

**PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI *ETHYLENE***  
**KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

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



**Oleh :**

**Nama : Yasinta Ady Kusumaningrum      Nama : Rr. Aina Nur Aisha**  
**NIM : 18521160                                  NIM : 18521181**

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

**2022**

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI *ETHYLENE* KAPASITAS

50.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Yasinta Ady Kusumaningrum      Nama : Rr. Aina Nur Aisha  
NIM : 18521160      NIM : 18521181

Yogyakarta, 22 September 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Drs., Ir., Faisal R.M., M.T., Ph.D.

Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL  
PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI *ETHYLENE* KAPASITAS**

**50.000 TON/TAHUN**

**Saya yang bertandatangan di bawah ini:**

**Nama : Yasinta Ady Kusumaningrum**  
**NIM : 18521160**

**Nama : Rr. Aina Nur Aisha**  
**NIM : 18521181**

Yogyakarta, 19 September 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Yasinta Ady Kusumaningrum



Rr. Aina Nur Aisha

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI *ETHYLENE* KAPASITAS**  
**50.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

Oleh:

**Nama : Yasinta Ady Kusumaningrum**  
**NIM : 18521160**

**Nama : Rr. Aina Nur Aisha**  
**NIM : 18521181**

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

Yogyakarta, 20 Oktober 2022

Tim Penguji,

Ir. Drs. Faisal RM., M.T., Ph.D.

Ketua

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng.

Anggota I

Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.

Anggota II



21/10/2022

Mengetahui:

**Ketua Program Studi Teknik Kimia**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Universitas Islam Indonesia**



**Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D.**

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT dan juga berkah, rahmat, petunjuk serta hidayah-Nya yang senantiasa diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “PRA RANCANGAN PABRIK HDPE DARI *ETHYLENE* KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN” sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana (S1) dalam Program Sarjana Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak sekali hambatan dan rintangan yang penulis hadapi namun akhirnya penulis bisa menyelesaikannya, hal ini karena adanya bantuan dan juga bimbingan dari banyak pihak baik moral maupun spiritual. Sehingga pada kesempatan ini dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho kepada kami serta nikmat, rahmat, dan karunianya yang berlimpah.
2. Bapak Sutadi dan Ibu Samsiyah selaku orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moral maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Drs., Ir., Faisal R.M., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan dukungan selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan dukungan, waktu, arahan, dan bimbingan selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah membagikan ilmu kepada penulis.
7. Shafira dan Ulfah yang selalu memberikan dukungan, dorongan, semangat, serta doa setiap hari kepada penulis, juga Siska, Putra, Ella, Haidar, Kharis, serta teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Untuk itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 19 September 2022

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
ABSTRAK .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	2
1.2.1 Kebutuhan HDPE di Indonesia .....	2
1.2.2 Produksi HDPE di Indonesia .....	4
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku .....	4
1.2.4 Kapasitas Perancangan .....	5
1.3 Tinjauan Pustaka .....	6
1.3.1 Jenis-Jenis Polietilena .....	6
1.3.2 Jenis Proses Produksi HDPE .....	7
1.3.3 Pemilihan Proses Produksi HDPE .....	12
1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika .....	14
1.4.1 Tinjauan Kinetika .....	14
1.4.2 Tinjauan Termodinamika .....	14
BAB II PERANCANGAN PRODUK .....	17
2.1 Spesifikasi Produk .....	17
2.2 Spesifikasi Bahan Baku .....	18
2.3 Pengendalian Kualitas .....	18
BAB III PERANCANGAN PROSES .....	22
3.1 Diagram Alir Proses dan Material .....	22
3.2 Uraian Proses .....	23
3.3 Spesifikasi Alat .....	26
3.3.1 <i>Mixer</i> (M-01) .....	26

3.3.2	Reaktor (R-01) .....	27
3.3.3	<i>Flash Drum</i> (FD-01) .....	28
3.3.4	Kondenser Parsial (PC-01).....	29
3.3.5	<i>Extruder</i> (EX-01) .....	30
3.3.6	Tangki Penyimpanan.....	30
3.3.7	Alat Transportasi.....	34
3.3.8	Alat Penukar Panas .....	41
3.4	Neraca Massa .....	45
3.4.1	Neraca Massa Total.....	45
3.4.2	Neraca Massa Alat .....	45
3.5	Neraca Panas .....	47
BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....		50
4.1	Lokasi Pabrik .....	50
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik .....	51
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	54
4.2	Tata Letak Pabrik (Plant Layout).....	56
4.3	Tata Letak Alat Proses/Mesin (Machines Layout).....	63
4.4	Organisasi Perusahaan .....	67
4.4.1	Bentuk Perusahaan.....	67
4.4.2	Struktur Organisasi Perusahaan .....	69
4.4.3	Tugas dan Wewenang Karyawan.....	72
4.4.4	Status Kerja Karyawan.....	76
4.4.5	Jam Kerja Karyawan.....	76
4.4.6	Jumlah Pekerja .....	78
4.4.7	Sistem Gaji Karyawan .....	80
4.4.8	Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	83
BAB V UTILITAS .....		85
5.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ) .....	86
5.2	Kebutuhan Air.....	97
5.3	Unit Penyedia Dowtherm A.....	98
5.4	Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ) .....	99
5.5	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ) .....	100
5.6	Unit Penyedia Udara Tekan .....	104
5.7	Unit Penyedia Bahan Bakar .....	105



5.8	Spesifikasi Alat Utilitas .....	106
BAB VI EKONOMI .....		119
6.1	Penaksiran Harga Alat .....	120
6.2	Dasar Perhitungan .....	122
6.3	Perhitungan Biaya .....	122
6.4	Analisa Kelayakan .....	124
6.5	Hasil Perhitungan .....	127
6.6	Hasil Analisa Keuntungan .....	130
6.7	Hasil Kelayakan Ekonomi .....	131
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....		133
7.1	Kesimpulan .....	133
7.2	Saran .....	134
DAFTAR PUSTAKA .....		136
LAMPIRAN A PERANCANGAN ALAT UTAMA .....		138
LAMPIRAN B PEFD .....		159
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARACANGAN .....		161

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor HDPE.....	3
Tabel 1. 2 Data Produksi HDPE di Indonesia.....	4
Tabel 1. 3 Pabrik HDPE di Dunia.....	5
Tabel 1. 4 Perbandingan Proses Pembuatan Polietilena .....	12
Tabel 1. 5 Panas Pembentukan pada Suhu 300 °C dan Tekanan 98,7 atm .....	15
Tabel 1. 6 Energi Bebas pada Suhu 300 °C dan Tekanan 98,7 atm.....	16
Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk HDPE .....	17
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku .....	18
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mixer .....	26
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor .....	27
Tabel 3. 3 Spesifikasi Flash Drum .....	28
Tabel 3. 4 Spesifikasi Kondenser Parsial .....	29
Tabel 3. 5 Spesifikasi Extruder .....	30
Tabel 3. 6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan .....	30
Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Transportasi .....	34
Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	41
Tabel 3. 9 Neraca Massa Total.....	45
Tabel 3. 10 Neraca Massa di Mixer (M-01).....	45
Tabel 3. 11 Neraca Massa di Reaktor (R-01).....	46
Tabel 3. 12 Neraca Massa di Mixing Point.....	46
Tabel 3. 13 Neraca Massa di Flash Drum (FD-01).....	46
Tabel 3. 14 Neraca Massa di Kondenser Parsial (PC-01).....	47
Tabel 3. 15 Neraca Massa di Extruder (EX-01).....	47
Tabel 3. 16 Neraca Panas di Mixer (M-01) .....	47
Tabel 3. 17 Neraca Panas di Reaktor (R-01) .....	48
Tabel 3. 18 Neraca Panas di Flash Drum (FD-01).....	48
Tabel 3. 19 Neraca Panas di Kondenser Parsial (PC-01).....	48
Tabel 3. 20 Neraca Panas di Extruder (EX-01).....	48
Tabel 3. 21 Neraca Panas di Heater (HE-01).....	49
Tabel 3. 22 Neraca Panas di Heater (HE-02).....	49
Tabel 3. 23 Neraca Panas di Heater (HE-03).....	49
Tabel 3. 24 Neraca Panas di Cooler (CL-01).....	49
Tabel 4. 1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik .....	60
Tabel 4. 2 Jadwal Kerja Karyawan Shift .....	78
Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan .....	79
Tabel 4. 4 Rincian Penggolongan Jabatan .....	80
Tabel 4. 5 Rincian Gaji Karyawan.....	81
Tabel 5. 1 Syarat Air Umpan Boiler .....	89
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	97
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Pendingin .....	97

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Domestik .....	98
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	101
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses .....	102
Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik .....	103
Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas .....	106
Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Utilitas.....	113
Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Utilitas .....	115
Tabel 5. 11 Spesifikasi Screener .....	117
Tabel 5. 12 Spesifikasi Sand Filter .....	117
Tabel 5. 13 Spesifikasi Cooling Tower.....	117
Tabel 5. 14 Spesifikasi Deaerator .....	118
Tabel 5. 15 Spesifikasi Blower .....	118
Tabel 5. 16 Spesifikasi Mixed Bed .....	118
Tabel 6. 1 Physical Plant Cost (PPC).....	127
Tabel 6. 2 Direct Plant Cost (DPC).....	128
Tabel 6. 3 Fixed Capital Investment (FCI) .....	128
Tabel 6. 4 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	128
Tabel 6. 5 Indirect Manufacturing Cost (IMC) .....	128
Tabel 6. 6 Fixed Manufacturing Cost (FMC) .....	129
Tabel 6. 7 Manufacturing Cost (MC).....	129
Tabel 6. 8 Working Capital (WC).....	129
Tabel 6. 9 General Expenses (GE).....	129
Tabel 6. 10 Total Production Cost (TPC) .....	130
Tabel 6. 11 Fixed Cost (Fa) .....	130
Tabel 6. 12 Regulated Cost (Ra).....	130
Tabel 6. 13 Variable Cost (Va) .....	130

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data Impor HDPE di Indonesia.....	3
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses.....	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Material.....	22
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik .....	51
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik HDPE.....	61
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat di Pabrik HDPE.....	66
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi.....	72
Gambar 5. 1 Diagram Alir Pengolahan Air .....	96
Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dengan Indeks Harga.....	121
Gambar 6. 2 Grafik BEP .....	132



## ABSTRAK

Polietilena jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) merupakan salah satu hasil dari polimerisasi etilena dengan tingkat konsumsi yang tinggi. HDPE memiliki kekuatan tarik yang besar, ketahanan korosi yang tinggi, dan juga tahan temperatur tinggi. HDPE banyak digunakan pada industri plastik, makanan, peralatan rumah tangga, dan industri kimia lainnya. Oleh karena itu dirancang pabrik HDPE dari etilena dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan didirikan di Serang, Banten pada area seluas 124.893,22 m<sup>2</sup> dan membutuhkan 112 karyawan. Pabrik beroperasi secara kontinyu dalam 24 jam/hari selama 330 hari/tahun. HDPE diproduksi dengan proses polimerisasi etilena dengan tingkat kemurnian 99%. Bahan baku utama pembuatan HDPE yaitu etilena sebanyak 5.591 kg/jam dipasok dari PT. Chandra Asri Petrochemical. Utilitas pendukung meliputi penyediaan air untuk kebutuhan steam sebanyak 4.755 kg/jam, dewatering sebanyak 465,5 kg/jam, kebutuhan listrik sebesar 1.997 kW. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan modal tetap sebesar Rp70.713.015.480/tahun; Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp219.512.914.694/tahun; dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp153.659.040.286/tahun. Berdasarkan hasil studi analisa kelayakan diperoleh *Break Even Point* (BEP) 46,25%; *Shut Down Point* (SDP) 24,62%; dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) 24,65%. Sementara itu, *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 27,32% sedangkan ROI setelah pajak 19,12%; *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,750 tahun, POT setelah pajak 3,550 tahun. Dari tinjauan ekonomi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik HDPE dari *ethylene* dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata kunci: HDPE, *High Density Polyethylene*, Pabrik HDPE, Polietilen, Polimerisasi Etilen.

## **ABSTRACT**

*Polyethylene type HDPE (High Density Polyethylene) is one of the results of the polymerization of ethylene with a high consumption rate. HDPE has great tensile strength, high corrosion resistance, and also withstands high temperatures. HDPE is widely used in the plastics, food, household appliances, and other chemical industries. Therefore, an HDPE plant from ethylene was designed with a capacity of 50,000 tons/year in Serang, Banten on area 124.8 m<sup>2</sup> and requires 112 employees. The factory operates continuously 24 hours/day for 330 days/year. HDPE is produced by ethylene polymerization process with 99% purity level. The main raw material for making HDPE is ethylene as much as 5.591 kg/hour supplied from PT. Chandra Asri Petrochemical. Supporting utilities include water supply for steam as much as 4.755 kg/hour, dowerm as much as 465,5 kg/hour, electricity demand at 1.997 kW. The results of the economic evaluation show that the fixed capital is IDR 70,713,015,480/year; Profit before tax of Rp219,512,914,694/year; and profit after tax of Rp153,659,040,286/year. Based on the results of the feasibility analysis study obtained Break Even Point (BEP) 46,25%; Shut Down Point (SDP) 24.62%; and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) 24.65%. Meanwhile, Return on Investment (ROI) before tax is 27.3283% while ROI after tax is 19.12%; Pay Out Time (POT) before tax 2.750 years, POT after tax 3.550 years. From this economic review, it can be concluded that an HDPE plant from ethylene with a production capacity of 50,000 tons/year is feasible to build.*

*Keywords: HDPE, High Density Polyethylene, HDPE Plant, Polyethylene, Polymerization of Ethylene.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat dalam beberapa dekade terakhir berbanding lurus dengan peningkatan jumlah konsumsi berbagai sumber daya alam. Kebutuhan yang terus mengalami pelonjakan, menuntut industri untuk selalu berkembang untuk memenuhi permintaan pasar. Salah satu sektor industri yang mengalami tren peningkatan adalah industri polimer.

Plastik telah menjadi salah satu kebutuhan dalam kehidupan kita. Jumlah penggunaan plastik meningkat sebesar 24,40% selama kurun waktu 4 tahun. [PlasticsEurope.com](http://PlasticsEurope.com) mencatat konsumsi plastik di dunia pada tahun 2010 mencapai angka 562,2 miliar pon atau setara dengan 255 miliar kilogram.

Permintaan pasar yang kian meninggi memaksa industri meningkatkan volume produksinya. Berdasarkan *annual report* PT Chandra Asri Petrochemical Tbk. pada tahun 2017 total volume produksi perseroan menunjukkan tren peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya, dari 2.914 KT menjadi 3.238 KT.

Polietilena jenis HDPE (*High Density Poly Ethylene*) merupakan salah satu hasil dari polimerisasi etilena dengan tingkat konsumsi yang tinggi. HDPE adalah senyawa termoplastik dari atom karbon dan sistemnya yang

bergabung menghasilkan berat molekul yang fleksibel menghasilkan ketahanan korosi yang tinggi. HDPE memiliki sedikit cabang sehingga membuatnya memiliki ikatan intermolekuler, kekuatan tarik yang lebih besar dan juga tahan temperatur tinggi. HDPE banyak digunakan pada industri plastik, makanan, peralatan rumah tangga, dan industri kimia lainnya.

Berdasarkan data impor yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik, HDPE mengalami tren peningkatan impor pertahunnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa kurang terpenuhinya kebutuhan HDPE di Indonesia. Oleh karena itu, untuk mengimbangi kebutuhan HDPE yang semakin meningkat perlu adanya pendirian pabrik HDPE baru untuk memenuhi konsumsi dalam negeri serta mengurangi ketergantungan impor

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Penentuan kapasitas pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik HDPE. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik HDPE sebagai berikut.

### **1.2.1 Kebutuhan HDPE di Indonesia**

Berdasarkan data impor, kebutuhan HDPE pada tahun 2016 – 2020 di Indonesia ditunjukkan pada tabel 1.1 berikut.

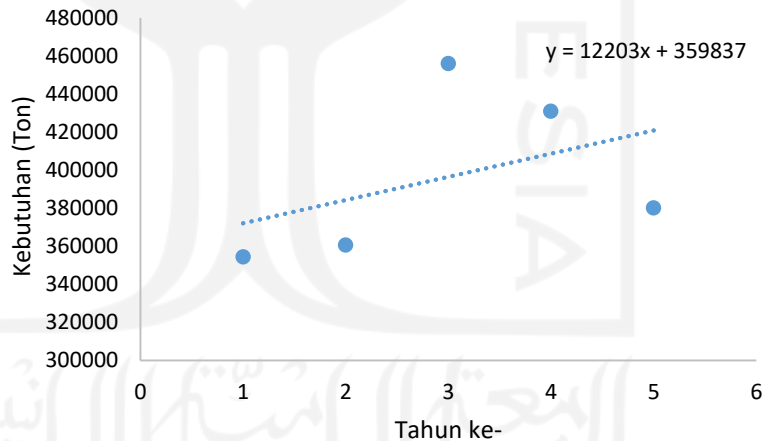


Tabel 1. 1 Data Impor HDPE

Tahun	Berat (Ton)
2016	354.362,231
2017	360.638,009
2018	456.031,918
2019	431.000,212
2020	380.194,697

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2016 – 2020)

Dari data impor pada tabel 1.1 dapat dibuktikan bahwa terjadi tren peningkatan kebutuhan HDPE sesuai dengan gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Grafik Data Impor HDPE di Indonesia

Kapasitas pabrik dapat ditentukan dengan regresi linier sebagai berikut:

$$y = 12203x + 359837$$

dimana:

$y$  = kebutuhan HDPE (Ton)

$x$  = tahun ke-

Dengan mensubstitusikan harga  $x = 10$  ke dalam persamaan tersebut, maka diperoleh data kebutuhan HDPE pada tahun 2025 yaitu sebanyak 481.867 Ton.

### 1.2.2 Produksi HDPE di Indonesia

Terdapat 2 pabrik di Indonesia yang memproduksi HDPE, seperti yang ditampilkan dalam tabel 1.2 berikut.

Tabel 1. 2 Data Produksi HDPE di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT. Lotte Chemical Titan Nusantara	Cilegon, Banten	250.000
PT. Chandra Asri Petrochemical	Cilegon, Banten	136.000

(Sumber: *Annual Report* PT. Lotte Chemical Titan Nusantara dan PT. Chandra Asri Petrochemical)

### 1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan HDPE yang berupa etilena diperoleh dari dalam negeri, yaitu dipenuhi dari PT. Chandra Asri Petrochemical yang berlokasi di Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi etilena sebesar 860.000 ton/tahun.

#### 1.2.4 Kapasitas Perancangan

Tabel 1. 3 Pabrik HDPE di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
Formosa Plastics	US	350.000
Lyondell Basel	US	200.000
Exxon Mobil Chemicals	US	300.000
Dow Chemicals	US	250.000
Shell Chemical	US	850.000
Nova Chemicals	Canada	70.000
Jiutai Energy	China	50.000
Ningxia Baofeng Energy	China	100.000
Hua Tai Sheng Fu	China	100.000
Zhejiang Petrochemical	China	100.000
Hengli Petrochemical	China	400.000
Hanwa Total	Korea	200.000
Daelim Industrial	Korea	50.000
LG Chem	Korea	500.000
Hyundai Chemical	Korea	550.000
GS Caltex	Korea	200.000
Petronas-Saudi	Malaysia	350.000
Zapsibneftekhim	Russia	850.000

Sumber: Reuters.com

Kapasitas prarancangan pabrik dipilih 20% dari kapasitas pabrik yang telah beroperasi dalam hal ini adalah PT Lotte Chemical Titan Nusantara yaitu sebesar 50.000 Ton/tahun. Diharapkan dengan kapasitas tersebut produk dapat bersaing di pasar yang telah ada serta dapat mengurangi peningkatan jumlah impor HDPE di Indonesia.

## 1.3 Tinjauan Pustaka

### 1.3.1 Jenis-Jenis Polietilena

*Society of the Plastic Industry* (SPI), sebuah asosiasi dagang yang didirikan pada tahun 1937, mengidentifikasi 3 kategori utama polietilena berdasarkan densitasnya:

- Densitas rendah :  $0,910 - 0,925 \text{ g/cm}^3$
- Densitas sedang :  $0,926 - 0,940 \text{ g/cm}^3$
- Densitas tinggi :  $0,941 - 0,965 \text{ g/cm}^3$

*American Society for Testing and Materials* (ASTM) juga mendefinisikan jenis-jenis polietilena. Publikasi ASTM berjudul “*Standard Terminology Relating to Plastics*” (ASTM D 883-00) mengklasifikasikan berdasarkan densitas sebagai berikut:

- *High density polyethylene* (HDPE):  $>0,941 \text{ g/cm}^3$
- *Linear medium density polyethylene* (LMDPE):  $0,926 - 0,940 \text{ g/cm}^3$
- *Medium density polyethylene* (MDPE):  $0,926 - 0,940 \text{ g/cm}^3$
- *Linear low density polyethylene* (LLDPE):  $0,919 - 0,925 \text{ g/cm}^3$
- *Low density polyethylene* (LDPE):  $0,910 - 0,925 \text{ g/cm}^3$

*Low density polyethylene* (LDPE), merupakan jenis polietilena yang paling mudah diproses dan sering dicampur dengan LLDPE dan HDPE. LDPE memiliki sangat banyak cabang dan mengandung amorf

yang sangat tinggi sehingga menghasilkan film yang sangat jernih untuk aplikasi utama yaitu kemasan makanan.

*Linear low density polyethylene* (LLDPE), memiliki cabang rantai pendek. LLDPE digunakan dalam aplikasi kemasan makanan. Namun karena kandungan amorf yang lebih rendah, LLDPE tidak sejernih LDPE.

*Medium density polyethylene* (MDPE), memiliki struktur lurus seperti LLDPE tetapi dengan kandungan ko-monomer yang rendah. MDPE digunakan untuk geomembran dan pipa.

*High density polyethylene* (HDPE), memiliki modulus tinggi dan sifat tarik relatif tinggi terhadap LLDPE dan MDPE. Namun karena memiliki kristalinitas yang tinggi, HDPE tidak dapat menandingi kejernihan film LDPE atau LLDPE. HDPE banyak digunakan dalam pipa ekstrusi untuk air minum dan distribusi gas. Aplikasi lainnya yaitu dalam *blow molded packaging* seperti botol sampo, botol deterjen, dll. (Malpass, 2010)

### **1.3.2 Jenis Proses Produksi HDPE**

*High-density polyethylene* diproduksi menggunakan proses tekanan rendah. Katalis yang digunakan dalam produksi HDPE salah satu dari tipe Ziegler (kompleks trietil alumunium  $[Al(C_2H_5)_3]$  dan  $\alpha$ -titanium triklorida ( $\alpha$ - $TiCl_3$ ) atau silika-alumina ( $SiO_2-Al_2O_3$ ) yang diresapi dengan logam oksida seperti kromium oksida ( $Cr_2O_3$ ) atau

molybdenum oksida ( $\text{Mo}_2\text{O}_3$ ). HDPE ditandai dengan kristanilitas yang lebih tinggi dan suhu leleh yang lebih tinggi daripada polietilen densitas rendah karena tidak ada percabangan (Speight, 2019). HDPE dapat diproduksi menggunakan beberapa macam proses sebagai berikut.

#### A. Proses Tekanan Tinggi

Diantara proses industri untuk produksi polietilena, polimerisasi radikal bebas dilakukan dalam kondisi yang paling parah biasanya menggunakan suhu  $>200\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 15.000 hingga 45.000 psig. Polimerisasi radikal bebas secara adiabatik dalam *autoclave* atau tabung berdinding tebal. Pada suhu tinggi seperti itu, polimerisasi etilena terjadi dalam polimer “larutan” dalam monomer berlebih, tidak diperlukan diluen atau solven. Partikel polietilen mengendap dari monomer berlebih saat campuran reaksi dingin. ExxonMobil memproduksi LDPE menggunakan gabungan proses tekanan tinggi, *autoclave process* dan *tubular process* sekitar tahun 1960-an.

##### a) Proses *Autoclave*

Proses asli untuk polietilena tekanan tinggi didasarkan pada penggunaan *autoclave* bertekanan tinggi dan udara untuk awalan radikal bebas untuk inisiasi polimerisasi etilena. Kini penggunaan udara telah digantikan oleh peroksida organik.

