### 1.1 Perancangan Dimensi Reaktor

Jenis	: CSTR ( <i>Continuous – Stirred Tank Reactor</i> )
Fungsi	: Sebagai tempat terjadinya reaksi dan pembentukan Kaprolaktam Sulfat
Fase	: Cair – cair
Bentuk	: Tangki silinder
Jumlah	: 1
Kondisi operasi reaktor	:
Suhu	: 110°C
Tekanan	: 1 atm
Waktu tinggal	: 28 menit

Reaksi :



Sikloheksanon oxime    Asam Sulfat                      Kaprolaktam sulfat

Tabel 1.1 komponen masuk reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	arus 2	arus 3	arus 4
$C_6H_{10}(NOH)$	4915,50	0,00	147,47
$C_6H_{10}O$	152,03	0,00	1406,79
$H_2SO_4$	0,00	5541,90	113,10
$H_2O$	0,00	113,10	8903,15
$(CH_2)_5CONH.H_2SO_4$	0,00	0,00	152,03
<b>Sub Total</b>	<b>5067,53</b>	<b>5655,00</b>	<b>10722,53</b>
<b>Total</b>	<b>10722,53</b>		<b>10722,53</b>

### A. Penentuan Volume Reaktor

Massa bahan (m) = 9045,62 kg/jam

Komponen	Arus masuk	Xi	P (kg/m <sup>3</sup> )	Xi * p (kg/m <sup>3</sup> )
	kg/jam			
$C_6H_{10}(NOH)$	4915,50	0,46	826,83	379,04
$C_6H_{10}O$	152,03	0,01	690,57	9,79
$H_2SO_4$	5541,90	0,52	1726,52	892,35
$H_2O$	113,10	0,01	945,59	9,97
<b>Total</b>	<b>10722,53</b>	<b>1</b>		<b>1291,15</b>

$$\rho \text{ campuran} = 1291,15 \text{ kg/m}^3$$

Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

$$Fv = \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$Fv = \frac{10722,53 \text{ kg/jam}}{1291,15 \text{ kg/m}^3} = 8,305 \text{ m}^3/\text{jam} = 8304,61 \text{ L/jam}$$

$$V = \frac{Fv \cdot \text{Cao} \cdot X}{k \cdot \text{Ca} \cdot \text{Cb}} = \frac{3875,48 \text{ L}}{1} = 3,88 \text{ m}^3$$

Mencari volume cairan

$$x = 97\%$$

$$t = 28 \text{ menit}$$

$$\text{Cao} = 0,0052 \text{ kmol/L}$$

$$\text{Ca} = 0,000157 \text{ kmol/L}$$

$$\text{Cb} = 0,0017 \text{ kmol/L}$$

$$k = 40082,95 \text{ L/kmol.jam}$$

$$\text{Volume cairan (V}_L\text{)} = 3875,48 \text{ L} = 3,88 \text{ m}^3$$

Menentukan volume reaktor

Untuk faktor keamanan, volume reaktor ditambah 20% (*Peter, tabel 6, hal. 37*) maka: Volume reaktor ( $V_T$ ) = 1,2  $V_L$

sehingga didapat volume reaktor ( $V_T$ ) = 1,2 x (3,88)  $m^3$  = 4,6506

$m^3=164,23 \text{ ft}^3$

## B. Penentuan Ukuran Diameter Tangki

Bentuk : Silinder tegak

Bahan : *Stainless Steel SA 167 grade 11 Type 316*

Alasan : - Umum digunakan

- Tahan panas dan korosi ( $> 900 \text{ }^0\text{F}$ ) (*Brownell, hal.256*)

1. Penentuan diameter dalam (ID) dan tinggi reaktor (H)

➤ Diameter reaktor (ID)

dipilih  $H = 1,5 D$

$$v = \frac{1}{4} \pi D^2 H + [2 \cdot (0,000049) \cdot (D^3)]$$

$$164,23 = D^3 \left[ \frac{1,5}{4} \times 3,14 + 0,000098 \right]$$

$$D^3 = 139,4650 \text{ ft}^3 = 5,1859 \text{ ft} = 62,2305 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 62,2305 \text{ in}$$

➤ Tinggi reaktor (H)

$$H = 1.5 D = 1.5 \times 5,1859 \text{ ft} = 7,7788 \text{ ft} = 2,371 \text{ m}$$