Peroksida organik diinjeksikan pada beberapa titik di *autoclave* dan inisiasi polimerisasi radikal bebas oleh reaksi kimia. Waktu tinggal reaktor sangat singkat (detik bahkan sepersekian detik). Kelebihan etilena digunakan untuk membantu menghilangkan panas. Secara umum pemurnian monomer etilena tidak perlu dilakukan pada proses tekanan tinggi.

#### b) Proses *Tubular*

Proses *tubular* dapat dianggap sebagai *plug flow reactor*. Seperti pada proses *autoclave*, inisiator peroksida organik diinjeksikan pada beberapa titik sepanjang tabung. Tabung biasanya memiliki panjang 1000-2000 m dengan diameter internal 25-50 mm (0,1-0,2 in). Produk dari proses *tubular* biasanya memiliki berat molekul yang lebih tinggi dan memiliki lebih banyak cabang rantai pendek daripada proses *autoclave*.

#### B. Proses *Slurry*

Polimerisasi dapat dilakukan menggunakan diluen yang mana polimer tidak larut pada suhu proses. Proses ini disebut proses *slurry* atau suspensi. Diluent harus *inert* terhadap katalis dan biasanya hidrokarbon jenuh seperti propana, isobutena, dan heksana. Proses *slurry* biasanya beroperasi pada suhu sekitar 80 hingga 110 °C dan tekanan 200-500 psig. Polietilen mengendap

sehingga terbentuk suspensi polimer pada diluent. Katalis yang paling umum digunakan adalah *chromiumon-silica* atau Ziegler-Natta yang mendukung.

Proses *slurry* yang awalnya dikembangkan oleh Phillips Petroleum (sekarang Chevron Phillips) disebut sebagai “*particle from loop slurry process*” dan “*slurry loop reactor process*” untuk produksi HDPE dan LLDPE. 1-Heksana merupakan comonomer yang paling sering digunakan untuk LLDPE proses Phillips. Proses *slurry* terkenal lainnya dikembangkan oleh Hoechst di Jerman pada pertengahan 1950-an. Hoechst adalah pemegang lisensi pertama yang menggunakan katalis dan proses yang dikembangkan oleh Karl Ziegler untuk memproduksi LLDPE pada 1955. Hoechst akhirnya bergabung dalam perusahaan yang sekarang dikenal sebagai LyondellBasell. Proses *slurry* Hoechst® mampu menghasilkan HDPE dengan range berat mol yang luas. Proses Hoechst® modern menggunakan 2 reaktor tangki yang diaduk secara terus menerus yang dapat dijalankan secara seri atau paralel untuk menghasilkan unimodal dan bimodal HDPE.

#### C. Proses Fase Gas

Polimerisasi etilena fase gas biasanya dilakukan menggunakan *fluidized bed* pada tekanan 200-500 psig dan suhu 80-110 °C. Proses fase gas untuk polietilena awalnya dikembangkan oleh



Union Carbide (sekarang Dow) dan kemudian oleh Naphtachimie (sekarang INEOS). Proses ini dikenal sebagai proses Unipol® dan Innovene®. Katalis yang dominan digunakan adalah jenis Ziegler-Natta. Proses Unipol® sekarang dilisensikan melalui Univation Technologies, perusahaan patungan Dow dan ExxonMobil. Secara historis, proses Unipol® telah mendominasi lisensi untuk proses fase gas untuk polietilen linier, tetapi Innovene® telah menarik sejumlah besar pemegang lisensi dalam beberapa tahun terakhir.

Sebagian besar polietilen yang dibuat dengan proses fase gas menggunakan katalis Ziegler-Natta. Namun, ada beberapa contoh dimana polietilen dibuat menggunakan katalis chromium dengan single site catalyst. Pada 1990-an, proses fase gas dikembangkan yang dikenal sebagai operasi “condensed mode” Unipol® reaktor. Teknik ini memperluas kapasitas reaktor fase gas dan pembuatan produk menggunakan ko-monomer alfa-olefin yang lebih tinggi seperti 1-oktana.

#### D. Proses Fase Larutan

Pada 1960-an, DuPont-Canada (sekarang Nova) mengkomersialkan “*solution process*” menggunakan katalis Ziegler-Natta berdasarkan titanium dan vanadium. Proses-proses ini sebagian besar menggunakan katalis Ziegler-Natta. Proses larutan beroperasi pada suhu 60-220 °C dan tekanan 500-5000

psig. Dalam kondisi itu polimer dilarutkan dalam pelarut, biasanya sikloheksana atau hidrokarbon alifatik  $C_8$ . Polimerisasi bersifat homogen, terjadi dalam larutan pada suhu jauh diatas kisaran titik leleh polietilen.

Reaktor tangki berpengaduk kontinyu ganda digunakan dalam versi modern dari proses larutan DuPont-Canada (Nova) yang disebut teknologi “*Advanced SCLAIRTECH*”. Baik katalis Ziegler-Natta maupun *single site catalyst* dapat digunakan dalam teknologi ini.

### 1.3.3 Pemilihan Proses Produksi HDPE

Berikut merupakan perbandingan proses-proses pembuatan polietilena (Malpass, 2010, hal. 85-96).

Tabel 1. 4 Perbandingan Proses Pembuatan Polietilena

Parameter	Proses <i>Autoclave</i>	Proses Tubular	Proses <i>Slurry</i>	Proses Fase Gas	Proses Larutan
Suhu	180-300	150-	80-110°C	80-110°C	60-220 °C
Operasi	°C	300 °C			
Tekanan	15.000-	30.000-	150-450 psig	200-500	500-5.000
Operasi	30.000 psig	45.000 psig		psig	psig
Fase	Larutan	Larutan	<i>Slurry</i>	Gas	Larutan
Waktu Tinggal			1 jam	2-4 jam	Sangat singkat ( $\leq 1$ menit)

Tabel 1. 4 Perbandingan Proses Pembuatan Polietilena (lanjutan)

Parameter	Proses <i>Autoclave</i>	Proses Tubular	Proses <i>Slurry</i>	Proses Fase Gas	Proses Larutan
Reaktor	<i>Autoclave Reactor</i>	<i>Tubular Reactor</i>	<i>Loop Reactor/CSTR</i>	<i>Fluidized Bed Reactor</i>	<i>CSTR</i>
Ko- monomer			1-Heksana	1-Oktana	1-Butena
Katalis			Chromiumon- Silica atau Ziegler-Natta	Ziegler- Natta atau Chromium	Ziegler- Natta (katalis berbasis Titanium + co-katalis TEAL)
Pelarut					Sikloheksana atau hidrokarbon alifatik C8
Pengencer			Hidrokarbon jenuh (propana, isobutena, dan heksana)		

Berdasarkan Tabel 1.3 maka dipilih pembuatan polietilena jenis HDPE menggunakan proses fase larutan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- 1) Waktu tinggal reaktor yang sangat singkat.
- 2) Fase operasi berupa larutan sehingga lebih mudah dalam kontrol suhu dan tekanan operasi.

## 1.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

### 1.4.1 Tinjauan Kinetika

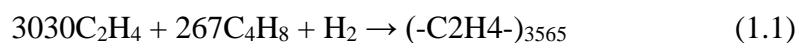
Laju polimerisasi keseluruhan ditunjukkan oleh laju tahap propagasi. Kinetika reaksi polimerisasi etilena bernilai  $242 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$  (Tabel 3-11, Odian G, 2004, hal. 270).

### 1.4.2 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika berfungsi untuk mengetahui sifat reaksi suatu zat bersifat endotermis atau eksotermis dan untuk mengetahui arah reaksi *reversible* atau *irreversible*.

#### a) Panas Reaksi ( $\Delta H_R$ )

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan reaksi berlangsung secara spontan atau tidak, serta arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan sifat reaksi eksotermis atau endotermis dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan ( $\Delta H_f$ ) pada suhu  $300^\circ\text{C}$  dan  $98,7 \text{ atm}$ . Reaksi yang terjadi yaitu:



Tabel 1. 5 Panas Pembentukan pada Suhu 300 °C dan Tekanan 98,7 atm

Komponen	H <sub>f</sub> (kJ/kmol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	54.074
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	-15.138
H <sub>2</sub>	1.010
(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -) <sub>3565</sub>	-4.560

(Sumber: Aspen Plus)

Sehingga panas pembentukan reaktan sebagai berikut.

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \sum H_f \text{ produk} - \sum H_f \text{ reaktan} \quad (1.2)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = 9.988.217 - (-285)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -9.988.502 \text{ kJ}$$

Panas reaksi bernilai negatif, maka reaksi berjalan secara eksotermis.

#### b) Energi Bebas ( $\Delta G$ )

Perhitungan energi bebas gibbs ( $\Delta G$ ) digunakan untuk menentukan arah reaksi kimia apakah spontan atau tidak.

Apabila  $\Delta G$  bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar yang cukup besar.

Sedangkan  $\Delta G$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi. Berikut merupakan harga energi bebas

masing-masing komponen pada suhu 300 °C dan tekanan 98,7 atm.

Tabel 1. 6 Energi Bebas pada Suhu 300 °C dan Tekanan 98,7 atm

Komponen	Energi Bebas (kJ/kmol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	83.629
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	84.212
H <sub>2</sub>	26.433
(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>3565</sub>	-308.920

(Sumber: Aspen Plus)

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \quad (1.3)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -308.920 \text{ kJ/kmol} - 194.274 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -503.194 \text{ kJ/kmol}$$

c) Konstanta Keseimbangan

Konstanta keseimbangan dihitung menggunakan nilai  $\Delta G$ .

$$\Delta G = -RT \cdot \ln K \quad (1.4)$$

$$\ln K = \frac{\Delta G}{-R \cdot T} \quad (1.5)$$

$$\ln K = \frac{-503.194 \text{ kJ/kmol}}{-(8,314 \text{ kJ/kmol.K})(333 \text{ K})}$$

$$\ln K = 181,6$$

$$K = 7,922\text{E}+78$$

Harga konstanta sangat besar maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan secara satu arah (*irreversible*).

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Pada pemenuhan kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan HDPE dirancang berdasarkan variabel utama yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan pengendalian kualitas.

#### 2.1 Spesifikasi Produk

Berikut merupakan spesifikasi produk HDPE, ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk HDPE

Nama Produk	<i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>
Rumus kimia	$\text{H}-[(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_{3565}]-\text{H}$
Wujud	Padat ( <i>pellet</i> )
Warna	Bening menuju putih
Bau	Tidak berbau
Titik leleh	120-150°C
Titik nyala	>300°C
Densitas	0,970 g/cm <sup>3</sup>
Berat molekul	100.000 g/mol
Komposisi	
- HDPE	≥ 99%
- Aditif	≤ 1%

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku

Berikut merupakan spesifikasi bahan baku pembuatan HDPE, ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku

Parameter	$C_2H_4$	$C_4H_8$	$H_2$	$C_6H_{12}$	$TiCl_4$	$C_6H_{15}Al$
Berat molekul, g/mol	28,05	56,108	2,02	84,1595	189,679	114,2
Titik leleh, °C	-169,2	-1585	-259,2	7	-25	-50
Titik didih, °C	-103,8	-6,47	-252,8	80,7	135	194
Suhu kritis, °C	9,950	419,4	-239,9	553,54	638	720,15

## 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan dari proses bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur. Alat kontrol yang harus diset pada kondisi tertentu antara lain:



a. Kontrol Suhu

Merupakan alat yang dipasang pada aliran masuk dan aliran keluar alat proses untuk menjaga suhu fluida tetap sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

b. Kontrol Tekanan

Merupakan alat yang dipasang pada aliran masuk dan aliran keluar alat proses untuk menjaga tekanan fluida tetap sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

c. Kontrol Laju Alir

Merupakan alat yang dipasang pada aliran masuk dan aliran keluar alat proses untuk menjaga laju alir fluida tetap sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan diproses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil

monitor atau analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik HDPE ini meliputi:

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Apabila setelah dianalisis ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

b. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk HDPE dilakukan dengan tujuan untuk:

- a) Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi HDPE. Hal ini dilakukan untuk memperoleh tingkat kemurnian HDPE yang diinginkan.
- b) Kontrol terhadap kondisi operasi
  - Mengontrol suhu
  - Mengontrol tekanan

c. Pengendalian Waktu Produksi

Pengendalian waktu dibutuhkan agar waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung dapat diminimalkan. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di ruang kontrol, dilakukan dengan cara kontrol otomatis yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan atau di-*set* baik itu laju alir bahan baku atau produk,

maupun kontrol suhu dan kontrol tekanan, dapat diketahui dari sinyal atau tanda

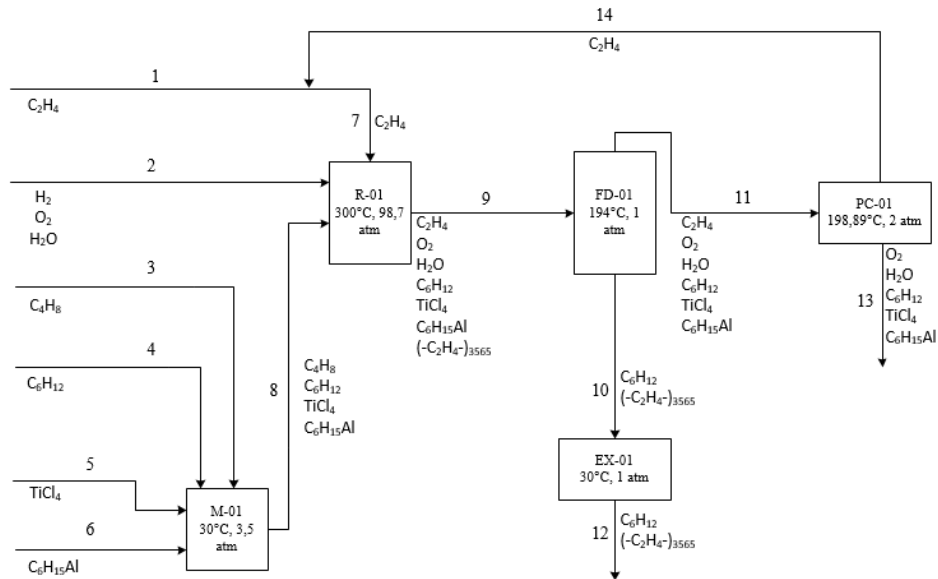
yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi *alarm* dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau *set* semula baik secara manual atau otomatis.



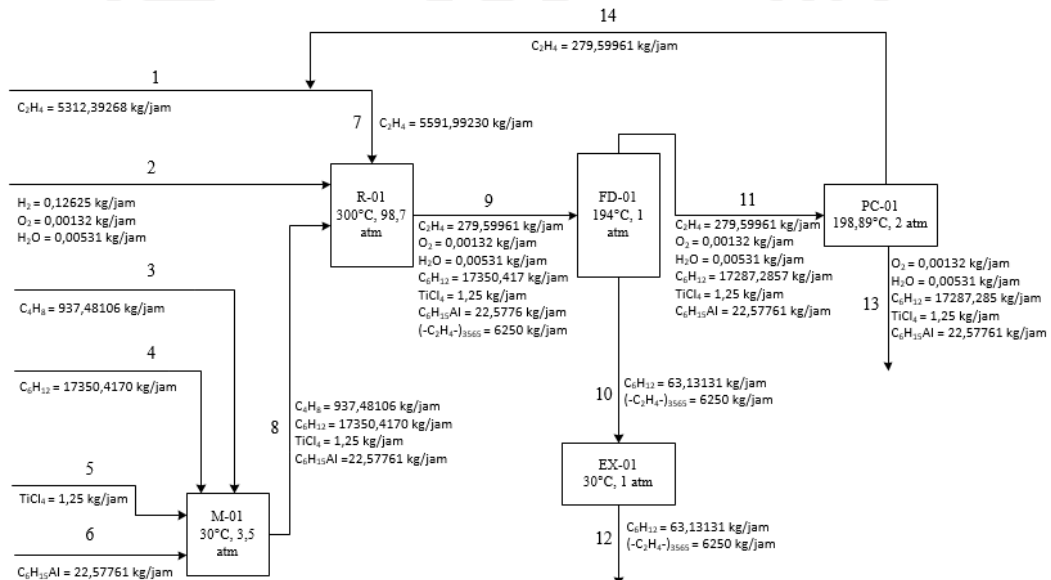
# BAB III

## PERANCANGAN PROSES

### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses



Gambar 3. 2 Diagram Alir Material

### 3.2 Uraian Proses

Pra-rancangan pabrik ini dimaksudkan untuk memproduksi *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan proses fase cair yang secara umum merupakan reaksi polimerisasi etilena menjadi polietilena. Terdapat 3 tahapan utama dalam produksi HDPE, yaitu:

1) Tahap Persiapan Bahan Baku

a. Bahan Baku Etilena

Bahan baku etilena ( $C_2H_4$ ) disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) pada suhu  $-5^{\circ}C$  dan tekanan 35 atm dalam fase cair. Bahan baku etilena disupply dari PT. Chandra Asri Chemical. Dari tangki penyimpanan, etilena dinaikkan suhu etilena menjadi  $300^{\circ}C$  dan tekanan menjadi 98,7 atm, kemudian dipompa menuju reaktor (R-01).

b. Bahan Baku Hidrogen

Bahan baku hidrogen ( $H_2$ ) disimpan dalam tangki penyimpanan (T-02) pada suhu  $-240^{\circ}C$  dan tekanan 13 atm dalam fase cair.

Hidrogen cair dialirkan dan dinaikkan suhu dan tekanannya menjadi  $300^{\circ}C$  dan 98,7 atm menuju reaktor (R-01).

c. Bahan Baku 1-Butena dan Sikloheksana

Bahan baku ko-monomer 1-Butena dan pelarut sikloheksana yg digunakan berwujud cair, bahan ini disimpan dalam tangki penyimpanan 1-Butena (T-03) pada suhu  $30^{\circ}C$  dan tekanan 3,5 atm serta tangki penyimpanan Sikloheksana (T-04) pada suhu  $30^{\circ}C$  dan

tekanan 1 atm. Dari masing-masing tangki penyimpanan, 1-Butena dialirkan menuju *mixer* (M-01) juga Sikloheksana dialirkan serta dinaikkan tekanannya menjadi 3,5 atm menuju *mixer* (M-01) untuk dicampurkan dengan katalis dan ko-katalis sebelum diumpankan ke dalam reaktor (R-01).

d. Katalis Titanium Tetraklorida dan ko-Katalis Trietil Alumunium

Katalis yang digunakan dalam proses pembuatan HDPE fase cair adalah Ziegler-Natta yaitu katalis berbasis titanium yang diaktifkan menggunakan trietil aluminium. Katalis  $\text{TiCl}_4$  yang disimpan dalam tangki penyimpanan (T-05) pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm akan dinaikkan tekanannya menjadi 3,5 atm dan dialirkan menuju *mixer* (M-01) untuk dicampurkan dengan 1-Butena dan sikloheksana, serta ko-katalis TEAL (trietil aluminium) yang disimpan dalam tangki penyimpanan (T-06). Pencampuran antara katalis dan ko-katalis bertujuan untuk mengaktifkan kerja katalis yang akan membantu terjadinya proses polimerisasi di dalam reaktor (R-01).

2) Tahap Pembentukan Produk

Produk HDPE terbentuk melalui proses polimerisasi etilena dengan bantuan katalis Ziegler-Natta berbasis titanium, pada tahap ini proses polimerisasi terjadi di dalam reaktor (R-01) pada suhu  $300^\circ\text{C}$  dan tekanan 98,7 atm. Bahan baku yang sudah siap diumpankan kedalam reaktor masuk melalui samping reaktor. Etilena akan berikatan dengan sisi aktif katalis secara terus menerus hingga terbentuk rantai polimer

yang panjang. Untuk menghentikan reaksi polimerisasi, maka perlu adanya penambahan hidrogen, dimana hidrogen ini akan memutus ikatan Ti dan C, hingga C berikatan dengan H yang mengakibatkan berhentinya reaksi polimerisasi.

Produk yang keluar dari reaktor masih belum murni, sehingga perlu dipisahkan antara produk dan impurities. Hasil keluaran dari reaktor ini kemudian dialirkan menuju ke *Flash drum* (FD-01) untuk dipisahkan antara HDPE dengan campuran katalis, pelarut, dan etilena yang tidak bereaksi. Hasil bawah *flash drum* yang berupa HDPE cair dialirkan menuju *extruder* (EX-01) untuk dipadatkan sehingga diperoleh HDPE dalam bentuk padatan. Sedangkan hasil atas *flash drum* yang berfase gas diteruskan menuju kondensor parsial (CP-01) untuk memisahkan etilena dari katalis, ko-katalis, serta pelarut. Etilena keluaran dari kondenser parsial di-*recycle* menuju aliran umpan etilena.

### 3) Tahap Penanganan Produk

Produk keluaran *flash drum* dilewatkan kedalam *extruder* (EX-01) untuk mengubah fase polietilena yang semula cair menjadi butiran padatan dengan ukuran yang seragam, sehingga mempermudah proses penyimpanan dan pemasaran produk. Polietilena padat ini kemudian diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-01) menuju tangki penyimpanan produk yaitu silo (T-07). Produk yang telah disimpan dalam silo merupakan produk yang siap untuk dipasarkan.

### 3.3 Spesifikasi Alat

Berikut merupakan spesifikasi alat yang digunakan pada proses pembuatan HDPE.