## 2. Penentuan tebal reaktor (ts)

Menentukan Tekanan desain

$$\text{Tekanan Operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan (hcairan)} &= (\text{Volume cairan} \times 4) / (\pi D^2) \\ &= (3,88 \text{ m}^3 \times 4) / (3,14 \times (2,371 \text{ m})^2) \\ &= 1,1976 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{P hidrostatik} &= \rho \times g \times h \\ &= 1291,15 \times 9,8 \times 1,976 \\ &= 3,6263 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pdesign} &= \text{P operasi} + \text{P hidrostatik} \\ &= 14,7 + 3,6263 \end{aligned}$$

$$= 18,3263 \text{ psia}$$

Menentukan tebal shell (ts)

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C$$

(Brownell, 1959. p. 254.,eq 13.1)



Dimana :

P = tekanan desain = 18,3263 psia

ID = 62,2305 in

f = allowable stress dari bahan yang digunakan = 18.750psia (*Brownell, appendix D, untuk Stainless steel SA 167 grade 11 Type 316*)

E = joint efficiency (effisiensi sambungan) = 0,8 (*Brownell, tabel 13-2, hal. 254, untuk double welded butt joint*)

C = faktor korosi = 0,125 in / 10 tahun (*Peter, tabel 6, hal.524*)

ri = jari jari reactor = 31,1152 in

maka :

$$ts = \frac{18,3263 \times 31,1152}{(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 18,3263)} + 0,125 = 0,1630 \text{ in}$$

Dipilih tebal standar (ts) = **0,1875 in** atau **3/16 in**

### 3. Penentuan diameter tangki sesuai standart

- Diameter luar tangki (OD)

$$OD = ID + (2 \times ts)$$

$$OD = 62,2305 + (2 \times 0,1875) = 62,7305 \text{ in}$$

Standarisasi dari tabel 5,7(Brownell,1959) ,

$$OD = 66 \text{ in} = 1,6764 \text{ m}$$

$$ID = OD - (2 \times ts)$$

$$= 66 - (2 \times 0,1875)$$

$$= 65,5 \text{ in}$$

$$= 1,6637 \text{ m}$$

### C. Penentuan Ukuran *Head* Tangki

Bentuk : *Thorispherical dished head*

Alasan : Bisa digunakan untuk pada tekanan sampai 15 bar dan harganya cukup ekonomis (*Bhattacharrya*, hal. 41)

Bahan : *Stainless steel SA 167 grade 11 Type 316*

## 1. Tebal head reaktor (th)

Untuk OD = 66 in dan  $t_s = 0,1875$  in,

Sehingga didapat  $r = 66$  in ;  $icr = 4$  in (Brownell, tabel 5.7, hal. 90)

$$t_h = \frac{0.885P_d r}{fE - 0.1P_d} + C \quad (\text{Brownell \& Young 1959, p.138})$$

Dimana : P = tekanan desain = 18,3263 psia

f = allowable stress dari bahan yang digunakan =

18.750 psi (Brownell, appendix D, untuk

*Stainless steel SA 167 grade 11 Type 316*)

E = *joint efficiency* (effisiensi sambungan) = 0,8

(Brownell, tabel 13-2, hal. 254, untuk *double*

*welded butt joint*)

C = faktpr korosi = 0,125 in / 10 tahun (Peter, tabel 6,

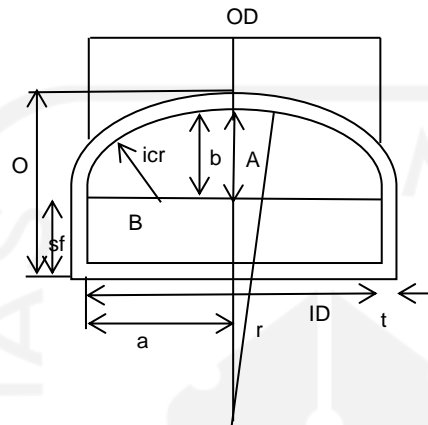
hal. 524)

ri = jari jari reaktor = 31,1152 in

$$th = \frac{0,885 \times 18,3263 \times 31,1152}{(18750 \times 0,8) - (0,1 \times 18,3263)} + 0,125 = 0,1587 \text{ in}$$

Dipilih tebal *head* standart (th) = 0,1875 in = (3/16) in

## 2. Tinggi head reaktor (OA)



Maka,  $sf$  yang dipilih = 2 in (Brownell, tabel 5.8, hal 93)

ID = 65,5 in ; icr = 4 in ; r = 66 in

Maka :

$$a = \text{ID}/2 = 32,750 \text{ in}$$

$$AB = a - \text{icr} = 28,750 \text{ in}$$

$$BC = r - \text{icr} = 62 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = 54,931 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 11,069 \text{ in}$$

tinggi head penutup reaktor,  $OA = th + b + sf$

$$OA = 13,256 \text{ in} = 0,337 \text{ m}$$

### 3. Penentuan volume head (Vh)

Bentuk *head* yang dipilih *Flange and Dish Head (torispherical)*

➤ Bagian lengkung *torispherical head* (Vh') Dianggap  $icr/r = 6\%$

(tanpa bagian *straight flange*)

$$V_{h'} = 0,000049 \times ID^3 \quad (\text{Brownell, pers, 5.11, hal. 81})$$

$$= 0,000049 \times (65,5)^3 = 13,7696 \text{ in}^3$$

➤ Bagian *straight flange* (Vsf)

Volume torispherical head bagian *straight flange* (Vsf) dihitung

sebagai bentuk suatu silinder dengan ketinggian (H) = *sf*

$$V_{sf} = \pi/4 \times ID^2 \times sf = (3,14/4) \times (65,5)^2 \times 2$$

$$= 6735,69 \text{ in}^3$$

$$= 0,1104$$

➤ Total volume *head* (Vh) =  $V_{h'} + V_{sf} = 13,7696 + 6735,69$

$$= 6749,46 \text{ in}^3$$

$$= 0,1106 \text{ m}^3$$

## D. Penentuan Ukuran Tinggi Reaktor

### 1. Penentuan Tinggi *shell* (Hshell)

$$V_T = V_{shell} + V_h$$

Dimana :  $V_T = \text{Volume reaktor} = 4,6506 \text{ m}^3$

$$V_{\text{shell}} = 3,8707 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{shell}} = \pi/4 \times ID^2 \times H_{\text{shell}}$$

$$H_{\text{shell}} = \mathbf{1,7815 \text{ m}}$$

2. Penentuan tinggi reaktor (Ht)

$$H_{\text{total}} = H_{\text{shell}} + (2 \times OA) = 1,7815 + (2 \times 0,337)$$

$$= \mathbf{2,4555 \text{ m}}$$

### 1.2 Perancangan Pengaduk

Digunakan pengaduk jenis turbine dengan 6 flat blades.

#### A. Data pengaduk

$$D_i/D_t = 1/3$$

$$L/D_i = 1/4$$

$$E/D_i = 1$$

$$W/D_i = 1/5$$

$$J/D_t = 1/12$$

Keterangan :

$D_t$  = Diameter Tangki

= Panjang Pengaduk

$D_i$  = Diameter Pengaduk

= Lebar Pengaduk

$J$  = Lebar Baffle Tangki

$E$  = Jarak Pengaduk Dari Dasar

Maka :

$$ID = 1,6637 \text{ m}$$

$$Dt/3 = 0,5546 \text{ m}$$

$$0,2 \times Di = 0,1109 \text{ m}$$

$$0,25 \times Di = 0,1387 \text{ m}$$

$$J = 0,1386 \text{ m}$$

$$E = 0,5546 \text{ m}$$

### **B. Menghitung Kecepatan Pengaduk**

Dengan :  $N$  = Kecepatan putar pengaduk (rpm)

Trial nilai rpm ( $N$ )

Dipilih kecepatan pengaduk ( $\pi DN$ ) = 14 ft/s

$$N = 14 \text{ ft/s} / (\pi \times Di)$$

$$N = 2,4505 \text{ rps}$$

### C. Menghitung Daya Motor Pengaduk

Mencari nilai NRe larutan

$$Re = \frac{\rho N D_i^2}{\mu}$$

Dengan :  $\rho$  = Densitas larutan = 80,5680 lb/ft<sup>3</sup>

$N$  = kecepatan pengaduk = 2,4505 (rps)