#### 3.3.1 Mixer (M-01)

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mixer

Kode	M-01	
Fungsi	Mencampur 1-butena, sikloheksana, $\text{TiCl}_4$ , dan TEAL	
Jumlah	1 unit	
Jenis	Tangki pencampur berpengaduk	
Material	Carbon steel SA 283 Grade C	
Kondisi operasi	Suhu	30°C
	Tekanan	3,500 atm
Dimensi mixer	Bahan konstruksi	Carbon steel SA 283 Grade C
	Diameter <i>shell</i>	0,917 m
	Tinggi <i>shell</i>	1,376 m
	Volume <i>shell</i>	0,606 m <sup>3</sup>
	Volume <i>head</i>	0,003 m <sup>3</sup>
	Volume <i>mixer</i>	0,609 m <sup>3</sup>
	Tinggi <i>mixer</i>	1,875 m
	Tinggi <i>head</i>	0,249 m
	Tebal <i>shell</i>	0,250 in
	Tebal <i>head</i>	0,187 in
Pengaduk	Jenis <i>impeller</i>	Six-blade Turbine
	Diameter pengaduk	0,305 m
	Jarak pengaduk	0,397 m
	Lebar pengaduk	0,076 m
	Lebar <i>baffle</i>	0,052 m
	Jumlah pengaduk	1 buah
	Kecepatan pengadukan	110,1 rpm
	Daya pengadukan	0,083 HP
Harga	Rp1.069.152.527,-	



### 3.3.2 Reaktor (R-01)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor

Kode	R-01
Fungsi	Polimerisasi etilena menjadi polietilena
Jenis/Tipe	Reaktor alir tangki berpengaduk
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu	300 °C
Tekanan	98,7 atm
Kondisi Proses	Adiabatis
<i>Mechanical Design</i>	
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 299 Grade C</i>
Diamater <i>shell</i>	1,284 m
Tebal <i>shell</i>	2,75 in
Tinggi total	2,791 m
Jenis <i>head</i>	Ellipsoidal
Pengaduk	
Tipe	<i>Turbine with six-flat blades</i>
Kecepatan pengadukan	123,7 rpm
Daya	0,500 HP
Jumlah <i>baffle</i>	4
Lebar <i>baffle</i>	0,072 m
Mode Transfer Panas	
Jenis	Jaket
$U_D$	126,3 W/m <sup>2</sup> K
Luas area transfer panas	7,084 m <sup>2</sup>
Tebal jaket	3 in
Harga	Rp1.255.403.554,-

### 3.3.3 Flash Drum (FD-01)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Flash Drum

Kode	FD-01
Jenis	<i>Vertical vessel</i>
Material	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	194 °C
Tekanan	35 atm
<i>Mechanical Design</i>	
<i>Shell</i>	
Diameter dalam	0,817 m
Diameter luar	0,914 m
Tinggi shell	2,199 m
Tebal <i>shell</i>	0,024 m
<i>Head</i>	
Jenis	<i>Elliptical Dished Head</i>
Tebal	0,028 m
Tinggi	0,347 m
Tinggi total <i>flash drum</i>	2,894 m
Jumlah alat	1 unit
Harga	Rp202.368.903,-

### 3.3.4 Kondenser Parsial (PC-01)

Tabel 3. 4 Spesifikasi Kondenser Parsial

Kode	PC-01	
Fungsi	Memisahkan etilena dengan mengembunkan campuran sikloheksana, $TiCl_4$ , dan TEAL	
Jenis	<i>Separator dengan Shell and Tube Exchanger</i>	
Jenis bahan	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>	
	<i>Separator</i>	
Diameter	12 in	
Tinggi	53,07 in	
Tebal <i>Shell</i>	0,187 in	
Jenis <i>Head</i>	<i>Elliptical</i>	
Tebal <i>Head</i>	0,187 in	
	<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Jumlah <i>hairpin</i>	71	
Jumlah alat		1 unit
Kondisi operasi	T arus masuk	194,1 °C
	T arus keluar	70 °C
	P	2 atm
L	20 ft	
<i>Pitch</i>	1 triangular	
Odt	0,750 in	
BWG	14	
at"	0,153 ft <sup>2</sup> /ft	
<i>ID shell</i>	13,25 in	
<i>passes</i>	2 in	
A	216,6 ft <sup>2</sup> /ft	
Ud	91,35 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	
Uc	0,912 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	
Rd	5,207	
Rd min	0,001	
Harga	Rp100.289.014,-	

### 3.3.5 Extruder (EX-01)

Tabel 3. 5 Spesifikasi Extruder

Kode	EX-01
Jenis	<i>Screw Extruder</i>
Material	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm
Jumlah	1 unit
<i>Mechanical Design</i>	
Diameter <i>screw</i>	0,254 m
Panjang	4,572 m
Kecepatan motor	55 rpm
Daya motor	0,125 HP
Harga	Rp75.216.760,-

### 3.3.6 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tangki		T-01	T-02
Fungsi		Menyimpan bahan baku Etilena (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	Menyimpan bahan baku Hidrogen (H <sub>2</sub> )
Lama penyimpanan		30 hari	30 hari
Fase		cair	gas
Jumlah tangki		1	1
Jenis tangki		Tangki bola	Tangki bola
Kondisi operasi	Suhu	-5 °C	-240 °C
	Tekanan	35 atm	13 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA- 285 Grade C</i>	<i>Carbon steel SA- 285 Grade C</i>
	Volume tangki	6.481 m <sup>3</sup>	2,458 m <sup>3</sup>
	Diameter <i>shell</i>	23,13 m	1,674 m
	Tebal <i>shell</i>	10,34 m	0,110 m
Harga		Rp9.699.380.386,-	Rp619.642.838,-

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (lanjutan)

Tangki		T-03	T-04
Fungsi		Menyimpan bahan baku 1-butene ( $C_4H_8$ )	Menyimpan bahan baku sikloheksana ( $C_6H_{12}$ )
Lama penyimpanan		30 hari	30 hari
Fase		cair	cair
Jumlah tangki		1	1
Jenis tangki		Silinder Tegak	Silinder Tegak
Kondisi operasi	suhu	30 °C	30 °C
	tekanan	3,500 atm	1 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>
	Volume tangki	6.908 m <sup>3</sup>	19.503 m <sup>3</sup>
	Diameter	28,63 m	40,46 m
	Tinggi	10,73 m	15,17 m
	Jumlah <i>course</i>	6	9
	Tebal <i>shell</i>	Course 1 = 75,42 in	Course 1 = 158,3 in
		Course 2 = 62,84 in	Course 2 = 140,7 in
		Course 3 = 50,26 in	Course 3 = 123,1 in
		Course 4 = 37,68 in	Course 4 = 105,5 in
		Course 5 = 25,10 in	Course 5 = 87,93 in
		Course 6 = 12,53 in	Course 6 = 70,32 in
			Course 7 = 52,71 in
			Course 8 = 35,10 in
			Course 9 = 17,49 in
<i>Head &amp; bottom</i>	Jenis <i>head</i>	<i>torispherical</i>	<i>conical roof</i>
	Tebal <i>head</i>	2,250 in	6,079 in
	Jenis <i>bottom</i>	<i>flat bottomed</i>	<i>flat bottomed</i>
Harga		Rp11.275.350.611,-	Rp6.787.417.220,-

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (lanjutan)

Tangki		T-05	T-06
Fungsi		Menyimpan bahan baku $\text{TiCl}_4$	Menyimpan bahan baku TEAL ( $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{Al}$ )
Lama penyimpanan		30 hari	30 hari
Fase		cair	cair
Jumlah tangki		1	1
Jenis tangki		Silinder Tegak	Silinder Tegak
Kondisi operasi	suhu	30 °C	30 °C
	tekanan	1 atm	1 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>
	Volume tangki	0,632 m <sup>3</sup>	23,52 m <sup>3</sup>
	Diameter	0,930 m	4,307 m
	Tinggi	1,396 m	1,615 m
	Jumlah <i>course</i>	1	1
	Tebal <i>shell</i>	Course 1 = 0,25 in	Course 1 = 1,9858 in
<i>Head &amp; bottom</i>	Jenis <i>head</i>	<i>conical roof</i>	<i>conical roof</i>
	Tebal <i>head</i>	0,187 in	0,375 in
	Jenis <i>bottom</i>	<i>flat bottomed</i>	<i>flat bottomed</i>
Harga		Rp26.863.128,-	Rp281.167.415,-

Tabel 3.6 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (lanjutan)

Tangki		T-07
Fungsi		Menyimpan produk HDPE
Lama penyimpanan		5 hari
Fase		padat
Jumlah tangki		1
Jenis tangki		Silinder Tegak
Kondisi operasi	suhu	30 °C
	tekanan	1 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>
	Volume tangki	939,1 m <sup>3</sup>
	Diameter	10,61 m
	Tinggi	15,92 m
	Jumlah <i>course</i>	9
	Tebal <i>shell</i>	Course 1 = 39,69 in
		Course 2 = 35,28 in
		Course 3 = 30,88 in
		Course 4 = 26,48 in
		Course 5 = 22,07 in
		Course 6 = 17,67 in
		Course 7 = 13,27 in
		Course 8 = 8,869 in
		Course 9 = 4,466 in
<i>Bottom</i>	Jenis <i>bottom</i>	<i>conical</i>
	Tebal <i>bottom</i>	2,750 in
	Tinggi <i>bottom</i>	3,079 m
Harga		Rp1.386.137.448,-

### 3.3.7 Alat Transportasi

Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Transportasi

Kode	C-01	C-02
Fungsi	Untuk menaikkan tekanan hasil keluaran <i>flash drum</i> (FD-01) menuju kondenser parsial (PC-01)	Untuk menaikkan tekanan Etilena hasil keluaran kondenser parsial (PC-01) menuju arus umpan Etilena
Jenis	<i>Compressor Reciprocating</i>	<i>Compressor Reciprocating</i>
Desain	<i>Multistage</i>	<i>Multistage</i>
Bahan konstruksi	<i>Commercial steels</i>	<i>Commercial steels</i>
Kapasitas	59.557 m <sup>3</sup> /jam	2.837 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan arus masuk	1 atm	2 atm
Tekanan arus keluar	2 atm	98,7 atm
Suhu arus masuk	194,1 °C	70 °C
Suhu arus keluar	194,1 °C	1.131 °C
Daya	200 HP	200 HP
Harga	Rp9.747.734.018,-	Rp10.206.198.084,-



Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Transportasi (lanjutan)

Kode		P-01	P-02
Fungsi		Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan Etilena (T-01) menuju reaktor (R-01)	Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan Hidrogen (T-02) menuju reaktor (R-01)
Jenis pompa		<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>		<i>Axial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Jumlah		1	1
Bahan konstruksi		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
<i>Mechanical Design</i>			
Kapasitas		68,20 m <sup>3</sup> /jam	0,003 m <sup>3</sup> /jam
Laju volumetrik		0,669 ft <sup>3</sup> /s	3,884E-05 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran		3,691 ft/s	0,155 ft/s
Ukuran pipa	ID	5,761 in	2,215 in
	OD	6,625 in	0,045 in
	IPS	6 in	0,125 in
	<i>Flow Area Pipe</i>	26,10 in <sup>2</sup>	0,036 in <sup>2</sup>
	<i>Statistic head</i>	1,879 m	1,879 m
	<i>Friction head</i>	0,520 m	0,059 m
Efisiensi motor		80%	80%
Daya motor		0,083 HP	0,050 HP
Harga		Rp164.760.523,-	Rp44.771.881,-

Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Transportasi (lanjutan)

Kode		P-03	P-04
Fungsi		Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan 1-Butena (T-03) menuju <i>mixer</i> (M-01)	Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan Sikloheksana (T-04) menuju <i>mixer</i> (M-01)
Jenis pompa		<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>		<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Jumlah		1	1
Bahan konstruksi		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
<i>Mechanical Design</i>			
Kapasitas		26,75 m <sup>3</sup> /jam	27,08 m <sup>3</sup> /jam
Laju volumetrik		0,262 ft <sup>3</sup> /s	0,265 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran		7,891 ft/s	3,327 ft/s
Ukuran pipa	ID	2,469 in	3,826 in
	OD	2,880 in	4,500 in
	IPS	2,500 in	4 in
	<i>Flow Area Pipe</i>	4,790 in <sup>2</sup>	11,50 in <sup>2</sup>
	<i>Statistic head</i>	1,376 m	1,376 m
	<i>Friction head</i>	6,492 m	0,682 m
Efisiensi motor		80%	80%
Daya motor		0,050 HP	0,025 HP
Harga		Rp73.425.885,-	Rp121.779.517,-

Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Transportasi (lanjutan)

Kode		P-05	P-06
Fungsi		Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan TiCl <sub>4</sub> (T-05) menuju <i>mixer</i> (M-01)	Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan TEAL (T-06) menuju <i>mixer</i> (M-01)
Jenis pompa		<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>		<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Jumlah		1	1
Bahan konstruksi		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
<i>Mechanical Design</i>			
Kapasitas		0,001 m <sup>3</sup> /jam	0,032 m <sup>3</sup> /jam
Laju volumetrik		8,620E-06 ft <sup>3</sup> /s	0,001 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran		0,034 ft/s	1,281 ft/s
Ukuran pipa	ID	0,215 in	0,215 in
	OD	0,405 in	0,405 in
	IPS	0,125 in	0,125 in
	<i>Flow Area Pipe</i>	0,036 in <sup>2</sup>	0,036 in <sup>2</sup>
	<i>Statistic head</i>	1,376 m	1,376 m
	<i>Friction head</i>	0,002 m	3,826 m
Efisiensi motor		80%	80%
Daya motor		0,050 HP	0,050 HP
Harga		Rp44.771.881,-	Rp44.771.881,-

Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Transportasi (lanjutan)

Kode		P-07	P-08
Fungsi		Mengalirkan hasil keluaran mixer (M-01) menuju reaktor (R-01)	Mengalirkan hasil keluaran dari reaktor (R-01) menuju <i>flash drum</i> (FD-01)
Jenis pompa		<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>		<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Jumlah		1	1
Bahan konstruksi		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
<i>Mechanical Design</i>			
Kapasitas		31,16 m <sup>3</sup> /jam	42,12 m <sup>3</sup> /jam
Laju volumetrik		0,305 ft <sup>3</sup> /s	0,413 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran		3,828 ft/s	2,279 ft/s
Ukuran pipa	ID	3,826 in	5,761 in
	OD	4,500 in	6,625 in
	IPS	4 in	6 in
	<i>Flow Area Pipe</i>	11,50 in <sup>2</sup>	26,10 in <sup>2</sup>
	<i>Statistic head</i>	7,986 m	2,199 m
	<i>Friction head</i>	0,899 m	0,201 m
Efisiensi motor		81%	80%
Daya motor		1,500 HP	0,500 HP
Harga		Rp121.779.517,-	Rp164.760.523,-

Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Transportasi (lanjutan)

Kode		P-09
Fungsi		Mengalirkan hasil keluaran dari <i>flash drum</i> (FD-01) menuju <i>extruder</i> (EX-01)
Jenis pompa		<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>
<i>Impeller</i>		<i>Mixed flow impellers</i>
Jumlah		1
Bahan konstruksi		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
<i>Mechanical Design</i>		
Kapasitas		7,841 m <sup>3</sup> /jam
Laju volumetrik		0,076 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran		2,618 ft/s
Ukuran pipa	ID	2,323 in
	OD	2,880 in
	IPS	2,500 in
	<i>Flow Area Pipe</i>	4,230 in <sup>2</sup>
	<i>Statistic head</i>	4,572 m
	<i>Friction head</i>	0,911 m
Efisiensi motor		80%
Daya motor		0,333 HP
Harga		Rp73.425.885,-

Tabel 3.7 Spesifikasi Alat Transportasi (lanjutan)

Kode		SC-01
Fungsi		Mengangkut HDPE dari <i>extruder</i> (EX-01) menuju <i>bucket elevator</i> (BE-01)
Jenis		<i>Horizontal screw conveyor</i>
Jenis bahan		<i>Carbon steel</i>
Jumlah		1 unit
Kondisi operasi	Suhu	30 °C
	Tekanan	1 atm
<i>Mechanical Design</i>		
Diameter <i>screw</i>		10 in
Panjang		4,572 m
Kecepatan motor		55 rpm
Daya motor		1 HP
Harga		Rp75.216.760,-

### 3.3.8 Alat Penukar Panas

Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Kode	HE-01			
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan Etilena dari tangki penyimpanan (T-01) menuju reaktor (R-01)			
Jenis	Double pipe heat exchanger			
Kondisi Operasi				
	Annulus		Inner Pipe	
Fluida	Etilena		Steam	
Tipe Fluida	Cold fluid		Hot fluid	
Flow Area	0,917 ft <sup>2</sup>		0,622 ft <sup>2</sup>	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	-5 °C	300 °C	350 °C	350 °C
Tekanan	98,7 atm	98,7 atm	4,698 atm	4,698 atm
Mechanical Design				
	Annulus		Inner Pipe	
Panjang	20 ft			
Hairpin	7 buah			
ID	2,900 in		1,939 in	
OD	3,500 in		2,380 in	
A	128,3 ft <sup>2</sup>			
ΔPcal / ΔPallow	0,129 psi / 10 psi		0,217 psi / 10 psi	
Rdcal / Rdmin	0,002 / > 0,001			
Harga	Rp823.802.617,-			

Tabel 3.8 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

Kode	HE-02			
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran <i>mixer</i> (M-01) menuju reaktor (R-01) dari 30°C menjadi 300°C			
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>			
Kondisi Operasi				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	<i>Steam</i>		C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> , TiCl <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	
Tipe Fluida	<i>Cold fluid</i>		<i>Hot fluid</i>	
Flow Area	0,022 ft <sup>2</sup>		0,045 ft <sup>2</sup>	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	30 °C	300 °C	350 °C	350 °C
Tekanan	98,7 atm	98,7 atm	4,698 atm	4,698 atm
<i>Mechanical Design</i>				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Panjang	15 ft			
Hairpin	6 buah			
ID	4,026 in		2,900 in	
OD	4,500 in		3,500 in	
A	106,02 ft <sup>2</sup>			
ΔPcal / ΔPallow	0,004 psi / 10 psi		0,427 psi / 10 psi	
Rdcal / Rdmin	0,027 / > 0,001			
Harga	Rp68.053.259,-			



Tabel 3.8 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

Kode	HE-03			
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran reaktor (R-01) menuju <i>flash drum</i> (FD-01) dari 60°C menjadi 194°C			
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>			
Kondisi Operasi				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	<i>Steam</i>		C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> , TiCl <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	
Tipe Fluida	<i>Hot fluid</i>		<i>Cold fluid</i>	
Flow Area	0,022 ft <sup>2</sup>		0,0458 ft <sup>2</sup>	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	250 °C	250 °C	60 °C	194 °C
Tekanan	39,258 atm	39,258 atm	35 atm	35 atm
<i>Mechanical Design</i>				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Panjang	20 ft			
Hairpin	6 buah			
ID	4,026 in		2,900 in	
OD	4,500 in		3,500 in	
A	141,36 ft <sup>2</sup>			
ΔPcal / ΔPallow	0,087 psi / 10 psi		1,016 psi / 10 psi	
Rdcal / Rdmin	0,006 / > 0,001			
Harga	Rp787.985.112,-			

Tabel 3.8 Spesifikasi Alat Penukar Panas (lanjutan)

Kode	CL-01			
Fungsi	Menurunkan temperatur etilena keluar kondensor parsial (CP-01) dari 1.131°C menjadi 300°C untuk di-recycle ke aliran umpan etilena			
Jenis	Double pipe heat exchanger			
Kondisi Operasi				
	Annulus		Inner Pipe	
Fluida	Dowtherm A		Etilena	
Tipe Fluida	Cold fluid		Hot fluid	
Flow Area	0,008 ft <sup>2</sup>		0,0104 ft <sup>2</sup>	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	60 °C	60 °C	1.131°C	300 °C
Tekanan	1 atm	1 atm	2 atm	2 atm
Mechanical Design				
	Annulus		Inner Pipe	
Panjang	15 ft			
Hairpin	1 buah			
ID	2,067 in		1,380 in	
OD	2,380 in		1,660 in	
A	9,33 ft <sup>2</sup>			
ΔPcal / ΔPallow	0,046 psi / 10 psi		0,010 psi / 10 psi	
Rdcal / Rdmin	6,253 / > 0,001			
Harga	Rp30.444.879,-			

### 3.4 Neraca Massa

#### 3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 9 Neraca Massa Total

Komponen	Arus Masuk	Arus Keluar
	(kg/jam)	(kg/jam)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5.312	
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	937,4	
H <sub>2</sub>	0,126	
O <sub>2</sub>	0,001	0,001
H <sub>2</sub> O	0,005	0,005
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	17.350	17.350
TiCl <sub>4</sub>	1,250	1,250
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	22,57	22,57
(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -) <sub>3565</sub>		6.250
Total	23.624	23.624

#### 3.4.2 Neraca Massa Alat

##### a. Neraca Massa di *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 10 Neraca Massa di Mixer (M-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)				Keluar (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 8
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	937,4				937,4
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>		17.350			17.350
TiCl <sub>4</sub>			1,250		1,250
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al				22,57	22,57
Total	18.311				18.311

b. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 11 Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/jam)
	Arus 2	Arus 7	Arus 8	Arus 9
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>		5.591		279,5
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>			937,4	
H <sub>2</sub>	0,126			
O <sub>2</sub>	0,001			0,001
H <sub>2</sub> O	0,005			0,005
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>			17.350	17.350
TiCl <sub>4</sub>			1,250	1,250
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al			22,57	22,57
(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -) <sub>3565</sub>				6.250
Total	23.903			23.903

c. Neraca Massa *Mixing Point*

Tabel 3. 12 Neraca Massa di Mixing Point

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Arus 1	Arus 14	Arus 7
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5.312	279,5	5.591
Total	5.591		5.591

d. Neraca Massa di *Flash Drum* (FD-01)

Tabel 3. 13 Neraca Massa di Flash Drum (FD-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	279,5		279,5
O <sub>2</sub>	0,001		0,001
H <sub>2</sub> O	0,005		0,005
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	17.350	63,13	17.287
TiCl <sub>4</sub>	1,250		1,250
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	22,57		22,57
(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -) <sub>3565</sub>	6.250	6.250	
Total	23.903	23.903	

e. Neraca Massa di Kondenser Parsial (PC-01)

Tabel 3. 14 Neraca Massa di Kondenser Parsial (PC-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 13	Arus 14
$C_2H_4$	279,5		279,5
$O_2$	0,001	0,001	
$H_2O$	0,005	0,005	
$C_6H_{12}$	17.287	17.287	
$TiCl_4$	1,250	1,250	
$C_6H_{15}Al$	22,57	22,57	
Total	17.590	17.590	

f. Neraca Massa di *Extruder* (EX-01)

Tabel 3. 15 Neraca Massa di *Extruder* (EX-01)

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
	Aliran 10	Aliran 12
$C_6H_{12}$	63,13	63,13
$(-C_2H_4-)_{3565}$	6.250	6.250
Total	6.313	6.313

### 3.5 Neraca Panas

a. Neraca Panas di *Mixer* (M-01)

Tabel 3. 16 Neraca Panas di *Mixer* (M-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	178.831	
Q keluar		178.831
Total	178.831	178.831

b. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Tabel 3. 17 Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	2.001.788	
Q reaksi	9.988.502	
Q keluar		1.245.094
Q pendingin		10.745.197
Total	11.990.291	11.990.291

c. Neraca Panas di *Flash Drum* (FD-01)

Tabel 3. 18 Neraca Panas di Flash Drum (FD-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	6.794.505	
Q keluar		4.993.078
Q pendingin		1.801.427
Total	6.794.505	6.794.505

d. Neraca Panas di Kondenser Parsial (PC-01)

Tabel 3. 19 Neraca Panas di Kondenser Parsial (PC-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	4.974.133	
Q laten	751	
Q keluar		1.563.564
Q pendingin		3.411.320
Total	4.974.884	4.974.884

e. Neraca Panas di *Extruder* (EX-01)

Tabel 3. 20 Neraca Panas di Extruder (EX-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	42,86	
Q keluar		0,949
Q pendingin		41,91
Total	42,86	42,86

f. Neraca Panas di *Heater* (HE-01)

Tabel 3. 21 Neraca Panas di Heater (HE-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	3.666.591	
Q keluar		900.280
Q <i>steam</i>	4.566.871	
Total	900.280	900.280

g. Neraca Panas di *Heater* (HE-02)

Tabel 3. 22 Neraca Panas di Heater (HE-02)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	178.831	
Q keluar		1.276.998
Q <i>steam</i>	1.098.167	
Total	1.276.998	1.276.998

h. Neraca Panas di *Heater* (HE-03)

Tabel 3. 23 Neraca Panas di Heater (HE-03)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	1.220.875	
Q keluar		6.539.368
Q <i>steam</i>	5.318.492	
Total	6.539.368	6.539.368

i. Neraca Panas di *Cooler* (CL-01)

Tabel 3. 24 Neraca Panas di Cooler (CL-01)

Komponen	Panas Masuk (kJ/jam)	Panas Keluar (kJ/jam)
Q masuk	975,9	
Q keluar		334,3
Q Dowtherm A		641,6
Total	975,9	975,9

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

Dalam pendirian pabrik dibutuhkan perhitungan biaya yang terperinci. Untuk membuat perhitungan yang terperinci, diperlukan informasi yang dapat diandalkan tentang data biaya bangunan dan tempat. Ada beberapa syarat penting yang digunakan sebagai perkiraan perincian biaya antara lain adalah sebagai berikut.

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Salah satu faktor untuk menentukan keberlangsungan dan kemajuan pabrik dalam industri adalah pemilihan lokasi pabrik. Kesetabilan pabrik sekarang maupun dimasa yang akan datang sangat dipengaruhi oleh lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik tersebut. Hal ini disebabkan oleh faktor distribusi dan produksi, lokasi yang tepat dapat memperlancar faktor-faktor tersebut. Perhitungan biaya pendistribusian dan produksi yang minimal serta pertimbangan budaya dan sosiologi masyarakat sekitar merupakan aspek-aspek yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik yang tepat (Timmerhaus, 2004).

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, pendirian pabrik HDPE dari etilena dengan kapasitas 50.000 ton/tahun direncanakan berada di Kencana Harapan, Pontang, Serang, Banten yang ditunjukkan pada gambar berikut (Sumber: *maps.google.com*).





Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

#### 4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang mempengaruhi tujuan utama dari sebuah pabrik yang meliputi produksi dan distribusi atau faktor utama yang mempengaruhi langsung tujuan penting dalam membangun sebuah pabrik. Faktor-faktor primer antara lain sebagai berikut.

##### a. Penyedia Bahan Baku

Sumber bahan baku memegang peranan penting dalam rencana pendirian pabrik, dimana proses produksi pabrik sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku sehingga lokasi pabrik yang dipilih untuk membangun pabrik sebaiknya dekat dengan lokasi penyedia bahan baku untuk menghemat biaya transportasi. Semua perusahaan yang melaksanakan proses produksi harus mempunyai persediaan bahan baku untuk kelangsungan proses produksi dalam perusahaan tersebut (Ahyani, 1992). Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik pembuatan HDPE ini adalah etilena dari

PT. Chandra Asri Petrochemical, Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi etilena dengan kapasitas produksi 522.000 ton per tahun.

b. Pemasaran Produk

Pemasaran merupakan salah satu hal yang mempengaruhi studi kelayakan proses. Pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan kelangsungan proyek. Produk HDPE merupakan bahan utama untuk pembuatan packaging produk untuk keperluan gudang, cargo, makanan dan farmasi, dan lain sebagainya.