$D_i$  = diameter pengaduk = 0,5546 m

$\mu$  = viskositas larutan = 3,1284 Cp

= 0,0021 lb/ft..s

NRe larutan = 310908,51

- Karena nilai NRe lebih dari 10.000, angka daya tergantung pada angka reynolds dan viskositas tidak merupakan faktor. Dalam daerah ini aliran sudah turbulen penuh dan persamaan untuk mencari daya pengaduk menjadi:

power number (Po) yang didapat dari Fig. 477 Brown = 2,20

$$P = (N^3) \times [D_i]^5 \times \rho \times Po / g c$$

$$= 1616,42 \text{ lb.ft/s}$$

$$= 2,94 \text{ hp}$$



$$\text{Efisiensi motor} = 80\%$$

$$\begin{aligned}\text{Power motor} &= 80\% \times 2,94\text{hp} \\ &= 3,67\end{aligned}$$

Digunakan standard power = **5 Hp**

### 1.3 Perancangan Koil Pendingin

Digunakan pendingin berupa air.

Jumlah panas yang diserap berdasarkan perhitungan neraca massa :

$$Q = 3204202,1 \text{ kJ/jam} = 3037583,6 \text{ Btu/jam}$$

$$T \text{ operasi} = 110 \text{ }^{\circ}\text{C} = 230 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Pendingin : Air

$$\text{Suhu masuk (t1)} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 86 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar (t2)} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C} = 114 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \left( \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)}$$

$$= 130,03 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

(Kern, pers. 5.14, hal. 89)

### A. Menghitung Luas Tranfer Panas

Untuk fluida panas light organic dan fluida dingin air :

$$U_d = 75-150 \text{ btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{Jam}$$

Diambil harga  $U_d = 75 \text{ btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{Jam}$

$$Q = 3204202,1 \text{ kj/jam}$$

$$= 3037583,6 \text{ Btu/jam}$$

Maka :

$$A = Q / (U_d \times \Delta t \text{ LMTD})$$

$$= 3037583,6 / (75 \times 130,03)$$

$$= 311,4676 \text{ ft}^2$$

### B. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = \pi \cdot OD \cdot H$$

$$= 3,14 \times 5,5 \times 8,1875$$

$$= 141,398 \text{ ft}^2$$

Karena luas selubung reaktor kurang dari luas transfer panas, maka dipilih koil pendingin.

### C. Menghitung kebutuhan koil pendingin

$$Q \text{ pendinginan} = m \text{ air} \times C_p \text{ air} \times \Delta T$$

$$m \text{ air} = (Q \text{ pendinginan}) / (C_p \text{ air} \times \Delta T)$$

$$C_p \text{ air} = 4,1838 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\Delta T = 15,00 \text{ K}$$

$$m \text{ air} = 3204202,14$$

$$62,76$$

$$= 51057,36 \text{ kg/jam}$$

$$= 112581,48 \text{ lb/jam}$$

Sifat fisis air pada  $T_f = 99,5 \text{ F}$  :

$$C_p = 4183,79 \text{ j/kg.K} = 0,9999 \text{ Btu/lb.F}$$

$$\rho = 1016,0968 \text{ kg/m}^3 = 63,4044 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,6991 \text{ cP} = 1,6919 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k = 0,3596 \text{ Btu/ jam. ft}^2. \text{ F}$$

### Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m_{air}}{\rho_{air}}$$

$$Q_v = 51057,36 / 1016,0968$$

$$= 50,2485 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1774,53 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

### Menentukan Diameter Minimum Koil

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s

(coulson pg 527)

$$\text{Kecepatan pendingin} = 2,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Debit air pendingin} = 50,2485 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$v = 2,5 \text{ m/s} = 9000 \text{ m/jam}$$

$$\text{Luas Penampang } A = 0,0056 \text{ m}^2 = 0,0601 \text{ ft}^2 = 8,6539 \text{ inch}^2$$

$$A = \frac{(\pi \cdot (\text{ID})^2)}{4}$$

$$\text{ID} = 0,0843 \text{ m} = 3,3203 \text{ in}$$

Dipilih : diameter standard

(Kern tabel 11 pg 844)

$$\text{NPS} = 4,0000 \text{ in}$$

$$\text{Schedule Number} = 40$$

$$\text{OD} = 4,5 \text{ in} = 0,3750 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 4,026 \text{ in} = 0,3355 \text{ ft}$$

$$\text{Luas Penampang (A')} = 12,7000 \text{ in}^2 = 0,0882 \text{ Ft}^2$$

$$\text{Luas Perpan/panjang (a'')} = 1,1780 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

**Menentukan hi** (koefisien perpindahan panas di dalam koil)

$$\rho \text{ air pendingin} = 1016,0968 \text{ kg/m}^3 = 63,4044 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ air pendingin} = 0,6991 \text{ cP} = 1,6912 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k \text{ air pendingin} = 0,3596 \text{ W/m.K} = 0,2079 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.oF}$$

$$C_p \text{ air pendingin} = 4183,7938 \text{ kJ/kmol} = 232,4330 \text{ kJ/kg} = 99,9462 \text{ Btu/lb}$$

Gt = kecepatan aliran massa/luas penampang

$$Gt = W/A = 1276514,5 \text{ lb/ft}^2.\text{jam}$$

$$v = Gt/\rho = 20132,89 \text{ ft/jam} = 1,70 \text{ m/s} = 5,5925 \text{ ft/s}$$

Jadi kecepatan pendingin yang digunakan masih dalam batasan.

$$Re = \frac{ID \cdot Gt}{\mu}$$

$$Re = 66567,35$$

$$jH = 180$$

(Kern fig 24 pg 834)

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left( \frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

(Kern pg 104)

$$Hi = 1041,16 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

#### Menentukan Hio

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

$$Hio = 931,4877 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

Untuk koil, harga hio harus dikoreksi dengan faktor koreksi

$$hio_{\text{koil}} = hio_{\text{pipa}} \left( 1 + 3.5 \frac{D_{\text{koil}}}{D_{\text{spiralkoil}}} \right)$$

(kern pg 721)

Diambil :  $D_{\text{spiralkoil}} = 80\% \cdot \text{diameter tangki}$

$$D_{\text{spiralkoil}} = 53 \text{ inchi} = 4,3982 \text{ ft}$$

$$Hio_{\text{koil}} = 1180,1780 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

### Menentukan Ho

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan koilm maka koefisien perpindahan panas dihitung dengan :

$$h_o = 0.87 \left( \frac{k}{D} \right) \left( \frac{L_p^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left( \frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4}$$

(kern pers 20.4 pg 722)

dengan :

$L_p = D_i$	=	1,8194	ft		
$N$	=	2,4505	Rps	=	8.822 rpj
$\rho$	=	1291,153737	kg/m <sup>3</sup>	=	80,5680 lb/ft <sup>3</sup>
$\mu$	=	7,5707	lb/ft.jam		
$c_p$	=	0,4768	Btu/lb		
$k$	=	0,1645	Btu/ft.jam.°F		
$OD$	=	4,5	Inch	=	0,3355 ft
$D$	=	65,5000	In	=	5,4562 ft
$\mu/\mu_w$	=	1,00			
$h_o$	=	22822,87	Btu/jam.ft <sup>2</sup> .F		

### Menentukan UC

$$U_c = \frac{h_o * h_{io}}{h_o + h_{io}}$$

$$U_c = 1122,1512 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{°F}$$

### Menentukan UD

Untuk kecepatan air = 2,5 m/s, maka :

$$R_d = 0,003$$

(Kern tabel 12 pg 845)

Sehingga :

$$H_d = 1/R_d = 333,33 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$U_D = \frac{h_D * U_c}{h_D + U_c}$$

$$U_d = 256,9937 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

### Menentukan Luas Bidang Transfer Panas

$$A = \frac{Q_{\text{total}}}{U_D * \Delta T_{\text{LMTD}}}$$

$$A = 90,897 \text{ ft}^2 = 8,4444 \text{ m}^2$$

### Menentukan Panjang Koil

$$L_{\text{pipakoil}} = \frac{A}{a''}$$

$$L_{\text{pipa koil}} = 77,1625 \text{ ft} = 23,5191 \text{ m}$$



### Menentukan Jumlah Lengkungan Koil

$$D_c = 0,8 * (ID_{\text{tangki reaktor}})$$

$$D_c = 52,4 \text{ inchi} = 4,3667 \text{ ft} = 1,33096 \text{ m}$$

$$AB = ID$$

$$BC = x$$

$$AC = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2}$$

$$AC = \sqrt{(ID)^2 + x^2}$$

$$\text{Busur AB} = 1/2 * \pi D_c$$

$$\text{Busur AC} = 1/2 * \pi A_c$$

$$\text{Diambil : } x = 0,3 * OD$$

$$x = 1,35 \text{ inchi} = 0,1125 \text{ ft}$$

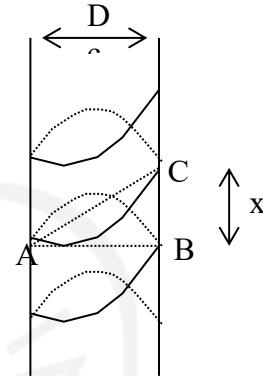
Panjang 1 putaran :