Daerah Banten – Jakarta – Jawa Barat dan sekitarnya merupakan daerah pemasaran yang tepat karena banyaknya industri kimia yang menggunakan bahan baku HDPE diantaranya yaitu PT. Gosyen Pacific Suksesmakmur, PT Bioplast Unggul, PT. Berlina Tbk., PT. Carlina Makmur Plastikindo, dan masih banyak lainnya.

c. Utilitas

Keperluan utilitas suatu pabrik antara lain yaitu air, listrik, dan bahan bakar. Daerah lokasi pendirian pabrik yaitu Banten merupakan daerah yang dekat dengan sumber pasokan air seperti sungai dan laut sehingga mudah untuk memperoleh penyediaan air. Pada pabrik HDPE ini, kebutuhan air yang digunakan berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau. Sedangkan untuk kebutuhan listrik dan bahan bakar dapat ditemui dengan mudah

pada daerah ini yaitu dekat dengan PLTU Suralaya dan Pertamina sehingga mudah untuk memperoleh pasokan bahan bakar dan listrik.

d. Transportasi

Ketersediaan sarana transportasi baik melalui jalur laut maupun jalur darat dapat mempermudah dalam pengangkutan bahan baku dan pemasaran produk yang memadai. Daerah Serang merupakan kawasan industri dimana transportasi dan komunikasi pada daerah tersebut cukup memadai. Mengingat pendirian pabrik harus ditempatkan dekat dengan pasar, bahan baku, atau dekat persimpangan antara pasar dan bahan baku. Untuk transportasi darat tersedia jalan raya dan jalan tol Jakarta-Merak yang menghubungkan ke daerah-daerah yang berpotensi untuk menunjang jalannya proses produksi dan pemasaran.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah, dan tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik. Daerah Serang mempunyai status sebagai Kota Industri (Non Migas) dan perdagangan menjadi yang paling tepat bagi kota ini. Paling tidak itu tergambar pada jumlah tenaga kerja yang bekerja di lapangan usaha itu. Hingga tahun 2001 tercatat 29% pekerja yang mencari pekerjaan di sektor industri. Keberadaan industri

menjadi sumber utama kehidupan masyarakat Serang. Sekitar 101.000 penduduk usia produktif, 29% diantaranya bekerja di bidang industri. Kawasan Industri Serang terletak didaerah Jawa Barat dan Jabodetabek yang syarat dengan lembaga pendidikan formal maupun non formal dimana banyak dihasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli.

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

Selain faktor primer di atas terdapat faktor lain yaitu faktor sekunder. Faktor sekunder ini tidak secara langsung berperan dalam proses industri, adapun faktor-faktor sekunder tersebut antara lain sebagai berikut.

##### **a. Kebijakan Pemerintah**

Pemerintah telah menetapkan Serang sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor. Hal ini sesuai dengan kebijakan pengembangan industri. Sebagai fasilitator, pemerintah juga telah memberikan berbagai kemudahan terkait hal-hal mengenai pengembangan industri termasuk dalam hal perizinan, pajak, dan hal lain yang berkaitan dengan teknis pendirian pabrik.

##### **b. Keadaan Iklim dan Tanah**

Serang berada di ujung barat laut Pulau Jawa, di tepi Selat Sunda. Serang memiliki berada di hamparan dataran rendah yang memiliki ketinggian  $\leq 50$  meter dan jenis tanah yang mendominasi permukaan tanah dikota ini adalah jenis tanah asosiasi regosol

kelabu, regosol kelabu coklat, litosol, dan latosol kemerah-merahan.

Serang mempunyai iklim tropis dengan suhu rata-rata 21 °C-33 °C. Tingkat kelembaban nisbi di kota ini adalah  $\pm 80\%$  per tahun.

Curah hujan yang tinggi biasanya terjadi sejak bulan November hingga bulan April dengan bulan Januari sebagai bulan terbasah, sedangkan curah hujan yang rendah biasanya berlangsung sejak bulan Mei hingga bulan Oktober dengan bulan Agustus sebagai bulan kering (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Serang).

Keadaan iklim yang dipertimbangkan yaitu kelembaban udara, sinar matahari, angin dan lain-lain. Dengan mempertimbangkan keadaan iklim tersebut, maka daerah Serang, Banten dianggap sesuai.

c. Sarana Pendukung Lainnya

Sarana pendukung lainnya seperti jalan maupun transportasi lainnya harus tersedia, selain itu fasilitas sosial seperti sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, perumahan, bank, dan hiburan agar dapat menunjang keberlangsungan hidup sehari-hari tenaga kerja yang bekerja di pabrik HDPE ini. Sarana pendukung yang telah disebutkan tersebut telah difasilitasi di Serang, Banten yang merupakan daerah kawasan industri.

## 4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik atau dapat disebut *plant layout* adalah penempatan dari seluruh bagian yang ada di dalam sebuah pabrik. Perencanaan dilakukan untuk menentukan tempat peletakan keseluruhan bagian perusahaan yaitu terdiri dari area proses, area utilitas, kantor, area perluasan dan yang lainnya, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan, dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Dengan mempertimbangkan beberapa faktor berikut (Peters dan Timmerhaus, 1991):

1. Pengoptimalan waktu tempuh untuk transportasi bahan baku, pendistribusian produk, transportasi peralatan, maupun mobilitas karyawan dalam area pabrik.
2. Pemanfaatan area pabrik agar efisien dan efektif, sehingga tidak ada area pabrik yang tidak terpakai. Pemanfaatan ini juga berpengaruh pada biaya lahan yang mana dapat menghemat pajak dan biaya investasi bila diatur dengan baik.
3. Urutan proses produksi.
4. Pengembangan lokasi baru atau perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
5. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.
6. Pemeliharaan dan perbaikan.
7. Keamanan terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.

8. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
9. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
10. *Service area*, seperti fasilitas olahraga, kantin, tempat parkir, tempat ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa, sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan menimbulkan beberapa keuntungan seperti (Peters dan Timmerhaus, 1991):

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-blow down.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Total luas tanah pabrik ini diperkirakan sebesar 124.893,22 m<sup>2</sup> dengan tata letak pabrik yang dibagi menjadi beberapa daerah utama, seperti:

1. Area Proses

Area proses merupakan tempat berlangsungnya proses produksi HDPE. Daerah ini terletak pada lokasi yang memudahkan untuk menyediakan bahan baku, pengiriman produk, dan untuk mempermudah apabila akan dilakukan pengawasan dan perbaikan alat-alat yang mengalami gangguan atau kerusakan.

2. Area Penyimpanan

Area penyimpanan merupakan tempat penyimpanan bahan baku dan penyimpanan produk yang dihasilkan. Penyimpanan bahan baku dan produk dilakukan di daerah yang mudah dijangkau oleh peralatan pengangkutan.

3. Area Pemeliharaan dan Perawatan Pabrik

Area ini merupakan area untuk melakukan kegiatan perawatan dan perbaikan peralatan apabila sedang dibutuhkan oleh pabrik.

4. Area Utilitas/Sarana Penunjang

Area ini merupakan lokasi dari alat-alat penunjang produksi. Berupa tempat penyediaan air, tenaga listrik, pemanas dan sarana pengolahan limbah.

5. Area Administrasi dan Perkantoran

Area ini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik untuk urusan dengan pihak-pihak luar maupun dalam.

6. Area Laboratorium



Area ini merupakan tempat untuk melakukan kegiatan *quality control* terhadap produk maupun bahan baku, serta dapat digunakan juga sebagai tempat penelitian dan pengembangan (R & D).

#### 7. Fasilitas Umum

Fasilitas umum terdiri dari kantin, klinik pengobatan, lapangan parkir serta tempat ibadah. Fasilitas umum ini diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik oleh seluruh karyawan.

#### 8. Area Perluasan

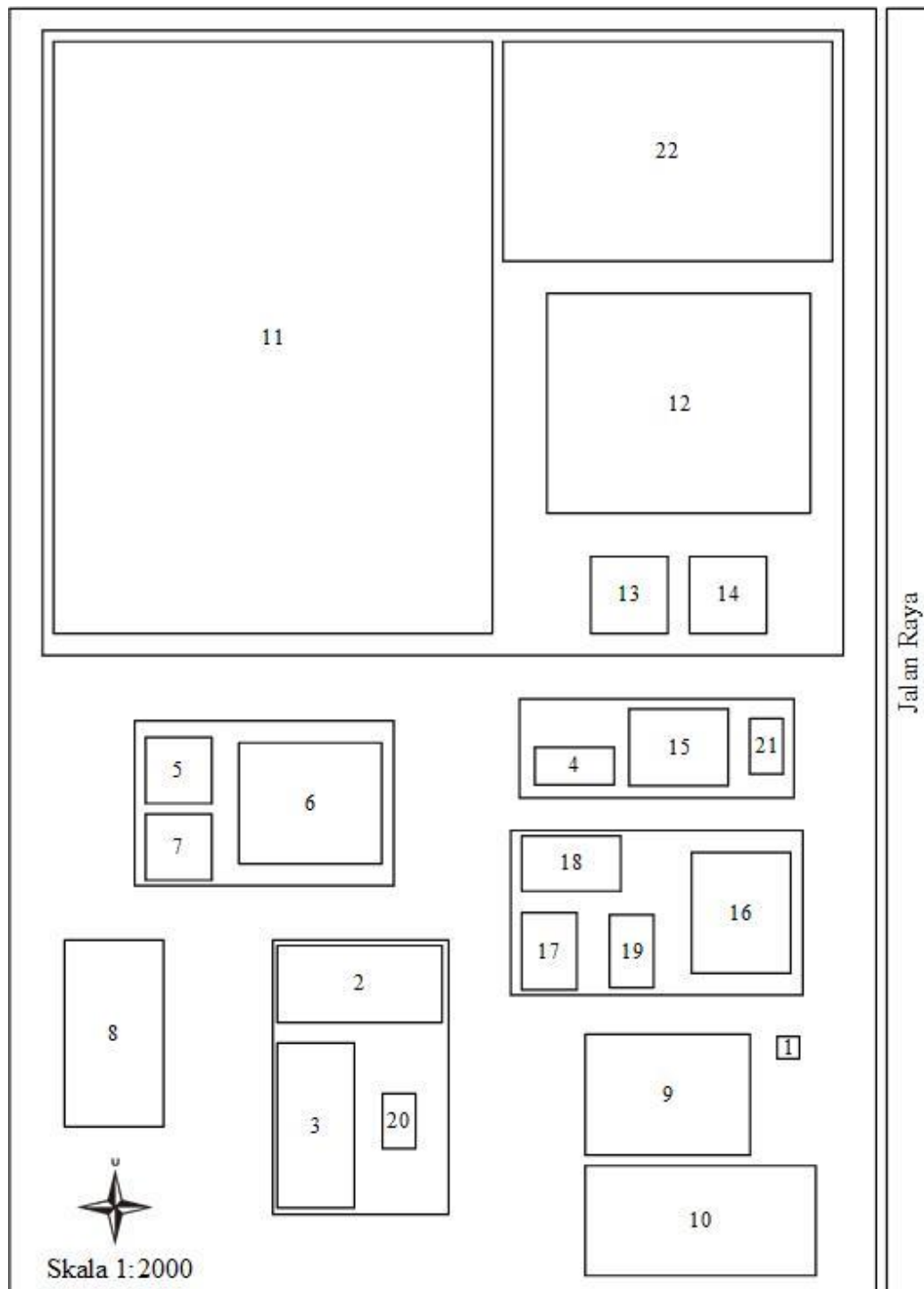
Area ini dimaksudkan untuk persiapan perluasan pabrik dimasa yang akan datang. Perluasan pabrik dilakukan karena adanya peningkatan kapasitas produksi atau meningkatnya produk di pasaran.

Adapun perincian luas tanah dan bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.1. dibawah ini.

Tabel 4. 1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pos Keamanan	3	3	9
2	Kantor Utama	20	15	300
3	Kantor Produksi	20	15	300
4	Gedung Serbaguna	15	10	150
5	Kantin	10	10	100
6	Masjid	25	20	500
7	Klinik	10	10	100
8	Perumahan / mess karyawan	17	28	476
9	Parkir Utama	10	35	350
10	Parkir Bus dan Truk	40	20	800
11	Area Proses	280	205	57400
12	Area Utilitas	70	90	6300
13	Ruang Kontrol Proses	17	17	289
14	Ruang Kontrol Utilitas	15	15	225
15	Laboratorium	15	20	300
16	Gudang	15	25	375
17	Bengkel	10	15	150
18	Unit Pemadam Kebakaran	10	20	200
19	Taman 1	14	7	98
20	Taman 2	10	5	50
21	Taman 3	10	5	50
22	Area Perluasan	150	100	15000
23	Jalan	300	5	1500

Berikut merupakan gambar tata letak pabrik HDPE.



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik HDPE

Keterangan:

1. Pos Keamanan
2. Kantor Utama
3. Kantor Produksi
4. Gedung Serbaguna
5. Kantin
6. Masjid
7. Klinik
8. Perumahan / mess karyawan
9. Parkir Utama
10. Parkir Bus dan Truk
11. Area Proses
12. Area Utilitas
13. Ruang Kontrol Proses
14. Ruang Kontrol Utilitas
15. Laboratorium
16. Gudang
17. Bengkel
18. Unit Pemadam Kebakaran
19. Taman 1
20. Taman 2
21. Taman 3
22. Area Perluasan

#### 4.3 Tata Letak Alat Proses/Mesin (Machines Layout)

Tata letak mesin/alat proses atau *machines layout* merupakan pengaturan yang maksimum dari komponen-komponen fasilitas pabrik. Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan dibidang ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi. Perlu diperhatikan elevasi pipa diatas tanah, perlu dipasang pada ketinggian 3 m atau lebih. Sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa, sehingga tidak mengganggu lalu lintas pekerja.

2. Aliran Udara

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

3. Penerangan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan 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 menguntungkan dari segi ekonomi.

#### 6. Jarak Antar Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan.

#### 7. Keamanan

Letak alat-alat proses harus sebaik mungkin, agar jika terjadi kebakaran tidak ada yang terperangkap di dalamnya serta mudah dijangkau oleh kendaraan atau alat pemadam kebakaran

#### 8. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan (Vilbrant, 1959).

Ada tiga macam penyusunan tata letak alat proses, yaitu:

1. Tata Letak Produk atau Garis (*Products Lay Out/Line Lay Out*)

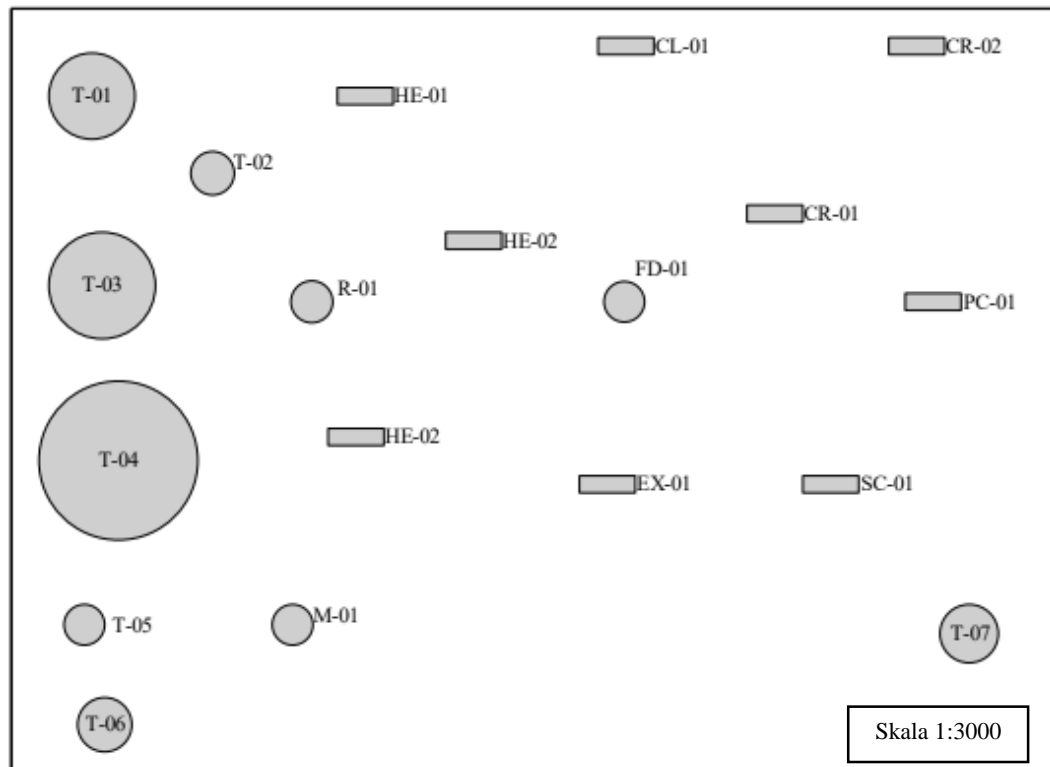
Merupakan susunan mesin atau peralatan berdasarkan urutan proses produksi. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi suatu jenis produk dalam jumlah besar dan mempunyai tipe proses kontinyu.

2. Tata Letak Proses atau Fungsional (*Process/Fungsional Lay Out*)

Merupakan penyusunan mesin atau peralatan berdasarkan fungsi yang sama pada ruang tertentu. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi lebih dari satu jenis produk.

3. Tata Letak Kelompok (*Group Lay Out*)

Merupakan kombinasi dari *Line Lay Out* dan *Proccess Lay Out*. Biasanya dipakai oleh perusahaan besar yang memproduksi lebih dari satu jenis produk. Pabrik HDPE yang akan didirikan ini dalam penyusunan tata letak alat prosesnya menggunakan tata letak produk atau garis (*Product Lay Out/Line Lay Out*). Tata letak alat proses/ mesin (*machines layout*) ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat di Pabrik HDPE

Keterangan:

T = Tangki

M = Mixer

R = Reaktor

FD = Flas Drum

PC = Kondenser Parsial

EX = Extruder

SC = Screw Conveyor

HE = Heater

CL = Cooler

CR = Kompresor



## **4.4 Organisasi Perusahaan**

### **4.4.1 Bentuk Perusahaan**

Dalam merancang suatu pabrik, perlu menentukan bentuk dari perusahaan tersebut. Hal ini akan berpengaruh terhadap proses manajemen organisasi yang baik. Suatu struktur yang baik sangat diperlukan dalam hal ini. Struktur organisasi memberikan wewenang pada setiap bagian perusahaan untuk melaksanakan tugas yang diemban, juga mengatur fungsi anggota di dalamnya dalam berhubungan satu sama lain dalam menjalankan tugas. Sehingga perusahaan dapat menjaga keberadaannya secara dinamis.

Ditinjau dari badan hukum, bentuk perusahaan dapat dibedakan menjadi empat bagian, yaitu:

1. Perusahaan Perseorangan, modal hanya dimiliki oleh satu orang yang bertanggungjawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan.
2. Persekutuan Firma, modal dapat dikumpulkan dari dua orang bahkan lebih, tanggungjawab perusahaan didasari dengan perjanjian yang pendiriannya berdasarkan dengan akte notaris.
3. Persekutuan Komanditer (Commanditaire Vennootschap) yang biasa disingkat dengan CV terdiri dari dua orang atau lebih yang masing masingnya memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modalnya dan bertanggungjawab sebatas dengan modal yang dimasukkan saja).

4. Perseroan Terbatas (PT), modal diperoleh dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan, pemegang saham bertanggung jawab sebesar modal yang dimiliki.

Dengan pertimbangan diatas, pabrik HDPE dipilih berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang didasarkan pada beberapa faktor berikut ini:

1. Modal didapatkan dari penjualan saham yang disebar di masyarakat atau institusi.
2. Tanggungjawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi staf yang diawasi oleh Dewan Komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
5. Efisiensi dari manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai Dewan Komisaris dan Direktur yang cukup berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluaskan usahanya.

7. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
8. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
9. Mudah bergerak di pasar global.

#### **4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan**

Dalam menjalankan aktivitas di dalam perusahaan agar efisien dan efektif, maka perlu struktur organisasi. Struktur organisasi penting bagi perusahaan agar para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Hal ini berhubungan dengan komunikasi yang terjadi di dalam perusahaan demi tercapainya keselarasan dan keselamatan kerja antar karyawan. Dengan demikian, struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggungjawab dari masing-masing individu dalam perusahaan agar tercapainya keselamatan kerja antar karyawan. Ada beberapa macam struktur organisasi antara lain:

##### **A. Struktur Organisasi *Line***

Di dalam struktur organisasi ini biasanya paling sedikit mempunyai tiga fungsi dasar yaitu, produksi, pemasaran dan keuangan. Fungsi ini tersusun dalam suatu organisasi dimana rantai perintah jelas dan mengalir ke bawah melalui tingkatan-tingkatan manajerial. Individu-individu dalam departemen-departemen melaksanakan kegiatan utama perusahaan. Setiap orang

mempunyai hubungan pelaporan hanya ke satu atasan, sehingga ada kesatuan perintah.

#### B. Struktur Organisasi Fungsional

Staf fungsional memiliki hubungan terkuat dengan saluran-saluran *line*. Jika dilimpahkan wewenang fungsional oleh manajemen puncak, maka seorang staf fungsional mempunyai hak untuk memerintah saluran *line* sesuai kegiatan fungsional.

#### C. Struktur Organisasi *Line and Staff*

Staf merupakan individu maupun kelompok dalam struktur organisasi yang fungsi utamanya adalah memberikan saran dan pelayanan kepada fungsi *line*. Pada umumnya, staf tidak secara langsung terlibat dalam kegiatan utama organisasi, posisi staf untuk memberikan saran dan pelayanan departemen *line* dan membantu agar tercapainya tujuan organisasi yang lebih efektif. Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain (Zamani, 1998) Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas, Tujuan organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi, Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi, Adanya kesatuan arah (*unity of direction*), Adanya kesatuan perintah (*unity of command*), Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab, Adanya pembagian tugas (*distribution of work*), Adanya koordinasi,

Struktur organisasi disusun sederhana, Pola dasar organisasi harus relatif permanen, Adanya jaminan batas (*unity of tenure*), Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya, Penempatan orang harus sesuai keahliannya.

Berdasarkan macam-macam struktur organisasi dan pedomannya, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik adalah sistem line and staff. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi sistem line dan staff ini yaitu:

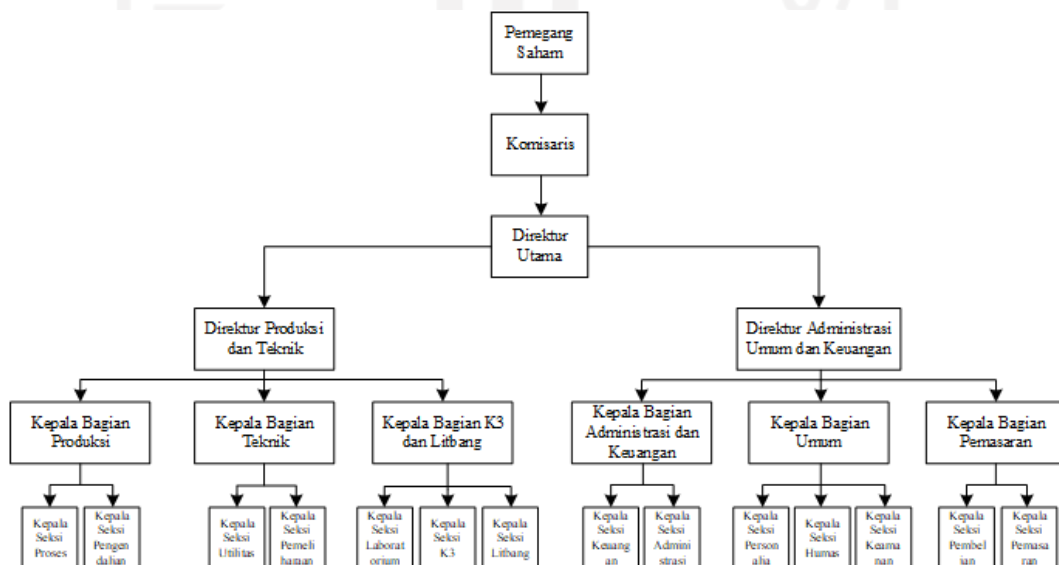
1. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staff yaitu orang-orang yang melaksanakan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya. Dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur membawahi beberapa Kepala Bagian dan Kepala Bagian ini akan membawahi para karyawan perusahaan.

Dengan adanya struktur organisasi pada perusahaan maka akan didapatkan beberapa keuntungan, antara lain:

1. Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang, dan lain-lain
2. Penempatan pegawai yang lebih tepat
3. Penyusunan program pengembangan manajemen akan lebih terarah
4. Ikut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada
5. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
6. Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

#### 4.4.3 Tugas dan Wewenang Karyawan



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

a. Pemegang Saham

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

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
2. Mengangkat dan memberhentikan Direktur

Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

b. Komisaris

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

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

c. Dewan Direksi

a) Direksi Utama

Merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sebelumnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Berikut merupakan tugas

Direktur Utama:

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.
2. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
3. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (Direktur Produksi) dan bagian keuangan dan umum (Direktur Keuangan dan Umum).

b) Direktur Produksi

Tugas dari Direktur Produksi antara lain:



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

c) Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum antara lain:

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

d. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian dapat juga bertindak sebagai Staf Direktur. Dalam pelaksanaannya Kepala Bagian mengawasi dan mengkoordinir kepala seksi bidang terkait dimana kepala seksi bidang membawahi karyawan bidang.

#### **4.4.4 Status Kerja 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:

1. Karyawan Tetap
2. Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK).
3. Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
4. Karyawan Harian
5. Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.
6. Karyawan Borongan
7. Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

#### **4.4.5 Jam Kerja Karyawan**

Pabrik HDPE dari Etilena ini akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan, dan *turn around*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

a. Pegawai Non Shift

Yaitu pegawai yang bekerja selama 8 jam dalam sehari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari sabtu, 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 dibawah tanggung non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift:

Senin – Kamis : 08.00 – 17.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Juma't : 08.00 – 17.00 (istirahat 11.30 – 13.00)

b. Pegawai *Shift*

Yaitu pegawai yang bekerja 24 jam per hari 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 (Pagi): 08.00 – 16.00

Shift II (Sore): 16.00 – 24.00

Shift III (Malam): 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. 2 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III
B	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I
C	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II
D	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-

Tabel 4.2. Jadwal Kerja Karyawan *Shift* (lanjutan)

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III
B	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I
C	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-
D	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II

c. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

#### 4.4.6 Jumlah Pekerja

Berikut merupakan jumlah karyawan yang bekerja di pabrik HDPE.

Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Pemasaran dan Keuangan	1
4	Sekertaris	3
5	Kepala Bagian Produksi	1
6	Kepala Bagian Teknik	1
7	Kepala Bagian Pemasaran	1
8	Kepala Bagian Umum	1
9	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	1
10	Kepala Bagian K3 dan Litbang	1
11	Kepala Seksi Proses	1
12	Kepala Seksi Pengendalian	1
13	Kepala Seksi Utilitas	1
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
15	Kepala Seksi Laboratorium	1
16	Kepala Seksi Pembelian	1
17	Kepala Seksi Pemasaran	1
18	Kepala Seksi Administrasi	1
19	Kepala Seksi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Personalia	1
21	Kepala Seksi Humas	1
22	Kepala Seksi Keamanan	1
23	Kepala Seksi K3 (Kesehatan Keselamatan Kerja)	1
24	Kepala Seksi Litbang (Penelitian dan Pengembangan)	1
25	Karyawan Proses	12
26	Karyawan Pengendalian	3
27	Karyawan Utilitas	4
28	Karyawan Pemeliharaan	3
29	Karyawan Laboratorium	4
30	Karyawan Pembelian	2
31	Karyawan Pemasaran	3
32	Karyawan Administrasi	3
33	Karyawan Keuangan	2
34	Karyawan Personalia	3
35	Karyawan Humas	3
36	Karyawan Keamanan	4
37	Karyawan K3 (Kesehatan Keselamatan Kerja)	4
38	Karyawan Litbang (Penelitian dan Pengembangan)	4
39	Operator Proses	15
40	Dokter	2

Tabel 4.3 Jumlah Karyawan (lanjutan)

No.	Jabatan	Jumlah
41	Perawat	4
42	Sopir	5
43	<i>Cleaning Service</i>	8
Total		112

Suatu pabrik yang telah didirikan harus terdapat aturan penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut merupakan rincian penggolongan jabatan:

Tabel 4. 4 Rincian Penggolongan Jabatan

No.	Jabatan	Pendidikan
1	Direktur Utama	S-2
2	Direktur	S-2
3	Kepala Bagian	S-1
4	Kepala Seksi	S-1
5	Sekretaris	S-1
6	Dokter	S-1
7	Perawat	D-3 / D-4 / S-1
8	Karyawan dan Operator	D-3 / S-1
9	Sopir	SMA
10	<i>Cleaning Service</i>	SMA

#### 4.4.7 Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

##### 1. Gaji Bulanan

Merupakan gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

## 2. Gaji Harian

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan yang tidak tetap atau buruh harian.

## 3. Gaji Lembur

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4. 5 Rincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Jumlah Gaji/Tahun
1	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000	Rp 480.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
3	Direktur Pemasaran dan Keuangan	1	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
4	Sekertaris	3	Rp 6.000.000	Rp 216.000.000
5	Ka. Bagian Produksi	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
6	Ka. Bagian Teknik	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
7	Ka. Bagian Pemasaran	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
8	Ka. Bagian Umum	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
9	Ka. Bagian Administrasi dan Keuangan	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
10	Ka. Bagian K3 dan Litbang	1	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
11	Kasi Proses	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
12	Kasi Pengendalian	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
13	Kasi Utilitas	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
14	Kasi Pemeliharaan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
15	Kasi Laboratorium	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
16	Kasi Pembelian	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
17	Kasi Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
18	Kasi Administrasi	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
19	Kasi Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000

Tabel 4.5 Gaji Karyawan (lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Jumlah Gaji/Tahun
20	Kasi Personalia	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
21	Kasi Humas	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
22	Kasi Keamanan	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
23	Kasi K3	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
24	Kasi Litbang	1	Rp 10.000.000	Rp 120.000.000
25	Karyawan Proses	12	Rp 7.500.000	Rp 1.080.000.000
26	Karyawan Pengendalian	3	Rp 7.500.000	Rp 270.000.000
27	Karyawan Utilitas	4	Rp 7.500.000	Rp 360.000.000
28	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp 5.000.000	Rp 180.000.000
29	Karyawan Laboratorium	4	Rp 6.500.000	Rp 312.000.000
30	Karyawan Pembelian	2	Rp 5.000.000	Rp 120.000.000
31	Karyawan Pemasaran	3	Rp 5.000.000	Rp 180.000.000
32	Karyawan Administrasi	3	Rp 4.500.000	Rp 162.000.000
33	Karyawan Keuangan	2	Rp 5.000.000	Rp 120.000.000
34	Karyawan Personalia	3	Rp 4.500.000	Rp 162.000.000
35	Karyawan Humas	3	Rp 4.500.000	Rp 162.000.000
36	Karyawan Keamanan	4	Rp 4.000.000	Rp 192.000.000
37	Karyawan K3	4	Rp 6.000.000	Rp 288.000.000
38	Karyawan Litbang	4	Rp 6.500.000	Rp 312.000.000
39	Operator Proses	12	Rp 6.500.000	Rp 936.000.000
40	Dokter	2	Rp 8.000.000	Rp 192.000.000
41	Perawat	4	Rp 5.000.000	Rp 240.000.000
42	Sopir	5	Rp 4.000.000	Rp 240.000.000
43	<i>Cleaning Service</i>	8	Rp 4.000.000	Rp 384.000.000
Total		111	Rp 437.500.000	Rp 834.000.000



#### 4.4.8 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa tunjangan, cuti, seragam kerja, BPJS kesehatan dan ketenagakerjaan.

##### a. Tunjangan

Tunjangan yang diberikan kepada karyawan berupa:

1. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
3. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

##### b. Cuti

Ketentuan cuti perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.
2. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

##### c. Seragam Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya, dengan peraturan pemakaian 3 hari (senin, Selasa, Rabu) menggunakan seragam kerja dan hari selebihnya dapat menggunakan baju batik pribadi.

d. BPJS Kesehatan

Berdasarkan UU No. 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No.24 Tahun 2011 BPJS Kesehatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf a menyelenggarakan program jaminan kesehatan. Jaminan kesehatan yang diberikan oleh perusahaan yaitu:

1. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang - undang yang berlaku.
2. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

e. BPJS Ketenagakerjaan

Berdasarkan UU No.40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No.24 Tahun 2011 tentang Badan Penyelenggara Jaminan Sosial, BPJS Ketenagakerjaan menyelenggarakan 4 program yakni Program Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Hari Tua (JHT), Jaminan Pensiun (JP), dan Jaminan Kematian (JK). Sementara Program Jaminan Kesehatan diselenggarakan oleh BPJS Kesehatan. Berdasarkan UU tersebut, pemberi kerja (perusahaan) wajib mendaftarkan seluruh pekerjanya menjadi peserta BPJS Ketenagakerjaan secara bertahap menurut ketentuan perundang-undangan.

## **BAB V**

### **UTILITAS**

Untuk menjalankan suatu proses produksi dalam suatu pabrik diperlukan adanya sarana penunjang. Utilitas merupakan sarana penunjang untuk menjamin kelancaran proses produksi suatu pabrik agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas meliputi:

a. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi menyediakan air domestik, air servis, air umpan *boiler*, dan air pendingin.

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

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan untuk pemanas pada *heater*.

c. Unit Penyedia Dowtherm A

Unit ini berfungsi untuk menyediakan pendingin pada alat *cooler* (CL-01).

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

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan *Generator Set* sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

e. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk *boiler* dan generator.

f. Unit Pengadaan Udara Tekan (*Power Air System*)

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

## 5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

### 5.1.1 Unit Penyedia Air

Unit penyedia dan pengolahan air ini dikenal dengan unit *Water Treatment System*. Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan air pada suatu pabrik, air yang digunakan pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Adapun unsur-unsur yang membentuk suatu sistem penyediaan air meliputi:

a. Sumber Pengadaan Air

Sumber pengadaan air untuk industri dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti sungai, danau, waduk, sumber air tanah (sumur) ataupun air laut.

b. Sarana Penampungan

Untuk menunjang kebutuhan air, maka diperlukan adanya sarana penampungan air. Biasanya letak penampungan air diletakkan didekat sumber penyediannya.

c. Sarana Penyaluran

Untuk menyalurkan air menuju sarana pengolahan, maka diperlukan adanya sarana penyaluran.

d. Sarana Pengolahan

Karena air yang didapat dari sumbernya belum dapat digunakan secara langsung, maka diperlukan sarana pengolahan agar mutu air sesuai dengan ketentuan.

e. Sarana-Sarana Distribusi

Untuk membagikan air yang sudah diolah ke berbagai unit, maka diperlukan adanya sarana distribusi.

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional pada prarancangan pabrik HDPE yaitu air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau dan masih mengandung pasir, mineral-mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat - alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Pemilihan air sungai memiliki pertimbangan sebagai berikut.

- a. Air sungai relatif lebih mudah pengolahannya, sederhana, dan biayanya lebih murah.
- b. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi sehingga persediaan air dapat tercukupi.
- c. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
- d. Letak sungai berada didekat lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

a. Air Pendingin

Sumber air yang sudah diolah agar kualitasnya sesuai dengan syarat air pendingin. Ada beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- 1) Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- 2) Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- 3) Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
- 4) Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

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

Uap atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan *boiler* disediakan dengan *excess* 20%. *Excess* merupakan pengganti steam yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Air yang digunakan untuk *boiler* harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak *boiler*. Berikut adalah persyaratan air umpan boiler menurut Perry's edisi 6, halaman 976 ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Syarat Air Umpan *Boiler*

Parameter	Total (rpm)
Total padatan ( <i>total dissolved solid</i> )	3.500
Alkalinitas	700
Padatan terlarut	300
Silika	60 – 100
Besi	0,1
Tembaga	0,5
Oksigen	0,007
Kesadahan	0
Kekeruhan	175
Minyak	7
Residu fosfat	140

Berikut adalah prasyarat air umpan *boiler*:

1) Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya solid matter, suspended matter, dan kebasaan yang tinggi. Berikut adalah kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa:

- a) Kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam *boiler*.
- b) Menyebabkan percikan air yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut.

Untuk mengatasi hal-hal berikut maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan *boiler*.

2) Tidak membentuk kerak dalam *boiler*

Dengan terbentuknya kerak di dinding *boiler* dapat menyebabkan isolasi terhadap panas sehingga mempengaruhi terhambatnya proses

perpindahan panas dan dapat menimbulkan kebocoran apabila kerak yang terbentuk pecah.

3) Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Penyebab pipa dapat mengalami korosi yaitu pH rendah, minyak, lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas-gas  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  yang terlarut dalam air. Lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja dapat terjadi karena adanya reaksi elektro kimia antara besi dan air.

c. Air Servis

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

1) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : di bawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

2) Syarat kimia, meliputi:

- pH netral (6,5 – 7,5)
- tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.



- Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Pb).

3) Syarat bakteriologis, meliputi:

- Tidak mengandung bakteri – bakteri, terutama bakteri pathogen.
- Tidak mengandung mikroba penghasil toksin (Nafiatud, 2008)

d. Air Domestik

Domestic water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- Air jernih
- Tidak berbau
- Tidak berasa
- Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- Tidak beracun

### 5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau akan diolah di unit pengolahan air dengan tahapan pengolahan sebagai berikut:

a. *Screening*

Air dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau akan dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti

sampah, daun, plastik dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah.

b. Sedimentasi

Air yang telah melalui proses penyaringan kemudian air dihilangkan kembali kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses pengendapan.

c. Flokulator

Setelah proses pengendapan, air diendapkan kembali kotorannya yang berupa dispersi koloid (suatu zat terlarut atau fase terdispersi sebagai partikel yang sangat halus pada substansi lain atau medium pendispersi) dalam air dengan menginjeksikan koagulan untuk menggumpalkan kotoran tersebut. Dimana koagulan yang digunakan adalah  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  atau tawas.

d. *Clarifier*

Kemudian air keluaran flokulator yaitu air baku dimasukkan ke dalam bak pengendap yaitu *clarifier* untuk menghilangkan flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi. Dimana air bersih akan keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan akan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang sebelum masuk *clarifier* memiliki nilai *turbidity* tinggi dan diharapkan akan menjadi turun setelah keluar dari *clarifier*.

e. Penyaringan

Air keluaran dari *clarifier* kemudian dialirkan menuju *sand filter* yang berperan untuk memisahkan partikel-partikel padat yang masih lolos atau terbawa oleh air dari *clarifier*. Air yang keluar dari *sand filter* kemudian akan dialirkan ke dalam tangki penampungan (*filter water reservoir*).

f. Penampung Sementara

Air bersih yang sudah ditampung di tangki penampungan, kemudian didistribusikan menuju tangki klorinasi, tangki air servis, bak air pendingin, dan tangki *cation* dan *anion exchanger*.

g. Proses Klorinasi

Air dari bak penampung dicampur dengan klorin dalam bentuk kaporit yang bertujuan untuk menghilangkan jamur, bakteri, dan mikroorganisme. Air yang dihasilkan kemudian ditampung di tangki air bersih yang nantinya akan didistribusikan untuk kebutuhan air domestik.

h. Tangki Air Servis

Air dari tangki air servis ditampung pada tangki air bertekanan dimana berfungsi untuk menyimpan air bertekanan sementara yang dilengkapi dengan membran untuk memisahkan air dan udara. Tangki air bertekanan pada prinsipnya berguna untuk menstabilkan tekanan air pada kran. Air bertekanan ini dapat digunakan untuk kebutuhan air servis.

i. Bak Air Pendingin

Air dari bak penampung sementara ditampung pada bak air pendingin untuk selanjutnya diproses dalam *cooling tower* yang nantinya akan digunakan sebagai air pendingin.

j. *Cooling Tower*

Air dari bak air pendingin dialirkan menuju *cooling tower* untuk mendinginkan air dari proses melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap dan air dapat digunakan kembali ke proses menjadi air pendingin. Air pembuangan dari *cooling tower/ blowdown* dikeluarkan dari *cooling tower* untuk menjaga konsentrasi partikel yang ada didalamnya.

k. *Mixed Bed*

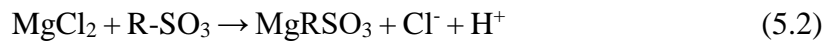
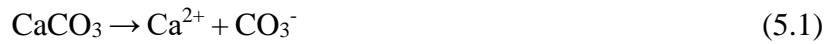
Air dari bak penampung sementara dialirkan menuju *mixed bed* atau tangki *cation-anion exchanger* yang bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water*.

Sehingga air tersebut dapat digunakan sebagai air umpan *boiler*. Tahapan dalam pengolahan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

1) *Cation Exchanger*

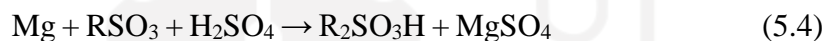
Di dalam *cation exchanger* berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang terkandung didalam air akan diganti dengan ion  $H^+$  sehingga air yang keluar dari *cation*

*exchanger* akan mengandung anion dan ion  $H^+$ . Reaksi yang terjadi:



Setelah dalam jangka waktu tertentu, kation resin akan jenuh sehingga diperlukan regenerasi kembali dengan  $H_2SO_4$ .

Reaksi yang terjadi:



## 2) *Anion Exchanger*

Proses ini memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut di dalam air, dengan resin yang bersifat basa, maka anion-anion seperti  $CO_3^{2-}$  dan  $SO_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut. Reaksi yang terjadi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan  $NaOH$ . Reaksi yang terjadi:



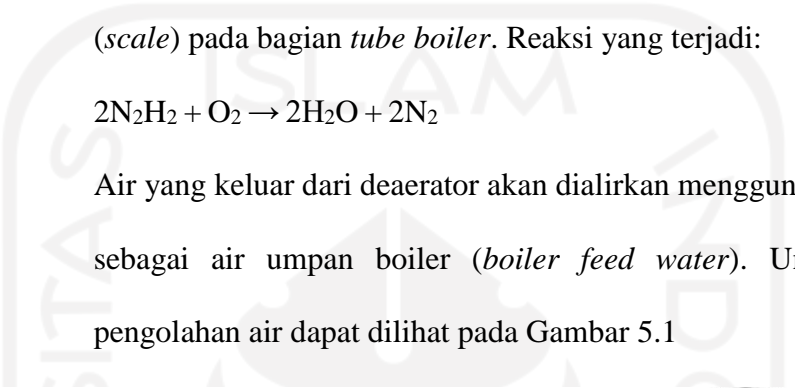
## 1. Deaerasi

Proses pembebasan air umpan *boiler* dari oksigen ( $O_2$ ) dan gas-gas terlarut ( $CO_2$ ). Air yang sudah mengalami proses demineralisasi

(*scale*) pada bagian *tube boiler*. Reaksi yang terjadi:

$$2\text{N}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2$$

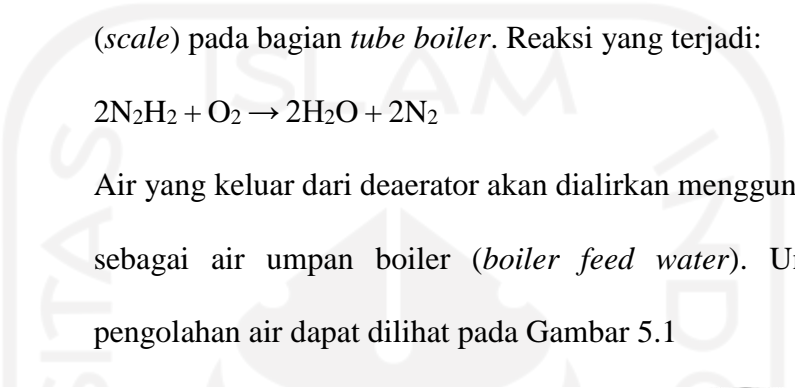
Air yang keluar dari deaerator akan dialirkan menggunakan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*). Untuk pengolahan air dapat dilihat pada Gambar 5.1



(*scale*) pada bagian *tube boiler*. Reaksi yang terjadi:

$$2\text{N}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2$$

Air yang keluar dari deaerator akan dialirkan menggunakan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*). Untuk pengolahan air dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5. 1 Diagram Alir Pengolahan Air

## 5.2 Kebutuhan Air

### a. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

*Steam* jenuh yang dihasilkan boiler merupakan *steam* yang memiliki suhu 150 °C dengan. Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan *steam* dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Alat	Kode Alat	Kebutuhan <i>Steam</i> (kg/jam)
<i>Heater</i>	HE-01	1.663
<i>Heater</i>	HE-02	400
<i>Heater</i>	HE-03	1.899

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga jumlah kebutuhan *steam* adalah 4.755 kg/jam. Sedangkan untuk nilai *blowdown* pada *reboiler* adalah 15% dari kebutuhan *steam*. Sehingga diperoleh *blowdown* sebesar 713,2 kg/jam.

### b. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
Reaktor	R-01	169.570
<i>Flash Drum</i>	FD-01	28.428
Kondenser Parsial	PC-01	53.834
<i>Extruder</i>	EX-01	0,661

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 302.200 kg/jam.

c. Kebutuhan Air Domestik

Total kebutuhan air untuk 1 orang menurut standar WHO adalah 100 – 120 liter/hari. Akan tetapi, untuk suatu pabrik atau kantor setiap 1 orang hanya membutuhkan 100 liter/hari (Sularso, 2001). Jumlah karyawan yang bekerja di pabrik HDPE sebanyak 112 orang. Kebutuhan air domestik yaitu:

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Domestik

Keterangan	Kebutuhan Air (kg/jam)
Kantor	463,4
Mess	835.003

d. Kebutuhan Air Servis

Perkiraan kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 500 kg/jam.

### 5.3 Unit Penyedia Dowtherm A

Untuk fluida pendingin *cooler* (CL-01) menggunakan pendingin jenis Dowtherm A. Alasan dipilihnya pendingin jenis Dowtherm A yaitu jenis pendingin ini mampu bekerja pada suhu tinggi. Apabila menggunakan air pendingin biasa untuk menurunkan suhu pada *cooler* (CL-01) maka proses pendinginan akan menjadi tidak efektif. Hal ini disebabkan air pendingin pada saat proses pendinginan dimungkinkan ikut menjadi panas dan menguap sebagian terlebih dahulu sebelum proses pendinginan berakhir. Oleh karena itu, pemilihan jenis pendingin yang digunakan memiliki sifat fisik dan kimia yang lebih ringan sehingga dapat bertahan pada suhu tinggi.



Dowtherm A adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah 60°F sampai 750°F (15 – 400) °C dan kisaran tekanan adalah 1 atm – 152,2 psig (10,6 bar). Fluida ini stabil tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau fase uap. Viskositasnya rendah sepanjang rentang operasi pada perpindahan panas yang efisien sehingga tidak ada masalah dalam pemompaan. Fluida ini *non-corrosive* untuk logam biasa dan paduan (msdssearch.dow.com).

Pendingin Dowtherm A terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter. Dowtherm A dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Jumlah dowtherm A yang dibutuhkan untuk pendingin pada *cooler* (CL-01) sebesar 386,9 kg/jam. Maka, total kebutuhan dowtherm A setelah *overdesign* 20% sebagai faktor keamanan alat adalah 465,5 kg/jam.

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

Untuk memenuhi kebutuhan steam pada proses produksi dibutuhkan unit pembangkit steam dengan spesifikasi:

- Kapasitas : 4.755 kg/jam
- Jenis : Boiler
- Jumlah : 1

Air yang berasal dari unit pengolahan air yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang masih terkandung dalam air umpan. Serta pengaturan pH sekitar 10 – 11 dikarenakan apabila pH yang terlalu tinggi nilai korosifitasnya akan tinggi.

Air sebelum masuk ke dalam boiler, terlebih dahulu dimasukkan ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150 °C, kemudian diumpankan ke boiler. Api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) memiliki tugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran akan masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air yang berada di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa api maka air akan menjadi mendidih. Uap air yang terkumpul kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

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

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik pabrik yang meliputi peralatan proses, peralatan utilitas, dan kebutuhan perkantoran. Adapun rincian dari kebutuhan listrik adalah sebagai berikut.