$$K_{\text{lilitan}} = 1/2 \text{ putaran miring} + 1/2 \text{ putaran datar}$$

$$K_{\text{lilitan}} = 1/2\pi(D_c) + 1/2\pi(AC)$$

$$K_{\text{lilitan}} = 1/2\pi(D_c) + 1/2\pi((ID^2+x^2)^{1/2})$$

$$K_{\text{lilitan}} = 15,4271 \text{ ft} = 185,1248 \text{ inch} = 4,7022 \text{ m}$$



### Menentukan Banyak Lilitan

$$N_{\text{lilitan}} = \frac{L_{\text{pipa koil}}}{K_{\text{lilitan}}}$$

$$N_{\text{lilitan}} = 5,0018 \approx 6 \text{ lilitan}$$

### Menentukan Tinggi Tumpukan dan Tinggi Cairan Setelah Ada

#### Koil

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = (N_{\text{lilitan}} - 1) * x + N_{\text{lilitan}} * \text{OD}$$

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = 2,8125 \text{ ft} = 0,8573 \text{ m} = 33,75 \text{ inch}$$

Tinggi cairan dalam shell akan naik karena adanya volume dari koil:

$$\text{Tinggi cairan setelah ditambah koil (Zc)} = \frac{V_{\text{cairan dlm shell}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{shell}}}$$

$$V_{\text{shell}} = 4,3758 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{koil}} = 0,1313 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{shell}} = 2,1728 \text{ m}^3$$

$$Zc = 2,0744 \text{ m}$$

## 1.4 Perancangan Nozle Pipa Umpan dan Produk

### A. Nozzle Pipa Reaktor

#### Pipa Pemasukan umpan cair

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Massa} \quad G &= 10722,5258 \quad \text{kg/jam} \\ &= 2,9785 \quad \text{kg/dtk} \\ \text{Densitas} \quad \rho_L &= 1291,1537 \quad \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\text{NPS} = 1,25 \text{ in}$$

$$\text{Sch N} = 40$$

$$\text{ID} = 1,38 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 1,66 \text{ in}$$

#### Pipa Pengeluaran Produk

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Massa} \quad G &= 10722,5258 \quad \text{kg/jam} \\ &= 2,9785 \quad \text{kg/dtk} \\ \text{Densitas} \quad \rho_L &= 1291,1537 \quad \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

Diameter pipa Optimum :

$$D_{opt} = 31,788 \text{ mm}$$

$$= 1,2515 \text{ in}$$

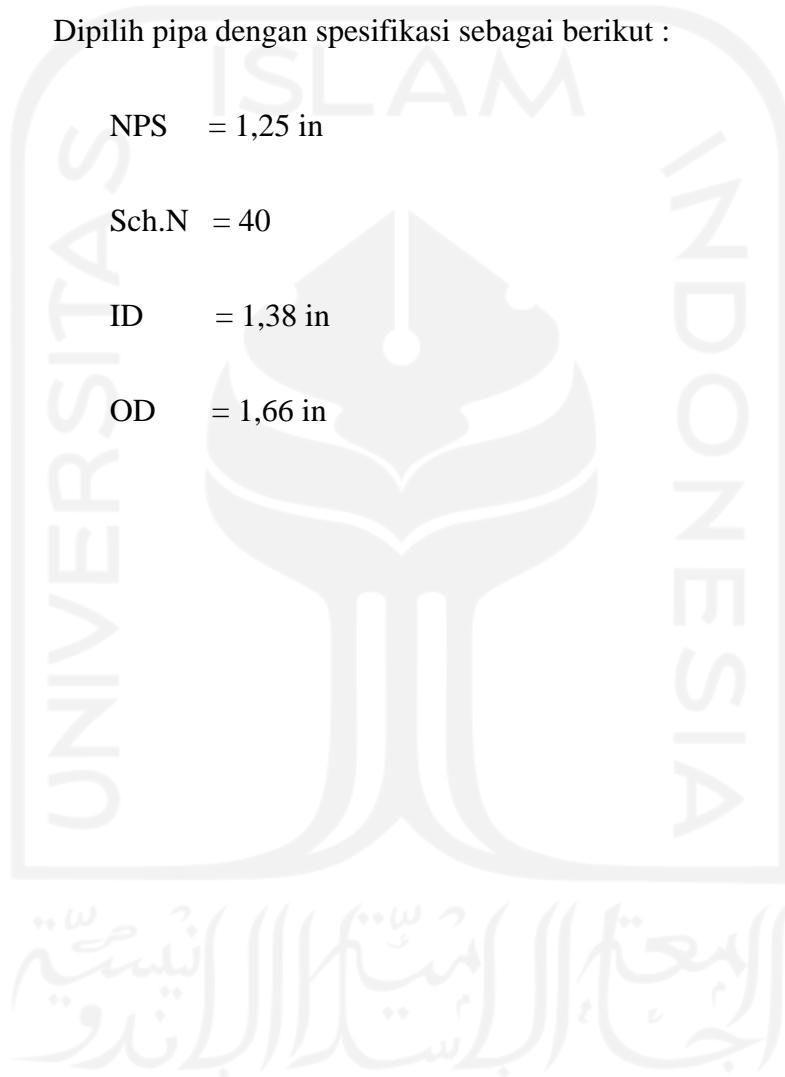
Dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\text{NPS} = 1,25 \text{ in}$$

$$\text{Sch.N} = 40$$

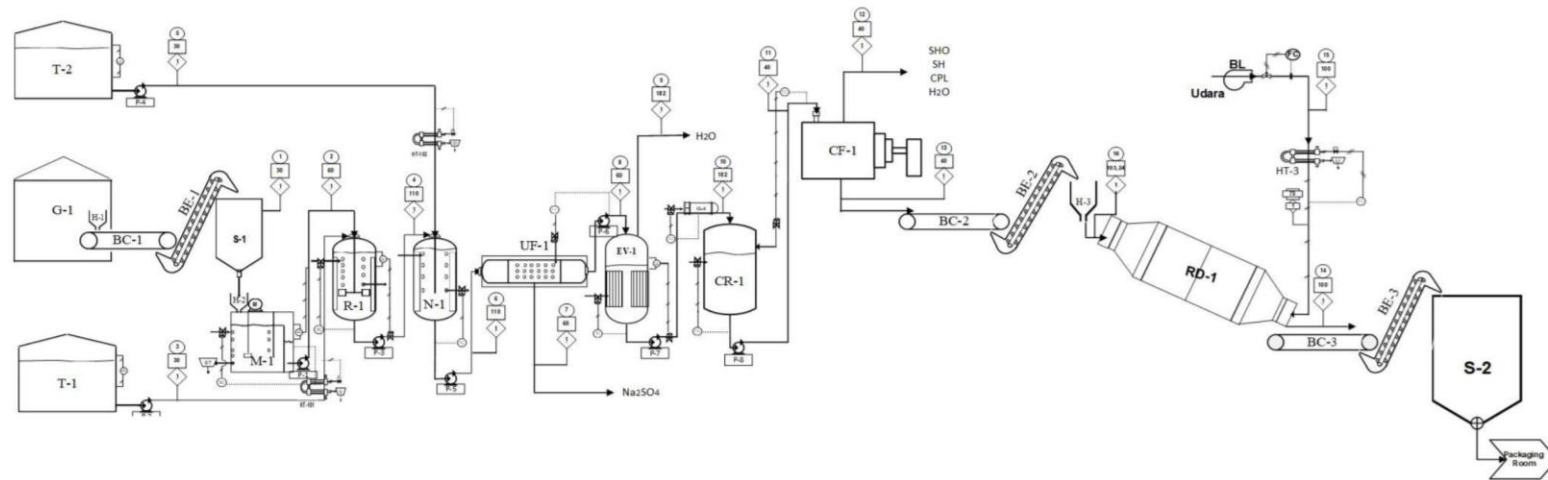
$$\text{ID} = 1,38 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 1,66 \text{ in}$$