#### **1) Alat Utilitas**

Sama halnya dengan peralatan proses, peralatan utilitas juga terdapat sejumlah daya yang dibutuhkan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	1.491
<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	40	29.828
Kompresor Udara	CU-01	5	3.728
Pompa Utilitas-01	PU-01	20	14.914
Pompa Utilitas-02	PU-02	20	14.914
Pompa Utilitas-03	PU-03	2	1.491
Pompa Utilitas-04	PU-04	0,050	37,28
Pompa Utilitas-05	PU-05	20	14.914
Pompa Utilitas-06	PU-06	1,5	1.118
Pompa Utilitas-07	PU-07	0,25	186,4
Pompa Utilitas-08	PU-08	10	7.457
Pompa Utilitas-09	PU-09	10	7.457
Pompa Utilitas-10	PU-10	0,050	37,28
Pompa Utilitas-11	PU-11	3	2.237
Pompa Utilitas-12	PU-12	3	2.237
Pompa Utilitas-13	PU-13	0,050	37,28
Pompa Utilitas-14	PU-14	0,050	37,28
Pompa Utilitas-15	PU-15	60	44.742
Pompa Utilitas-16	PU-16	60	44.742

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas (lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa Utilitas-17	PU-17	0,050	37,28
Pompa Utilitas-18	PU-18	0,333	248,5
Pompa Utilitas-19	PU-19	0,125	93,21
Pompa Utilitas-20	PU-20	0,125	93,21
Pompa Utilitas-21	PU-21	0,125	93,21
Total		257,7	192.173

## 2) Alat Proses

Beberapa peralatan proses menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak motor. Daya yang dibutuhkan masing-masing alat dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Mixer</i>	M-01	0,083	62,14
Reaktor	R-01	0,050	37,28
<i>Extruder</i>	EX-01	0,125	93,21
Pompa	P-01	0,083	62,14
Pompa	P-02	0,050	37,28
Pompa	P-03	0,050	37,28
Pompa	P-04	0,250	186,4
Pompa	P-05	0,050	37,28
Pompa	P-06	0,050	37,28
Pompa	P-07	1,500	1.118
Pompa	P-08	0,500	372,8
Pompa	P-09	0,333	248,5

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik Alat Proses (lanjutan)

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Kompresor	C-01	200	149.140
Kompresor	C-02	200	149.140
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	1	745,7
Total		402,8	300.417

3) Kebutuhan Listrik Lainnya

- a. Kebutuhan listrik untuk AC dan penerangan masing-masing sebesar 50 kW dan 70 kW.
- b. Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar 100 kW dan listrik untuk instrumentasi sebesar 50 kW.

Kebutuhan penunjang alat listrik secara lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik

Keperluan	Daya (kW)
Peralatan Proses	300.417
Peralatan Utilitas	192.173
Penerangan	70
AC	50
Laboratorium dan bengkel	100
Instrumentasi	50
Total	762,5

Kebutuhan listrik diperoleh dari dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Nasional (PLN) dan generator. Generator berfungsi untuk tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan dan untuk menggerakkan alat-alat seperti *boiler*, pengaduk dan sejumlah pompa. Generator beroperasi menggunakan solar dan udara yang ditekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan

digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan listrik, kemudian listrik tersebut didistribusikan menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunakan sebagai sumber utama untuk menggerakkan alat proses. Berikut adalah spesifikasi generator yang digunakan:

- Kapasitas : 2000 kW
- Jenis : AC Generator
- Tegangan : 220/360
- Jumlah : 1

#### **5.6 Unit Penyedia Udara Tekan**

Unit penyedia udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat pneumatic control. Udara tekan dipilih memiliki tekanan 6,35 bar dan suhu 30°C. Adapun jumlah alat kontrol sebanyak 28 buah dengan total kebutuhan udara tekan keseluruhan sebesar 52,33536 m<sup>3</sup>/jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika gel.

Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan:

Kode : KO

Fungsi : Mengompres udara menjadi udara bertekanan

Jenis : *Single Stage Reciprocating Compressor*

Jumlah : 1

Kapasitas : 52,33 m<sup>3</sup>/jam

Tekanan *discharge* : 93,34 psi

Efisiensi : 85%

Daya kompresor : 5 hp

### 5.7 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar menyediakan solar yang diperlukan untuk proses pembakaran pada *boiler* dan *generator*. Solar memiliki *heating value* sebesar 35.677–36.235 kJ/Liter. Adapun jumlah kebutuhan solar sebanyak 0,054 kg/jam dengan efisiensi pembakaran 80%.



## 5.8 Spesifikasi Alat Utilitas

### a. Pompa Utilitas

Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-01	PU-02	PU-03
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>screening</i>	Mengalirkan air sungai dari <i>screening</i> menuju Reservoir/sedimentasi (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (BU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)
Jenis Pompa	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		
<i>Impeller</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Viskositas	0,815 cp	0,815 cp	0,815 cp
Kapasitas	519,5 ft <sup>3</sup> /s	493,6 ft <sup>3</sup> /s	55,13 ft <sup>3</sup> /s
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C
<i>Rate volumetric</i>	5,097 ft <sup>3</sup> /s	4,842 ft <sup>3</sup> /s	0,540 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran	5,318 ft/s	5,052 ft/s	2,695 ft/s
OD	14 in	14 in	6,625 in
ID	13,25 in	13,25 in	6,065 in
<i>Flow area pipe</i>	138 in	138 in	28,90 in
<i>Friction head</i>	1,297 m	1,170 m	0,430 m
<i>Static head</i>	9,117 m	9,117 m	4,157 m
Efisiensi pompa	92%	92%	79%
Daya motor	20 HP	20 HP	2 HP
Harga	Rp290.121.791,-	Rp290.121.791,-	Rp173.714.899,-



Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02) menuju Bak Pengendapan 1 (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan 1 (BU-03) menuju Bak Pengendapan 2 (BU-04)
Jenis Pompa	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		
<i>Impeller</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Viskositas	0,815 cp	0,815 cp	0,815 cp
Kapasitas	0,025 ft <sup>2</sup> /s	468,9 ft <sup>2</sup> /s	52,38 ft <sup>2</sup> /s
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C
<i>Rate volumetric</i>	0,001 ft <sup>3</sup> /s	4,600 ft <sup>3</sup> /s	0,513 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran	0,344 ft/s	4,800 ft/s	2,560 ft/s
OD	0,540 in	14 in	6,625 in
ID	0,364 in	13,25 in	6,065 in
<i>Flow area pipe</i>	0,104 in	138 in	28,90 in
<i>Friction head</i>	0,045 m	1,056 m	0,396 m
<i>Static head, m</i>	4,795 m	8,963 m	4,316 m
Efisiensi pompa	79%	92%	79%
Daya motor	0,050 HP	20 HP	1,500 HP
Harga	Rp57.308.008,-	Rp290.121.791,-	Rp173.714.899,-

Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-07	PU-08	PU-09
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan II (BU-04) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan II (BU-04) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-05) menuju area kebutuhan air
Jenis Pompa	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Axial flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Viskositas	0,815 cp	0,815 cp	0,815 cp
Kapasitas	49,76 ft <sup>3</sup> /s	402 ft <sup>3</sup> /s	402 ft <sup>3</sup> /s
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C
<i>Rate volumetric</i>	0,488 ft <sup>3</sup> /s	3,944 ft <sup>3</sup> /s	3,944 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran	2,432 ft/s	4,115 ft/s	4,115 ft/s
OD	6,625 in	14 in	14 in
ID	6,065 in	13,25 in	13,25 in
<i>Flow area pipe</i>	28,90 in	138 in	138 in
<i>Friction head</i>	0,334 m	0,832 m	1,202 m
<i>Static head</i>	0,864 m	4,684 m	4,684 m
Efisiensi pompa	79%	91%	91%
Daya motor	0,250 HP	10 HP	10 HP
Harga	Rp173.714.899,-	Rp290.121.791,-	Rp290.121.791,-

Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (T-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih (TU-04)	Mengalirkan air dari tangki bersih (TU-04) menuju area domestik
Jenis Pompa	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		
<i>Impeller</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Viskositas	0,815 cp	0,815 cp	0,815 cp
Kapasitas	0,001 ft <sup>2</sup> /s	41,36 ft <sup>2</sup> /s	41,36 ft <sup>2</sup> /s
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C
<i>Rate volumetric</i>	2,917E-06 ft <sup>3</sup> /s	0,405 ft <sup>3</sup> /s	0,405 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran	0,007 ft/s	2,021 ft/s	2,021 ft/s
OD	0,405 in	6,625 in	6,625 in
ID	0,269 in	6,065 in	6,065 in
<i>Flow area pipe</i>	0,058 in	28,90 in	28,90 in
<i>Friction head</i>	4,891E-05 m	0,215 m	0,354 m
<i>Static head</i>	0,491 m	10,89 m	10,89 m
Efisiensi pompa	48%	74%	74%
Daya motor	0,050 HP	3 HP	3 HP
Harga	Rp57.308.008,-	Rp173.714.899,-	Rp173.714.899,-

Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air servis (TU-05) menuju Tangki air bertekanan (TU-06)	Mengalirkan air dari tangki air bertekanan (TU-06) menuju area kebutuhan servis	Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-06) menuju ke Cooling Tower (CT-01)
Jenis Pompa	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		
<i>Impeller</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Viskositas	0,815 cp	0,815 cp	0,815 cp
Kapasitas	0,586 ft <sup>2</sup> /s	0,586 ft <sup>2</sup> /s	354,5 ft <sup>2</sup> /s
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C
<i>Rate volumetric</i>	0,005 ft <sup>3</sup> /s	0,005 ft <sup>3</sup> /s	3,477 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran	1,551 ft/s	1,551 ft/s	4,354 ft/s
OD	1,500 in	1,500 in	12,75 in
ID, in	0,824 in	0,824 in	12,09 in
<i>Flow area pipe</i>	0,534 in	0,534 in	115 in
<i>Friction head</i>	1,414 m	1,470 m	0,906 m
<i>Static head</i>	2,637 m	2,637 m	15,94 m
Efisiensi pompa	48%	48%	48%
Daya motor	0,050 HP	0,050 HP	60 HP
Harga	Rp57.308.008,-	Rp57.308.008,-	Rp263.258.662,-

Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-16	PU-17	PU-18
Fungsi	Mengalirkan air dari Cooling Tower (CT-01) menuju recycle dari bak air dingin	Mengalirkan air dari Tangki Penampung NaCl (TU-07) menuju Mixed Bed (MB-01)	Mengalirkan air dari Mixed Bed (MB-01) menuju Tangki air Demin (TU-10)
Jenis Pompa	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Viskositas	0,815 cp	0,815 cp	0,815 cp
Kapasitas	354,5 ft <sup>3</sup> /s	5,578 ft <sup>3</sup> /s	5,578 ft <sup>3</sup> /s
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C
<i>Rate volumetric</i>	3,477 ft <sup>3</sup> /s	0,054 ft <sup>3</sup> /s	0,054 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran	4,354 ft/s	2,352 ft/s	2,352 ft/s
OD	12,75 in	2,380 in	2,380 in
ID	12,09 in	2,067 in	2,067 in
<i>Flow area pipe</i>	115 in	3,350 in	3,350 in
<i>Friction head</i>	0,940 m	1,703 m	1,703 m
<i>Static head</i>	15,94 m	0,914 m	5,587 m
Efisiensi pompa	49%	46%	46%
Daya motor	60 HP	0,050 HP	0,333 HP
Harga	Rp263.258.662,-	Rp87.752.887,-	Rp87.752.887,-

Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

Kode	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki air Demin (TU-10) menuju Tangki Deaerator (DE-01)	Mengalirkan larutan Hydrazine dari Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (TU-11) menuju Tangki Deaerator (DE-01)	Mengalirkan air dari Deaerator (DE-01) menuju Boiler
Jenis Pompa	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		
<i>Impeller</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
Viskositas	0,815 cp	0,815 cp	0,815 cp
Kapasitas	5,578 ft <sup>3</sup> /s	5,578 ft <sup>3</sup> /s	5,578 ft <sup>3</sup> /s
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C
<i>Rate volumetric</i>	0,054 ft <sup>3</sup> /s	0,054 ft <sup>3</sup> /s	0,054 ft <sup>3</sup> /s
Kecepatan aliran	2,352 ft/s	2,352 ft/s	2,352 ft/s
OD	2,380 in	2,380 in	2,380 in
ID	2,067 in	2,067 in	2,067 in
<i>Flow area pipe</i>	3,350 in	3,350 in	3,350 in
<i>Friction head</i>	1,064 m	1,533 m	1,840 m
<i>Static head</i>	1,937 m	1,947 m	5,587 m
Efisiensi pompa	46%	46%	46%
Daya motor	0,125 HP	0,125 HP	0,125 HP
Harga	Rp87.752.887,-	Rp87.752.887,-	Rp87.752.887,-

b. Bak Penampung

Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Utilitas

Kode	BU-01	BU-02	BU-03
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)
Jenis	Bak persegi dengan beton bertulang	Bak silinder tegak	Bak persegi dengan beton bertulang
Volume	3.032 m <sup>3</sup>	56,39 m <sup>3</sup>	2.880 m <sup>3</sup>
Tinggi	9,117 m	4,157 m	8,963 m
Panjang	18,23 m	4,157 m	17,92 m
Lebar	18,23 m	4,157 m	17,92 m
Harga	Rp6.601.166.193,-	Rp496.072.445,-	Rp6.384.470.287,-

Tabel 5.9 Spesifikasi Bak Utilitas (lanjutan)

Kode	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi 02)	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak persegi dengan beton bertulang	Bak persegi dengan beton bertulang	Bak persegi dengan beton bertulang
Volume	321,7 m <sup>3</sup>	411,2 m <sup>3</sup>	8.703 m <sup>3</sup>
Tinggi	4,316 m	4,684 m	12,95 m
Panjang	8,633 m	9,369 m	25,91 m
Lebar	8,633 m	9,369 m	25,91 m
Harga	Rp1.536.570.969,-	Rp1.801.620.507,-	Rp6.644.147.199,-

Tabel 5.9 Spesifikasi Bak Utilitas (lanjutan)

Kode	BU-07
Fungsi	Menampung air make up dan air pendingin proses yang sudah didinginkan
Jenis	Bak persegi dengan beton bertulang
Volume	362,6 m <sup>3</sup>
Tinggi	4,492 m
Panjang	8,984 m
Lebar	8,984 m
Harga	Rp1.660.141.362,-



c. Tangki Utilitas

Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Utilitas

Kode	TU-01	TU-02	TU-03
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu operasi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-03)	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Volume	25,97 m <sup>3</sup>	0,093 m <sup>3</sup>	42,30 m <sup>3</sup>
Diameter	2,398 m	0,491 m	3,777 m
Tinggi	4,796 m	0,491 m	3,777 m
Harga	Rp775.448.985,-	Rp84.171.137,-	Rp823.802.617,-

Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode	TU-04	TU-05	TU-06
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan layanan umum	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Volume	1.015 m <sup>3</sup>	14,40 m <sup>3</sup>	14,40 m <sup>3</sup>
Diameter	10,895 m	2,637 m	2,637 m
Tinggi	10,895 m	2,637 m	2,637 m
Harga	Rp1.208.840.797,-	Rp512.190.323,-	Rp512.190.323,-

Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode	TU-07	TU-08	TU-09
Fungsi	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i>	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi Anion <i>exchanger</i>	Mencampur kondensat sirkulasi dan make up air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai steam dalam boiler
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Volume	1,187 m <sup>3</sup>	0,604 m <sup>3</sup>	5,706 m <sup>3</sup>
Diameter	1,147 m	0,916 m	1,937 m
Tinggi	1,147 m	0,916 m	1,937 m
Harga	Rp209.532.404,-	Rp164.760.523,-	Rp368.920.302,-

Tabel 5.10 Spesifikasi Tangki Utilitas (lanjutan)

Kode	TU-10	TU-11
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan boiler	Menyimpan larutan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Volume	136,9 m <sup>3</sup>	5,800 m <sup>3</sup>
Diameter	5,587 m	1,947 m
Tinggi	5,587 m	1,947 m
Harga	Rp1.146.160.163,-	Rp370.711.178,-

d. *Screener*

Tabel 5. 11 Spesifikasi *Screener*

Kode	FU-01
Fungsi	Menyaring Kotoran-Kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya
Panjang	3,048 m
Lebar	2,438 m
Diameter lubang	1 cm
Harga	Rp479.954.568,-

e. *Sand Filter*

Tabel 5. 12 Spesifikasi *Sand Filter*

Kode	FU-02
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Ukuran pasir ( <i>mesh</i> )	28
Diameter pasir	0,028 in
Tinggi lapisan pasir	3,048 m
Volume	2,585 m <sup>3</sup>
Panjang	1,729 m
Lebar	1,729 m
Tinggi	0,864 m
Harga	Rp2.607.514.372,-

f. *Cooling Tower*

Tabel 5. 13 Spesifikasi *Cooling Tower*

Kode	CT-01
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Panjang	5,967 m
Lebar	5,967 m
Tinggi	15,94 m
Harga	Rp53.726.257,-

g. *Deaerator*

Tabel 5. 14 Spesifikasi *Deaerator*

Kode	DE-01
Fungsi	Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>reboiler</i>
Volume	5,706 m <sup>3</sup>
Diameter	1,937 m
Tinggi	1,937 m
Harga	Rp368.920.302,-

h. *Blower*

Tabel 5. 15 Spesifikasi *Blower*

Kode	BL-01
Fungsi	Untuk menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Efisiensi motor	80%
Daya motor	40 HP
Harga	Rp272.213.038,-

i. *Mixed Bed*

Tabel 5. 16 Spesifikasi *Mixed Bed*

Kode	MB-01
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO <sub>4</sub> , dan NO <sub>3</sub>
Diameter	0,703 m
Tinggi	0,914 m
Tinggi <i>bed</i>	0,762 m
Volume <i>bed</i>	0,296 m <sup>3</sup>
Volume bak resin	1.791 m <sup>3</sup>
Tebal	0,187 in
Harga	Rp1.296.593.685,-

## BAB VI

### EKONOMI

Dalam prarancangan pabrik HDPE, diperlukan evaluasi ekonomi untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan merupakan suatu investasi yang layak dan menguntungkan atau tidak. Pabrik HDPE dirancang dengan risiko yang rendah (*low risk*) dengan pertimbangan:

- a. Kondisi optimal pada operasi proses termasuk rendah
- b. Sifat bahan tidak *toxic* dan tidak berbahaya
- c. Terdapat pabrik HDPE yang sudah beroperasi sebelumnya.

Evaluasi ekonomi dapat meninjau kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan, dan titik terjadinya impas yaitu total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Sehingga dapat menjadi suatu dasar kelayakan untuk mendirikan suatu pabrik. Faktor yang mempengaruhi evaluasi ekonomi diantaranya, yaitu:

- a. *Return On Investment* (ROI)
- b. *Pay Out Time* (POT)
- c. *Break Event Point* (BEP)
- d. *Shut Down Point* (SDP)
- e. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)

Namun, ada beberapa hal yang perlu diperkirakan sebelum melakukan analisis terhadap ke lima faktor di atas, seperti:

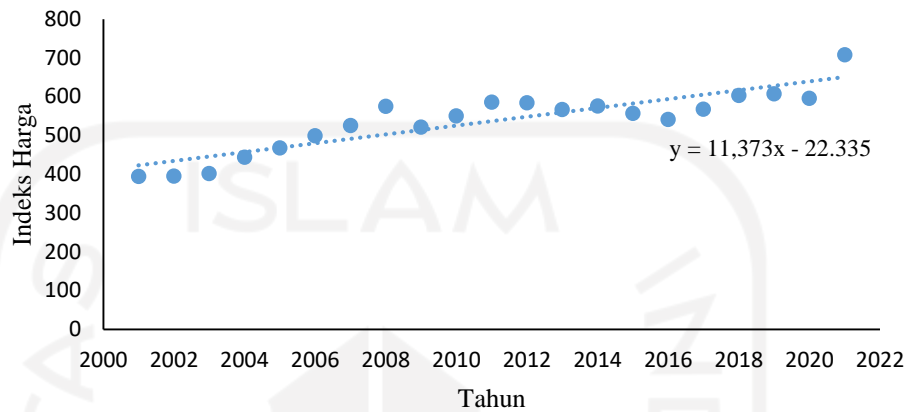
- a. Penentuan Modal Industri (*Fixed Capital Investment*), Yang Meliputi:
  - a) Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b) Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
- b. Penentuan Total Biaya Produksi (*Total Production Cost*), Yang Meliputi:
  - a) Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b) Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
- c. Pendapatan Modal
  - a) Biaya Tetap per Tahun (*Fixed Cost Annual*)
  - b) Biaya Variabel per Tahun (*Variable Cost Annual*)
  - c) Biaya Mengambang (*Regulated Cost Annual*)

### **6.1 Penaksiran Harga Alat**

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu. Harga peralatan proses produksi pada tahun rencana pendirian pabrik yaitu pada tahun 2025 ditentukan menggunakan indeks harga alat pada tahun tersebut.

Untuk mengetahui harga alat pada tahun pendirian pabrik yaitu tahun 2025, maka dicari indeks pada tahun tersebut. Harga indeks tahun 2025 dapat diperkirakan dengan data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Pada analisis ini digunakan data indeks harga dari tahun 2001 sampai 2021 yang kemudian dicari dengan menggunakan persamaan regresi linier. Grafik

hubungan antara tahun dan indeks harga ditunjukkan pada Gambar 6.1 berikut.



Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dengan Indeks Harga

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, berdasarkan data di atas maka didapatkan persamaan:

$$y = 11,373x - 223.335 \quad (6.1)$$

Dimana:

y = Indeks harga

x = Tahun pembelian

Dari persamaan di atas didapat harga indeks pada tahun 2025 adalah 695,325. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries dan Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.2)$$

Dimana:

Ex = Harga pembelian pada tahun 2025

$E_y$  = Harga pembelian pada tahun referensi

$N_x$  = Indeks harga pada tahun ke 2025

$N_y$  = Indeks harga pada tahun referensi

## 6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik	: 50.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	: 330 hari
Umur pabrik	: 10 tahun
Tahun pendirian pabrik	: 2025
Kurs mata uang	: 1 USD = Rp14.858 (September 2022)
Harga bahan baku ( $C_2H_4$ )	: Rp221.226.139.273/tahun
Harga bahan baku ( $C_4H_8$ )	: Rp91.298.724.629/tahun
Harga bahan baku ( $H_2$ )	: Rp25.177.292/tahun
Harga bahan baku ( $C_6H_{12}$ )	: Rp644.111.933.738/tahun
Harga bahan baku ( $TiCl_4$ )	: Rp236.714.967/tahun
Harga bahan baku ( $C_6H_{15}Al$ )	: Rp2.095.537.818/tahun
Harga produk (HDPE)	: Rp1.750.000.000.114/tahun

## 6.3 Perhitungan Biaya

### 6.3.1 *Capital Investment*

*Capital investment* merupakan jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikan pabrik. *Capital investment* terdiri dari:



a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed capital investment* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas suatu pabrik.

b. *Working Capital Investment*

*Working capital investment* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan suatu pabrik selama waktu tertentu.

### 6.3.2 Total Production Cost

a. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing cost* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing cost* merupakan jumlah dari *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan proses pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton, *manufacturing cost* meliputi:

1) *Direct Cost*

*Direct cost* merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dalam proses pembuatan suatu produk.

2) *Indirect Cost*

*Indirect cost* merupakan biaya pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi suatu pabrik.

3) *Fixed Cost*

*Fixed cost* merupakan biaya pengeluaran yang bersifat tetap, tidak dipengaruhi oleh tingkat produksi dan waktu atau pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

b. *General Expenses*

*General Expenses* atau pengeluaran umum merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost*.

## 6.4 Analisa Kelayakan

Analisa atau evaluasi kelayakan suatu perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh. Studi kelayakan dari pabrik HDPE dapat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

### 6.4.1 *Return On Investment (ROI)*

*Return on investment* adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *percent return on investment* adalah:

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad (6.3)$$

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan *annual sales* ( $S_a$ ) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan risiko rendah mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum *ROI before tax* sebesar 44%.

#### 6.4.2 Pay Out Time (POT)

*Pay out time* merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa tahun modal investasi yang dilakukan akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *pay out time* adalah:

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan}} \quad (6.4)$$

Pabrik dengan risiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan risiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

#### 6.4.3 Break Event Point (BEP)

*Break even point* merupakan titik impas dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi di bawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi di atas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar antara 40% - 60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *break even point* adalah:

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

Dimana:

$Fa$  = *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

$Ra$  = *Annual regulated expense* pada produksi maksimum

$S_a$  = *Annual variable value* pada produksi maksimum

$V_a$  = *Annual sales value* pada produksi maksimum

#### 6.4.4 *Shut Down Point (SDP)*

*Shut down point* merupakan titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian ini bisa terjadi karena keputusan manajemen yang dikarenakan kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau bisa juga diakibatkan oleh *variable cost* yang terlalu tinggi. Dalam setahun, persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun jika pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut diakibatkan karena biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses operasi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar *fixed cost* dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menentukan *shut down point* adalah:

$$SDP = \frac{0,3 R_a}{(S_a - V_a - 0,7 R_a)} \times 100\% \quad (6.6)$$

#### 6.4.5 *Discontinued Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

*Discounted cash flow rate of return* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *discounted cash flow rate of return* adalah:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = \sum_{n=0}^{n=n-1} (1 + i)^n + WC + SV \quad (6.7)$$

Dimana:

FC = Fixed capital

WC = Working capital

SV = Salvage value

C = Cash flow (keuntungan setelah pajak + depresiasi +  
finance)

N = Umur pabrik

I = Nilai DCFR

## 6.5 Hasil Perhitungan

Perencanaan keuangan dan analisis yang baik digunakan untuk meninjau apakah pabrik ini layak untuk didirikan atau tidak.

Tabel 6. 1 *Physical Plant Cost (PPC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp101.141.508.617	\$6.807.209
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp25.285.377.154	\$1.701.802
3	<i>Installation Cost</i>	Rp16.882.613.047	\$1.136.264
4	<i>Piping Cost</i>	Rp56.215.924.931	\$3.783.546
5	<i>Instrumentation Cost</i>	Rp25.353.408.399	\$1.706.381
6	<i>Insulation Cost</i>	Rp3.933.783.868	\$264.759
7	Electrical Cost	Rp13.148.396.120	\$884.937
8	<i>Building Cost</i>	Rp204.110.000.000	\$13.737.381
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp107.127.720.000	\$7.210.104
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp553.198.732.135	\$37.232.382

Tabel 6. 2 *Direct Plant Cost (DPC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Engineering and Construction</i>	Rp110.639.746.427	\$7.446.476
Total DPC + PPC		Rp663.838.478.562	\$44.678.858

Tabel 6. 3 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	Total DPC + PPC	Rp663.838.478.562	\$44.678.858
2	<i>Contractor's Fee</i>	Rp39.830.308.714	\$2.680.732
3	<i>Contingency</i>	Rp99.575.771.784	\$6.701.829
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp803.244.559.060	\$54.061.419

Tabel 6. 4 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Raw Material</i>	Rp958.994.227.716,32	\$64.543.964,71
2	<i>Labor</i>	Rp7.230.000.000,00	\$486.606,54
3	<i>Supervision</i>	Rp867.600.000,00	\$58.392,79
4	<i>Maintenance</i>	Rp16.064.891.181,20	\$1.081.228,37
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp2.409.733.677,18	\$162.184,26
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp52.500.000.003,42	\$3.533.449,99
7	<i>Utilities</i>	Rp7.896.288.420,09	\$531.450,29
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp1.045.962.740.998,21	\$70.397.276,96

Tabel 6. 5 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp1.084.500.000,00	\$72.990,98
2	<i>Laboratory</i>	Rp723.000.000,00	\$48.660,65
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp3.615.000.000,00	\$243.303,27
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp87.500.000.005,71	\$5.889.083,32
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp92.922.500.005,71	\$6.254.038,23

Tabel 6. 6 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Depreciation</i>	Rp72.292.010.315,42	\$4.865.527,68
2	<i>Property taxes</i>	Rp8.032.445.590,60	\$540.614,19
3	<i>Insurance</i>	Rp8.032.445.590,60	\$540.614,19
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp88.356.901.496,63	\$5.946.756,06

Tabel 6. 7 *Manufacturing Cost (MC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp1.045.962.740.998,21	\$70.397.276,96
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp92.922.500.005,71	\$6.254.038,23
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp88.356.901.496,63	\$5.946.756,06
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp1.227.242.142.500,55	\$82.598.071,24

Tabel 6. 8 *Working Capital (WC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp87.181.293.428,76	\$5.867.633,16
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp1.859.457.791,67	\$125.148,59
3	<i>Product Inventory</i>	Rp18.594.577.916,67	\$1.251.485,93
4	<i>Extended Credit</i>	Rp26.515.151.516,88	\$1.784.570,70
5	<i>Available Cash</i>	Rp111.567.467.500,05	\$7.508.915,57
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp245.717.948.154,03	\$16.537.753,95

Tabel 6. 9 *General Expenses (GE)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Administration</i>	Rp. 18.183.537.220,30	\$ 1.223.487,82
2	<i>Sales Expense</i>	Rp. 45.458.843.050,76	\$ 3.058.719,56
3	<i>Research</i>	Rp. 36.367.074.440,61	\$ 2.446.975,65
4	<i>Finance</i>	Rp. 17.431.763.247,60	\$ 1.172.904,36
<i>General Expensess (GE)</i>		Rp. 117.441.217.959,28	\$ 7.902.087,39

Tabel 6. 10 *Total Production Cost (TPC)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp1.227.242.142.500,55	\$82.598.071,24
2	<i>General Expenses (GE)</i>	Rp303.244.942.919,41	\$20.409.539,84
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		Rp1.530.487.085.419,96	\$103.007.611,08

Tabel 6. 11 *Fixed Cost (Fa)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Depreciation</i>	Rp72.292.010.315,42	\$4.865.527,68
2	<i>Property Taxes</i>	Rp8.032.445.590,60	\$540.614,19
3	<i>Insurance</i>	Rp8.032.445.590,60	\$540.614,19
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		Rp. 70.713.015.480,85	\$5.946.756,06

Tabel 6. 12 *Regulated Cost (Ra)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Labor Cost</i>	Rp7.230.000.000,00	\$486.606,54
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp1.084.500.000,00	\$72.990,98
3	<i>Supervision</i>	Rp867.600.000,00	\$58.392,79
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp3.615.000.000,00	\$243.303,27
5	<i>Laboratorium</i>	Rp723.000.000,00	\$48.660,65
6	<i>General Expense</i>	Rp303.244.942.919,41	\$20.409.539,84
7	<i>Maintenance</i>	Rp16.064.891.181,20	\$1.081.228,37
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp2.409.733.677,18	\$162.184,26
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		Rp335.239.667.777,80	\$22.562.906,70

Tabel 6. 13 *Variable Cost (Va)*

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$US)
1	<i>Raw Material</i>	Rp958.994.227.716,32	\$64.543.964,71
2	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	Rp87.500.000.005,71	\$5.889.083,32
3	<i>Utilities</i>	Rp7.896.288.420,09	\$531.450,29
4	<i>Royalty &amp; Patent</i>	Rp52.500.000.003,42	\$3.533.449,99
<i>Variable Cost (Va)</i>		Rp1.106.890.516.145,53	\$74.497.948,32

## 6.6 Hasil Analisa Keuntungan

Total penjualan = Rp1.750.000.000.114

Total biaya produksi = Rp1.530.487.085.420

Keuntungan sebelum pajak = Rp219.512.914.694



Pajak pendapatan = Rp65.853.874.408

Keuntungan setelah pajak = Rp153.659.040.286

## 6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

### a. *Return On Investment (ROI)*

#### a) ROI Sebelum Pajak (ROI b)

$$\text{ROI b} = \frac{\text{Rp}219.512.914.694}{\text{Rp}803.244.559.060} \times 100\%$$

$$\text{ROI b} = 27,3283\%$$

#### b) ROI Setelah Pajak (ROI a)

$$\text{ROI a} = \frac{\text{Rp}153.659.040.286}{\text{Rp}803.244.559.060} \times 100\%$$

$$\text{ROI a} = 19,1298\%$$

### b. *Pay Out Time (POT)*

#### a) POT Sebelum Pajak (POT b)

$$\text{POT b} = \frac{\text{Rp}803.244.559.060}{\text{Rp}219.512.914.694 + \text{Rp}72.292.010.315}$$

$$\text{POT b} = 2,752676498 \text{ tahun}$$

#### b) POT Setelah Pajak (POT a)

$$\text{POT a} = \frac{\text{Rp}803.244.559.060}{\text{Rp}153.659.040.286 + \text{Rp}72.292.010.315}$$

$$\text{POT a} = 3,554949432 \text{ tahun}$$

### c. *Break Event Point (BEP)*

$$\frac{\text{Rp}88.356.901.497 + 0,3 (\text{Rp}335.239.667.778)}{(\text{Rp}1.750.000.000.114 - \text{Rp}1.106.890.516.146 - 0,7(\text{Rp}335.239.667.778))} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 46,2560\%$$

d. *Shut Down Point (SDP)*

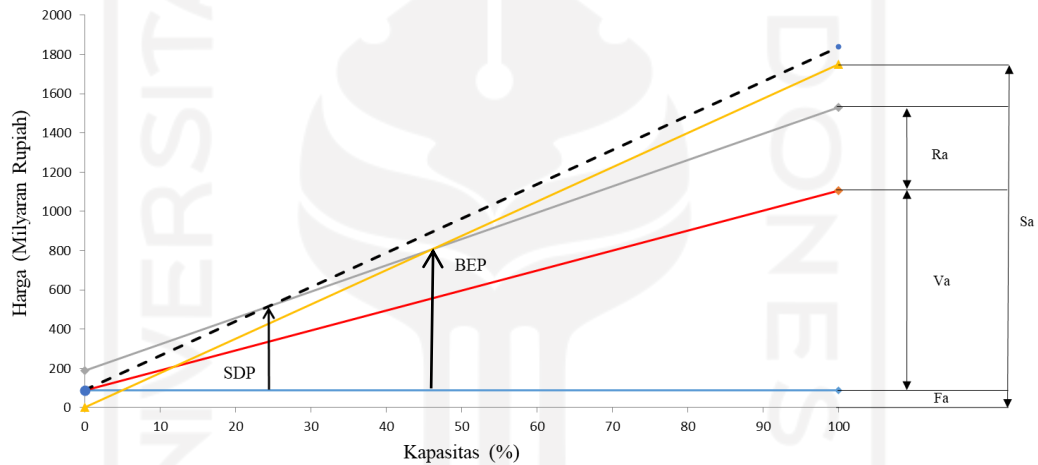
$$\frac{0,3 \text{ (Rp335.239.667.778)}}{(\text{Rp1.750.000.000.114}-\text{Rp1.106.890.516.146}-0,7(\text{Rp335.239.667.778}))} \times 100\%$$

$$\text{SDP} = 24,6233\%$$

e. *Discontinued Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

$$\text{DCFR} = 24,6526\%$$

Berikut Gambar 6.2 merupakan grafik *break event point*.



Gambar 6. 2 Grafik BEP

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari prarancangan pabrik HDPE ini adalah sebagai berikut:

- a. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, jenis produk, dan analisis ekonomi POT dan ROI maka pabrik HDPE ini tergolong pabrik dengan risiko rendah (*low risk*).
- b. Pabrik HDPE ini didirikan dengan pertimbangan untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor.
- c. Pabrik HDPE dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku etilena 44.288 ton/tahun; 1-butena 7.424 ton/tahun; hidrogen 0,999 ton/tahun; sikloheksana 137.415 ton/tahun; titanium tetraklorida 9,900 ton/tahun; dan trietil alumunium 178,8 ton/tahun.
- d. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik HDPE seluas 124.893 m<sup>2</sup>.
- e. Pabrik akan didirikan di Serang, Banten dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, kemudahan sarana utilitas seperti sumber air, tenaga kerja, ketersediaan listrik dan akses transportasi serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.
- f. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
  - Keuntungan yang diperoleh:

Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp219.512.914.694/tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp153.659.040.286 /tahun.

- *Return On Investment (ROI):*

Persentase ROI sebelum pajak sebesar 27,32% dan ROI setelah pajak sebesar 19,12% syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah adalah 11%-44%.

- *Pay Out Time (POT):*

POT sebelum pajak 2,752 tahun sedangkan sesudah pajak adalah 3,554 tahun.

- *Break Event Point (BEP) pada 46,25% dan Shut Down Point (SDP) pada 24,62%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%-60%.*

- *Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 24,65%. Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.*

Maka, dapat disimpulkan bahwa pabrik HDPE kapasitas 50.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

## 7.2 Saran

Produk HDPE dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat meningkatnya impor HDPE saat ini. Pendirian pabrik HDPE dapat menjadi

solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sektor penggerak perekonomian nasional.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Statistic Indonesia. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses pada tanggal 9 Januari 2022 pukul 13.00 WIB.
- Boor, J. Jr. 1979. Ziegler-Natta Catalysts and Polymerizations. Academic Press Inc. New York.
- Branan, C. R. 2002. Rules of Thumb for Chemical Engineers, 3<sup>rd</sup> ed. Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- Brown, G.G. 1978. Unit Operations. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Brownell, L.E. and Young. E.H. 1979. Process Equipment Design. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Coulson, J. M. Richardson, J.F., & Sinnott. R.K., 1999. Chemical Engineering Design, Volume 6, 3ed., Butterworth Heinemann, Great Britain.
- Fried, R. Joel. 2014. Polymer Science and Technology, 3<sup>rd</sup> ed. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Geankoplis, J.C. 1978. Transport Process and Unit Operation” Third Edition, Prentice Hall International Inc. United States of America.
- Kern, D.Q. 1950. Process Heat Transfer. Mc. Graw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Malpass, D. B. 2010. Introduction to Industrial Polyethylene Properties, Catalysts, Processes. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, and Scrivener Publishing LCC, Salem, Massachusetts.
- Matche. 2021. equipment cost. <http://www.matche.com/> . Diakses pada tanggal 13 September 2022
- Odian, G. 2004. Principles of Polimerization, 4<sup>th</sup> ed, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Perry, R. H., and Green, D. W. 2008. Perry's Chemical Engineers, 7<sup>th</sup> ed. McGraw Hill Companies Inc. USA.
- Peters, M., Timmerhause, K., dan West, R. 2003. Plant Design and Economics for Chemical engineers, 4<sup>th</sup> ed, McGraw - Hill Book Company, Singapore.
- Smith, J.M., Van Ness, H.G., and Abbott, M., 1997, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6<sup>th</sup> ed., Mc Graw Hill Book Companies, Inc. New York.
- Speight, J.G., 2019. Handbook of Petrochemical Processes. CRC Press. New York.

Ulrich, G.D., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley and Sons, inc., New York.

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





**LAMPIRAN A**  
**PERANCANGAN ALAT UTAMA**



## REAKTOR

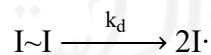
Kode	: R-01
Fungsi	: Polimerisasi etilen menjadi polietilen
Jenis/Tipe	: Reaktor alir tangki berpengaduk
Jumlah	: 1
Kondisi Operasi	
Suhu	: 300 °C
Tekanan	: 98,7 atm

Proses polimerisasi memiliki 3 tahapan, yakni inisiasi monomer aktif, propagasi atau pertumbuhan rantai aktif secara berurutan penambahan monomer, dan pemutusan rantai aktif untuk menghasilkan produk polimer akhir. Polimer dengan berat molekul yang sangat tinggi dapat terbentuk dalam waktu yang sangat singkat bahkan kurang dari 1 detik (Joel R. Fried, 2014, hal. 37).

### a. Tahap Inisiasi

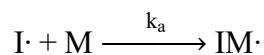
Disosiasi inisiator untuk membentuk dua spesies radikal, diikuti dengan penambahan satu molekul monomer ke radikal inisiasi.

Disosiasi inisiator untuk membentuk dua radikal bebas dapat direpresentasikan sebagai:



Dimana  $k_d$  merupakan konstanta laju disosiasi.

Pada langkah kedua inisiasi (yaitu, asosiasi), sebuah molekul monomer (M) terikat pada radikal inisiator. Langkah ini direpresentasikan sebagai:



Dimana  $k_a$  merupakan konstanta laju asosiasi monomer.

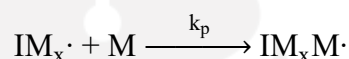
b. Tahap Propagasi

Pada tahap ini monomer tambahan ditambahkan ke spesies monomer yang diinisiasi.



Dimana  $k_p$  merupakan konstanta laju propagasi.

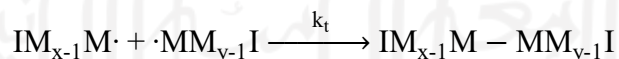
Monomer tambahan ditambahkan secara berurutan selama langkah propagasi berikutnya.



Propagasi akan berlanjut sampai proses penghentian yang sebenarnya terjadi.

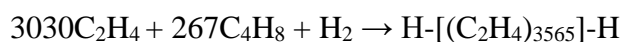
c. Tahap Terminasi

Mekanisme terminasi yang melibatkan dua rantai radikal yang merambat memiliki derajat polimerisasi yang berubah-ubah. Pemutusan dengan cara ini terjadi dengan kombinasi derajat polimerisasi *terminated chain*  $x+y$  melalui pembentukan ikatan kovalen antara dua gabungan rantai radikal.



Dimana  $k_t$  merupakan konstanta laju terminasi.

Reaksi yang terjadi:



Tabel Neraca Massa Total

Komponen	Input		Output	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5.591	199,3	279,6	9,967
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	937,4	16,70	0	0
H <sub>2</sub>	0,126	0,062	0	0
O <sub>2</sub>	0,001	4E-05	0,001	4E-05
H <sub>2</sub> O	0,005	3E-04	0,005	3E-04
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	17.350	206,1	17.350	206,1
TiCl <sub>4</sub>	1,250	0,006	1,250	0,006
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	22,57	0,197	22,57	0,197
H-[(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>3565</sub> ]-H	0	0	6250	0,0625
Total	23.903	422,4	23.903	216,3

## 1. Data Sifat Fisis Fluida Input

## a. Densitas Fluida

$$\rho = AB^{-1}\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n$$

Tabel. Data Koefisien Densitas Cairan

Komponen	A	B	n	T <sub>c</sub>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,214	0,280	0,285	282,3
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0,232	0,266	0,285	87,80
H <sub>2</sub>	0,273	0,274	0,285	553,5
O <sub>2</sub>	0,031	0,347	0,275	33,18
H <sub>2</sub> O	0,435	0,287	0,292	154,5
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	0,347	0,274	0,285	647,1
TiCl <sub>4</sub>	0,556	0,263	0,272	638
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	0,496	0,479	0,655	720,1

Sumber: Yaws C.L., 1999, hal. 185-211

## b. Viskositas Fluida

$$\log_{10}\mu = A + \frac{B}{T} + CT + DT^2$$

Tabel. Data Koefisien Viskositas Cairan

Komponen	A	B	C	D
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-4,561	3,81E+02	1,80E-02	-3,81E-05
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	-4,921	4,95E+02	1,44E-02	-2,09E-05
H <sub>2</sub>	4,742	-2,5E+02	-1,69E-02	1,25E-05
O <sub>2</sub>	-7,015	4,08E+01	2,37E-01	-4,08E-03
H <sub>2</sub> O	-5,095	1,80E+02	3,98E-02	-1,47E-04
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	-10,21	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-03
TiCl <sub>4</sub>	1,191	-2,3E+01	-3,96E-03	-9,17E-08
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	-4,362	9,97E+02	5,90E-03	-4,12E-06

Sumber: Yaws C.L., 1999, hal. 478-504

## 2. Menghitung Laju Polimerisasi

Laju tahap inisiasi dan pemutusan rantai berlangsung sangat cepat sehingga tahap propagasi menjadi tahap penentu laju polimerisasi. Sehingga laju polimerisasi dituliskan sebagai berikut, (Persamaan 8-44, Odian G., 2004, hal. 661):

$$R_p = k_p[C^*][M]$$

Dimana:

$R_p$  = Laju polimerisasi, molL<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>

$k_p$  = Konstanta laju propagasi, Lmol<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>

$[C^*]$  = Konsentrasi sisi aktif katalis, molL<sup>-1</sup>

$[M]$  = Konsentrasi monomer, molL<sup>-1</sup>

Data:

Konversi = 0,95

$$k_p = 242 \text{ L/mol s (Tabel 3-11, Odian G., 2004, hal.270)}$$

$$\begin{aligned} \text{Sisi aktif} &= 0,015 \text{ mol/mol TiCl}_4 \text{ (Boor, 1979, hal. 792)} \\ \text{katalis} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [C^*] &= \frac{\text{mol TiCl}_4}{\text{Laju volumetrik TiCl}_4} \times \text{sisi aktif katalis} \\ &= \frac{6,590 \text{ mol/jam}}{14,41 \text{ L/jam}} \times 0,015 \\ &= 2,057\text{E-}04 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [M] &= \frac{\text{mol C}_2\text{H}_4}{\text{Laju volumetrik C}_2\text{H}_4} \\ &= \frac{199,3 \text{ mol/jam}}{257,9 \text{ L/jam}} \\ &= 0,773 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

Sehingga laju polimerisasi etilena:

$$\begin{aligned} R_p &= k_p [C^*] [M] \\ &= (242 \text{ L/mol s}) (2,057\text{E-}04 \text{ mol/L}) (0,773 \text{ mol/L}) \\ &= 0,037 \text{ mol/Ls} \end{aligned}$$

### 3. Menghitung Volum Reaktor

Volum reaktor alir tangki berpengaduk dapat dihitung menggunakan rumus berikut: (Persamaan 2-13, Fogler, hal. 152)

$$V = \frac{F_{A0} X}{(-r_A)_{\text{exit}}}$$

$$V = 1.387 \text{ L}$$

$$V = 1,387 \text{ m}^3$$

#### 4. Menentukan Dimensi Reaktor

##### a. Menghitung Diameter Dalam Tangki

Digunakan *over design* 20%, sehingga:

Volum *shell* = 20% x Volume Reaktor

$$\text{Volum shell} = 1,545 \text{ m}^3$$

Untuk tangki silinder dengan tinggi sama dengan diameter digunakan persamaan 3.1, Brownell dan Young, 1959, hal. 41 untuk menghitung volum *shell*:

$$V = \frac{\pi D^2 (H)}{4}$$

$$V = \frac{\pi D^3}{4}$$

Sehingga diameter *shell* dapat dihitung dengan:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{shell}}}{\pi}}$$

$$D = 1,253 \text{ m}$$

Digunakan tinggi *shell* 1,5 kali diameter, sehingga:

$$H_{\text{shell}} = 1,879 \text{ m}$$

##### b. Menghitung Tebal Dinding Tangki

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Carbon steel SA 299 Grade C* dengan pertimbangan:

- a) Memiliki struktur yang kuat
- b) Tahan korosi

c) Harga cukup murah

Sehingga dari table 13.1 dan tabel 13.2, Brownell dan Young, 1959, hal.

251-254 diperoleh data:

$$\text{Allowable stress } (f) = 18.750 \text{ psia}$$

$$\text{Tipe sambungan} = \text{Double welded butt joint}$$

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

$$\text{Corrosion allowance } (c) = 0,125$$

$$\text{Jari-jari tangki} = 24,66 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho gh}{gc} ; \text{dengan } \frac{g}{gc} = 1$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = 1.062 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1,508 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan total} = \text{tekanan hidrostatik} + \text{tekanan operasi}$$

$$= 1.441 \text{ psi}$$

$$\text{Tekanan desain} = 20\% \times \text{tekanan total}$$

$$\text{Tekanan desain} = 1.729 \text{ psi}$$

Maka, tebal *shell* dapat dihitung menggunakan persamaan 13.1 Brownell

dan Young, 1959, hal. 254 sebagai berikut:

$$t = \frac{pr_i}{(fE - 0,6p)} + c$$

$$t = 2,704 \text{ in}$$

Diambil tebal *shell* standar sesuai tabel 5.7 Brownell dan Young, 1959, hal. 89-91 sebesar 2,75 in.

c. Menghitung Tebal *Head*

Dipilih *head* jenis ellipsoidal dengan pertimbangan kondisi operasi reaktor dijalankan pada tekanan tinggi. Tipe *head* ini biasanya digunakan untuk tekanan operasi diatas 200 psi (Brownell dan Young, 1959, hal. 92).

*Outside Diameter:*

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell})$$

$$OD = 56,08 \text{ in}$$

Diambil OD standar sebesar 60 in.

Sehingga dari tabel 5.7, Brownell dan Young, 1959, hal. 90 didapatkan data:

$$\text{Jari-jari sudut dalam } dish (icr) = 8,25 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari } dish (r) = 54 \text{ in}$$

Tebal *head* dapat dihitung menggunakan persamaan 13.10, Brownell dan Young, 1959, hal. 256 sebagai berikut:

$$t_h = \frac{pdV}{2fE - 0,2p} + c$$

Dengan: (Brownell dan Young, 1959, hal.87 dan *Example design calculation*, hal 256)

$$V = \frac{1}{6}(2 + k^2)$$



$$k = a/b$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$b = \frac{ID}{4}$$

Maka tebal *head* terhitung sebesar 2,579 in, sehingga diambil nilai standarnya sebesar 2,75 in. Kemudian berdasarkan tabel 5.8, Brownell dan Young, 1959, hal. 93, dipilih nilai *sf* standar yaitu 3 in.

Sehingga dapat diketahui dimensi reactor adalah sebagai berikut:

a) *Tinggi Head*

$$OA = sf + b + th$$

$$OA = 18,39 \text{ in}$$

$$OA = 0,467 \text{ m}$$

b) *Tinggi Reaktor*

$$H_{\text{reaktor}} = 2OA + H_{\text{shell}}$$

$$H_{\text{reaktor}} = 112,6 \text{ in}$$

$$H_{\text{reaktor}} = 2,861 \text{ m}$$

c) *Volume Dish*

$$V_{\text{dish}} = 0,000076di^3 \text{ (persamaan 5.14, Brownell dan Young, 1959, hal.}$$

$$95)$$

$$V_{\text{dish}} = 9,835 \text{ in}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,0001 \text{ m}^3$$

d) *Volume Straight Flange*

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} \times ID \times sf$$

$$V_{sf} = 119,1 \text{ in}^3$$

$$V_{sf} = 0.001 \text{ m}^3$$

e) *Volume Head*

$$V_h = 2(V_{sf} + V_{dish})$$

$$V_h = 257,9 \text{ in}^3$$

$$V_h = 0,004 \text{ m}^3$$

f) *Volume Shell*

$$V_{shell} = 1.015 \text{ in}^3$$

$$V_{shell} = 1,664 \text{ m}^3$$

g) *Volum Reaktor*

$$V_{reaktor} = V_s + V_h$$

$$V_{reaktor} = 1.018 \text{ in}^3$$

$$V_{reaktor} = 1,668 \text{ m}^3$$

h) *Volume Bottom*

$$V_b = 0,5 \times V_h$$

$$V_b = 128,9 \text{ in}^3$$

$$V_b = 0,002 \text{ m}^3$$

i) Volum Fluida

$$V_l = V_s - V_b$$

$$V_l = 1.014 \text{ in}^3$$

$$V_l = 1,662 \text{ m}^3$$

j) Tinggi Fluida

$$H_l = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$H_l = 1,283 \text{ m}$$

$$H_l = 4,209 \text{ ft}$$

## 5. Menentukan Dimensi Pengaduk

Kekentalan fluida yang diaduk yaitu sebesar 0,398 cP, sehingga dipilih pengaduk dengan tipe turbin yaitu *six-flat blades turbine*. Berdasarkan Brown, 1978, hal. 507 diperoleh data:

$$D_t/D_i = 3$$

$$Z_l/D_i = 3,900$$

$$Z_i/D_i = 1,300$$

$$W_b/D_i = 0,170$$

$$L/D_i = 0,250$$

$$\text{Jumlah } baffle = 4$$

Dari data di atas maka dihitung dimensi pengaduk sebagai berikut:

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = 0,417 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk (Zi)} = 0,543 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (Zl)} = 1,629 \text{ m}$$

$$\text{Lebar } baffle \text{ (Wb)} = 0,071 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = 0,104 \text{ m}$$

#### 6. Menghitung Kecepatan Putaran Pengaduk

##### a. *Specific Gravity*

$$sg = \frac{\rho \text{ fluida}}{\rho \text{ air}}$$

$$sg = 0,552$$

##### b. WELH (*Water Equivalent Liquid Height*)

$$\text{WELH} = Hl \times sg$$

$$\text{WELH} = 2,327 \text{ ft}$$

##### c. Jumlah Pengaduk

$$\text{Jumlah pengaduk} = \text{WELH}/D$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = 0,552 \text{ buah}$$

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

##### d. Kecepatan Putaran Pengaduk

$$N = \frac{600}{\pi d} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2d}}$$

$$N = 123,7 \text{ rpm}$$

#### 7. Menghitung Daya Motor

Reynold number dapat dihitung menggunakan persamaan:

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

$$Re = 6,500E+05$$

Sehingga dari grafik 447, Brown, 1978, hal. 508 diperoleh:

$$N_p = 4$$

#### 8. Menghitung Daya Pengaduk

$$P = \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot d^5}{550gc}$$

$$P = 0,373 \text{ hP}$$

#### 9. Menghitung Daya Motor Pengaduk

$$\text{Daya motor} = P/n$$

Efisiensi motor sebesar 80%, maka:

$$\text{Daya motor} = 0,466 \text{ hP}$$

$$\text{Daya motor sesuai standar NEMA} = 0,5 \text{ hP}$$

#### 10. Menghitung Panas Masuk dan Panas Keluar

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT = A(T - T_{ref}) + \frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4)$$

Tabel. Data Koefisien Kapasitas Panas Cairan

Komponen	A	B	C	D
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	25,59	0,571	-0,003	8,41E-06
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	74,59	0,334	-0,001	3,02E-06
H <sub>2</sub>	50,60	-6,113	0,309	-0,004148
O <sub>2</sub>	46,43	0,395	-7,052E-03	3,989E-05
H <sub>2</sub> O	92,05	-0,039	-2,110E-04	5,346E-07
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	-44,41	1,601	-0,004	4,76E-06
TiCl <sub>4</sub>	167,6	-0,133	- 2,23E-04	8,75E-07
C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> Al	181	0,304	-0,0004	5,82E-07

Sumber: Yaws C.L., 1999, hal. 56-81

Kapasitas panas HDPE pada suhu 75°C sebesar 10.997,84856 Kj/kmol.K (Aspen Plus).

Maka dari data-data yang ada dapat dihitung panas yang masuk sebesar 2.001.788 kJ/jam dan panas yang keluar reaktor sebesar 1.245.094 kJ/jam.

#### 11. Menghitung Panas Reaksi

$$\Delta H_R = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

Tabel. Data Panas Pembentukan pada Suhu 75°C

Komponen	$\Delta H_f$ produk
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	54.074
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	-15.138
H <sub>2</sub>	1.010
HDPE	-4.560

Sumber: Aspen Plus

Sehingga didapatkan panas reaksi sebesar -9.988.502 kJ/jam. Tanda negatif pada panas reaksi menandakan bahwa reaksi berlangsung secara eksotermis.

## 12. Neraca Panas Total

Tabel. Neraca Massa Total

	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus masuk	2.001.788	
Q reaksi	-4.560	
Q arus keluar		1.245.094
Q pendingin		10.745.197
Total	11.990.291	11.990.291

## 13. Menghitung Jumlah Kebutuhan Pendingin

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$\Delta H = C_p \Delta T$$

data:

Cp air pada 30°C = 4,138 kJ/kg

Cp air pada 45°C = 4,202 kJ/kg

Maka kebutuhan air pendingin sebesar 169.570 kg/jam.

## 14. Menghitung Luas Transfer Panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 66,59 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Sehingga luas transfer panas:

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

Berdasarkan tabel 8, Kern, hal. 840 maka dipilih nilai  $U_D$  untuk *light organic* yaitu 150 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.jam. sehingga besar nilai luas transfer panas 16,97 ft<sup>2</sup>.

#### 15. Menghitung Luas Selubung Reaktor

$A$  = Luas selimut reaktor + Luas penampang bawah reaktor

$$A = OD \times H + \left( \frac{\pi}{4} \times OD^2 \right)$$

$$A = 105,1 \text{ ft}^2$$

Luas area reaktor  $\geq$  luas transfer panas sehingga digunakan jaket pendingin.

#### 16. Menghitung Dimensi Jaket Pendingin

Jarak antara dinding luar tangka dan dinding bagian dalam jaket (jw) adalah 2 in. Sehingga diameter dalam jaket adalah diameter luar tangka ditambah dengan jw, maka:

$$ID = 58 \text{ in}$$

$$H = 87 \text{ in}$$

#### 17. Menghitung Tebal Dinding Jaket

Digunakan bahan konstruksi yang sama dengan reaktor, maka dihitung tebal dinding jaket:

$$ts = 2,837 \text{ in}$$



Diambil  $t_s$  standar 3 in.

#### 18. Menghitung Tebal *Bottom*

Bentuk *bottom* mengikuti bentuk *bottom* reaktor yaitu ellipsoidal.

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal } shell)$$

$$OD = 70 \text{ in}$$

Diambil OD standar 66 in. Sehingga diperoleh nilai  $i_{cr}$  4,875 in dan  $r$  60 in.

Maka:

$$t_b = 2,603 \text{ in}$$

Diambil  $t_b$  standar 3 in. Dan dipilih  $s_f$  standar 3 in.

Sehingga tinggi *bottom*:

$$OA = 22 \text{ in}$$

$$OA = 0,558 \text{ m}$$

#### 19. Menghitung Luas Transfer Panas Jaket

Luas permukaan untuk tebal  $> 1$  in ditunjukkan dengan persamaan 5.13,

Brownell dan Young, 1959, hal. 88 sebagai berikut:

$$\text{diameter} = OD + \frac{OD}{24} + 2s_f + \frac{2}{3}i_{cr} + t$$

$$D_e = 90 \text{ in}$$

$$D_e = 7,499 \text{ ft}$$

Sehingga luas transfer panas jaket:

$$A = \text{Luas selimut jaket} + \text{Luas penampang bawah jaket}$$

$$A = OD \times H + \left( \frac{\pi}{4} \times OD^2 \right)$$

$$A = 10.981 \text{ in}^2$$

$$A = 76,26 \text{ ft}^2$$

## 20. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jacket

Dari persamaan 20.10, Kern, hal. 718:

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,36 \left( \frac{L^2 \cdot N_p}{\mu} \right)^{2/3} \left( \frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Dengan  $\mu = \mu_w$

Maka dapat dihitung nilai  $h_i$  sebesar 5.004 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F.

## 21. Menghitung $h_{i0}$

Dari persamaan 6.5, Kern, hal. 105:

$$h_{i0} = h_i \frac{ID}{OD}$$

$$h_{i0} = 3.955 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.}$$

## 22. Menghitung $h_o$

Gt = kecepatan alir massa / luas penampang

$$Gt = 939,7 \text{ kg/h.m}^2$$

$$Gt = 192,4 \text{ lb/ft}^2$$

$$v = Gt/\rho$$

$$v = 5,594 \text{ ft/jam}$$

sehingga,

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

$$Re = 30,4$$

Dari grafik 24, Kern, hal. 834, diperoleh:

$$j_H = 3$$

$$h_0 = j_H \frac{k}{De} \left( \frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$h_0 = 23,41 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.}$$

### 23. Menghitung *Clean Overall Coefficient* ( $U_C$ ) dan *Designed Overall Coefficient*

( $U_D$ )

Berdasarkan persamaan 6.38, Kern, hal. 121:

$$U_C = \frac{h_i h_0}{h_i + h_0}$$

$$U_C = 23,28 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Didapatkan nilai *fouling factor* (tabel 12, Kern, hal. 845):

$$R_d = 0,002 \text{ ft/jam}^\circ\text{F/Btu}$$

$$h_D = 1/R_d$$

$$h_D = 500$$

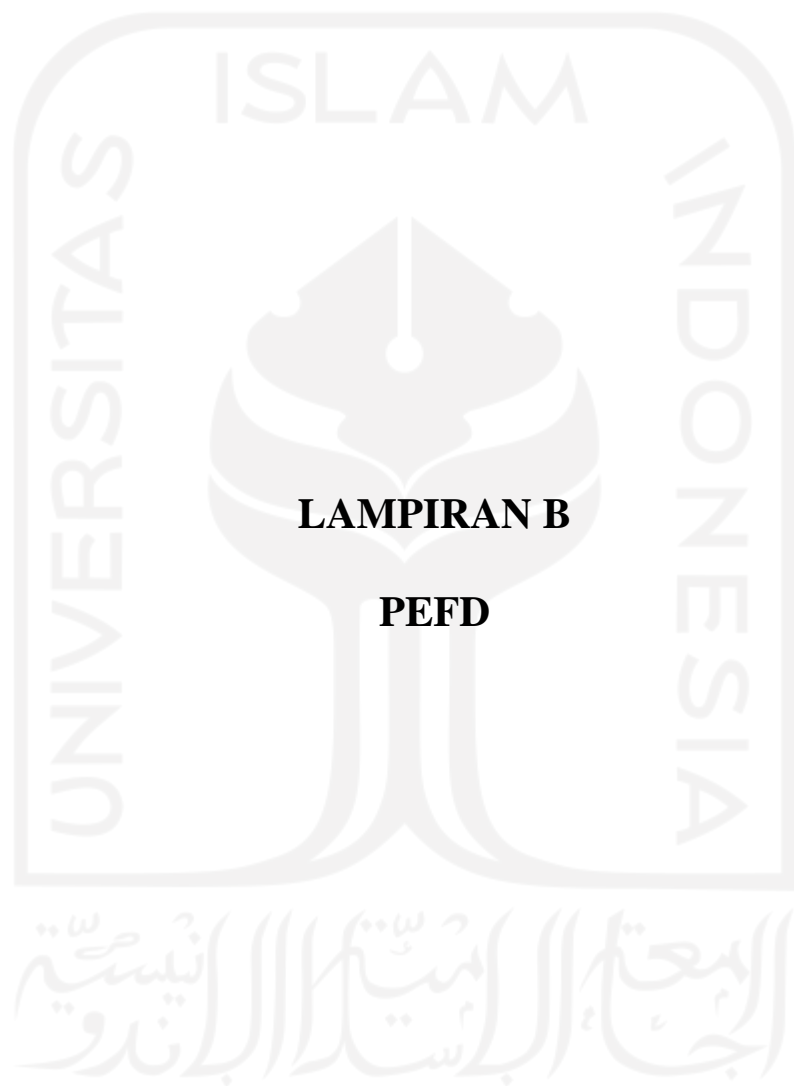
Berdasarkan *example 20.1*, Kern, hal. 720:

$$U_D = \frac{U_C h_D}{U_C + h_D}$$

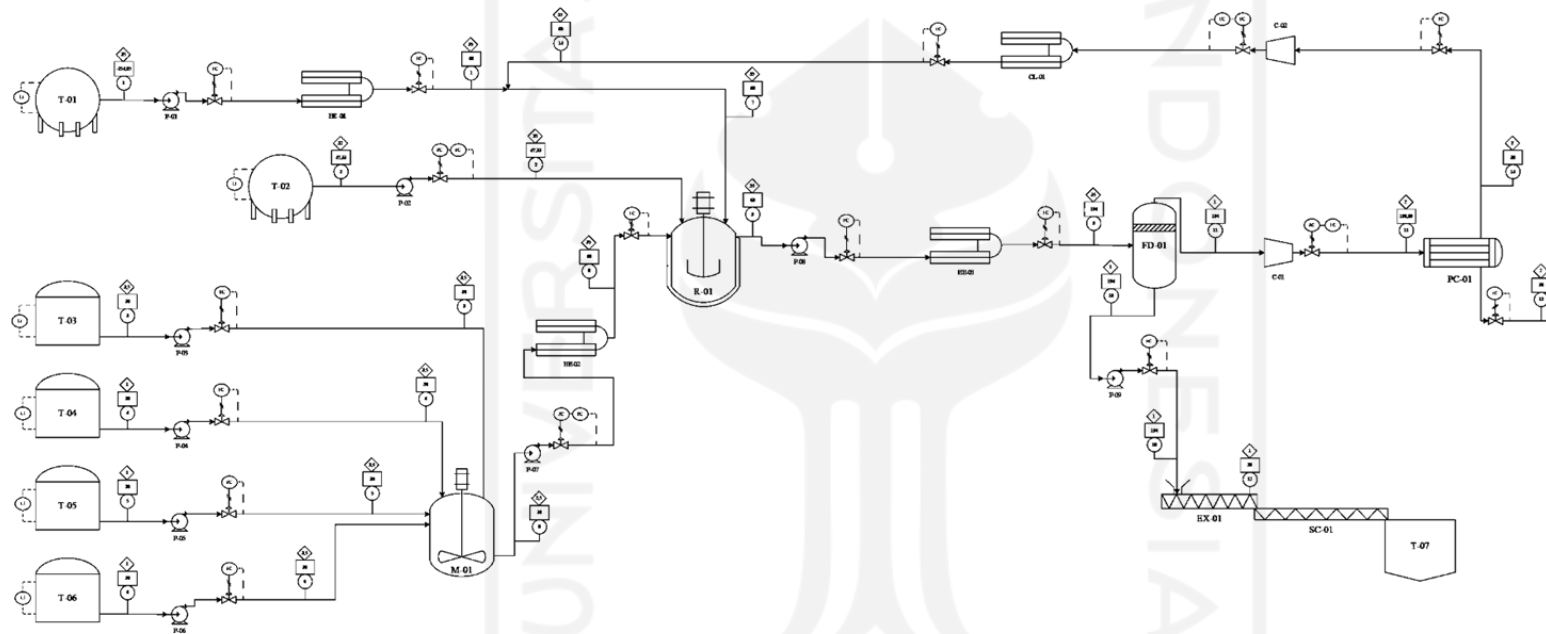
$$U_D = 22,24 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

$$U_D = 126,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$





**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI ETHYLENE**  
**KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



Komponen	Laju Alir (kg/jam)													
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14
C2H4	5312,3926						5591,9923		279,5996		279,5996			279,5996
C4H8			937,4810					937,481						
H2		0,1262							0,0013		0,0013		0,0013	
O2		0,0013							0,0053		0,0053		0,0053	
H2O		0,0053												
C6H12				17350,417				17350,417	17350,417	63,1313	17287,286	63,1313	17287,286	
TKC4					1,2500			1,2500	1,2500		1,2500		1,2500	
C6H15Al (C2H4)-3565						22,5776		22,5776	22,5776		22,5776		22,5776	
								6250	6250		6250			

Simbol	Alat
CL	Cooler
C	Compressor
EV	Expansion Valve
EX	Extruder
FD	Finish Drum
HE	Heater
M	Mixer
P	Pompa
PC	Partial Condenser
R	Reactor
SC	Screw Conveyor
T	Tangki

Simbol	Alat
FC	Flow Controller
LI	Level Indicator
PC	Pressure Controller
TC	Temperature Controller
atm	Tekanan, atm
°C	Suhu, °C
Nom	Nomor Arus
CV	Control Valve
P	Piping
SP	Sinyal Pneumatik
SE	Sinyal Elektrik

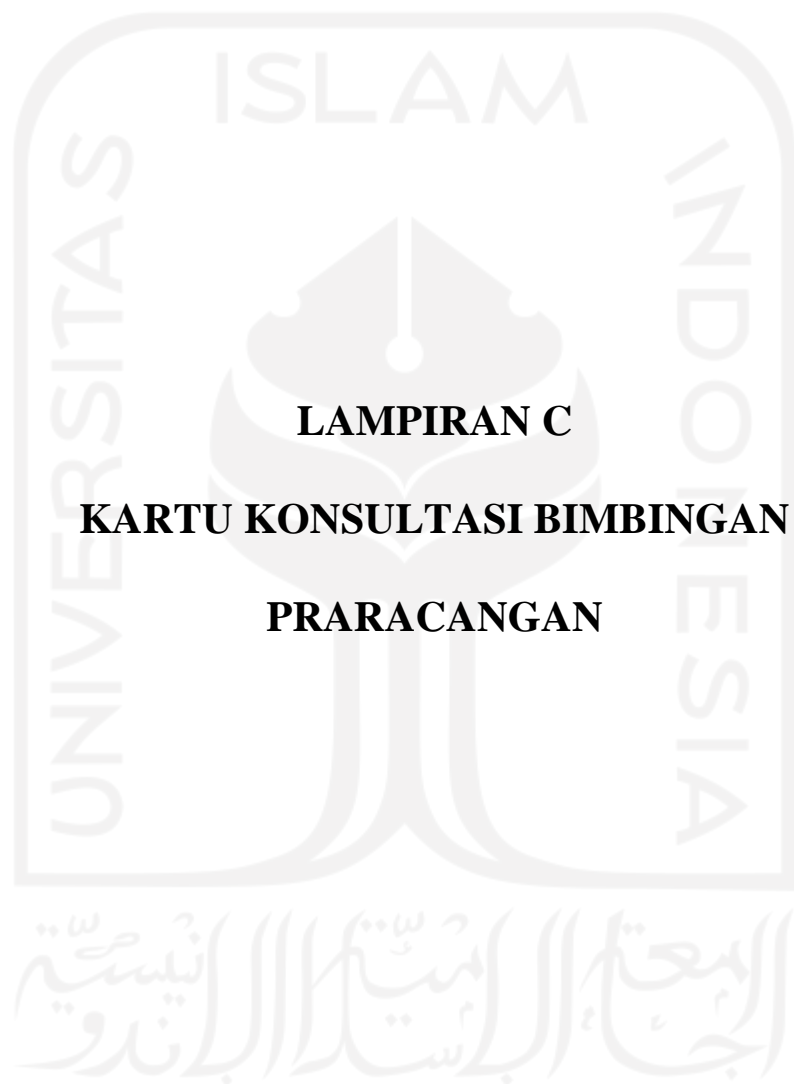


JURUSAN TEKNIK KIMIA  
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 2022

PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI  
 ETHYLENE KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH:  
 Yasinta Ady Kusumaningrum (18521160)  
 Rr. Aina Nur Aida (18521181)

DOSEN PEMBIMBING:  
 Drs. Ir. Faizal R.M., M.T., Ph.D.  
 Lili Kistiyani, S.T., M.Eng.



### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Yasinta Ady Kusumaningrum

No. MHS : 18521160









2. Nama Mahasiswa : Rr. Aina Nur Aisha

No. MHS : 18521181

Judul Prarancangan : PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI *ETHYLENE*  
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	1 Januari 2022	Perkenalan	
2.	2 Januari 2022	Diskusi mengenai tahap pra-rancangan pabrik	
3.	8 Februari 2022	Pengajuan persetujuan luaran 1 dan luaran 2	
4.	14 April 2022	Pengajuan persetujuan luaran 3	
5.	13 Juli 2022	Pengajuan persetujuan luaran 4 dan luaran 5	
6.	12 September 2022	Pengajuan persetujuan luaran , 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13	
7.	22 September 2022	Pengajuan persetujuan bab 6, bab 7, dan naskah	
8.	22 September 2022	Pengajuan persetujuan pendadaran	



Dosen Pembimbing 1



Faisal R. M., Ir., Drs., M.T., Ph.D.



## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa: Yasinta Ady Kusumaningrum

No. MHS : 18521160



2. Nama Mahasiswa: Rr. Aina Nur Aisha











No. MHS : 18521181

Judul Prarancangan : PRARANCANGAN PABRIK HDPE DARI *ETHYLENE*  
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	1 Januari 2022	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap pra-rancangan pabrik	
2.	10 Januari 2022	Penentuan kapasitas pabrik	
3.	14 Januari 2022	Diskusi Bab I melalui media Zoom	
4.	4 Februari 2022	Pengajuan persetujuan luaran 1 dan 2	
5.	5 Januari 2022	Revisi luaran 1 dan luaran 2	
6.	12 April 2022	Pengajuan persetujuan luaran 3	
7.	7 Juni 2022	Pembuatan diagram alir	
8.	13 Juni 2022	Revisi diagram alir	

9.	17 Juni 2022	Revisi diagram alir dan neraca massa	
10.	4 Juli 2022	Diskusi perhitungan optimasi reaktor	
11.	16 Juli 2022	Pengajuan persetujuan luaran 4 dan 5	
12.	17 Juli 2022	Revisi perancangan reaktor	
13.	12 September 2022	Revisi alat-alat pemisah	
14.	12 September 2022	Revisi PEFD	
15.	12 September 2022	Pengajuan persetujuan luaran 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13	
16.	19 September 2022	Pengajuan persetujuan bab 6, bab 7, dan naskah	
17.	21 September 2022	Revisi naskah	
18.	22 September 2022	Pengajuan persetujuan pendadaran	

Dosen Pembimbing 2



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.