# LAMPIRAN B

## Process Engineering Flow Diagram PRARANCANGAN PABRIK KAPROLAKTAM DARI SIKLOHEKSANON OKSIM DAN ASAM SULFAT Kapasitas : 36.000 ton/tahun



### Keterangan Gambar :

NO	KOMPONEN	NOMOR ARUS (Kg/Jam)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	SHO / C6H10	4915,50	4915,50	-	147,47	-	147,47	-	147,47	-	147,47	147,47	113,14	34,33	-	32,21	2,12
2	SH / C6H10O	152,03	152,03	-	1406,79	-	152,03	-	152,03	-	152,03	152,03	116,64	35,39	-	33,20	-
3	CPL / (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CONH <sub>2</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	152,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	CPL / (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CONH	-	-	-	-	-	4768,04	-	4768,04	-	4768,04	139,45	106,99	32,46	-	30,46	2,00
5	CPL KRISTAL / (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CONH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4628,58	-	4628,58	-	94,46	4534,12	-
6	ASAM SULFAT / H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	5541,90	113,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	NATRIUM HIDROKSIDA / NaOH	-	-	-	4524,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	NATRIUM SULFAT / Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	-	-	8030,10	8030,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	HIDROGEN DIOKSIDA / H <sub>2</sub> O	-	-	113,10	8903,15	3016	5164,90	-	5164,90	3615,43	1549,47	1549,47	1188,79	360,68	-	338,43	22,25
10	N <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7600,47	7600,47	-
11	O <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2307,81	2307,81	-
<b>TOTAL</b>		<b>5067,53</b>	<b>5067,53</b>	<b>5655,00</b>	<b>10722,53</b>	<b>7540,00</b>	<b>18262,53</b>	<b>8030,10</b>	<b>10232,43</b>	<b>3615,43</b>	<b>6617,00</b>	<b>6617,00</b>	<b>1525,55</b>	<b>5091,44</b>	<b>9908,29</b>	<b>10437,05</b>	<b>4562,68</b>

BC	Belt Conveyor	FC	Flow Controller	○	Nomor Arus
BE	Bucket Elevator	LC	Level Controller	□	Suhu (°C)
BL	Blower	TC	Temperature Controller	◇	Tekanan (atm)
CF	Centrifuge	WC	Weight Control	⊗	Control Valve
CL	Cooler			⋯⋯⋯	Electric Connection
CR	Cristalizer			⊕	Udara Instrumen
HE	Heator			—	Piping Line
H	Hopper				
M	Mixer				
P	Pompa				
R	Reaktor				
RD	Rotary Drier				
S	Silo				
T	Tangki Penyimpan				



FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA

PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
Prarancangan Pabrik Kaprolaktam Dari Sikloheksanon Oksim Dan Asam Sulfat  
Dengan Kapasitas 36.000 Ton/Tahun

---

Dikerjakan Oleh :  
1. Nur Ahmad Ndaru Bintoro 14521341

---

Dosen Pembimbing :  
1. Dr Arif Hidayat S.T., M.Eng.

## LAMPIRAN C

### LEMBAR KONSULTASI

#### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa I : Nur Ahmad Ndaru Bintoro  
No. Mahasiswa I : 14521341  
Judul Pra rancangan Pabrik : PRARANCANGAN PABRIK KAPROLAKTAM DARI  
SIKLOHEKSANON OKSIM DAN ASAM SULFAT DENGAN  
KAPASITAS 36.000 TON/TAHUN  
Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021  
Bimbingan : 4 Juni 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	6 Desember 2021	Konsultasi judul pra-rancangan pabrik	<i>He</i>
2	10 Desember 2021	Konsultasi Penentuan kapasitas	<i>He He</i>
3	12 Desember 2021	Konsultasi Pemilihan proses	<i>He He</i>
4	20 Desember 2021	Konsultasi Penentuan Kapasitas & Proses Fix	<i>He He</i>
5	28 Desember 2021	Konsultasi Diagram Alir	<i>He He</i>
6	02 Januari 2022	Konsultasi Neraca Massa & Neraca Panas	<i>He He</i>
7	11 Januari 2022	Konsultasi Perancangan alat	<i>He He</i>
8	13 Januari 2022	Pengumpulan naskah	<i>He He</i>

Disetujui Draft Penulis :  
Yogyakarta, 13 Januari 2022

Dosen Pembimbing I



(Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.)

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy