

No :

**PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY*  
*POLYETHYLENE* (LLDPE) DENGAN PROSES  
POLIMERISASI FASE GAS DENGAN KAPASITAS  
330.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

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



Oleh :

Nama : Ahdiatma Ilafi Husna

Nama : Titis Mulya Habibah

No. Mhs : 16521078

No. Mhs : 16521079

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2021**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL**

**PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY*  
*POLYETHYLENE (LLDPE)* DENGAN PROSES  
POLIMERISASI FASE GAS DENGAN KAPASITAS 330.000  
TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahdiatma Ilafi Husna

Nama : Titis Mulya Habibah

No. Mhs : 16521078

No. Mhs : 16521079

Yogyakarta, 05 Januari 2021

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan 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 resiko dan konsekuensi apapun.

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



Ahdiatma Ilafi Husna



Titis Mulya Habibah

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY*  
*POLYETHYLENE (LLDPE)* DENGAN PROSES  
POLIMERISASI FASE GAS DENGAN KAPASITAS 330.000  
TON/TAHUN**

**PERANCANGAN PABRIK**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

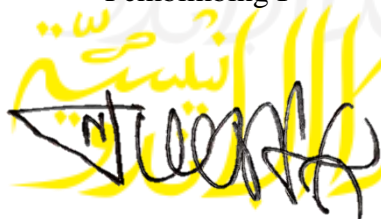
Nama : Ahdiatma Ilafi Husna  
No. Mhs : 16521078

Nama : Titis Mulya Habibah  
No. Mhs : 16521079

Yogyakarta, 05 Januari 2021

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Ir. Zainus Salimin, M.Si.

Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY*  
*POLYETHYLENE (LLDPE)* DENGAN PROSES  
POLIMERISASI FASE GAS DENGAN KAPASITAS 330.000  
TON/TAHUN**

**ISLAM  
PERANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Ahdiatma Ilafi Husna Nama : Titis Mulya Habibah  
No. Mhs : 16521078 No.Mhs : 16521079

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, 12 Januari 2021

Tim Penguji

Prof. Ir. Zainus Salimin, M.Si.

Ketua

Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.

Anggota I

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

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Tekonologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

*Alhamdulillahirabbil 'alamin.* Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Tugas Akhir yang berjudul "PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE)* DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE GAS DENGAN KAPASITAS 330.000 TON/TAHUN" ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tidak lupa penulis haturkan sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta para sahabatnya yang telah berjuang dari zaman jahiliyah hingga zaman sekarang yang kaya akan ilmu pengetahuan. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama melakukan penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari berkat bantuan dan tuntunan Allah SWT serta mendapat bimbingan, arahan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya sehingga Penelitian dan Laporan Penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

2. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa selama menjalankan Penelitian maupun menyelesaikan Laporan Penelitian ini.
3. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Prof. Ir.Zainus Salimin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan OMO yaitu Selva, Asiyah, Anggy, Asha, Tatang, dan Dinda yang sudah banyak membantu selama proses pembuatan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Lah Bocah yaitu Amel, Afnan, Dila dan Anggya yang sudah banyak membantu dan mengajarkan selama proses pembuatan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Teh Tarik Ajeng, Rhia, Laily, Winda, Dea yang sudah menghibur ketika mengerjakan Tugas Akhir.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
9. Dan pihak-pihak lainnya yang telah terlibat dalam proses penyusunan dan penyelesaian Laporan Penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dikarenakan kurangnya pengalaman dan ilmu pengetahuan. Maka, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini. Dan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Akhir kata, penulis ucapkan terimakasih.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 05 Januari 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
ABSTRAK .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
BAB IPENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	2
1.3 Tinjauan Pustaka .....	6
1.3.1 <i>Polyethylene</i> .....	6
1.3.2 Dasar Reaksi Polimerisasi .....	7
1.3.3 Mekanisme Reaksi Polimerisasi .....	9
1.3.4 <i>Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)</i> .....	11
1.3.5 Teknologi Proses Polimerisasi <i>Ethylene</i> Menjadi <i>Polyethylene</i> .....	13
1.3.6 Tinjauan Termodinamika.....	14
1.3.7 Tinjauan Kinetika .....	15
1.4 Tinjauan Proses .....	16
1.4.1 Macam-Macam Proses.....	16
1.4.2 Pemilihan Proses.....	20
BAB II PERANCANGAN PRODUK .....	22
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	22
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku .....	22
2.1.2 Spesifikasi Produk .....	25
2.2 Sifat Fisik dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk .....	26
2.2.1 Sifat Kimia dan Sifat Fisik Bahan Baku .....	26
2.2.2 Sifat Kimia dan Sifat Fisik Produk .....	30
2.3 Pengendalian Kualitas .....	30



BAB III PERANCANGAN PROSES .....	33
3.1 Uraian Proses .....	33
3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku .....	33
3.1.2 Tahap Reaksi Polimerisasi .....	35
3.1.3 Tahap Pemisahan Dan Pemurnian Produk .....	36
3.2 Spesifikasi Alat Proses .....	38
3.2.1 Tangki Penyimpanan Gas .....	38
3.2.2 Silo Penyimpanan .....	38
3.2.3 Tangki Penyimpanan Cairan .....	39
3.2.4 <i>Screw Conveyor</i> .....	40
3.2.5 Pompa .....	42
3.2.6 <i>Mixer</i> .....	44
3.2.7 <i>Vaporizer</i> .....	44
3.2.8 <i>Heat Exchanger</i> .....	45
3.2.9 <i>Expansion Valve</i> .....	46
3.2.10 Kompresor .....	47
3.2.11 Reaktor .....	47
3.2.12 <i>Cyclone</i> .....	48
3.2.13 <i>Purge Bin</i> .....	48
3.2.14 Extruder .....	49
3.2.15 <i>Pelletizer</i> .....	49
3.2.16 <i>Rotary Dryer</i> .....	50
3.2.17 <i>Screener</i> .....	50
3.2.18 <i>Bucket Elevator</i> .....	51
BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....	52
4.1 Lokasi Pabrik .....	52
4.1.1 Faktor Penunjang penentuan Lokasi Pabrik .....	54
4.2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....	55
4.3 Tata Letak Mesin /Alat Proses ( <i>Machines Layaot</i> ) .....	58
4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk .....	58
4.3.2 Aliran Udara .....	58
4.3.3 Pencahayaan .....	58
4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan .....	58
4.3.5 Tata Letak Alat Proses .....	59

4.3.6	Jarak Antara Alat Proses.....	59
4.4	Alir Proses dan Material.....	61
4.4.1	Neraca Massa Total .....	61
4.4.2	Neraca Panas.....	67
4.5	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	77
4.5.1	Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air ( <i>Water Treatment System</i> ) ...	77
4.5.2	Unit <i>Dowtherm</i> SR-1 .....	87
4.5.3	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	89
4.5.4	Unit Penyediaan Udara Tekan .....	92
4.5.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	92
4.5.6	Unit Pengelolaan Limbah .....	92
4.5.7	<i>Maintenance</i> .....	93
4.6	Organisasi Perusahaan.....	95
4.6.1	Bentuk Perusahaan.....	95
4.6.2	Struktur Organisasi .....	97
4.6.3	Tugas dan Wewenang.....	100
4.6.4	Hak-hak Karyawan .....	106
4.7	Evaluasi Ekonomi.....	110
4.7.1	Penaksiran Harga Peralatan .....	111
4.7.2	Dasar Perhitungan.....	114
4.7.3	Perhitungan Biaya.....	114
4.7.4	Analisa Kelayakan .....	116
4.7.5	Hasil Perhitungan.....	120
4.7.6	Analisa Keuntungan.....	123
4.7.7	Hasil Kelayakan Ekonomi .....	123
BAB V	PENUTUP .....	127
5.1	Kesimpulan.....	127
5.2	Saran .....	128
DAFTAR	PUSTAKA .....	129
LAMPIRAN	A .....	131
LAMPIRAN	B .....	139
LAMPIRAN	C .....	140

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data kebutuhan impor LLDPE tahun 2015-2019 .....	3
Tabel 1. 2 Data pabrik produsen LLDPE di Indonesia .....	4
Tabel 1. 3 Data produsen LLDPE di berbagai negara .....	6
Tabel 1. 4 Perbandingan proses pembuatan Linear Low Density Polyethylene (LLDPE).....	20
Tabel 2. 1 Sifat fisik etilen .....	26
Tabel 2. 2 Sifat fisik hidrogen .....	27
Tabel 2. 3 Sifat fisik nitrogen.....	28
Tabel 2. 4 Sifat fisik 1-Butene .....	29
Tabel 2. 5 Sifat fisik titanium tetraklorida .....	29
Tabel 2. 6 Sifat fisik triethylaluminium .....	29
Tabel 2. 7 Sifat fisik Linear Low Density Polyethylene .....	30
Tabel 3. 1 Spesifikasi tangki penyimpanan gas .....	38
Tabel 3. 2 Spesifikasi silo penyimpanan.....	38
Tabel 3. 3 Spesifikasi tangki penyimpanan cairan.....	39
Tabel 3. 4 Spesifikasi screw sonveyor .....	40
Tabel 3. 5 Spesifikasi screw conveyor (lanjutan) .....	41
Tabel 3. 6 Spesifikasi pompa .....	42
Tabel 3. 7 Spesifikasi pompa (lanjutan).....	43
Tabel 3. 8 Spesifikasi mixer.....	44
Tabel 3. 9 Spesifikasi vaporizer .....	44
Tabel 3. 10 Spesifikasi heat exchanger .....	45
Tabel 3. 11 Spesifikasi heat exchanger (lanjutan) .....	46
Tabel 3. 12 Spesifikasi Expansion Valve.....	46
Tabel 3. 13 Spesifikasi kompressor .....	47
Tabel 3. 14 Spesifikasi reaktor .....	47
Tabel 3. 15 Spesifikasi cyclone.....	48
Tabel 3. 16 Spesifikasi purge bin.....	48
Tabel 3. 17 Spesifikasi ekstruder.....	49
Tabel 3. 18 Spesifikasi pelletizer .....	49
Tabel 3. 19 Spesifikasi rotary dryer .....	50
Tabel 3. 20 Spesifikasi screener .....	50
Tabel 3. 21 Spesifikasi bucket elevator .....	51
Tabel 4. 1 Neraca massa di mixer .....	61
Tabel 4. 2 Neraca massa mixing point 1 .....	62
Tabel 4. 3 Neraca massa di vaporizer .....	62
Tabel 4. 4 Neraca massa di percabangan nitrogen.....	62
Tabel 4. 5 Neraca massa di mixing point 2.....	62
Tabel 4. 6 Neraca massa di mixing point 3.....	62
Tabel 4. 7 Neraca massa di mixing point 4.....	63
Tabel 4. 8 Neraca massa di mixing point 5.....	63
Tabel 4. 9 Neraca massa reaktor .....	63

Tabel 4. 10 Neraca massa di cyclone .....	64
Tabel 4. 11 Neraca massa di mixing point 6.....	64
Tabel 4. 12 Neraca massa di mixing point 7 .....	64
Tabel 4. 13 Neraca massa di purge bin .....	65
Tabel 4. 14 Neraca massa di mixing point 8.....	65
Tabel 4. 15 Neraca massa di extruder .....	65
Tabel 4. 16 Neraca massa di sekitar extruder .....	66
Tabel 4. 17 Neraca massa di rotary dryer .....	66
Tabel 4. 18 Neraca massa di screener .....	66
Tabel 4. 19 Neraca panas di heat exchanger 1 .....	67
Tabel 4. 20 Neraca panas di expansion valve 1 .....	67
Tabel 4. 21 Neraca panas di mixing point 1.....	67
Tabel 4. 22 Neraca panas di kompressor .....	68
Tabel 4. 23 Neraca panas di mixing point 1.....	68
Tabel 4. 24 Neraca massa pada vaporizer.....	68
Tabel 4. 25 Neraca panas di mixing point 4.....	69
Tabel 4. 26 Neraca panas di heat exchanger 2 .....	69
Tabel 4. 27 Neraca panas di reaktor.....	70
Tabel 4. 28 Neraca panas di expnsion valve 2.....	70
Tabel 4. 29 Neraca panas di heat exchanger 3 .....	70
Tabel 4. 30 Neraca panas di mixing point 7.....	71
Tabel 4. 31 Neraca panas di purge bin.....	71
Tabel 4. 32 Neraca panas di extruder.....	71
Tabel 4. 33 Neraca panas di sekitar extruder .....	72
Tabel 4. 34 Neraca panas di rotary dryer .....	72
Tabel 4. 35 Neraca massa.....	75
Tabel 4. 36 Kebutuhan air proses.....	85
Tabel 4. 37 Kebutuhan air steam .....	85
Tabel 4. 38 Total kebutuhan air .....	87
Tabel 4. 39 Kebutuhan dowtherm sr-1.....	87
Tabel 4. 40 Kebutuhan listrik alat proses.....	90
Tabel 4. 41 Kebutuhan listrik alat utilitas .....	91
Tabel 4. 42 Total kebutuhan listrik .....	92
Tabel 4. 43 Gaji karyawan .....	107
Tabel 4. 44 Gaji karyawan (lanjutan).....	108
Tabel 4. 45 Jadwal kerja.....	109
Tabel 4. 46 Index harga alat tahun 1991-2019.....	112
Tabel 4. 47 Perkiraan index harga alat tahun 2019-2023.....	113
Tabel 4. 48 Physical Plant Cost.....	120
Tabel 4. 49 Direct Plant Cost .....	120
Tabel 4. 50 Fixed Capital Investment .....	120
Tabel 4. 51 Direct Manufacturing Cost.....	121
Tabel 4. 52 Indirect Manufacturing Cost .....	121
Tabel 4. 53 Fixed Manufacturing Cost .....	121
Tabel 4. 54 Manufacturing Cost.....	121
Tabel 4. 55 Working Capital.....	122

Tabel 4. 56 General Expense .....	122
Tabel 4. 57 Total Production Cost .....	122
Tabel 4. 58 Fixed Cost (Fa).....	122
Tabel 4. 59 Variable Cost (Va) .....	122
Tabel 4. 60 Regular Cost (Ra) .....	123



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Reaksi polimerisasi .....	8
Gambar 1. 2 Reaksi pembentukan pusat aktif katalis .....	9
Gambar 1. 3 Tahap inisiasi .....	10
Gambar 1. 4 Tahap propagasi .....	10
Gambar 1. 5 Tahap terminasi .....	11
Gambar 1. 6 Perbedaan struktur molekul LDPE, LLDPE dan HDPE .....	12
Gambar 1. 7 Skema proses <i>suspension</i> produksi LLDPE.....	17
Gambar 1. 8 Skema proses <i>gas phase</i> produksi LLDPE .....	19
Gambar 1. 9 Skema <i>solution process</i> produksi LLDPE .....	20
Gambar 2. 1 Reaksi pembentukan nitrogen monoksida.....	28
Gambar 4. 1 Lokasi perencanaan pabrik LLDPE dilihat dari satelit .....	52
Gambar 4. 2 Layout pabrik Linear Low Density Polyethylene .....	57
Gambar 4. 3 Layout tata letak alat di pabrik Linear Low Density Polyethylene..	60
Gambar 4. 4 Diagram alir kualitatif .....	73
Gambar 4. 5 Diagram alir kuantitatif.....	74
Gambar 4. 6 Struktur Organisasi.....	97
Gambar 4. 7 Grafik index harga alat tahun 1991-2019.....	113
Gambar 4. 8 Grafik Analisa Ekonomi .....	126

## ABSTRAK

Industri plastik di Indonesia diproyeksi akan terus berkembang dikarenakan oleh konsumsi masyarakat yang tinggi. Akan tetapi, terdapat ketidakseimbangan antara suplai dan permintaan dalam negeri dikarenakan masih rendahnya kapasitas produksi pabrik LLDPE di Indonesia, sehingga kebutuhan LLDPE belum dapat dipenuhi sepenuhnya oleh produsen Indonesia. Tingginya kebutuhan impor dari tahun ke tahun menjadi pertimbangan utama diperlukannya pembangunan pabrik LLDPE. Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) direncanakan akan dibangun di kawasan industri Cilegon, Banten yang beroperasi pada tahun 2025 dengan kapasitas 330.000 ton/tahun selama 330 hari dengan total 201 karyawan. LLDPE diproduksi melalui proses polimerisasi fase gas menggunakan reaktor *Fluidized Bed* dengan kondisi operasi 80°C dan tekanan 20 atm.. Proses polimerisasi dilakukan dengan mereaksikan gas etilen sebagai bahan baku utama dengan gas 1-butene dan gas hidrogen. Katalis  $TiCl_4.MgCl_2$  sebagai inisiator dan ko katalis Trietilaluminium (TEAL) sebagai aktivator katalis ikut digunakan dalam proses ini. Utilitas pendukung proses produksi meliputi air laut untuk memenuhi kebutuhan air sebanyak 9.131,635 kg/jam, Dowtherm SR-1 sebagai media pendingin reaktor sebanyak 289.448,897 kg/jam, kebutuhan bahan bakar berupa solar sebanyak 567,917 L/jam, serta kebutuhan listrik sebesar 10.992,492 kW yang dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara dan generator sebagai cadangan. Hasil analisa ekonomi menunjukkan bahwa pembangunan pabrik ini membutuhkan investasi modal tetap (*fixed capital*) sebesar Rp 1.193.149.134.212 dan modal kerja (*working capital*) sebesar Rp 4.099.222.007.277. Diketahui keuntungan setelah pajak 25% pada perancangan pabrik ini adalah sebesar Rp 352.741.602.244. Persentase dari *Return On Investment* (ROI) sesudah pajak adalah sebesar 29,56% dengan *Pay Out Time* (POT) selama 2,53 tahun. Break Even Point berada pada 47,30% dan *Shut Down Point* (SDP) pada 29,9% serta *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 11,30%. Sehingga, berdasarkan analisa ekonomi tersebut, maka pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) berkapasitas 330.000 merupakan pabrik dengan resiko rendah yang layak untuk didirikan.

**Kata kunci :** LLDPE, etilen, polimerisasi, gas

## ABSTRACT

*Plastic industry in Indonesia is expected to develop because of the high public consumption. But there is an imbalance in the supply and demand caused by the low number of LLDPE production capacity as the demand of LLDPE is not fulfilled by the domestic plant. Therefore, the high numbers of import from year to year become the main consideration of LLDPE plant establishment. Linear Low Density Polyethylene Plant is planned to build at the industrial area in Cilegon, Banten which is operated in 2025 with capacity of 330.000 tons/year in 330 days with the total of 201 employees. LLDPE is produced in the gas phase polymerization process in the Fluidized Bed Reactor with operation condition of 80°C and pressure of 20 atm. Polymerization process is done by reacting ethylene gas as the main material with 1-butene gas and hydrogen gas.  $TiCl_4.MgCl_2$  catalyst as the initiator and triethylaluminium (TEAL) as catalyst activator also used in this process. The utilities needed are 9.1311,635 kg/hour of sea water to fulfil the water needs, 289.448,897 kg/hour Dowtherm SR-1 as the cooler in the reactor, 567,917 L/hour diesel as the fuel oil, and 10.992,492 kW for electricity which is provided by PLN and generator as the backup. The economy analysis shows that establishment of this plant needs fixed capital of Rp 1.193.149.134.212 and working capital of Rp 4.099.222.007.277. It also shows the profit of this plant establishment is Rp 352.741.602.244 after the tax. Return On Investment (ROI) after tax is 29,56% with Pay Out Time (POT) in 2,53 years. Break Even Point is on 47,30%, Shut Down Point (SDP) is on 29,9%, and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is on 11,30%. Therefore, based on the economy analysis, it can be concluded that Linear Low Density Polyethylene Plant with capacity of 330.000 tons/year is a low risk plant which is feasible to establish.*

**Keywords :** LLDPE, ethylene, polymerization, gas



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri plastik di Indonesia diproyeksi akan terus berkembang dikarenakan oleh konsumsi masyarakat yang tinggi. Seiring dengan perkembangan zaman, permintaan pasar akan semakin meningkat disebabkan oleh banyaknya peralatan dan komponen yang memanfaatkan plastik sebagai bahan baku utama maupun bahan pendukung. Hal ini dikarenakan plastik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan lain, diantaranya cukup kuat walaupun cenderung ringan, tidak tembus air, dan bersifat isolator.

*Polyethylene* (PE) adalah salah satu jenis plastik yang aplikasinya sangat luas dalam kehidupan sehari-hari. Memiliki sifat termoplastik menjadikan *polyethylene* menjadi lebih mudah dibentuk. Selain itu, *polyethylene* juga tidak mudah larut dalam pelarut apapun pada suhu ruangan. Salah satu jenis *polyethylene*, yaitu LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) merupakan jenis plastik yang memiliki sifat mekanis dan sifat fisik yang baik, seperti titik leleh yang tinggi, *tensile strength* yang baik sehingga LLDPE banyak digunakan sebagai film, kemasan pembungkus, serta komponen pelindung elektronik.

Kebutuhan LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) terus meningkat dari tahun ke tahun disebabkan oleh permintaan pasar. Akan tetapi, terdapat ketidakseimbangan antara suplai dan permintaan dalam

negeri dikarenakan masih rendahnya kapasitas produksi pabrik LLDPE di Indonesia, sehingga kebutuhan LLDPE belum dapat dipenuhi sepenuhnya oleh produsen Indonesia. Oleh karena itu, diambil kebijakan untuk mengimpor LLDPE untuk mengatasi ketidakseimbangan tersebut. Tingginya kebutuhan impor dari tahun ke tahun menjadi pertimbangan utama diperlukannya pembangunan pabrik LLDPE. Selain itu, beberapa manfaat yang didapatkan pada pembangunan pabrik LLDPE ini, di antaranya :

1. Dapat memenuhi kebutuhan LLDPE dalam negeri dan memperbesar peluang ekspor
2. Mengurangi nilai impor yang semakin meningkat sehingga dapat menekan devisa negara
3. Menciptakan lapangan pekerjaan baru sehingga dapat mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik**

Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) direncanakan akan beroperasi pada tahun 2025. Penentuan kapasitas pabrik dilakukan menggunakan analisis *supply* dan *demand* dimana data *supply* merupakan total dari proyeksi kebutuhan impor pada tahun operasi pabrik dan produksi LLDPE yang telah berdiri dalam negeri, sedangkan data *demand* merupakan kapasitas permintaan yang didapatkan dari total proyeksi ekspor pada tahun operasi pabrik dan konsumsi LLDPE dalam negeri.

a. *Data Supply*

- Kebutuhan Impor *Linear Low Density Polyethylene* di Indonesia

Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa kebutuhan LLDPE di Indonesia terus mengalami peningkatan dilihat dari nilai impor yang mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Data kebutuhan impor LLDPE dapat dilihat pada tabel berikut.

*Tabel 1. 1 Data kebutuhan impor LLDPE tahun 2015-2019*

Tahun	Impor (ton/tahun)
2015	440.723
2016	456.438
2017	465.588
2018	521.830
2019	517.328

(Sumber : [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), Juni 2020)

Perkiraan kebutuhan impor pada tahun 2025 dapat ditentukan dengan metode persen pertumbuhan, dimana dari tabel diatas dapat diketahui nilai persen pertumbuhan tiap tahun adalah sebesar 4,2%.

Dari persen pertumbuhan tersebut didapatkan perkiraan kebutuhan impor pada tahun 2025 adalah 662.174 ton.

- Kapasitas Produksi Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* yang telah beroperasi di Indonesia

Ada 2 pabrik *Linear Low Density Polyethylene* yang telah beroperasi di Indonesia. Namun, kapasitas produksi yang dihasilkan dari kedua pabrik tersebut masih belum dapat memenuhi

kebutuhan LLDPE dalam negeri. Data produsen LLDPE di Indonesia ditunjukkan pada Tabel 1.2.

*Tabel 1. 2 Data pabrik produsen LLDPE di Indonesia*

Nama Pabrik	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
PT Chandra Asri Petrochemical	Cilegon, Banten	400.000
PT. Lotte Chemical Titan Nusantara	Cilegon, Banten	200.000

(Sumber : Company Overview PT. Chandra Asri, Juni 2020)

Produksi LLDPE dalam negeri dengan total kapasitas sebesar 600.000 ton/tahun merupakan kapasitas terpasang dari masing-masing pabrik. Diasumsikan bahwa hingga tahun 2025 tidak ada pabrik LLDPE yang berdiri sehingga nilai kapasitas produksi pada kapasitas terpasang dari kedua pabrik yang telah didirikan tersebut berada pada nilai 600.000 ton/tahun.

Data *supply* merupakan total dari proyeksi kebutuhan impor pada tahun operasi pabrik dan produksi LLDPE yang telah berdiri dalam negeri, sehingga :

$Supply = \text{proyeksi kebutuhan impor tahun 2025} + \text{pabrik produksi LLDPE yang telah beroperasi dalam negeri}$

$$Supply = 662.174 \text{ ton} + 600.000 \text{ ton}$$

$$Supply = 1.262.174 \text{ ton}$$

b. *Data Demand*

- Nilai Ekspor LLDPE

Mengingat dari sangat besarnya kebutuhan LLDPE dalam negeri sementara produksi dalam negeri belum dapat mencukupi sehingga kebutuhan tersebut masih harus dipenuhi dengan melakukan impor, maka dianggap tidak ada ekspor LLDPE yang dilakukan dari Indonesia ke luar negeri. Selain itu diasumsikan pula bahwa data ekspor yang ada hanya merupakan re-ekspor (re-ekspor adalah keadaan dimana LLDPE yang tersisa dari kegiatan impor kemudian diekspor kembali ke luar negeri), sehingga nilai ekspor LLDPE dapat diabaikan.

- Konsumsi LLDPE di Indonesia

Karena ekspor diabaikan, maka dapat diasumsikan bahwa nilai konsumsi LLDPE di Indonesia bernilai sama dengan nilai *supply* yaitu sebesar 1.262.174 ton.

c. Kapasitas Minimum Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* yang telah beroperasi di berbagai negara

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus lebih dari atau sama dengan kapasitas minimum produksi pabrik *Linear Low Density Polyethylene* yang telah beroperasi. Hal ini dilakukan sebagai pertimbangan nilai ekonomi dari pabrik yang akan didirikan. Berikut data pabrik LLDPE yang telah beroperasi di berbagai negara.

Tabel 1. 3 Data produsen LLDPE di berbagai negara

No.	Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1.	PT. Chandra Asri Petrochemical	Indonesia	400.000
2.	PT. Lotte Chemical Titan Nusantara	Indonesia	200.000
3.	INEOS Grangemouth	Eropa	330.000
4.	INEOS Koeln	Eropa	230.000
5.	SK Global, Korea	Korea	210.000
6.	Qatofin Company	Saudi Arabia	600.000
7.	Petro Rabigh	Saudi Arabia	350.000
8.	Shaanxi Yulin Energy & Chemical	China	300.000

(Sumber : Mrcplast.com dan PT. Chandra Asri Petrochemical, Juni 2020)

Peluang kapasitas pabrik merupakan peluang yang bernilai sama dengan kebutuhan impor, yaitu sebesar 662.174 ton. Penentuan kapasitas pendirian pabrik diambil 50% dari peluang kapasitas, sehingga :

$$\text{Kapasitas pabrik} = 50\% \times \text{peluang kapasitas}$$

$$\text{Kapasitas pabrik} = 50\% \times 662.174 \text{ ton}$$

$$\text{Kapasitas pabrik} = 331.087 \text{ ton} \sim 330.000 \text{ ton}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa kapasitas pabrik LLDPE yang akan didirikan adalah sebesar 330.000 ton/tahun. Kapasitas ini sesuai dengan pertimbangan kapasitas minimum pabrik LLDPE yang telah beroperasi di berbagai negara dimana nilainya melebihi kapasitas minimum (200.000 ton/tahun)

## 1.3 Tinjauan Pustaka

### 1.3.1 Polyethylene

*Polyethylene* adalah polimer termoplastik yang sangat sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. *Polyethylene* ini tidak larut

didalam pelarut apapun pada suhu kamar. Polimer ini dapat tahan terhadap asam dan basa tetapi tidak dapat dirusak oleh asam nitrat pekat. *Polyethylene* berasal dari monomer penyusun berupa etana (*ethylene*). Seorang ahli kimia jerman bernama *Hans Von Pechman* pada tahun 1898 yang pertama kali mensistesis *polyethylene* secara tidak sengaja dari pemanasan *diazomethane*. Sedangkan secara industri, pada tahun 1936 *E.W Fawcett* mensistesis *polyethylene* pertama kali di Laboratorium *Imperial Chemical Industries, Ltd (ICI)*, Inggris. Dalam sebuah percobaan, *ethylene* yang merupakan bahan baku sisa reaksi diteliti sampai pada tekanan  $1446,52 \text{ kg/cm}^2$  dan dengan temperatur  $170 \text{ }^\circ\text{C}$ .

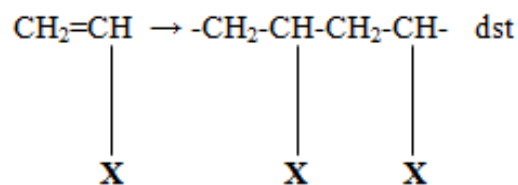
Polimer mulai diperkenalkan pada tahun 1940 secara komersial. *Polyethylene* dengan densitas rendah (*low density*) dan tekanan tinggi (*high pressure*) merupakan polimer *ethylene* yang pertama kali diperdagangkan. Setelah mengalami beberapa perkembangan, produksi dari *low density polyethylene* meluas dengan cepat. *Ziegler* pada tahun 1953, berhasil menemukan suatu cara untuk membuat *polyethylene* secara *organometalic* yang dimana setahun kemudian berhasil diproduksi. *Polyethylene* yang telah dibuat oleh *Ziegler* yaitu *polyethylene* tanpa tekanan. Sampai sekarang, *polyethylene* merupakan jenis polimer yang paling banyak diproduksi.

### **1.3.2 Dasar Reaksi Polimerisasi**

Proses pembuatan polietilen jenis homopolimer berlangsung pada reaksi polimerisasi penambahan rantai atau yang dikenal dengan

polimerisasi adisi. Polimerisasi adisi merupakan polimerisasi yang melibatkan reaksi rantai dan disebabkan oleh radikal bebas (partikel reaktif yang mengandung electron tak berpasangan) atau ion. Polimer yang dihasilkan melalui polimerisasi adisi adalah turunan etena berbentuk  $\text{CH}_2=\text{CHX}$  atau  $\text{CH}_2=\text{CXY}$ , dengan nama lain monomer vinil.

Menurut F.W Billmeyer pada tahun 1984, reaksi umum polimerisasi etilen dapat dituliskan sebagai berikut:



*Gambar 1. 1 Reaksi polimerisasi*

Polimerisasi berlangsung sangat cepat (beberapa detik), sedangkan reaksi keseluruhannya memakan waktu lama. Penelitian menunjukkan bahwa reaksi rantai yang berlangsung dalam suatu deret reaksi cepat yang diselingi waktu yang cukup panjang yang di istilah kan sebagai gejolak.

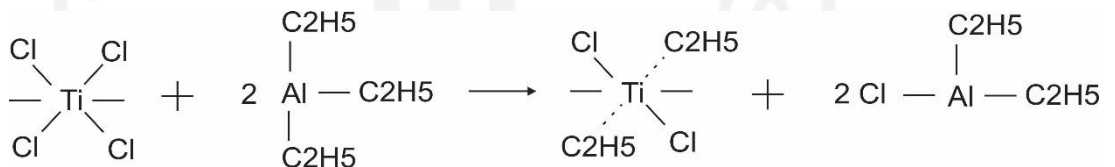
Kecepatan reaksi polimerisasi dapat dipercepat dengan bantuan katalis. Katalis ini membuat terjadinya mekanisme alternatif, yang dimana energy aktivasi dari tiap langkah reaksi akan lebih rendah daripada energi aktivasi pada reaksi tanpa adanya katalis. Pusat katalis bergabung dengan paling sedikit satu reaktan kemudian bereaksi menjadi produk. Siklus ini berlangsung secara terus-menerus hingga dihasilkannya produk dalam jumlah yang besar hanya dengan sedikit katalis. Katalis yang digunakan



adalah katalis  $\text{TiCl}_4$  dan  $\text{MgCl}_2$ , dan untuk kokatalis yang digunakan ialah TEAL (Triethyl Aluminium).

### 1.3.3 Mekanisme Reaksi Polimerisasi

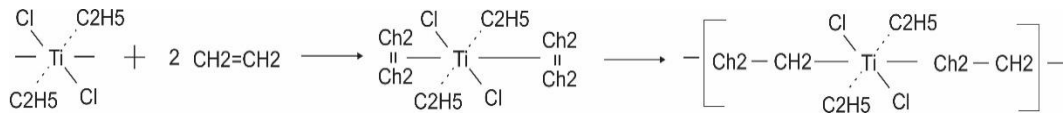
Reaksi polimerisasi etilen terjadi melalui polimerisasi adisi koordinasi karena pada proses nya digunakan katalis logam transisi, yaitu  $\text{TiCl}_4$  dan kokatalis  $\text{Al}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ . Reaksi polimerisasi akan terus terjadi hingga gugus fungsi tidak dapat bereaksi lagi. Reaksi baru dapat dihentikan apabila diadakan penambahan hidrogen sebagai agen terminasi pada reaksi polimerisasi. Mekanis mereaksi polimerisasi terjadi di dalam reaktor. Sebelum berlangsungnya proses polimerisasi, katalis  $\text{TiCl}_4$  akan diaktifkan dengan menggunakan kokatalis  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  sehingga akan terbentuk pusat aktif (*active center*) pada katalis. Reaksi pembentukan pusat aktif dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 1. 2 Reaksi pembentukan pusat aktif katalis

#### 1. Inisiasi

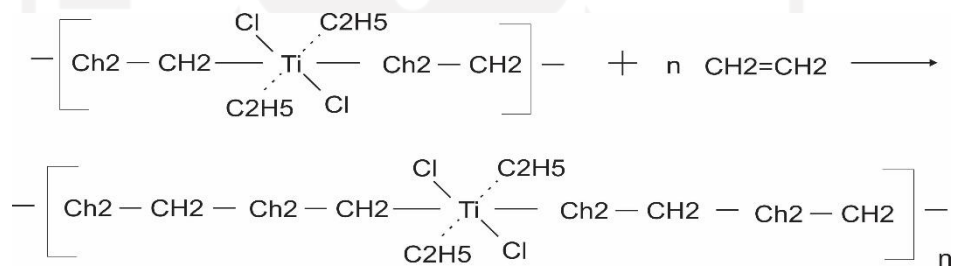
Pada tahap inisiasi, monomer etilen terkoordinasi pada sisi aktif katalis sampai terbentuk kompleks dengan gugus alkil, dan menjadi gugus etil. Molekul monomer ini terikat di dalam kompleks aktif dengan memutuskan ikatan Ti, hingga terbentuknya polietilen.



Gambar 1. 3 Tahap inisiasi

## 2. Propagasi

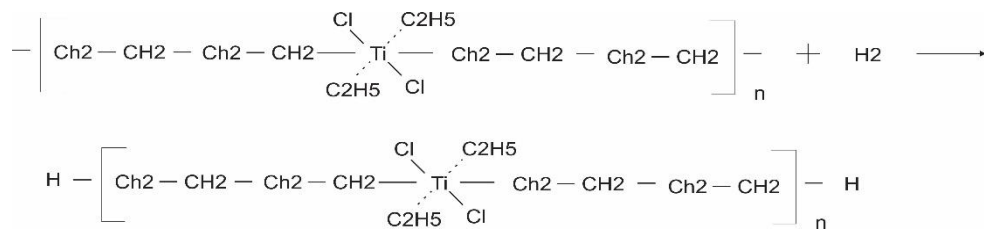
Pada tahap ini, monomer etilen yang telah melakukan kontak dengan katalis akan mengalami penambahan rantai secara terus menerus hingga terbentuk rantai polimer yang panjang. Tahap propagasi akan berlangsung hingga terbentuk polimer dengan densitas yang diinginkan.



Gambar 1. 4 Tahap propagasi

## 3. Terminasi

Tahap terakhir pada proses polimerisasi adalah terminasi. Pada tahap ini dilakukan penambahan hidrogen yang berperan sebagai agen terminator. Hidrogen berfungsi untuk memutus ikatan antara Ti dan C sehingga terbentuk ikatan antara Ti dengan H pada rantai polimer. Hal tersebut yang menyebabkan tahap ini menjadi tahap terakhir dari proses polimerisasi, karena penambahan hidrogen dapat menyebabkan terhentinya proses polimerisasi. Reaksi pada tahap terminasi ditunjukkan pada gambar.

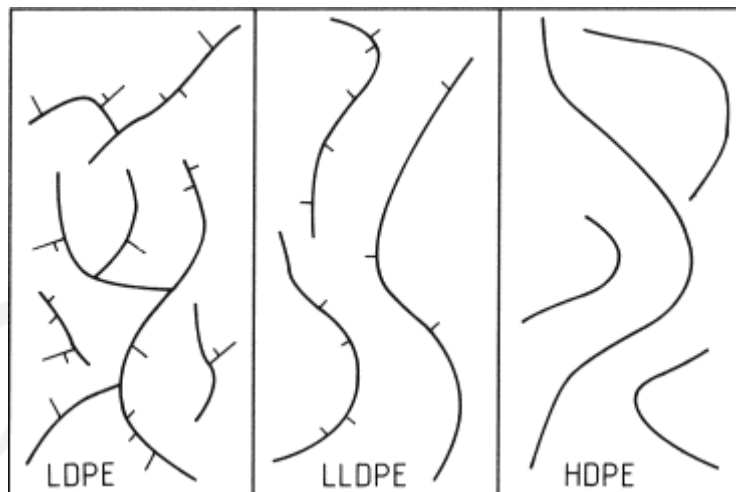


Gambar 1. 5 Tahap terminasi

### 1.3.4 Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)

*Linear Low Density Polyethylene* atau LLDPE adalah jenis polietilena yang sering digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai macam plastik, seperti plastik untuk produk makanan dan sebagai plastik untuk beban berat. LLDPE memiliki sifat kimia dengan densitas diantara 0.915–0.925 g/cm<sup>3</sup>. LLDPE merupakan polimer dengan percabangan rantai yang pendek dan dengan jumlah rantai yang cukup signifikan. Umumnya dibuat dengan kopolimerisasi etilena dengan rantai pendek alfa-olefin (1-butena, 1-heksena, 1-oktena, dan sebagainya).

Berdasarkan struktur molekul, polietilen dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu: *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). Diantara tiga jenis polietilen tersebut terdapat perbedaan dimana perbedaan tersebut terletak pada kondisi reaksi pembuatannya sehingga sifat produknya juga berlainan. LDPE memiliki struktur rantai percabangan tinggi yang cabang-cabangnya panjang dan pendek. LLDPE mempunyai rantai polimer lurus dan rantai cabangnya pendek, kemudian HDPE yang mempunyai struktur rantai yang lurus.



*Gambar 1. 6 Perbedaan struktur molekul LDPE, LLDPE dan HDPE*

LLDPE memiliki kinerja mekanik yang lebih baik daripada LDPE dan sifat optik yang lebih baik daripada HDPE. LLDPE telah menggantikan LDPE dalam berbagai aplikasi dan sekarang sudah mapan di pasar seperti film, cetakan injeksi, cetakan rotasi, kawat dan kabel. LLDPE juga sering dicampur atau disatukan dengan LDPE dan HDPE untuk menyesuaikan sifat-sifat produksi untuk memenuhi persyaratan aplikasi khusus.

Kebutuhan polimer LLDPE di Indonesia cenderung meningkat hal tersebut ditunjukkan dengan nilai impor yang semakin tinggi. Penggunaan polimer LLDPE biasanya diaplikasikan sebagai bahan pembuat plastik. Sifat plastik LLDPE yang tahan terhadap suhu yang tinggi (titik lunak di atas 100°C) membuat LLDPE aman jika digunakan sebagai pembungkus makanan ataupun bahan makanan. Selain itu LLDPE juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan wadah plastik seperti ember ataupun baskom. Sifat LLDPE yang tidak mudah pecah dan fleksibel inilah yang

menyebabkan kebutuhan polimer LLDPE di Indonesia setiap tahunnya cenderung meningkat.

### 1.3.5 Teknologi Proses Polimerisasi *Ethylene* Menjadi *Polyethylene*

Menurut *Byrson, J.A* pada tahun 1995, reaksi polimerisasi dapat dilakukan pada fase cair, gas maupun padat,. Awal mulanya proses polimerisasi yang banyak digunakan ialah polimerisasi dalam fase cair atau larutan. Permasalahan utamanya dalam proses itu ialah terdapat biaya yang tinggi dalam proses pemisahan katalis dan sisa pelarut dari produknya. Pada tahun 1970-an reaksi polimerisasi berkembang dengan katalis yang jauh lebih baik. Kelebihan dalam proses fasa gas ini ialah dimana tidak memerlukan adanya proses pemisahan katalis dari polimer, dikarenakan katalis sudah menyatu didalam produk. Terdapat kesulitan utama dari proses ini yaitu pengendalian aktivasi katalis dan kemungkinan ada terbentuknya oligomer. Oligomer merupakan rangkaian beberapa molekul bukan polimer, misalnya dimer, trimer, tetramer dan lain-lain.

Penggunaan katalis ini sangat berpengaruh dari segi faktor ekonomis pada teknologi polimerisasi. Reaksi polimerisasi adisi memerlukan senyawa pemicu yang dimana senyawa pemicu ini dapat memberikan muatan atau elektron bebas pada ikatan rangkap *ethylene*. Jika tidak ada katalis, reaksi polimerisasi hanya dapat berlangsung pada temperatur tinggi ( $\pm 350^{\circ}\text{C} - 500^{\circ}\text{C}$ ) dengan tekanan 2,5-10 atm. Hal ini disebabkan energi aktivasi yang cukup tinggi yaitu sekitar 35-43.5

kkal/mol, dengan adanya katalis akan mempercepat jalannya reaksi dengan mengurangi energi aktivasi yang diperlukan.

Faktor penentu dari keberhasilan suatu proses polimerisasi ialah tipe katalis yang digunakan. Katalis ini harus memiliki keaktifan yang tinggi namun mudah dikendalikan. Katalis yang biasanya banyak digunakan ialah katalis organo metalic seperti  $TiCl_4$ . Perusahaan *Imperial College Industry* (ICI) pada tahun 1936 mematenkan proses dasar polimerisasi *ethylene*, yaitu proses yang menghasilkan *polyethylene* jenis LLDPE dengan kondisi pada tekanan yang tinggi. Pada tahun 1954 muncul cara lain dalam mereaksikan polimerisasi *ethylene* dengan proses *Ziegler* yang menggunakan katalis alumunium alkyl ( $TiCl_4$ ). Dengan proses ini, *polyethylene* dapat diproduksi pada tekanan dan temperatur yang rendah.

### 1.3.6 Tinjauan Termodinamika

Dari tinjauan termodinamika dapat diketahui sifat ataupun arah dari suatu reaksi, apakah reaksi tersebut berlangsung pada keadaan eksotermis atau endotermis, serta apakah suatu reaksi berlangsung secara reversibel atau irreversibel. Untuk itu, perlu diketahui nilai  $\Delta H$  dan  $\Delta S$ . Dari referensi (Billmeyer, 1994) di dapatkan nilai  $\Delta H$  polimerisasi sebesar  $-95$  kJ/mol serta nilai  $\Delta S$  sebesar  $-100$  J/mol.K. Dari nilai  $\Delta H$  yang bertanda negatif menunjukkan bahwa reaksi berlangsung pada keadaan eksotermis.

Selanjutnya, data yang telah diketahui tersebut akan dihitung menggunakan Persamaan Gibbs ( $\Delta G$ ).

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \dots\dots\dots(1.1)$$

$$\Delta H = -95 \text{ kJ/mol} = -95.000 \text{ J/mol}$$

$$\Delta S = -100 \text{ J/mol.K}$$

$$T = 80 \text{ }^\circ\text{C} = 353 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \Delta G &= -95.000 \text{ J/mol} - (353 \text{ K}) (-100 \text{ J/mol.K}) \\ &= -59.700 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Untuk mencari konstanta keseimbangan digunakan persamaan dibawah ini.

$$\Delta G = -RT \cdot \ln K \dots\dots\dots(1.2)$$

$$-59.700 \text{ J/mol} = -8,314 \text{ J/mol} (353 \text{ K}) (\ln K)$$

$$\ln K = \frac{-59.700 \text{ J/mol}}{(-8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}})(353 \text{ K})}$$

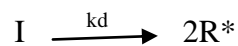
$$\ln K = 20,3$$

$$K = 6,5 \times 10^8$$

Karena nilai  $K > 1$ , maka dapat diketahui bahwa reaksi berlangsung secara satu arah atau irreversibel.

### 1.3.7 Tinjauan Kinetika

#### 1. Tahap iniasi



Dimana :

I = inisiator

M\* = radikal Monomerik

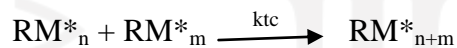
R\* = radikal inisator yang terurai secara homolitik

## 2. Tahap Propagasi

Tahapan reaksi propagasi ini berlangsung sangat cepat, laju dimana dari pertumbuhan konsentrasi radikal total adalah sama dengan laju penentuan pada langkah inisiasi



## 3. Tahap eliminasi



Persamaan laju reaksi polimerisasi seperti berikut :

$$-r_a = \frac{d[M]}{dt} = k_p \left( \frac{f \cdot k_d [I]}{k_t} \right)^{1/2} [M]$$

## 1.4 Tinjauan Proses

### 1.4.1 Macam-Macam Proses

Terdapat beberapa macam proses polimerisasi yang dapat digunakan untuk mengubah *ethylene* menjadi *Linear Low Density Polyethylene*, yaitu dengan *high-pressure process*, *suspension*, fase gas

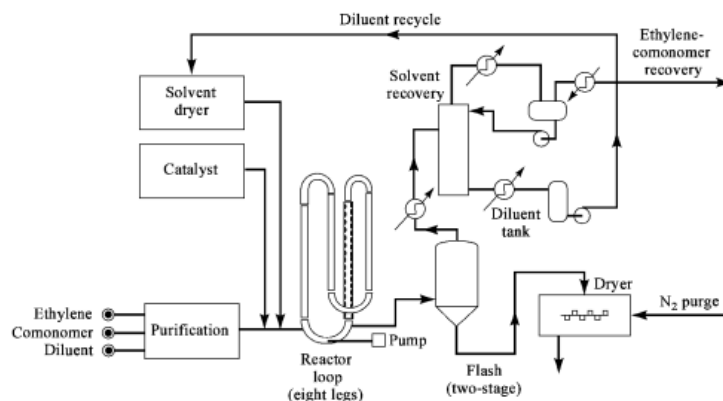


dan *solution polymerization*. Perbandingan dari masing-masing proses tersebut adalah:

1. *High pressure process*

Produksi *polyethylene* dalam proses ini menggunakan tekanan operasi yang tinggi. Pada proses ini, terdapat 2 jenis reaktor yang dapat digunakan yaitu *autoclave reactor* dan *tubular reactor (jacketed tube)*. Terdapat beberapa perbedaan kedua reaktor tersebut yaitu, *autoclave* berfungsi sebagai *continuous stirred-tank reactor* yang berkerja secara adiabatik. Reaksi polimerisasi akan menghasilkan panas, kemudian panas tersebut akan dibuang oleh *fresh ethylene* yang masuk ke reaktor. Waktu tinggal reaktan sekitar 30-60 detik, dengan tekanan operasi yang digunakan ialah 150-200 MPa. Kemudian pada *tubular reactor*, tekanan operasi yang digunakan sekitar 200-350 MPa. *Tubular reactor* terdiri dari beberapa ratus meter *jacketed high-pressure tubing* yang tersusun seri.

2. *Suspension (slurry) process*



Gambar 1. 7 Skema proses suspension produksi LLDPE

Pada proses ini, *polyethylene* disuspensikan dalam diluen hidrokarbon untuk mempermudah proses. Terdapat 2 macam proses *suspension (slurry)*, yaitu *autoclave process* dan *loop reactor process*.

Pada *autoclave process*, reaksi pembentukan *polyethylene* dalam reaktor terjadi pada tekanan antara 0,5 dan 1 MPa dengan temperatur 80-90 °C. Diluen yang digunakan adalah hidrokarbon yang memiliki titik didih rendah seperti heksana. Katalis, alumunium alkil serta diluen akan dicampur didalam *mixing vessel* untuk membentuk *slurry* sebelum diumpankan ke dalam reaktor. Terdapat bermacam-macam konsentrasi *slurry* yang digunakan mulai dari 15% sampai 45%.

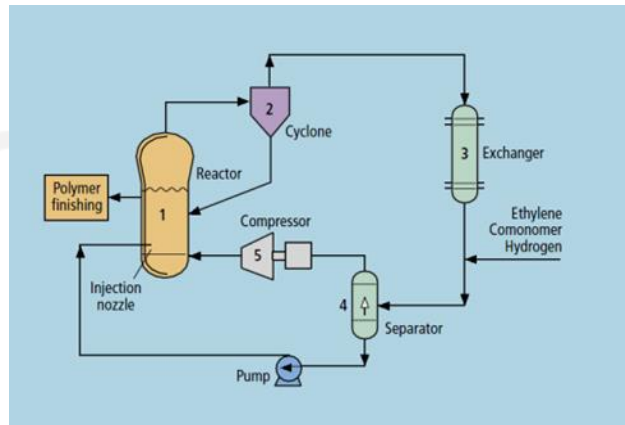
Proses selanjutnya ialah *loop reactor process* yang dijalankan pada temperatur 100 °C dan tekanan 3-4 MPa, sesuai dengan kebutuhan katalis berbasis *Chromium* dan produktivitas yang diinginkan. Diluen yang digunakan dalam proses ini adalah isobutena.

### 3. *Gas phase*

Proses pembuatan polietilen menggunakan fase gas yang biasa dikenal ialah proses Unipol dari Union Carbide Corporation. Pada proses ini, tipe reaktor yang digunakan adalah *fluidized bed reactor*.

Kondisi reaksi dalam *fluidized bed reactor* diatur pada temperatur 80-100 °C, tergantung pada densitas produk yang diinginkan. Sedangkan untuk tekanan proses berkisar antara 0,7 sampai 2 MPa. Banyak reaktor *fluidized bed* yang telah dibuat sebagai *dual-purpose plants*

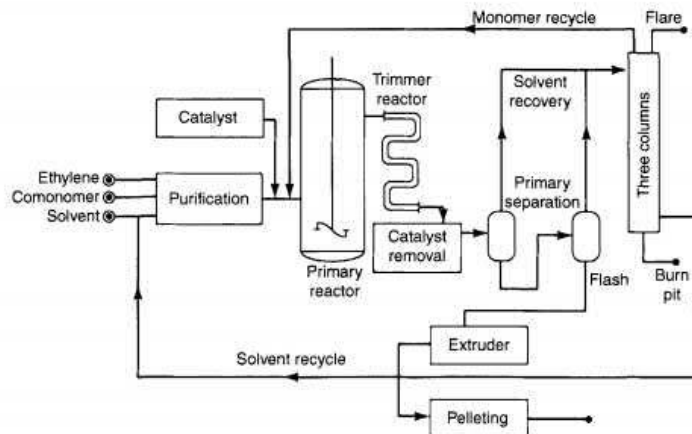
yang mampu memproduksi baik LLDPE maupun HDPE tergantung permintaan pasar.



Gambar 1. 8 Skema proses gas phase produksi LLDPE

#### 4. Solution Process

*Solution process* ini telah dikembangkan oleh beberapa perusahaan seperti *Du Pont*, *Dow*, *DSM* dan *Mitsui* untuk memproduksi HDPE dan LLDPE. Salah satu proses yang terkenal adalah proses *Sclairtech* dari *Du Pont* Kanada pada tahun 1960. Temperatur reaksi pada reaktor ialah sekitar 200-300 °C dengan tekanan reaktor 10 MPa. Sebelum diumpankan kedalam reaktor, *etyhlene* dilarutkan pada diluen seperti *cyclohexane* kemudian diumpankan ke reaktor dengan komposisi 25% *ethylene*. Di dalam reaktor, konversi reaksinya adalah sebesar 95% dengan waktu tinggal reaktan sekitar 2 menit. Katalis yang biasa digunakan merupakan katalis campuran  $\text{VOCl}_3$  dan  $\text{TiCl}_4$  yang diaktifkan oleh aluminium alkil.



Gambar 1. 9 Skema solution process produksi LLDPE

#### 1.4.2 Pemilihan Proses

Perbandingan proses pembuatan *Linear Low Density Polyethylene* terdapat pada tabel. Pada tabel tersebut ditampilkan berbagai jenis proses produksi LLDPE beserta parameter yang dapat digunakan dalam melakukan pemilihan proses produksi LLDPE.

Tabel 1. 4 Perbandingan proses pembuatan *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE)

Parameter yang ditinjau	Jenis Proses			
	<i>High-Pressure Process</i>	<i>Slurry Process</i>	<i>Gas Phase Process</i>	<i>Solution Process</i>
Tipe reactor	<i>Tubular, autoclave</i>	<i>Loop, CSTR</i>	<i>Fluidized bed</i>	CSTR
Tekanan (MPa)	150-350	3 – 5	0.7 - 2	10
Temperatur (°C)	140-300	80-100	80-100	200-300
Konversi Reaksi	97%	-	99%	95%
Densitas, g/cm <sup>3</sup>	0.910-0.930	0.930-0.970	0.910-0.970	0.910-0.955
Melt index	0.10-100	<0.01-80	<0.01-200	0.80-100

Berdasarkan uraian yang terdapat diatas dipilihlah proses gas.

Pemilihan proses ini dilakukan dengan memperhatikan alasan berikut:

1. Pengoperasiannya mudah karena proses yang sederhana dan biaya operasinya yang rendah.
2. Prosesnya menggunakan fase gas dan tidak adanya *solvent*, yang kemungkinan terjadinya aglomerasi lebih kecil.
3. Memiliki kemurnian yang tinggi dan produk yang dihasilkan seragam.
4. Kondisi operasi berlangsung pada suhu dan tekanan yang rendah (80-100 °C dan 0,7-2 MPa) dimana proses operasi relatif aman.
5. Konversi reaksi yang diperoleh mencapai 99% sehingga secara ekonomis proses ini layak dibuat dalam skala pabrik.

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

##### 2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. Etilen

Rumus Molekul	: $C_2H_4$
Wujud	: Gas pada kondisi ruang, cair pada bawah tekanan
Komposisi	
• <i>Ethylene</i>	: $\geq 99,95\%$ vol
• Impuritis	: $\leq 0,05\%$ vol ( $CO_2$ , $H_2O$ , $O_2$ , $CO$ )
Titik Didih	: $-103,77^\circ C$
Titik Leleh	: $-169,15^\circ C$
Densitas Uap	: $0,973$ g/ml
<i>Flash Point</i>	: $-136^\circ C$
<i>Ignition Temperature</i>	: $450^\circ C$

(Sumber : PT. Chandra Asri Petrochemical, Juni 2020)

b. Hidrogen

Rumus Molekul	: $H_2$
Wujud	: Gas
Kenampakan	: Tidak berwarna
Berat Molekul	: $2$ gr/mol

Komposisi

- Hidrogen : 99.999%
- Kelembaban : < 5 ppm
- Oksigen : < 3 ppm
- Hidrokarbon (C<sub>4</sub>) : < 1 ppm

Titik Leleh : -253°C

Titik Didih : -259°C

*Flash Point* : *Not applicable*

*Ignition Temperature* : 560°C

(Sumber : PT. Air Liquid, Mei 2020)

c. Nitrogen

Rumus Molekul : N<sub>2</sub>

Wujud : Gas

Kenampakan : Tidak berwarna

Berat Molekul : 2,8 gr/mol

Komposisi : 99.99% N<sub>2</sub>

Titik Didih : -196 °C

Titik Leleh : -210 °C

*Flash Point* : *Non applicable for gas and gases mixture*

(Sumber : PT. Air Liquid, Mei 2020)

d. 1-Butene

Rumus Molekul : C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>

Wujud : Gas

Kenampakan : Tidak berwarna

Berat Molekul : 56,108 g/mol

Komposisi

- 1-Butene : 99,7 %
  - Trans-2-Butene : < 640 ppm
  - Cis-2-Butene : < 108 ppm
  - Methane : < 33 ppm
  - 1,3 Butadiene : < 10 ppm
  - Propane : < 3 ppm
  - Water : < 3 ppm
  - Ethanae : < 2 ppm
  - Sulfur : < 0,5 ppm
- Titik Didih : -6,50°C
- Titik Beku : -185°C
- Flash point* : -80°C
- Ignition Temperature* : 384°C

(Sumber : Shanghai Zhongwei Chemical Co., Ltd., Juni 2020)

e. Katalis Titanium Tetraklorida

Rumus Molekul :  $\text{TiCl}_4$

Wujud : Cairan

Konsentrasi : 99,9 %

Berat Molekul : 189,679 g/mol

Titik Didih : 136,4°C



Titik Leleh : -25°C

Flash Point : *Non combustible*

Ignition Temperature : *Not Ignitable*

(Sumber : Chemical Book, Mei 2020)

f. Ko-katalis Triethylaluminium (TEAL)

Rumus Molekul : C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>Al

Wujud : Cair

Kenampakan : Tidak berwarna

Komposisi

- Triethylaluminium : ≥ 95 wt%
- Tri-N-Butylaluminium : ≤ 5 wt%
- Triisobutyl Aluminium : ≤ 0.5 wt%
- Aluminium Trihydride : ≤ 0.1 wt%

Flash Point : -18°C

(Sumber : Zhejiang Friend Chemical Co., Ltd., China, Mei 2020)

**2.1.2 Spesifikasi Produk**

Linear Low Density Polyethylene

Wujud : Padat, berbentuk granul

Kenampakan : Putih atan bening

Bau : Tidak berbau

Komposisi

- LLDPE : < 100%
- Aditif : < 3%

Titik Leleh	: 122-130°C
Densitas	: 0.920 gr/cm <sup>3</sup>
Melt Index	: 1.0 gr/10min
Flash Point	: > 300°C
Ignition Temperature	: > 300°C

(Sumber : MSDS PT. Lotte Chemical Titan, Juni 2020)

## 2.2 Sifat Fisik dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

### 2.2.1 Sifat Kimia dan Sifat Fisik Bahan Baku

#### a. Etilen

Wujud	: Gas
Warna	: Tidak berwarna

Tabel 2. 1 Sifat fisik etilen

Sifat	Nilai	Satuan
Titik Leleh	-169.15	°C
Titik Didih	-103.71	°C
Temperatur Kritis	9.90	°C
Densitas	0.57 (pada titik didih) 0.34 (pada 0°C)	g/cm <sup>3</sup>
Densitas Gas (STP)	1.2603	g/L
Volume Molar (STP)	22.258	L
Panas Pembentukan	119.5	kJ/kg
Panas Pembakaran	47.183	MJ/kg
Panas Penguapan	488 (pada titik didih) 191 (pada 0°C)	kJ/kg
<i>Specific Heat</i>	2.63 (cair, pada titik didih) 1.55 (gas pada temperatur kritis)	kJ/kg.K
Entalpi	52.32	kJ/mol
Entropi	0.220	kJ/mol.K
Viskositas	0.07 (cair, pada 0°C) 93 x 10 <sup>-4</sup> (gas, pada 0°C)	mPa.s
Tekanan uap	0.002 (pada -150 C) 0.102 (pada titik didih)	MPa

Etilen,  $H_2C=CH_2$ , merupakan gas dengan reaktivitas tinggi serta mudah terbakar yang memiliki berat molekul 28.52 kg/kmol. Karena reaktivitasnya yang tinggi, etilen dapat dikonversi menjadi senyawa lain melalui reaksi adisi, alkilasi, halogenasi, hidroformilasi, hidrasi, ogliomerisasi, oksidasi dan polimerisasi.

- Polimerisasi menghasilkan *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *Low Linear Density Polyethylene* (LLDPE).
- Reaksi adisi dengan klorin menghasilkan 1,2-dichloro-ethane.
- Reaksi oksidasi menghasilkan oksiren dengan bantuan silver *catalyst*.
- Reaksi dengan benzene akan menghasilkan etil benzene.
- Reaksi hidrasi akan menghasikan etanol.
- Reaksi dengan asam asetat dan oksigen akan menghasilkan *vinyl acetate*.

(Sumber : Ullmann)

b. Hidrogen

*Tabel 2. 2 Sifat fisik hidrogen*

Sifat	Nilai	Satuan
Titik Didih (pada 1 atm)	20.39	K
Temperatur Kritis	32.98	K
Tekanan Kritis	1.31	MPa
Densitas (pada titik didih)	70.811 (cair) 1.316 (gas)	kg/m <sup>3</sup>
Panas Penguapan (pada 25 K)	825	J/mol

- Reaksi hidrogen dengan oksigen akan menghasilkan air.

- Hidrogen direaksikan dengan nitrogen pada suhu tinggi dengan bantuan katalis, maka dari reaksi tersebut akan menghasilkan amoniak.

(Sumber : Ullmann)

c. Nitrogen

*Tabel 2. 3 Sifat fisik nitrogen*

Sifat	Nilai	Satuan
Titik Didih (pada 101.3 kPa)	77.35	K
Temperatur Kritis	126.2	K
Tekanan Kritis	3.39908	MPa
Densitas	1.2505 (pada 0°C)	g/L
Panas Penguapan	199 (pada titik didih)	kJ/kg
<i>Specific Heat</i>	1.039 (pada 0°C)	J/g.K

- Nitrogen yang bereaksi dengan kalsium dan magnesium pada suhu tinggi akan menghasilkan nitride
- Reaksi nitrogen dengan boron akan menghasilkan boron nitride
- Reaksi nitrogen dengan hydrogen akan menghasilkan amoniak
- Nitrogen yang bereaksi dengan oksigen pada keadaan endotermis akan menghasilkan nitrogen monoksida



*Gambar 2. 1 Reaksi pembentukan nitrogen monoksida*

- Reaksi nitrogen dengan kalsium karbida akan menghasilkan kalsium sianamida

(Sumber : Ullmann)

d. 1-Butene

Wujud : Gas

Warna : Tidak Berwarna

*Tabel 2. 4 Sifat fisik 1-Butene*

Sifat	Nilai	Satuan
Titik Leleh (pada 101.3 kPa)	-185.35	°C
Titik Didih (pada 101.3 kPa)	-6.25	°C
Temperatur Kritis	146.45	°C
Tekanan Kritis	4.02	MPa
Densitas cairan (pada 25°C)	0.5888	g/cm <sup>3</sup>
Densitas gas (pada 0°C, 101.3 kPa)	2.582	kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Ullmann)

e. Katalis Titanium Tetraklorida

*Tabel 2. 5 Sifat fisik titanium tetraklorida*

Rumus Molekul		TiCl <sub>4</sub>	
Sifat	Nilai	Satuan	
Berat Molekul	189.73	kg/kmol	
Titik Leleh	-23	°C	
Titik Didih (pada 101.3 kPa)	136.5	°C	
Densitas	1.76	gr/mL	

(Sumber : Ullmann)

f. Ko-katalis Triethylaluminium

*Tabel 2. 6 Sifat fisik triethylaluminium*

Rumus Molekul		Al(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	
Sifat	Nilai	Satuan	
Berat Molekul	114.2	kg/kmol	
Titik Leleh	-46	°C	
Titik Didih (pada 101.3 kPa)	185	°C	
Densitas	0.8324	gr/mL	

(Sumber : Ullmann)

## 2.2.2 Sifat Kimia dan Sifat Fisik Produk

### Linear Low Density Polyethylene

Tabel 2. 7 Sifat fisik Linear Low Density Polyethylene

Sifat	Nilai	Satuan
<i>Specific Gravity</i>	0.918	g/cm <sup>3</sup>
Kekuatan <i>Tensile</i>	1900-4000	Psi
Elongasi	100-950	%
Modulus <i>Tensile</i>	0.38-0.75	10 <sup>5</sup> psi

(Sumber : Billmeyer)

## 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas pada pabrik *Linear Low Density Polyethylene* terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

### a. Pengendalian kualitas bahan baku.

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang akan digunakan. Bahan baku dengan kualitas yang baik akan menghasilkan produk yang baik pula. Pengujian tersebut dilakukan sebelum proses produksi. Bahan baku ini diuji kemurniannya kemudian kandungan yang terdapat didalam bahan baku tersebut, dan juga kadar air serta kadar zat pengotor.

### b. Pengendalian Kualitas Produk

Pada saat perencanaan produksi, diperlukan pengawasan dan pengendalian produksi agar proses dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu, penyesuaian dan koreksi dilaksanakan segera sebelum adanya kerusakan yang semakin besar. Dari kegiatan proses produksi

ini diharapkan produk dapat sesuai dengan mutu standar serta jumlah produksi yang sesuai dengan rencana dan waktu yang tepat sesuai jadwal. Produk yang telah dihasilkan kemudian dianalisa kualitasnya sebelum produk dipasarkan.

c. Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi dilakukan sesuai dengan prosedur dan dikendalikan sesuai standar yang digunakan, agar dapat menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Pengendalian proses produksi dilakukan dengan alat yang terdapat di *control room*. Pengendalian tersebut dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Jika terdapat penyimpangan dengan indikator yang telah di set maka dapat diketahui dari sinyal atau tanda lampu menyala dan bunyi alarm. Setelah itu penyimpangan ini dikembalikan pada kondisi atau disetting seperti semula baik secara manual atau otomatis.

1. *Level control*

*Level control* berfungsi untuk memudahkan dalam hal mengidentifikasi ketinggian cairan. Jika terjadi penyimpangan, *level control* akan mengatur kembali seperti semula.

2. *Flow rate control*

*Flow rate control* adalah alat yang dipasang pada aliran bahan baku, ketika aliran masuk dan aliran keluar proses agar kondisi operasi sesuai dengan yang diinginkan.

### 3. *Weighing Controller*

*Weighing Controller* adalah alat yang dipasang pada aliran bahan baku padatan, agar laju padatan yang keluar sesuai dengan kondisi operasi yang diinginkan

### 4. *Temperature control*

*Temperature control* alat yang berfungsi untuk mengatur temperatur agar sesuai dengan kondisi operasi. Alat ini dipasang didalam setiap alat.

### 5. *Pressure Controller*

*Pressure controller* berfungsi untuk mendeteksi jika adanya perubahan tekanan dengan cara mengirimkan sinyal yang berupa suara atau lampu menyala.



## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1 Uraian Proses

Pra rancangan pabrik ini dimaksudkan untuk memproduksi *Linear Low Density Polyethylene* dengan proses fase gas yang dilakukan pada tiga tahapan yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi polimerisasi
3. Tahap pemurnian produk

##### 3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

- a. Persiapan hidrogen dan nitrogen

Gas hidrogen disimpan di dalam tangki penyimpanan hidrogen (T-03) pada suhu 30°C dan tekanan 20 atm sedangkan gas nitrogen disimpan ditangki penyimpanan nitrogen (T-02) pada kondisi suhu 30°C dan tekanan 16,975 atm. Gas nitrogen dari tangki akan melalui percabangan menuju *Mixing Point 2* (MP-02) dan *Expansion Valve* (EV-02). Gas nitrogen yang menuju *Mixing Point 2* (MP-02) akan bercampur dengan gas hidrogen untuk kemudian bercampur bersama gas-gas lainnya sedangkan gas nitrogen yang menuju *Expansion Valve* (EV-02) akan diturunkan tekanannya menjadi 1 atm. Penurunan tekanan nitrogen ini dilakukan agar tekanan nitrogen sesuai dengan kondisi operasi di dalam *Purge Bin* (PB-01).

b. Persiapan Etilen

Etilen yang berwujud cair jenuh dengan kemurnian 99,95% disimpan didalam tangki penyimpanan (T-04) pada kondisi suhu  $-45^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 15 atm. Dari tangki penyimpanan, etilen cair kemudian menuju *Expansion Valve* (EV-01) untuk mengubah fase etilen menjadi fase gas dengan cara menurunkan tekanannya dari 15 atm menjadi 1 atm. Penurunan tekanan ini disertai oleh penurunan suhu etilen menjadi  $-64,752^{\circ}\text{C}$ . Gas etilen ini kemudian akan bercampur dengan aliran gas hidrogen dan nitrogen pada *Mixing Point* 3 (MP-03).

c. Persiapan 1-Butene

1-Butene yang berwujud cair jenuh dengan kemurnian 99,7% disimpan dalam tangki penyimpanan 1-Butene (T-05) pada kondisi suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 15 atm. Dari tangki penyimpanan, 1-Butene dipompa menuju *vaporizer* untuk menghasilkan 1-Butene dalam fase gas. Gas 1-butene keluaran *vaporizer* ini kemudian akan bercampur dengan aliran gas etilen, hidrogen dan nitrogen pada *Mixing Point* 4 (MP-04) sedangkan 1-Butene cair yang tidak teruapkan akan dipompa masuk kembali ke dalam *vaporizer* melalui *Mixing Point* 1 (MP-01).

d. Persiapan katalis dan ko-katalis

Katalis  $\text{TiCl}_4 \cdot \text{MgCl}_2$  yang disimpan didalam silo (SL-01) pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm akan diumpankan menuju *Mixer* (M-01) untuk dicampurkan dengan ko katalis Trietilalumunium (TEAL) yang disimpan pada tangki penyimpanan (T-01). Perbandingan mol antara

katalis dan ko katalis yang digunakan adalah 1:30 (Malpass). Pencampuran antara katalis dan ko katalis ini dimaksudkan untuk mengaktifkan kerja katalis yang akan membantu terjadinya proses polimerisasi di dalam reaktor. Setelah dilakukan pencampuran di dalam *Mixer* (M-01), campuran katalis dan ko katalis ini kemudian menuju *Heat Exchanger* (HE-01) untuk dinaikkan suhunya menjadi 80°C. Hasil pemanasan tersebut kemudian dipompakan menuju bagian atas reaktor.

### 3.1.2 Tahap Reaksi Polimerisasi

Tahap ini merupakan tahap berlangsungnya reaksi polimerisasi etilen dengan menggunakan bantuan katalis  $TiCl_4.MgCl_2$  untuk menghasilkan polietilen. Reaktor yang digunakan ialah reaktor jenis *fluidized bed* yang beroperasi pada temperatur 80°C dengan tekanan 20 atm (UNIPOL). Campuran gas etilen, 1-Butene, hidrogen dan nitrogen akan diumpankan melalui bagian samping bawah reaktor sedangkan katalis dan kokatalis akan *dispray* melalui bagian atas reaktor.

Etilen akan berikatan dengan pusat aktif katalis secara terus menerus sehingga terbentuk rantai polimer yang panjang. Kemudian hidrogen akan menghentikan reaksi polimerisasi dengan cara memutuskan ikatan Ti dan C pada polimer hingga terbentuk ikatan antara Ti dan H. Di dalam reaktor, gas 1-Butene berfungsi untuk mengatur densitas polietilen. Campuran gas yang tidak ikut bereaksi serta produk yang terikut naik ke bagian atas reaktor akan masuk ke *Cyclone* (CS-01)

untuk dipisahkan antara fase gas dan padatannya. Gas keluaran *cyclone* akan direcycle masuk kembali ke dalam reaktor melalui *Mixing Point 5* (MP-05) sedangkan padatan keluaran *cyclone* akan keluar bergabung bersama produk keluaran reaktor.

### **3.1.3 Tahap Pemisahan Dan Pemurnian Produk**

Produk keluaran reaktor berupa padatan polietilen berukuran  $\pm 825,5 \mu\text{m}$  selanjutnya akan masuk melalui bagian atas *Purge Bin* (PB-01). Di *purge bin* inilah katalis yang menjadi bagian dari produk akan dideaktivasi dengan bantuan steam. Proses deaktivasi ini dimaksudkan untuk me-nonaktifkan kerja katalis karena padatan polietilen dapat berubah warna menjadi kekuningan serta menghasilkan aroma yang tidak sedap apabila katalis aktif dikontakkan pada udara atau oksigen.

Proses deaktivasi ini dilakukan dengan mengkontakkan produk yang masuk dari bagian atas *purge bin* dengan steam dan gas nitrogen yang masuk melalui bagian bawah *purge bin* (aliran *counter current*) selama  $\pm 15$  menit. Steam menjadi agen deaktivasi katalis sedangkan gas nitrogen digunakan untuk mendorong steam keluar melalui bagian atas *purge bin*.

Selanjutnya produk keluaran *purge bin* akan masuk ke dalam Extruder (EX-01) untuk dipanaskan hingga temperatur lelehnya ( $130^{\circ}\text{C}$ ). Setelah dipanaskan, polietilen akan meleleh dan melewati *die hole* sehingga proses pemanasan ini disertai oleh proses pencetakan polietilen. Lelehan polietilen selanjutnya akan melalui bak pendingin untuk

dikontakkan secara mendadak menggunakan air proses untuk menurunkan suhunya menjadi 30°C. Polietilen ini kemudian akan masuk ke *Pelletizer* (PLT-01) untuk dipotong-potong menjadi pellet berukuran ukuran 3 mm.

Polietilen keluaran *pelletizer* selanjutnya akan memasuki *Rotary Dryer* (RD-01) yang berfungsi untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada polietilen akibat proses pendinginan sebelumnya. Pengurangan kadar air ini dilakukan dengan mengontakkan pellet polietilen dengan udara pengering bersuhu 121,111°C. Kemudian polietilen akan masuk ke dalam *Screener* (S-01) dimana produk polietilen yang ukurannya tidak sesuai dengan standar pasaran yaitu dengan ukuran dibawah 3 mm (produk *offspek*) akan *direcycle* ke ekstruder untuk dilelehkan kembali.

Produk *onspek* keluaran dari *screener* selanjutnya diangkut oleh *screw conveyor* dan *bucket elevator* untuk dimasukkan ke dalam silo penyimpanan. Produk yang telah disimpan di dalam silo ini merupakan produk final yang siap untuk dipasarkan.

## 3.2 Spesifikasi Alat Proses

### 3.2.1 Tangki Penyimpanan Gas

Tabel 3. 1 Spesifikasi tangki penyimpanan gas

Spesifikasi Alat	Tangki Hidrogen	Tangki Nitrogen
Kode Alat	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan kebutuhan gas hidrogen untuk proses produksi selama 30 hari	Menyimpan kebutuhan gas hidrogen untuk proses produksi selama 30 hari
Jumlah	1 unit	5 unit
Jenis	Skid Tank	VIE (Vacuum Insulated Evaporator) Tank
Asal Pembelian Tangki	PT. Air Liquid Indonesia	
Suhu	30°C	
Tekanan	1 atm	
Kapasitas	2.000 L	60.000 L
Kebutuhan dalam 30 hari	1.645,361 kg/jam	285.357,763 kg/jam

### 3.2.2 Silo Penyimpanan

Tabel 3. 2 Spesifikasi silo penyimpanan

No.	Spesifikasi Alat	Silo Katalis	Silo Produk
1.	Kode Alat	SL-01	SL-02
2.	Fungsi	Menyimpan kebutuhan katalis untuk proses produksi selama 30 hari	Menyimpan produk LLDPE selama 3 hari
3.	Jenis	Tangki silinder vertikal dengan <i>conical bottom</i>	Tangki silinder vertikal dengan <i>conical bottom</i>
4.	Jenis Sambungan	<i>Double welded butt joint</i>	<i>Double welded butt joint</i>
5.	Jumlah	1 unit	6 unit
6.	Tekanan	1 atm	1 atm
7.	Temperatur	30°C	60°C
8.	Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel 283 Grade C</i>	
9.	Volume per tangki	10,303 m <sup>3</sup>	1299,526 m <sup>3</sup>
10.	Diameter	3,048 m	10,668 m
11.	Tinggi	3,658 m	14,630 m
12.	Tebal <i>Shell</i>	0,25 in	0,5 in
13.	Tebal <i>Bottom</i>	0,375 in	0,875 in
14.	Tinggi Total Tangki	6,297 m	23,869 m

### 3.2.3 Tangki Penyimpanan Cairan

Tabel 3. 3 Spesifikasi tangki penyimpanan cairan

No.	Spesifikasi Alat	Tangki TEAL	Tangki Etilen	Tangki 1-Butene
1.	Kode Alat	T-01	T-04	T-05
2.	Fungsi	Menyimpan kebutuhan ko katalis TEAL untuk proses produksi selama 14 hari	Menyimpan kebutuhan etilen untuk proses produksi selama 3 hari	Menyimpan kebutuhan 1-Butene untuk proses produksi selama 7 hari
3.	Jenis	Tangki silinder vertikal dengan <i>torispherical head</i>	Tangki silinder horizontal dengan sisi <i>torispherical</i>	
4.	Jenis Sambungan	<i>Double welded butt joint</i>		
5.	Jumlah	1 unit	6 unit	1 unit
6.	Tekanan	1 atm	15 atm	15 atm
7.	Temperatur	30°C	-45°C	30°C
8.	Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 212 Grade B</i>	
9.	Volume	70,719 m <sup>3</sup>	1157,862 m <sup>3</sup>	1188,321 m <sup>3</sup>
10.	Diameter	4,572 m	9,144 m	9,144 m
11.	Tinggi	5,4864 m	18,288 m	18,288 m
12.	Tebal <i>Shell</i>	0,1875 in	3 in	3 in
13.	Tebal <i>Bottom</i>	0,5 in	1,63 in	1,63 in
14.	Tinggi Total Tangki	6,497 m	27,432 m	27,432 m

### 3.2.4 Screw Conveyor

Tabel 3. 4 Spesifikasi screw conveyor

No.	Spesifikasi Alat	<i>Screw Conveyor Katalis</i>	<i>Screw Conveyor Reaktor</i>	<i>Screw Conveyor Purge Bin</i>	<i>Screw Conveyor Pelletizer</i>
1.	Kode Alat	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04
2.	Fungsi	Untuk mengangkut Katalis dari SL-01 menuju M-01	Untuk mengangkut Produk LLDPE dari R-01 ke PB-01	Untuk mengangkut Produk LLDPE dari PB-01 ke EX-01	Untuk mengangkut Produk LLDPE dari PLT-01 ke RD-01
3.	Jumlah	1 unit			
4.	Bahan	<i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>			
5.	Kapasitas	9,962 kg/jam	49995,838 kg/jam	49995,842 kg/jam	50542,851 kg/jam
6.	<i>Diameter Screw</i>	9 in	16 in	16 in	16 in
7.	Panjang	2,438 m	56,417 m	56,417 m	57,030 m
8.	Kecepatan Putaran	40 rpm	50 rpm	50 rpm	50 rpm
9.	Daya	0,05 Hp	40 Hp	40 Hp	40 Hp



Tabel 3. 5 Spesifikasi screw conveyor (lanjutan)

No.	Spesifikasi Alat	<i>Screw Conveyor Rotary Dryer</i>	<i>Screw Conveyor Screener</i>	<i>Screw Conveyor Silo</i>
1.	Kode Alat	SC-05	SC-06	SC-07
2.	Fungsi	Untuk mengangkut Produk LLDPE dari RD-01 menuju S-01	Untuk mengangkut Produk LLDPE offspek dari S-01 menuju EX-01	Untuk mengangkut Produk LLDPE ke <i>Bucket Eevator</i>
3.	Jumlah	1 unit		
4.	Bahan	<i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>		
5.	Kapasitas	50505,051 kg/jam	505,051 kg/jam	50000 kg/jam
6.	<i>Diameter Screw</i>	16 in	9 in	16 in
7.	Panjang	56,991 m	2,515 m	56,421 m
8.	Kecepatan Putaran	50 rpm	40 rpm	50 rpm
9.	Daya	40 Hp	0,05 Hp	40 Hp

### 3.2.5 Pompa

Tabel 3. 6 Spesifikasi pompa

No.	Spesifikasi Alat	Pompa TEAL	Pompa Mixer	Pompa HE-01	
1.	Kode Alat	P-01	P-02	P-03	
2.	Fungsi	Alat transportasi ko katalis TEAL dari T-01 menuju M-01	Alat transportasi campuran katalis dan ko katalis dari M-01 menuju HE-01	Alat transportasi campuran katalis dan kokatalis dari HE-01 menuju R-01	
3.	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
4.	Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>			
5.	Jumlah	1 unit			
6.	Pipa	Nominal Size	0,5 in	0,5 in	0,5 in
		Sch No.	40	40	40
		OD	0,84 in	0,84 in	0,84 in
		ID	0,622 in	0,622 in	0,622 in
7.	Laju Massa	145,451 kg/jam	153,753 kg/jam	153,753 kg/jam	
8.	Jenis <i>Impeller</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	<i>Radial Flow Impellers</i>	
9.	Daya Motor	0,05 Hp	0,5 Hp	0,05 Hp	

Tabel 3. 7 Spesifikasi pompa (lanjutan)

No.	Spesifikasi Alat	Pompa 1-Butene	Pompa <i>Recycle</i> 1-Butene	
1.	Kode Alat	P-04	P-05	
2.	Fungsi	Alat transportasi 1-Butene dari T-05 menuju V-01	Alat transportasi 1-Butene dari V-01 menuju MP-01	
3.	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>		
4.	Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>		
5.	Jumlah	1 unit		
6.	Pipa	Nominal Size	2 in	1,25 in
		Sch No.	40	40
		OD	2,380 in	1,66 in
		ID	2,067 in	1,38 in
7.	Laju Massa	3427,645 kg/jam	856,911 kg/jam	
8.	Jenis <i>Impeller</i>	<i>Mixed Flow Impellers</i>	<i>Axial Flow Impellers</i>	
9.	Daya Motor	5 Hp	0,5 Hp	

### 3.2.6 Mixer

Tabel 3. 8 Spesifikasi mixer

Spesifikasi Alat	Mixer	
Kode Alat	M-01	
Fungsi	Mencampurkan katalis $TiCl_4.MgCl_2$ dengan ko katalis TEAL	
Tipe	Silinder vertikal dengan <i>conical bottom</i>	
Jenis Pengaduk	Turbin dengan 6 blade dan 4 buah <i>baffle</i>	
Bahan	Stainless Steels SA-240 Grade D Type 430	
Jumlah	1	unit
Temperatur	30	°C
Tekanan	1	atm
Diameter <i>mixer</i>	0,426	m
Tinggi <i>mixer</i>	1,0086	m
Volume <i>mixer</i>	0,10876	m <sup>3</sup>
Tebal <i>shell</i>	0,1875	in
Tebal <i>bottom</i>	0,1875	in
Jumlah Pengaduk	1	unit
Daya motor	2	Hp

### 3.2.7 Vaporizer

Tabel 3. 9 Spesifikasi vaporizer

Spesifikasi Alat	Vaporizer	
Kode Alat	V-01	
Fungsi	Memanaskan dan menguapkan 1-Butene	
Jenis	<i>Double Pipe Vaporizer</i>	
<i>Inner Pipe</i>	Aliran Fluida	<i>Cold Fluid (1-Butene)</i>
	NPS	1,25 in
	<i>Flow Area</i>	0,0104 ft <sup>2</sup>
	<i>Pressure Drop</i>	3,532 psi
<i>Annulus Pipe</i>	Aliran Fluida	<i>Hot Fluid (Steam)</i>
	NPS	2 in
	<i>Flow Area</i>	0,008 in
	<i>Pressure Drop</i>	0,2588 psi
	Jumlah <i>Hairpin</i>	3 <i>hairpin</i> dengan panjang 20 ft
Luas Transfer Panas	52,2	ft <sup>2</sup>
<i>Dirt Factor (Rd)</i>	0,0029	
Rd minimum	0,002	

### 3.2.8 Heat Exchanger

Tabel 3. 10 Spesifikasi heat exchanger

No.	Spesifikasi Alat	<i>Heat Exchanger Katalis</i>	<i>Heat Exchanger Nitrogen</i>	<i>Heat Exchanger Udara</i>	
1.	Kode Alat	HE-01	HE-03	HE-04	
2.	Fungsi	Menaikkan suhu slurry campuran katalis dan ko katalis sebelum masuk ke dalam reaktor	Menaikkan suhu gas nitrogen sebelum masuk ke dalam reaktor	Menaikkan suhu udara sebelum masuk ke <i>Rotary Dryer</i>	
3.	Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>			
4.	Jumlah	1 unit			
5.	Medium Pemanas	<i>Superheated Steam</i> suhu 240°C			
6.	Kebutuhan Pemanas	16511,513 kJ/jam	83626,784 kJ/jam	126053,555 kJ/jam	
7.	Massa <i>Steam</i>	7,283 kg/jam	36,888 kg/jam	55,602 kg/jam	
8.	Luas Transfer Panas	34,8 ft <sup>2</sup>	69,6 ft <sup>2</sup>	34,8 ft <sup>2</sup>	
9.	Jumlah <i>Haripin</i>	2	4	2	
10.	<i>Inner Pipe</i>	Aliran Fluida	<i>Cold Fluid (Katalis)</i>	<i>Cold Fluid (Nitrogen)</i>	<i>Cold Fluid (Udara)</i>
		NPS	1,25	1,25	1,25
		<i>Pressure Drop</i>	0,008	0,0028	0,125
11.	<i>Annulus Pipe</i>	Aliran Fluida	<i>Hot Fluid (Steam)</i>	<i>Hot Fluid (Steam)</i>	<i>Hot Fluid (Steam)</i>
		NPS	2	2	2
		<i>Pressure Drop</i>	0,000073	0,0023	0,0024
12.	Koefisien Transfer Panas	Uc	2,0497 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	11,7819 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	17,164 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
		Ud	1,8592 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	9,9677 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	16,506 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
13.	<i>Dirt Factor (Rd)</i>	0,05	0,015	0,0023	
14.	Rd minimum	0,002	0,002	0,002	

Tabel 3. 11 Spesifikasi heat exchanger (lanjutan)

Spesifikasi Alat	Heat Exchanger Gas		
Kode Alat	HE-02		
Fungsi	Menaikkan suhu campuran gas umpan sebelum masuk ke R-01		
Jumlah	1 unit		
Jenis	Shell and Tube Heat Exchanger		
Medium Pemanas	Superheated Steam suhu 240°C		
Kebutuhan Pemanas	4978921,007	kJ/jam	
Massa Pemanas	2196,202	kg/jam	
Luas Transfer Panas	417,5168	ft <sup>2</sup>	
Dirt Factor (Rd)	0,00203		
Rd minimum	0,002		
Shell Side	ID	17,25	in
	Baffle Space	8,50	in
	Passes	1	
	Pressure Drop	1,271	psi
Tube Side	ID	0,56	in
	OD	0,75	in
	BWG	13	
	Pitch	1 in (triangular)	
	Jumlah Tube	178	
	Passes	4	
	Panjang	16	ft
	Pressure Drop	0,03951159	

### 3.2.9 Expansion Valve

Tabel 3. 12 Spesifikasi Expansion Valve

No.	Spesifikasi Alat	Expansion Valve Etilen	Expansion Valve Nitrogen
1.	Kode Alat	EV-01	EV-02
2.	Fungsi	Menurunkan tekanan etilen cair dari 15 menjadi 1 atm	Menurunkan tekanan gas nitrogen dari 16,975 atm menjadi 1 atm
3.	Diameter Pipa	NPS	4 in
		OD	4,5 in
		ID	4,026 in
4.	Banyak Kran	4	24

### 3.2.10 Kompresor

Tabel 3. 13 Spesifikasi kompresor

Spesifikasi Alat	Kompresor
Kode Alat	K-01
Fungsi	Meningkatkan tekanan campuran gas dari 1 atm menjadi 20 atm
Jumlah	1 unit
Jenis	<i>Single stage centrifugal compressor</i>
Laju Alir Umpan	38081,803 kg/jam
Daya	3926,919 Hp

### 3.2.11 Reaktor

Tabel 3. 14 Spesifikasi reaktor

Spesifikasi Alat		Reaktor	
Kode Alat		R-01	
Fungsi		Tempat berlangsungnya reaksi polimerisasi etilen	
Jumlah		1 unit	
Jenis		<i>Fluidized bed reactor (dengan conical bottom)</i>	
Bahan		<i>Carbon Steel SA 299</i>	
Reaktor	Kapasitas	21721,278	m <sup>3</sup> /jam
	Diameter Reaktor	3,925	m
	Tinggi total tangki	8,412	m
	Tebal <i>Shell</i>	1,625	in
	Tebal <i>Bottom</i>	3	in
	<i>Pressure Drop</i>	117,524	Pa
Pendingin	Jenis	Jaket	
	Media Pendingin	<i>Dowtherm SR-1</i>	
	Kebutuhan	241207,414	kg/jam
	Diameter Jaket	4,148	m
	Tinggi Jaket	4,261	m

### 3.2.12 Cyclone

Tabel 3. 15 Spesifikasi cyclone

Spesifikasi Alat	Cyclone	
Kode Alat	CS-01	
Fungsi	Memisahkan campuran gas yang tidak ikut bereaksi di dalam reaktor dengan produk yang terfluidisasi ke bagian atas reaktor	
Jumlah	1 unit	
Bahan Konstruksi	Carbon Steel	
Laju Alir Masuk	382699,369	kg/jam
Diameter Cyclone	1,196	m
Diameter Inlet	0,449	m
Diameter Gas Outlet	0,897	m
Diameter Dust Out	0,45	m
Tinggi Silinder	1,794	m
Tinggi Konis	2,990	m
Tinggi Total	4,784	m

### 3.2.13 Purge Bin

Tabel 3. 16 Spesifikasi purge bin

No.	Spesifikasi Alat	Purge Bin	
1.	Kode Alat	PB-01	
2.	Fungsi	Menyimpan kebutuhan katalis untuk proses produksi selama 30 hari	
3.	Jenis	Tangki silinder vertikal dengan <i>conical bottom</i>	
4.	Jenis Sambungan	<i>Double welded butt joint</i>	
5.	Jumlah	1 unit	
6.	Tekanan	1 atm	
7.	Temperatur	100°C	
8.	Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA-167 Grade C	
9.	Volume	27,1798	m <sup>3</sup>
10.	Diameter	3,0480	m
11.	Tinggi	9,990	m
12.	Tebal Shell	0,25	in
13.	Tebal Head	0,3125	in
14.	Tebal Bottom	0,3125	in
15.	Tinggi Total Tangki	6,297	m



### 3.2.14 Extruder

Tabel 3. 17 Spesifikasi extruder

Spesifikasi Alat	Extruder	
Kode Alat	EX-01	
Fungsi	Memanaskan polietilen hingga meleleh untuk mempermudah proses pembentukan pellet pada polietilen	
Jenis	<i>Single Screw Extruder</i>	
Jumlah	1 unit	
Extruder	Jumlah <i>Hole</i>	48543
	Diameter <i>Hole</i>	2 mm
	<i>Cutter Speed</i>	100 rpm
	Kebutuhan Listrik	2502,749 Hp
Bak Pendingin	Panjang	14,306 m
	Lebar	3,577 m
	Tinggi	0,894 m

### 3.2.15 Pelletizer

Tabel 3. 18 Spesifikasi pelletizer

Spesifikasi Alat	<i>Pelletizer</i>	
Kode Alat	PLT-01	
Fungsi	Membuat pellet dengan cara memotong polietilen	
Jumlah	1 unit	
Diameter	3	ft
Panjang	114,3440	ft
Kecepatan Volume	807,8400	ft <sup>3</sup> /jam

### 3.2.16 Rotary Dryer

Tabel 3. 19 Spesifikasi rotary dryer

Spesifikasi Alat		Rotary Dryer	
Kode Alat		RD-01	
Fungsi		Mengurangi kadar air pada LLDPE	
Jenis		Direct Rotary Dryer	
Jumlah		1 unit	
Bahan		Carbon Steel SA 283 Grade C	
Udara Pengering	Massa Masuk	1583,3597	kg/jam
	Suhu Masuk	121,111	°C
	Suhu Keluar	61,012	°C
Diameter		1,059	m
Panjang		4,715	m
Tebal Shell		0,1875	in
Kecepatan Putaran		5,502	rpm
Waktu Pengeringan		5,548	menit
Daya		7,5	Hp

### 3.2.17 Screener

Tabel 3. 20 Spesifikasi screener

Spesifikasi Alat		Screener	
Kode Alat		S-01	
Fungsi		Memisahkan ukuran produk yang berukuran kurang dari 7 mesh	
Jumlah		1 unit	
Jenis		Vibrating Screen	
Luas Screen		0,085	m <sup>2</sup>
Screen Mesh		7	mesh
Sieve opening		2,88	mm
Normal Wire Diameter		1	mm
Daya Screen		0,5	Hp

### 3.2.18 *Bucket Elevator*

Tabel 3. 21 *Spesifikasi bucket elevator*

Spesifikasi Alat	<i>Bucket Elevator</i>	
Kode Alat	BE-01	
Fungsi	Mengangkut LLDPE dari RD-01 menuju S-01	
Jumlah	1 unit	
Kapasitas	45833,333	kg/jam
Ukuran <i>Bucket</i>	12 x 7 x 7,25	in
Jarak antar <i>Bucket</i>	0,457	m
Tinggi <i>Elevator</i>	22,859	m
<i>Head Shaft Speed</i>	41	rpm
Kecepatan <i>Bucket</i>	1,32	m/s
Daya Total	5	Hp

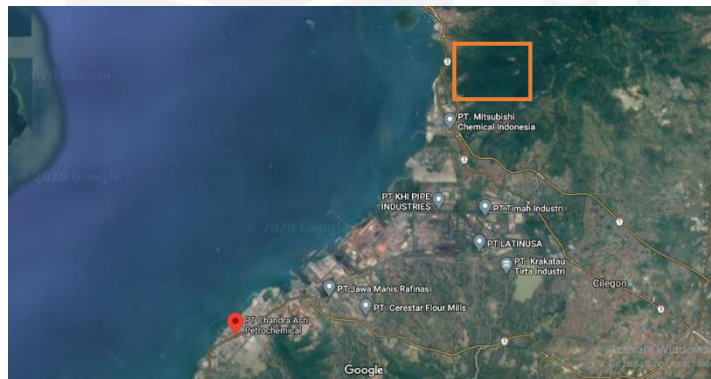


## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pendirian pabrik secara geografis dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap lancarnya kegiatan industri sehingga perlu dipertimbangkan agar dapat memberikan keuntungan yang sebesar-besarnya kepada perusahaan. Ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk menentukan lokasi pabrik yang akan dibangun agar secara teknis dan ekonomi menguntungkan.



Gambar 4. 1 Lokasi perencanaan pabrik LLDPE dilihat dari satelit

Beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan lokasi pabrik antara lain meliputi letak sumber bahan baku, utilitas, fasilitas transportasi, tenaga kerja, kebijakan pemerintah, perluasan lahan, sarana dan prasarana (Splenger dan Kleir, 1935). Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) ini direncanakan didirikan di Cilegon Propinsi Banten. Pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik tersebut sebagai berikut:

### 1. Letak sumber bahan baku

Bahan baku utama dari pabrik ini adalah etilen. Etilen ini diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Center, Cilegon. Untuk bahan baku pembantu seperti nitrogen dan hidrogen diperoleh dari PT. Air Liquid Indonesia yang berlokasi di Cilegon. Bahan baku 1-Butene diperoleh dari Shanghai Zhongwei Chemical Co., Ltd, Chine. Kemudian untuk bahan baku Katalis  $TiCl_4$  diperoleh dari World Runner Co., Ltd., Korea dan ko-katalisnya berasal dari Chengdu Ai Keda Chemical Technology Co., Ltd., China.

### 2. Pemasaran

Pemasaran adalah salah satu faktor penting dalam mencapai tujuan dalam rangka untuk mendapatkan keuntungan yang besar. Dengan melakukan pemasaran yang tepat, maka suatu pabrik akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek. *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) merupakan polietilen yang mempunyai sangat luas dan didekat lokasi pendirian pabrik terdapat banyak industri yang membutuhkan *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) sebagai bahan baku, sehingga dengan pemilihan lokasi di kawasan industri Cilegon, Banten, maka biaya pemasaran dan transportasinya dapat ditekan.

### 3. Sarana transportasi

Sarana transportasi yang utama untuk menunjang keberlangsungan produksi pabrik *Linear Low Density Polyethylene*

(LLDPE) ini meliputi ketersediaan fasilitas jalan dan pelabuhan. Penyediaan bahan baku etilen yang berasal dari PT. Chandra Asri dilakukan melalui pelabuhan dikarenakan bahan baku dalam bentuk cairan. Kemudian pemasaran produk dapat dilakukan dengan jalur darat. Lokasi rencana pendirian pabrik ini berada di kawasan industri di Cilegon, Banten, yang memiliki akses jalan dan pelabuhan yang memadai untuk aktivitas transportasi bahan baku maupun produk.

#### 4. Fasilitas Air

Penyediaan air didapatkan dari air laut Selat Sunda, yang di proses menggunakan metode pengolahan air. Pengolahan air ini telah di rancangan untuk memenuhi kebutuhan air.

#### 5. Tenaga Kerja

Dalam penyediaan tenaga kerja perlu mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jumlah, kualitas, besar upah minimum, keahlian dan produktifitas tenaga kerja. Adapun jumlah tenaga kerja terlatih dan berpendidikan di Banten meningkat seiring berkembangnya sekolah-sekolah kejuruan, akademi, dan perguruan tinggi. Tenaga kerja dapat diambil dari daerah sekitar pabrik.

#### **4.1.1 Faktor Penunjang penentuan Lokasi Pabrik**

Faktor penunjang berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik. Kota Cilegon terletak di provinsi Banten dimana didaerah ini masih memiliki lahan kosong yang cukup luas yang bisa

digunakan untuk pendirian pabrik dan perluasan lahan. PT. Chandra Asri Petrochemical berlokasi di kota Cilegon, sehingga dapat memudahkan dalam pemasukoan bahan baku.

#### **4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)**

*Layout* pabrik merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi daerah proses, area perlengkapan, kantor, gudang, utilitas dan fasilitas lainnya. Tata letak pabrik dirancangan dengan sedemikian rupa agar area pabrik lebih efisien dan kelancaran terjamin. Jalannya aliran proses dan aktifitas dari para pekerja yang ada, menjadi dasar pertimbangan dalam pengaturan bangunan-bangunan dalam suatu pabrik sehingga proses dapat berjalan dengan efektif, aman dan kontinyu.

Adapun secara umum hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah:

- Kemungkinan Perluasan Pabrik dan Penambahan Bangunan.

Area perluasan pabrik harus direncanakan sejak awal karena terdapat kemungkinan perluasan pabrik dan penambahan bangunan, dan juga agar masalah kebutuhan tempat tidak timbul dimasa yang akan datang. Sejumlah area khusus perlu disiapkan untuk perluasan pabrik, penambahan peralatan untuk menambah kapasitas pabrik ataupun untuk mengolah produknya sendiri ke produk lain.

- **Keamanan**

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman. Tangki penyimpan bahan baku ataupun produk berbahaya harus diletakkan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan yang lain guna memberikan ruang yang leluasa untuk keselamatan.

- **Luas area yang tersedia**

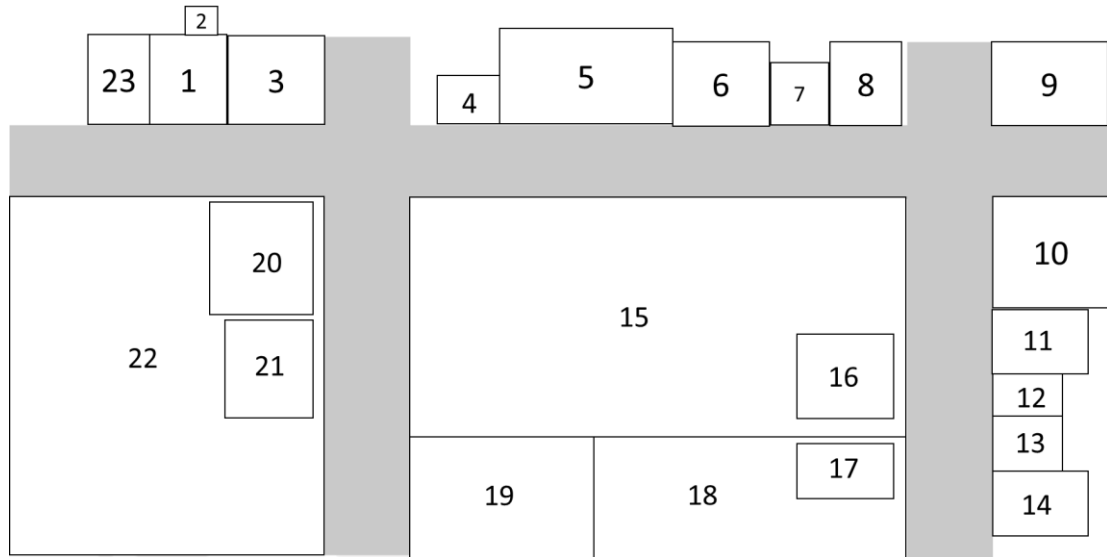
Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan di atas peralatan yang lain ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

- **Instalasi dan Utilitas**

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, steam, dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan pesawat proses sedemikian rupa sehingga petugas dapat dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.



Berikut adalah *layout* Pabrik *Linear Low Density Polyethylene*.



*Gambar 4. 2 Layout pabrik Linear Low Density Polyethylene*

Skala = 1:1000

Keterangan :

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Parkir karyawan | 13. Pemadam           |
| 2. Pos Satpam      | 14. Bengkel           |
| 3. Taman           | 15. Area Proses       |
| 4. Perpustakaan    | 16. Control Room      |
| 5. Kantor Utama    | 17. Utiliras Control  |
| 6. Kantin          | 18. Utilitas          |
| 7. Masjid          | 19. Pengolahan Limbah |
| 8. Poliklinik      | 20. Gudang Peralatan  |
| 9. Mess            | 21. Parkit Truk       |
| 10. Kantor Teknik  | 22. Area Perluasan    |
| 11. Laboratorium   | 23. Parkir Tamu       |
| 12. K3             |                       |

### **4.3 Tata Letak Mesin /Alat Proses (*Machines Layaot*)**

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

#### **4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk**

Pada perancangan pengaliran bahan baku dan produk harus dilakukan dengan tepat agar dapat memberikan keuntungan ekonomis yang besar, menunjang kelancaran dan juga keamanan produk.

#### **4.3.2 Aliran Udara**

Aliran udara disekitar dan di dalam area proses perlu diperhatikan kelancaran aliran udaranya. Agar dapat menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia berbahaya, yang dapat membahayakan pekerjaannya. Kemudian juga memperhatikan arah hembusan angin agar dapat menjaga keselamatan para tenaga kerja yang bekerja pada ketinggian.

#### **4.3.3 Pencahayaan**

Pencahayaan pada area pabrik harus sesuai standar pabrik. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu di jaga untuk menghindari adanya ledakan atau percikan pada penerangan di tempat-tempat proses tersebut berlangsung.

#### **4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan**

Pada hal tata letak peralatan perlu diperhatikan untuk memudahkan para pekerja menjangkau seluruh alat proses. jika terjadinya gangguan pada alat proses, pekerja dapat dengan cepat dan mudah untuk

pergi ke alat tersebut dan memperbaikinya. Dan juga agar untuk keamanan para pekerja selama melakukan tugasnya perlu diprioritaskan.

#### **4.3.5 Tata Letak Alat Proses**

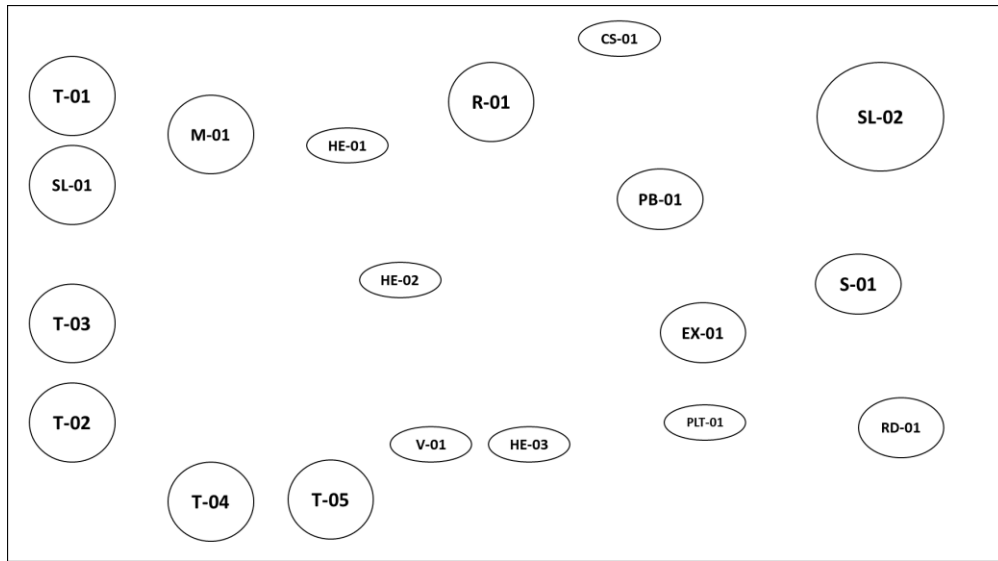
Penempatan alat-alat proses harus diatur agar dapat menekan biaya operasi sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

#### **4.3.6 Jarak Antara Alat Proses**

Pada jarak antar alat proses yang memiliki suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya di pisahkan dari alat proses lainnya. Apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat proses tersebut tidak dapat membahayakan alat lainnya.

Tata letak alat proses pada suatu pabrik haruslah ditata dengan baik. Penataan alat tersebut haruslah disesuaikan dengan keadaan tata ruang yang akan digunakan. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
- Dapat mengefektifkan penggunaan ruangan.
- Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya kapital yang tidak penting.
- Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produk lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal



Gambar 4. 3 Layout tata letak alat di pabrik Linear Low Density Polyethylene

Skala = 1:1000

Keterangan :

T-01	: Tangki Ko-katalis	VP-01	: Vaporizer
T-02	: Tangki Nitrogen	PB-01	: Purge Bin
T-03	: Tangki Hidrogen	PLT-01	: Pelletizer
T-04	: Tangki Etilen	EX-01	: Extruder
T-05	: Tangki 1-Butene	S-01	: Screener
SL-01	: Tangki Katalis	RD-01	: Rotary Dryer
SL-01	: Tangki produk	HE-01	: Heat Exchanger 1
R-01	: Reaktor	HE-02	: Heat Exchanger 2
M-01	: Mixer	HE-03	: Heat Exchanger 3

#### 4.4 Alir Proses dan Material

Berdasarkan kapasitas yang ada diperoleh neraca massa dan neraca panas produk dan bahan baku. Sehingga dapat ditentukan alat-alat apa yang akan digunakan dalam pendirian pabrik selain sifat-sifat kimia, fisik produk dan bahan baku. Hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas sebagai berikut :

##### 4.4.1 Neraca Massa Total

Kapasitas produk : 330.000 ton/tahun

Waktu kerja : 330 hari kerja

Basis perhitungan : kg/jam

Maka, kapasitas produksi *Linear Low Density Polyethylene* tiap jam adalah :

$$\begin{aligned} &= \frac{330.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{\text{hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 41666,667 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

a. Neraca Massa di Mixer (M-01)

Tabel 4. 1 Neraca massa di mixer

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3
TEAL	145,451		145,451
TiCl <sub>4</sub>		8,053	8,053
MgCl <sub>2</sub>		0,249	0,249
subtotal	145,451	8,302	153,753
<b>Total</b>	<b>153,753</b>		<b>153,753</b>

b. Neraca Massa di *Mixing Point 1* (MP-01)

*Tabel 4. 2 Neraca massa mixing point 1*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 11	Aliran 13	Aliran 12
1-Butene	3427,645	856,911	4284,557
<b>Total</b>	<b>4284,557</b>		<b>4284,557</b>

c. Neraca Massa di Vaporizer (V-01)

*Tabel 4. 3 Neraca massa di vaporizer*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Aliran 12	Aliran 13	Aliran 14
1-Butene	4284,557	856,911	3427,645
<b>Total</b>	<b>4284,557</b>	<b>4284,557</b>	

d. Neraca Massa di Percabangan Nitrogen

*Tabel 4. 4 Neraca massa di percabangan nitrogen*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6
Nitrogen	396,330	396,330	0,000
<b>Total</b>	<b>396,330</b>	<b>396,330</b>	

e. Neraca Massa di *Mixing Point 2* (MP-02)

*Tabel 4. 5 Neraca massa di mixing point 2*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 6	Aliran 7	Aliran 8
Hidrogen		2,285	2,285
Nitrogen	0,000		0,000
subtotal	0,000	2,285	2,285
<b>Total</b>	<b>2,285</b>		<b>2,285</b>

f. Neraca Massa di *Mixing Point 3* (MP-03)

*Tabel 4. 6 Neraca massa di mixing point 3*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 8	Aliran 9	Aliran 10
Etilen		38079,518	38079,518
Hidrogen	2,285		2,285
Nitrogen	0,000		0,000
subtotal	2,285	38079,518	38081,803
<b>Total</b>	<b>38081,803</b>		<b>38081,803</b>

g. Neraca Massa di *Mixing Point* 4 (MP-04)

*Tabel 4. 7 Neraca massa di mixing point 4*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 10	Aliran 14	Aliran 15
Etilen	38079,518		38079,518
1-Butene		3427,645	3427,645
Hidrogen	2,285		2,285
Nitrogen	0,000		0,000
subtotal	38081,803	3427,645	41509,449
<b>Total</b>	<b>41509,449</b>		<b>41509,449</b>

h. Neraca Massa di *Mixing Point* 5 (MP-05)

*Tabel 4. 8 Neraca massa di mixing point 5*

Komponen	Mausk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 15	Aliran 20	Aliran 16
Etilen	38079,518	342715,664	380795,182
1-Butene	3427,645	380,849	3808,495
Hidrogen	2,285	0,254	2,539
Nitrogen	0,000	39602,599	39602,599
subtotal	41509,449	382699,365	424208,814
<b>Total</b>	<b>424208,814</b>		<b>424208,814</b>

i. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

*Tabel 4. 9 Neraca massa reaktor*

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg/jam)	
	Aliran 3	Aliran 16	Aliran 17	Aliran 20
Etilen		380795,182	342715,664	
1-Butene		3808,495	380,849	
Hidrogen		2,539	0,254	
Nitrogen		39602,599	39602,599	
TiCl4	8,053		6,69739,E-07	8,053
MgCl2	0,249		2,07136,E-08	0,249
TEAL	145,451		1,20969,E-05	145,451
Polietilen			3,45226,E-03	41509,445
subtotal	153,753	424208,814	382699,369	41663,198
<b>Total</b>	<b>424362,567</b>		<b>424362,567</b>	

j. Neraca Massa di Cyclone (CS-01)

Tabel 4. 10 Neraca massa di cyclone

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Aliran 17	Aliran 18	Aliran 18	Aliran 19
Etilen	342715,664			342715,664
1-Butene	380,849			380,849
Hidrogen	0,254			0,254
Nitrogen	39602,599			39602,599
TiCl <sub>4</sub>	6,69739,E-07	6,69739,E-07		
MgCl <sub>2</sub>	2,07136,E-08	2,07136,E-08		
TEAL	1,20969,E-05	1,20969,E-05		
Polietilen	3,45226,E-03	3,45226,E-03		
subtotal	382699,369	0,003465052		382699,365
<b>Total</b>	<b>382699,369</b>		<b>382699,369</b>	

k. Neraca Massa di Mixing Point 6 (MP-06)

Tabel 4. 11 Neraca massa di mixing point 6

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 18	Aliran 20	Aliran 21
TiCl <sub>4</sub>	6,69739,E-07	8,053	8,053
MgCl <sub>2</sub>	2,07136,E-08	0,249	0,249
TEAL	1,20969,E-05	145,451	145,451
Polietilen	3,45226,E-03	41509,445	41509,449
subtotal	3,46505,E-03	41663,198	41663,202
<b>Total</b>	<b>41663,202</b>		<b>41663,202</b>

l. Neraca Massa di Mixing Point 7 (MP-07)

Tabel 4. 12 Neraca massa di mixing point 7

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 5	Aliran 22	Aliran 23
Nitrogen	396,330		396,330
Steam		170,000	170,000
subtotal	396,330	170,000	566,330
<b>Total</b>	<b>566,330</b>		<b>566,330</b>



m. Neraca Massa di *Purge Bin* (PB-01)

*Tabel 4. 13 Neraca massa di purge bin*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
	Aliran 21	Aliran 23	Aliran 24	Aliran 25
Nitrogen		396,330	396,330	
TiCl <sub>4</sub>	8,053			8,053
MgCl <sub>2</sub>	0,249			0,249
TEAL	145,451			145,451
Polietilen	41509,449			41509,449
H <sub>2</sub> O		170,000	170,000	
subtotal	41663,202	566,330	566,330	41663,202
<b>Total</b>	<b>42229,532</b>		<b>42229,532</b>	

n. Neraca Massa di *Mixing Point 8* (MP-08)

*Tabel 4. 14 Neraca massa di mixing point 8*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 25	Aliran 34	Aliran 26
TiCl <sub>4</sub>	8,053	0,081	8,134
MgCl <sub>2</sub>	0,249	0,003	0,252
TEAL	145,451	1,469	146,920
Polietilen	41509,449	419,287	41928,736
Air		0,035	0,035
subtotal	41663,202	420,875	42084,077
<b>Total</b>	<b>42084,077</b>		<b>42084,077</b>

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

*Tabel 4. 15 Neraca massa di extruder*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Aliran 26	Aliran 27	Aliran 28
TiCl <sub>4</sub>	8,134		8,134
MgCl <sub>2</sub>	0,252		0,252
TEAL	146,920		146,920
polietilen	41928,736		41928,736
Air	0,035	0,035	
subtotal	42084,077	0,035	42084,042
<b>Total</b>	<b>42084,077</b>	<b>42084,077</b>	

p. Neraca Massa di sekitar Extruder (EX-01)

*Tabel 4. 16 Neraca massa di sekitar extruder*

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	Aliran 28	Aliran 29	Aliran 30
TiCl <sub>4</sub>	8,134		8,134
MgCl <sub>2</sub>	0,252		0,252
TEAL	146,920		146,920
Polietilen	41928,736		41928,736
Air Pendingin		35	35
subtotal	42084,042	35	42119,042
<b>Total</b>	<b>42119,042</b>		<b>42119,042</b>

q. Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-01)

*Tabel 4. 17 Neraca massa di rotary dryer*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Aliran 31	Aliran 32	Aliran 33
TiCl <sub>4</sub>	8,134		8,134
MgCl <sub>2</sub>	0,252		0,252
TEAL	146,920		146,920
Polietilen	41928,736		41928,736
Air	35	31,5	3,500
subtotal	42119,042	31,500	42087,542
<b>Total</b>	<b>42119,042</b>	<b>42119,042</b>	

r. Neraca Massa di Screener (S-01)

*Tabel 4. 18 Neraca massa di screener*

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
	Aliran 33	Aliran 34	Aliran 35
TiCl <sub>4</sub>	8,134	0,081	8,053
MgCl <sub>2</sub>	0,252	0,003	0,249
TEAL	146,920	1,469	145,451
Polietilen	41928,736	419,287	41509,449
Air	3,5	0,035	3,465
subtotal	42087,542	420,875	41666,667
<b>Total</b>	<b>42087,542</b>	<b>42087,542</b>	

#### 4.4.2 Neraca Panas

##### a. Neraca Panas di *Heat Exchanger* (HE-01)

Tabel 4. 19 Neraca panas di heat exchanger 1

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H3	Q pemanas	H4
TiCl4	29,321		335,721
MgCl2	0,344		3,838
TEAL	1584,569		17786,188
Steam		16511,513	
subtotal	1614,234	16511,513	18125,747
<b>Total</b>	<b>18125,747</b>		<b>18125,747</b>

##### b. Neraca Panas di *Expansion Valve* (EV-01)

Tabel 4. 20 Neraca panas di expansion valve 1

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	H10	H11	Q ekspansi
Etilen	-3931208,187	-3536836,529	-394371,657
<b>Total</b>	<b>-3931208,187</b>	<b>-3931208,187</b>	

##### c. Neraca Panas di *Mixing Point* 3 (MP-03)

Tabel 4. 21 Neraca panas di mixing point 1

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H9	H11	H12
Etilen		-4959192,994	-4956137,641
Hidrogen	162,770		-2892,582
Nitrogen	0,000		0,000
subtotal	162,770	-4959192,994	-4959030,223
<b>Total</b>	<b>-4959030,223</b>		<b>-4959030,223</b>

d. Neraca Panas di Kompresor (K-01)

Tabel 4. 22 Neraca panas di kompresor

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H12	Q kompresor	H13
Etilen	-4956137,641	3259295,526	-1698786,278
Hidrogen	-2892,582		-948,420
Nitrogen	0,000		0
subtotal	-4959030,223	3259295,526	-1699734,697
<b>Total</b>	<b>-1699734,697</b>		<b>-1699734,697</b>

e. Neraca Panas di Mixing Point 1 (MP-01)

Tabel 4. 23 Neraca panas di mixing point 1

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H14	H16	H15
1-Butene	40176,677	182197,662	222374,339
<b>Total</b>	<b>222374,339</b>		<b>222374,339</b>

f. Neraca Panas di Vaporizer (V-01)

Tabel 4. 24 Neraca massa pada vaporizer

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
	H15	Qsteam	H16	H17
1-Butene	222374,339	1321537,098	182197,662	1361713,775
Steam				
subtotal	222374,339	1321537,098	182197,662	1361713,775
<b>TOTAL</b>	<b>1543911,437</b>		<b>1543911,437</b>	

g. Neraca Panas di *Mixing Point* 4 (MP-04)

*Tabel 4. 25 Neraca panas di mixing point 4*

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H13	H17	H18
Etilen	-1698786,278		-1117511,929
1-Butene		481016,952	-100586,797
Nitrogen	-948,420		-619,019
Hidrogen	0,000		0,000
subtotal	-1699734,697	481016,952	-1218717,745
<b>Total</b>	<b>-1218717,745</b>		<b>-1218717,745</b>

h. Neraca Panas di *Heat Exchanger* (HE-02)

*Tabel 4. 26 Neraca panas di heat exchanger 2*

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H18	Qpemanas	H19
Etilen	-1117511,929		3442151,577
1-Butene	-100586,797		316254,661
Hidrogen	-619,019		1797,024
Nitrogen	0,000		0,000
Steam		4978921,007	
subtotal	-1218717,745	4978921,007	3760203,262
<b>Total</b>	<b>3760203,262</b>		<b>3760203,262</b>

i. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Tabel 4. 27 Neraca panas di reaktor

Komponen	Masuk (kJ/jam)			Keluar (kJ/jam)	
	H4	H19	Qreaksi	H25	Qpendingin
Etilen		3442151,577	70992428,287		
1-Butene		316254,661			
Hidrogen		1797,024			
Nitrogen		0,000			
TiCl4	335,721			335,721	
MgCl2	3,838			3,838	
TEAL	17786,188			21649,987	
Polietilen				37,547	
Air Pendingin					74748730,202
subtotal	18125,747	3760203,3		70992428,287	22027,094
<b>Total</b>	<b>74770757,296</b>			<b>74770757,296</b>	

j. Neraca Panas di Expansion Valve (EV-02)

Tabel 4. 28 Neraca panas di expansion valve 2

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)	
	H6	H26	Q ekspansi
Nitrogen	2057,632	-4792,473	6850,105
<b>Total</b>	<b>2057,632</b>	<b>2057,632</b>	

k. Neraca Panas di Heat Exchanger (HE-03)

Tabel 4. 29 Neraca panas di heat exchanger 3

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H26	Q pemanas	H27
Nitrogen	-4792,473		78834,311
Steam		83626,784	
subtotal	-4792,473	83626,784	78834,311
<b>Total</b>	<b>78834,311</b>		<b>78834,311</b>

l. Neraca Panas di *Mixing Point 7* (MP-07)

*Tabel 4. 30 Neraca panas di mixing point 7*

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)
	H27	H28	H29
Nitrogen	78834,311		83413,34
Steam		69781,824	65202,79
subtotal	78834,311	69781,824	148616,13
<b>Total</b>	<b>148616,135</b>		<b>148616,135</b>

m. Neraca Panas di *Purge Bin* (PB-01)

*Tabel 4. 31 Neraca panas di purge bin*

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
	H25	H29	H30	H31
Nitrogen		83413,345	54961,320	
TiCl4	335,721			464,727
MgCl2	3,838			5,263
TEAL	21649,987			30378,442
Polietilen	37,547			38,525
Steam		23155,3	42747,435	
subtotal	22027,094	106568,617	97708,755	30886,957
<b>Total</b>	<b>128595,711</b>		<b>128595,711</b>	

n. Neraca Panas di Extruder (EX-01)

*Tabel 4. 32 Neraca panas di extruder*

Komponen	Masuk (kJ/jam)			Keluar (kJ/jam)		
	H31	H40	Qpemanas	H34	H33	Qleleh
TiCl4	464,727	2,125	4736814,336	593,340		4732077,157
MgCl2	5,263	0,025		28,695		
TEAL	30378,442	135,131		35019,887		
Polietilen	38,525	0,369		40,395		
Air		5,118			84,585	
subtotal	30886,957	142,767	4736814,336	35682,317	84,585	4732077,157
<b>Total</b>	<b>4767844,059</b>			<b>4767844,059</b>		

o. Neraca Panas di sekitar Extruder (EX-01)

Tabel 4. 33 Neraca panas di sekitar extruder

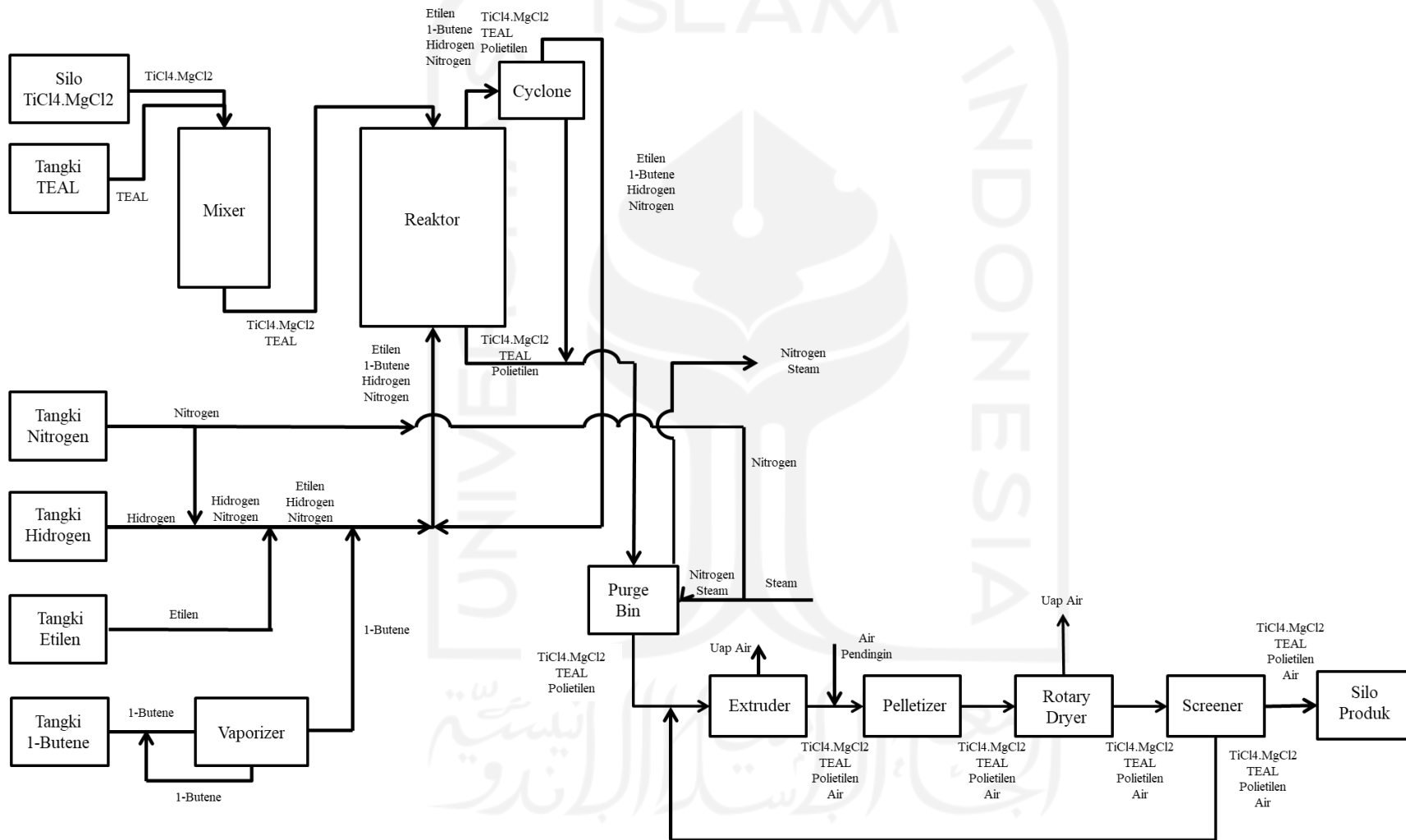
Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
	H34	H35	H36	
TiCl4	593,340		29,617	
MgCl2	28,695		0,347	
TEAL	35019,887		1843,999	
Polietilen	40,395		35,448	
Air		733,379	733,379	
subtotal	35682,317	733,379	2642,789	33772,907
<b>Total</b>	<b>36415,696</b>		<b>36415,696</b>	

p. Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-01)

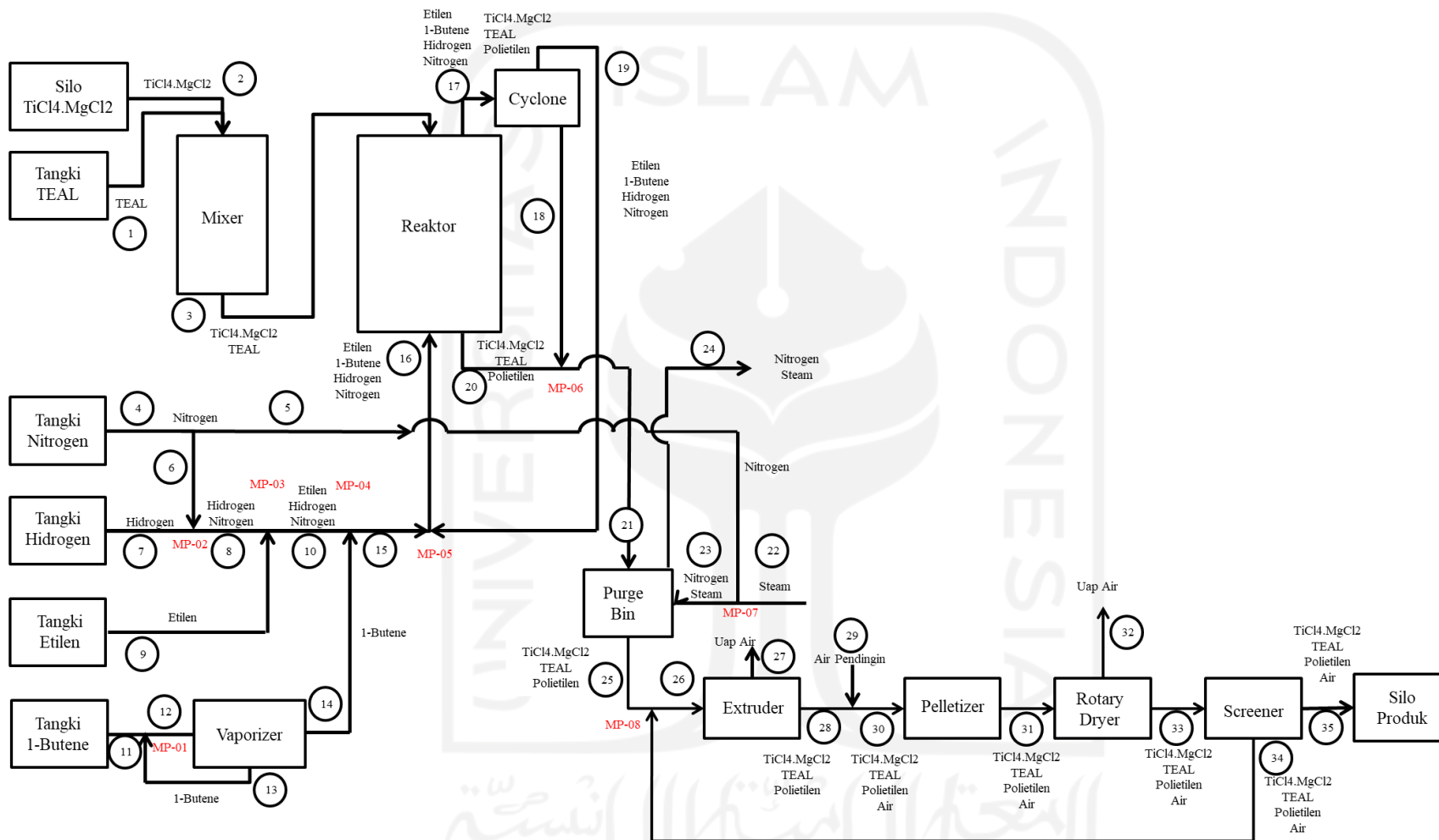
Tabel 4. 34 Neraca panas di rotary dryer

Komponen	Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)		
	H37	Qpemanas	H38	H39	Q lepas
TiCl4	29,617	88533,846		212,461	731,618
MgCl2	0,347			2,453	
TEAL	1843,999			13513,054	
Polietilen	35,448			36,935	
Air	733,379		76168,349	511,765	
subtotal	2642,789	88533,846	76168,349	14276,668	731,618
<b>Total</b>	<b>91176,635</b>		<b>91176,635</b>		





Gambar 4. 4 Diagram alir kualitatif



Gambar 4. 5 Diagram alir kuantitatif

Tabel 4. 35 Neraca massa

Komponen	Arus (kg/jam)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>C2H4</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	38079,52	38079,52
<b>1-Butene</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>H2</b>	-	-	-	-	-	-	2,285224	2,285224	-	2,285224
<b>N2</b>	-	-	-	396,3302	396,3302	0	-	0	-	0
<b>TiCl4</b>	-	8,0528	8,0528	-	-	-	-	-	-	-
<b>MgCl2</b>	-	0,2491	0,2491	-	-	-	-	-	-	-
<b>TEAL</b>	145,451	-	145,451031	-	-	-	-	-	-	-
<b>Polyethylene</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Steam</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	145,451	8,3019	153,7529	396,3302	396,3302	0	2,285224	2,285224	38079,52	38081,8

Komponen	Arus (kg/jam)									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>C2H4</b>	-	-	-	-	38079,52	380795,2	342715,7	-	342715,7	-
<b>1-Butene</b>	3427,645	4284,557	856,911339	3427,645	3427,645	3808,495	380,8495	-	380,8495	-
<b>H2</b>	-	-	-	-	2,285224	2,539137	0,253914	-	0,253914	-
<b>N2</b>	-	-	-	-	0	39602,6	39602,6	-	39602,6	-
<b>TiCl4</b>	-	-	-	-	-	-	6,7E-07	6,7E-07	-	8,052832
<b>MgCl2</b>	-	-	-	-	-	-	2,07E-08	2,07E-08	-	0,249057
<b>TEAL</b>	-	-	-	-	-	-	1,21E-05	1,21E-05	-	145,451
<b>Polyethylene</b>	-	-	-	-	-	-	0,003452	0,003452	-	41509,45
<b>Steam</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	3427,645	4284,557	856,911339	3427,645	41509,45	424208,8	382699,4	0,003465	382699,4	41663,2

Komponen	Arus (kg/jam)									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>C2H4</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>1-Butene</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>H2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>N2</b>	-	-	396,330226	396,3302	-	-	-	-	-	-
<b>TiCl4</b>	8,052833	-	-	-	8,052833	8,134175	-	8,134175	-	8,134175
<b>MgCl2</b>	0,249057	-	-	-	0,249057	0,251572	-	0,251572	-	0,251572
<b>TEAL</b>	145,451	-	-	-	145,451	146,9202	-	146,9202	-	146,9202
<b>Polyethylene</b>	41509,45	-	-	-	41509,45	41928,74	-	41928,74	-	41928,74
<b>Steam</b>	-	170	170	170	-	0,035	0,035	-	35	35
<b>Total</b>	41663,2	170	566,330226	566,3302	41663,2	42084,08	0,035	42084,04	35	42119,04

Komponen	Arus (kg/jam)				
	31	32	33	34	35
<b>C2H4</b>	-	-	-	-	-
<b>1-Butene</b>	-	-	-	-	-
<b>H2</b>	-	-	-	-	-
<b>N2</b>	-	-	-	-	-
<b>TiCl4</b>	8,134175	-	8,13417481	0,081342	8,052833
<b>MgCl2</b>	0,251572	-	0,25157242	0,002516	0,249057
<b>TEAL</b>	146,9202	-	146,920233	1,469202	145,451
<b>Polyethylene</b>	41928,74	-	41928,7361	419,2874	41509,45
<b>Steam</b>	35	31,5	3,5	0,035	3,465
<b>Total</b>	42119,04	31,5	42087,5421	420,8754	41666,67

## 4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit utilitas adalah salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit yang lain dalam pabrik atau sarana penunjang untuk menjalankan suatu pabrik dari tahap awal sampai produk akhir. Unit utilitas ini meliputi :

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*water system*)
2. Unit penyediaan *Dowtherm SR-01*
3. Unit pembangkit listrik (*Power plant*)
4. Unit penyediaan bahan bakar
5. Unit pengolahan limbah
6. Unit penyediaan udara tekan

### 4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air (*Water Treatment System*)

#### 4.5.1.1 Unit Penyedia Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik Polietilen ini, sumber air yang digunakan berasal dari air laut selat sunda. Adapun

penggunaan air laut sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Lokasi pendirian pabrik yang terletak tidak jauh dari laut, dapat memudahkan dalam pengangkutan dan penggunaan air.
- b. Jumlah air laut lebih banyak dan sangat berlimpah dibandingkan dengan air sungai maupun air sumur merupakan alasan digunakan air laut sebagai bahan penyediaan air dalam Utilitas pabrik, sehingga kendala akan kekurangan air dapat dihindari.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air Umpan Boiler (Boiler Feed Water)

Berikut adalah prasyarat air umpan boiler :

- a. Tidak membuih (berbusa)

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

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam boiler.
- Buih dapat menyebabkan percikan 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.

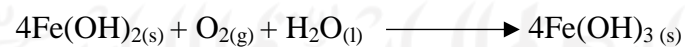
b. Tidak membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan hal – hal berikut:

- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa disebabkan oleh pH rendah, minyak dan lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas-gas H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, yang terlarut dalam air. Reaksi elektro kimia antar besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja. Jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dan membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut maka terjadi korosi menurut reaksi berikut:



Bikarbonat dalam air akan membentuk CO<sub>2</sub> yang bereaksi dengan air karena pemanasan dan tekanan. Reaksi tersebut menghasilkan asam karbonat yang dapat bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Adanya pemanasan garam bikarbonat menyebabkan pembentukan CO<sub>2</sub> kembali.

## 2. Air Domestik

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

### a. Syarat fisika, meliputi:

- 1) Suhu : Di bawah suhu udara
- 2) Warna : Jernih
- 3) Rasa : Tidak berasa
- 4) Bau : Tidak berbau

### b. Syarat kimia, meliputi:

- 1) Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- 2) Tidak mengandung bakteri.

## 3. Air Proses

Air proses ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam proses antara lain pada bak pendingin proses keluaran dari Extruder.

### 4.5.1.2 Unit Pengelolah air

Air pada pabrik yang didirikan sumbernya berasal dari air laut. Oleh karena itu untuk menghindari kerak yang terjadi pada alat penukar panas, maka perlu adanya pengolahan air laut secara fisik dan kimia, maupun dengan penambahan desinfektan. Pengolahan secara fisik adalah dengan *screening* sedangkan secara kimia dengan penambahan *chlorine*.



Pada tahap penyaringan, air laut dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. *Screen* dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran *suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air. Pada tangki penyimpanan air domestik diinjeksikan klorin sejumlah 1 ppm. Jumlah ini memenuhi untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah perkembangbiakannya pada proses perkembangannya.

### **Desalinasi**

Air laut adalah air murni yang di dalamnya larut berbagai zat padat dan gas. Zat terlarut meliputi garam organik, gas terlarut dan garam-garam anorganik yang berwujud ion-ion. Banyaknya kandungan garam pada air laut mengharuskan adanya proses desalinasi. Desalinasi adalah proses yang menghilangkan kadar garam berlebih dalam air laut untuk mendapatkan air yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Metode yang digunakan dalam desalinasi adalah metode *reverse osmosis* yang telah banyak digunakan diberbagai industri. Metode ini menggunakan menggunakan membran semi permeabel yang berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan sifat fisiknya. Hasil pemisahan berupa *retentate* atau disebut konsentrat (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan *permeate* (bagian dari campuran yang melewati membran). Proses pemisahan pada membran merupakan perpindahan

materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya dorong berupa perbedaan tekanan.

### **Demineralisasi**

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai umpan ketel (*boiler feed water*).

Untuk keperluan air umpan boiler, tidak cukup hanya air bersih, oleh karenanya air tersebut masih perlu diperlakukan lebih lanjut, yaitu penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut. Garam terlarut di dalam air berikatan dalam bentuk ion positif (*cation*) dan negatif (*anion*). Ion-ion tersebut dihilangkan dengan cara pertukaran ion di alat penukar ion (*ion exchanger*). Mula-mula air bersih (*filtered water*) dialirkan ke *cation exchanger* yang diisi resin *cation* yang akan mengikat *cation* dan melepaskan ion  $H^+$ . Selanjutnya air mengalir ke *anion exchanger* dimana anion dalam air bertukar dengan ion  $OH^-$  dari resin anion.

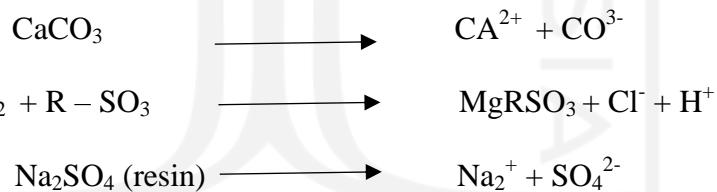
Air keluar dari *anion exchanger* hampir seluruh garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan di tangki penyimpanan (*demin water storage*). Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan untuk pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak

mampu mengikat cation/ anion secara optimal. Untuk itu perlu dilakukan penyegaran/ pengaktifan kembali secara regenerasi. Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Resin cation diregenerasi menggunakan larutan  $H_2SO_4$ , sedangkan resin anion menggunakan larutan NaOH. Adapun tahap-tahap proses pengolahan air adalah sebagai berikut:

a. Cation Exchanger

*Cation exchanger* ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion  $H^+$  sehingga air yang akan keluar dari cation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ . Sehingga air yang keluar dari cation tower adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

Reaksi:



b. Anion Exchanger

*Anion exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga

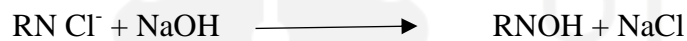
anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



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

Reaksi:



c. Dearasi

Dearasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen ( $\text{O}_2$ ). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan *hidrazin* ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:



Air yang keluar dari deaerator ini dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

d. Pendinginan dan Menara Pendingin

Air yang telah digunakan dalam cooler, temperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada cooling tower. Air yang didinginkan dalam

cooling tower adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit proses.

#### 4.5.1.3 Kebutuhan Air

##### 1. Kebutuhan Air Proses

Tabel 4. 36 Kebutuhan air proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Extruder	EX-01	538,643
<b>Total</b>		538,643

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air proses sebesar 646,3714 kg/jam.

##### 2. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 4. 37 Kebutuhan air steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Purge Bin</i>	PB-01	170
<i>Heat Exchanger</i>	HE-01	7,2832
<i>Heat Exchanger</i>	HE-02	2.196,0220
<i>Heat Exchanger</i>	HE-03	36,8877
<i>Heat Exchanger</i>	HE-04	55,6022
<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	1.583,3597
<i>Vaporizer</i>	V-01	582,9299
<b>Total</b>		4.632,0847

Air pembangkit steam dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan air pembangkit steam sebesar 5.558,5017 kg/jam.

Kemudian 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga *make up steam* 1.111,7003 kg/jam.

##### 3. Air Keperluan Pekantoran dan Rumah Tangga (Domestik)

Penyediaan keperluan air domestic meliputi :

- **Kebutuhan Air Karyawan**

Menurut WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari.

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari  
 = 4,2626 kg/jam

Jumlah karyawan = 201 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 856,7806 kg/jam

- **Kebutuhan Air untuk Mess**

Jumlah mess = 25 rumah

Jumlah penghuni tiap mess = 5 orang

Kebutuhan air tiap penghuni = 120 kg/hari

Kebutuhan air untuk mess = 625 kg/jam

Kebutuhan total air domestik = (856,7806 + 625) kg/jam

= 1481,7806 kg/jam

- **Kebutuhan *Service Water***

Kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (*service water*)

meliputi :

Bengkel = 1500 kg/hari

Poliklinik = 1534,5324 kg/hari

Laboratorium = 1841,4389 kg/hari

Pemadam kebakaran = 3000 kg/hari

Kantin, mushola, dan taman = 122,7626 kg/hari

Total Kebutuhan Air = 333,2806 kg/jam

Tabel 4. 38 Total kebutuhan air

No	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	1.481,7806
2	<i>Service Water</i>	333,2806
3	<i>Air Proses</i>	646,3714
4	<i>Steam Water</i>	5.558,5017
5	<i>Air Make up steam</i>	1.111,7003
<b>Total</b>		<b>9.131,6346</b>

#### 4.5.2 Unit Dowtherm SR-1

*Dowtherm* SR-1 digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses yang digunakan seperti pada reaktor. Alasan pemilihan *Dowtherm* SR-1 dikarenakan oleh jangkauan suhunya yang cukup luas dibandingkan dengan menggunakan air, sehingga kebutuhan pendingin di reaktor dapat diminimalisir dengan menggunakan *dowtherm*. *Dowtherm* SR-1 adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah (-50 –120) °C

Kebutuhan *Dowtherm* SR-1 pada pabrik pembuatan LLDPE dapat dilihat pada tabel 4.38.

Tabel 4. 39 Kebutuhan dowtherm sr-1

No	Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
1	Reaktor	R-01	241.207,41
<b>Total</b>			<b>241.207,41</b>

Pendingin yang akan diproses di *cooling water dowtherm*, dikhawatirkan akan ada *dowtherm* yang menguap dan terbang ke atmosfer. Oleh karena itu, pengadaan *dowtherm* dlebihkan 20% lebih

banyak dari jumlah kebutuhannya. Sehingga kebutuhan *dowtherm* menjadi  $20\% \times 241.207,41 \text{ kg/jam} = 289.448,8968 \text{ kg/jam}$ .

#### 4.5.2.1 Spesifikasi Alat Pengolahan Dowtherm SR-1

##### 1. Tangki Penyimpanan *Dowtherm* SR-1

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya: daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya.

Jenis : Tangki silinder vertikal dengan *flat bottom* dan *torispherical head*.

Volume :  $329,0357 \text{ m}^3$

Dimensi : Tinggi =  $5,3413 \text{ m}$   
Diameter =  $2,4384 \text{ m}$

##### 2. *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan *dowtherm* SR-1 setelah digunakan.

Jenis : *Cooling tower induced draft*.

Luas tower :  $43,0808 \text{ m}^2$

Dimensi : Panjang =  $6,5636 \text{ m}$

Lebar =  $6,5636 \text{ m}$

##### 3. *Blower Cooling Tower* (BL-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan *dowtherm* yang akan didinginkan.

Kebutuhan udara :  $8.633.749,1545 \text{ ft}^3/\text{jam}$

*Power blower* :  $182,1507 \text{ Hp}$



*Power motor* : 20 Hp

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

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

Kapasitas : 10.992,492 kWatt

Jenis : Generator Diesel

Jumlah : 1 buah

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

Tabel 4. 40 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Bucket elevator</i>	BE-01	5,000	3.728,500
<i>Mixer</i>	M-01	2,000	1.491,400
Kompresor	CP-01	3.926,919	2.928.303,498
Pompa Proses	P-01	0,050	37,285
	P-02	0,500	372,850
	P-03	0,050	37,285
	P-04	5,000	3.728,500
	P-05	0,050	37,285
<i>Rotary Dryer</i>	RD-01	7,500	5.592,750
Extruder	EX-01	2.502,749	1.866.299,780
<i>Screw Conveyor</i>	SC-01	0,050	37,285
	SC-02	40,000	29.828,000
	SC-03	40,000	29.828,000
	SC-04	40,000	29.828,000
	SC-05	40,000	29.828,000
	SC-06	0,050	37,285
	SC-07	40,000	29.828,000
<b>Total</b>		<b>6.649,918</b>	<b>4.958.843,7035</b>

Tabel 4. 41 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Udara Tekan	UT-01	3,0000	2.237,1000
Pompa	P-01	1,0000	745,7000
	P-02	1,0000	745,7000
	P-03	1,0000	745,7000
	P-04	1,0000	745,7000
	P-05	0,0500	37,2850
	P-06	0,0500	37,2850
	P-07	0,0500	37,2850
	P-08	0,0500	37,2850
	P-09	0,0500	37,2850
	P-10	0,0500	37,2850
	P-11	0,0833	62,1417
	P-12	20,0000	14.914,0000
	P-13	20,0000	14.914,0000
	P-14	20,0000	14.914,0000
Blower Cooling Water	BU-01	200,00	149.140
<b>Total</b>		<b>267,3833</b>	<b>199.387,7517</b>

Kebutuhan Listrik untuk menggerakkan alat kontrol, kantor dan penerangan sebagai berikut :

- Untuk Alat Kontrol (25% kebutuhan penggerak motor) = 1.289,5579 kW
- Untuk Penerangan (15% kebutuhan penggerak motor) = 773,7347 kW
- Untuk Peralatan Kantor (15% kebutuhan penggerak motor) = 773,7347 kW
- Lain-lain (15% kebutuhan penggerak motor) = 773,7347 kW

Kebutuhan Listrik Perumahan

- Tiap rumah membutuhkan sekitar = 1000 watt
- Jumlah rumah = 25
- Kebutuhan listrik perumahan = 25000 watt  
= 25 kW

Tabel 4. 42 Total kebutuhan listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	4.958,8437
	b. Utilitas	199,3878
2	a. Alat kontrol	1.289,5579
	b. Listrik Penerangan	773,7347
	c. Peralatan kantor	773,7347
	d. Perlatan bengkel & Lab	773,7347
3	Listrik Perumahan	25,0000
<b>Total</b>		<b>8.793,9953</b>

#### 4.5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara pneumatik. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan untuk menggerakkan alat kontrol sebanyak 17 buah diperkirakan  $32 \text{ m}^3/\text{jam}$  pada tekanan 6 bar dan suhu  $30^\circ\text{C}$ . Alat pengadaan udara tekan menggunakan *compressor*.

#### 4.5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar digunakan untuk keperluan pembakaran pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Bahan bakar boiler menggunakan fuel oil sebanyak 301,2258 kg/jam. Bahan bakar diesel menggunakan minyak solar sebanyak 567,917 L/jam.

#### 4.5.6 Unit Pengelolaan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses di pabrik ini berupa limbah gas dan limbah cair. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah-limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini

dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Limbah limbah tersebut diantaranya:

1. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan pada pabrik ini adalah gas nitrogen dengan steam hasil keluaran *purge bin*. Gas tersebut langsung dibuang ke atmosfer karena tidak memiliki kandungan yang berbahaya bagi lingkungan.

2. Air Utilitas

Air buangan utilitas yang berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin. Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan penetralan hingga pH 7 menggunakan  $H_2SO_4$  atau  $NaOH$  sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.

#### **4.5.7 Maintenance**

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

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

Alat-alat memproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan tiap-tiap alat meliputi :

- *Over haul* 1 tahun  
Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang rusak, kemudian dikembalikan seperti kondisi semula.
- *Repairing*  
Merupakan kegiatan maintenance yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi maintenance adalah :

1. Umur alat  
Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.
2. Bahan baku  
Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

## 4.6 Organisasi Perusahaan

### 4.6.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik LLDPE yang akan didirikan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). PT merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham di mana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam PT pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

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

Bentuk PT memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Perusahaan dibentuk berdasarkan hukum.

Pembentukan menjadi badan hukum disertai akte perusahaan yang berisi informasi-informasi nama perusahaan, tujuan-tujuan perusahaan, jumlah modal dan lokasi kantor pusat. Setelah pengelola perusahaan menyerahkan akte perusahaan dan disertai uang yang diminta untuk keperluan akte perusahaan, maka ijin diberikan. Dengan izin ini perusahaan secara sah dilindungi oleh hukum dalam pengelolaan intern perusahaan.

- Badan hukum terpisah dari pemiliknya (pemegang saham).

Hal ini bermaksud bahwa perusahaan ini didirikan bukan dari perkumpulan pemegang saham tetapi merupakan badan hukum yang

terpisah. Kepemilikannya dimiliki dengan memiliki saham. Apabila seorang pemilik saham meninggal dunia, maka saham dapat dimiliki oleh ahli warisnya atau pihak lain sesuai dengan kebutuhan hukum. Kegiatan-kegiatan perusahaan tidak dipengaruhi olehnya.

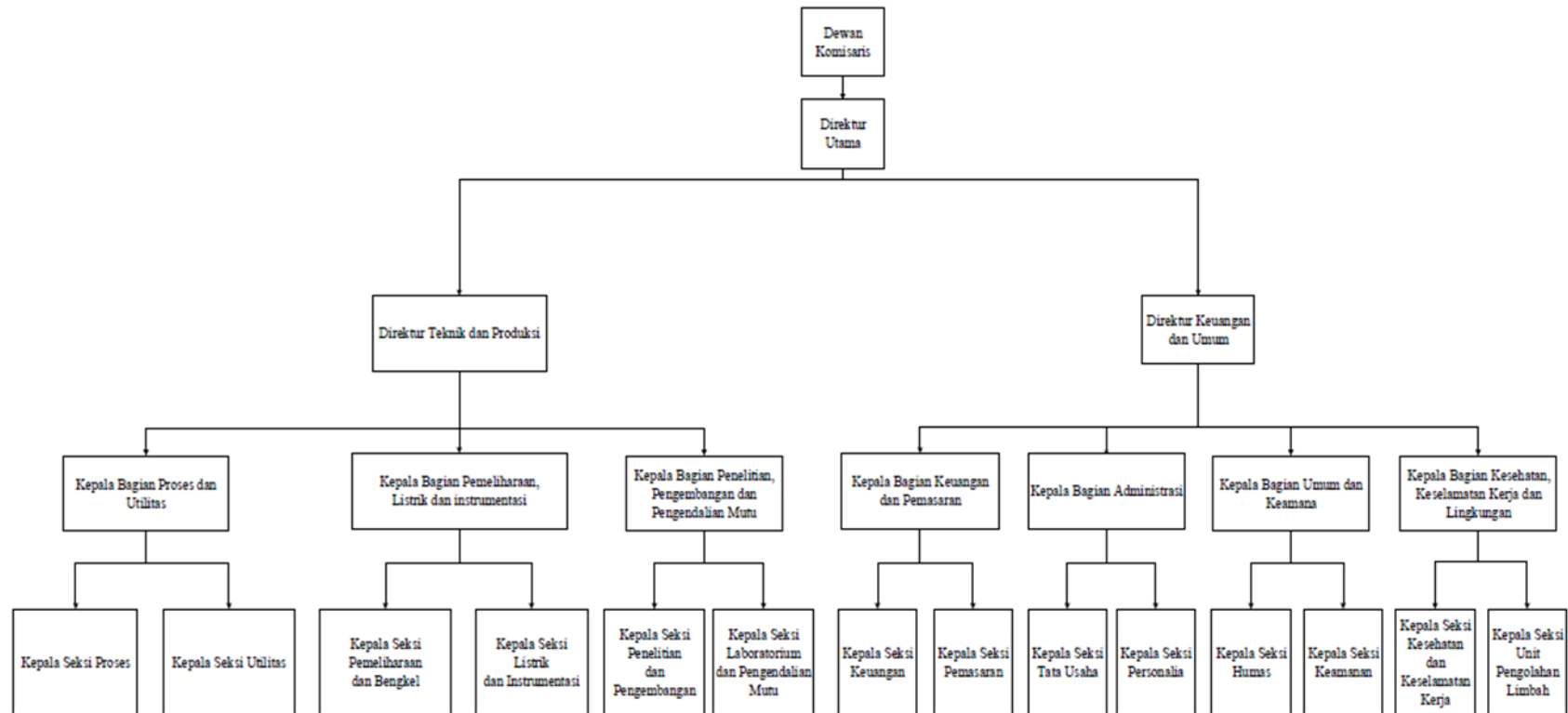
- Menguntungkan bagi kegiatan-kegiatan yang berskala besar. Perseroan terbatas sesuai dengan perusahaan berskala besar dengan aktifitas-aktifitas yang kompleks.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan ini adalah berdasarkan atas beberapa faktor sebagai berikut :

- Mudah untuk mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.
- Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, staf, serta karyawan perusahaan.
- Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya



#### 4.6.2 Struktur Organisasi



Gambar 4. 6 Struktur organisasi

Untuk menjalankan segala aktifitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

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

- Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
- Pendelegasian wewenang
- Pembagian tugas kerja yang jelas
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
- Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem line dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam

bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

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

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

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Manajer Produksi serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Produksi membawahi bidang produksi, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Manajer Keuangan dan Umum membidangi yang lainnya. Manajer membawahi beberapa Kepala Bagian yang akan bertanggung jawab membawahi atas bagian dalam perusahaan, sebagai bagian daripada pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing Kepala Bagian akan membawahi beberapa seksi dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu,

dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli dibidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

#### **4.6.3 Tugas dan Wewenang**

##### **1. Pemegang Saham**

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

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

## 2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham.

Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi :

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

## 3. Direktur Utama

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

Direktur utama membawahi :

- Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

- Direktur Keuangan dan Umum

Tugas Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

#### 4. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari:

- Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

- Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

- Kepala Bagian Pengendalian Mutu dan Pengembangan  
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan pengembangan perusahaan dan pengawasan mutu.
- Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran  
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
- Kepala Bagian Administrasi  
Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.
- Kepala Bagian Humas dan Keamanan  
Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.
- Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan  
Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

##### 5. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

- Kepala Seksi Proses  
Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.
- Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk  
Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan
- Kepala Seksi Utilitas  
Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.
- Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel  
Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.
- Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi  
Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat-alat instrumentasi.
- Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan  
Tugas : Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.
- Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu  
Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.



- Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

- Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

- Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

- Kepala Seksi Personalita

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

- Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

- Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

- Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

- Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas : Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

#### 4.6.4 Hak-hak Karyawan

##### 1. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

##### 2. Hari Libur Nasional

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

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

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

##### 4. Gaji karyawan

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

Tabel 4. 43 Gaji karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1.	Direktur Utama	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
2.	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
3.	Direktur Keuangan & Umum	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
4.	Staff Ahli	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
5.	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
6.	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
7.	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
8.	Ka. Bag. Keuangan & Administrasi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
9.	Ka. Bag. Umum	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
10.	Ka. Bag. K3 & Litbang	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000
11.	Ka. Sek. Proses	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
12.	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
13.	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
14.	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
15.	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
16.	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
17.	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
18.	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
19.	Ka. Sek. Kas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
20.	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
21.	Ka. Sek. Humas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
22.	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
23.	Ka. Sek. K3	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
24.	Ka. Sek. Litbang	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
25.	Karyawan Proses	6	Rp 10.000.000	Rp 60.000.000
26.	Karyawan Pengendalian	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
27.	Karyawan Laboratorium	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
28.	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000

Tabel 4. 44 Gaji karyawan (lanjutan)

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
29.	Karyawan Utilitas	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
30.	Karyawan Pembelian	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
31.	Karyawan Pemasaran	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
32.	Karyawan Administrasi	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
33.	Karyawan Kas	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
34.	Karyawan Personalia	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
35.	Karyawan Humas	2	Rp 10.000.000	Rp 20.000.000
36.	Karyawan Keamanan	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
37.	Karyawan K3	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
38.	Karyawan Litbang	3	Rp 10.000.000	Rp 30.000.000
39.	Operator	112	Rp 7.000.000	Rp 784.000.000
40.	Supir	5	Rp 4.500.000	Rp 22.500.000
41.	Librarian	2	Rp 4.500.000	Rp 9.000.000
42.	<i>Cleaning service</i>	5	Rp 4.300.000	Rp 21.500.000
43.	Dokter	2	Rp 9.000.000	Rp 18.000.000
44.	Perawat	4	Rp 6.500.000	Rp 26.000.000
45.	Montir	5	Rp 4.500.000	Rp 22.500.000
<b>Total</b>		201		Rp1.853.500.000

## 5. Jam Kerja Karyawan

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan yaitu karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

### a. Jam kerja karyawan *non-shift*

Karyawan non shift adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk karyawan harian adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta bawahan yang ada dikantor. Karyawan harian dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja sebagai berikut: Jam kerja karyawan *non-shift* adalah 8 jam, dengan jadwal sebagai berikut :

- Hari Senin – Kamis  
 Masuk kerja : 07.00 – 12.00  
 Istirahat : 12.00 – 13.00  
 Masuk kembali : 13.00 – 16.00
- Hari Jumat  
 Masuk kerja : 07.00 – 11.30  
 Istirahat : 11.30 – 13.30  
 Masuk kembali : 13.30 – 17.00
- Hari Sabtu dan Minggu libur.

b. Jam kerja karyawan *shift*

Jadwal kerja karyawan *shift* dibagi menjadi :

- Shift Pagi : 07.00 – 15.00
- Shift Sore : 15.00 – 23.00
- Shift Malam : 23.00 – 07.00

Karyawan *shift* ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap shift dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas

Tabel 4. 45 Jadwal kerja

Hari/Regu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L
2	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P
3	M	M	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S
4	L	P	P	S	S	M	M	L	P	P	S	S	M	M

Keterangan :

P = Shift Pagi

S = Shift Siang

M = Shift Malam

L = Libur

#### 4.7 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang dipertimbangkan adalah:

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Discounted Cash Flow* (DCF)
4. *Break Even Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)

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

1. Penentuan modal industri ( *Total Capital Investment* )

Meliputi :

- a. Modal tetap ( *Fixed Capital Investment* )
- b. Modal kerja ( *Working Capital Investment* )

## 2. Penentuan biaya produksi total ( *Total Production Cost* )

Meliputi :

- a. Biaya pembuatan ( *Manufacturing Cost* )
- b. Biaya pengeluaran umum ( *General Expenses* )

## 3. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap ( *Fixed Cost* )
- b. Biaya variabel ( *Variable Cost* )
- c. Biaya mengambang ( *Regulated Cost* )

### 4.7.1 Penaksiran Harga Peralatan

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

Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2023. Di dalam analisa ekonomi, harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun

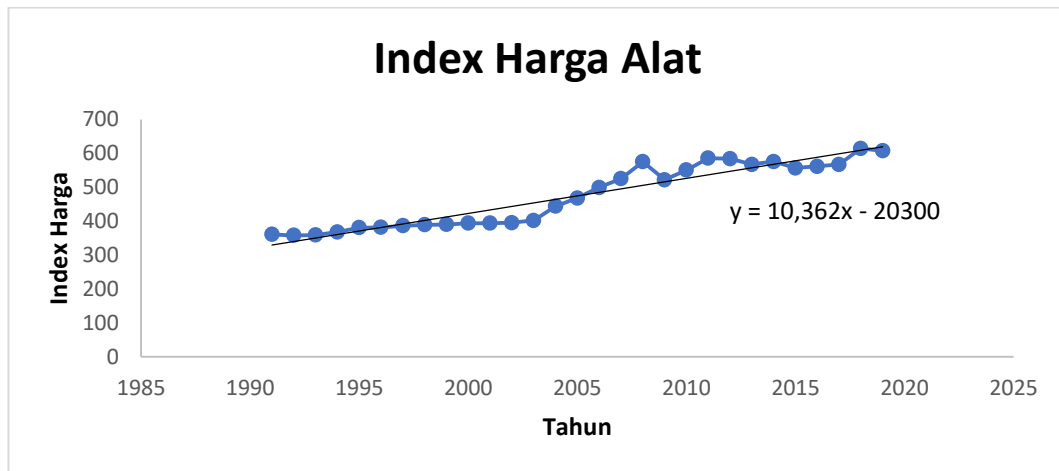
analisa, maka dicari index pada tahun analisa yang dicari dengan persamaan regresi linier.

*Tabel 4. 46 Index harga alat tahun 1991-2019*

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1991	361,3
2	1992	358,2
3	1993	359,2
4	1994	368,1
5	1995	381,1
6	1996	381,7
7	1997	386,5
8	1998	389,5
9	1999	390,6
10	2000	394,1
11	2001	394,3
12	2002	395,6
13	2003	402
14	2004	444,2
15	2005	468,2
16	2006	499,6
17	2007	525,4
18	2008	575,4
19	2009	521,9
20	2010	550,8
21	2011	585,7
22	2012	584,6
23	2013	567,3
24	2014	576,1
25	2015	556,8
26	2016	561,7
27	2017	567,5
28	2018	614,6
29	2019	607,5

(Sumber : [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci), 2019)





Gambar 4. 7 Grafik index harga alat tahun 1991-2019

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh persamaan :

$$y = 10,362x - 20300$$

Dari persamaan di atas, dapat diketahui index harga alat pada tahun pendirian pabrik pada tahun 2023 :

Tabel 4. 47 Perkiraan index harga alat tahun 2019-2023

Tahun	Index Harga
2019	620,878
2020	631,240
2021	641,602
2022	651,964
2023	662,326

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries dan Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$Cx = \left( \frac{Nx}{Ny} \right) Cy$$

(Aries and Newton, 1955)

Dimana:

Cx : Harga pembelian pada tahun evaluasi (2023)

Cy : Harga pembelian pada tahun referensi (2014)

Nx : Index harga pada tahun evaluasi (2023)

Ny : Index harga pada tahun referensi (2014)

#### 4.7.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi LLDPE = 330.000 ton/tahun

Harga jual produk = Rp 29.241,333/kg

(Alibaba.com)

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur alat = 10 tahun

Pabrik didirikan tahun = 2023

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 13.871,600

#### 4.7.3 Perhitungan Biaya

##### 1. *Capital Investment*

*Capital Investment* adalah banyaknya pengeluaran – pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

*Capital Investment* terdiri dari :

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

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

b. *Working Capital Investment*

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

2. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

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

b. *Indirect Cost*

*Indirect Cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

*Fixed Cost* adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

3. *General Expense*

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

#### 4.7.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

##### 1. *Percent Return On Investment*

*Return On Investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

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

*Pay Out Time (POT)* adalah :

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

### 3. Break Even Point (BEP)

*Break Even Point* (BEP) adalah :

- Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

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

*Shut Down Point* (SDP) adalah :

- Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit).
- Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

## 5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

*Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)* adalah :

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

#### 4.7.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* memerlukan rencana *Physical Plant Cost* (PPC), *Production Cost* (PC), *Manufacturing Cost* (MC) , serta *General Expense*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel berikut :

*Tabel 4. 48 Physical Plant Cost*

<b>No</b>	<b>Type of Capital Investment</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 200.033.018.203	\$ 14.420.328
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 50.008.254.551	\$ 3.605.082
3	Instalasi cost	Rp 47.123.058.450	\$ 3.397.089
4	Pemipaan	Rp 127.060.515.750	\$ 9.159.759
5	Instrumentasi	Rp 52.717.816.828	\$ 3.800.414
6	Insulasi	Rp 9.925.900.929	\$ 715.556
7	Listrik	Rp 20.003.301.820	\$ 1.442.033
8	Bangunan	Rp 144.438.000.000	\$ 10.412.497
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp 205.837.500.000	\$ 14.838.771
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>Rp 857.147.366.531</b>	<b>\$ 61.791.528</b>

*Tabel 4. 49 Direct Plant Cost*

<b>No</b>	<b>Type of Capital Investment</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 171.429.473.306	\$ 12.358.306
<b><i>Total (DPC + PPC)</i></b>		<b>Rp 1.028.576.839.838</b>	<b>\$ 74.149.834</b>

*Tabel 4. 50 Fixed Capital Investment*

<b>No</b>	<b>Type of Capital Investment</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	Total DPC + PPC	Rp 1.028.576.839.838	\$ 74.149.834
2	Kontraktor	Rp 61.714.610.390	\$ 4.448.990
3	Biaya tak terduga	Rp 102.857.683.984	\$ 7.414.983
<b><i>Fixed Capital Investment (FCI)</i></b>		<b>Rp 1.233.977.973.760</b>	<b>\$ 86.013.808</b>



Tabel 4. 51 Direct Manufacturing Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw Material	Rp 7.359.107.795.862	\$ 530.516.148
2	Labor	Rp 1.853.500.000	\$ 133.618
3	Supervision	Rp 185.350.000	\$ 13.362
4	Maintenance	Rp 23.862.982.684	\$ 1.720.276
5	Plant Supplies	Rp 3.579.447.403	\$ 258.041
6	Royalty and Patents	Rp 96.496.398.240	\$ 6.956.400
7	Utilities	Rp 196.731.380.736	\$ 14.182.314
<b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b>		<b>Rp 7.678.892.522.489</b>	<b>\$ 553.780.159</b>

Tabel 4. 52 Indirect Manufacturing Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Payroll Overhead	Rp 278.025.000	\$ 20.043
2	Laboratory	Rp 185.350.000	\$ 13.362
3	Plant Overhead	Rp 926.750.000	\$ 66.809
4	Packaging and Shipping	Rp 482.481.991.200	\$ 34.782.000
<b>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</b>		<b>Rp 483.872.116.200</b>	<b>\$ 34.882.214</b>

Tabel 4. 53 Fixed Manufacturing Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 119.314.913.421	\$ 8.601.381
2	Property taxes	Rp 23.862.982.684	\$ 1.720.276
3	Insurance	Rp 11.931.491.342	\$ 860.138
<b>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</b>		<b>Rp 155.109.387.448</b>	<b>\$ 11.181.795</b>

Tabel 4. 54 Manufacturing Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	Rp 7.681.816.854.925	\$ 553.780.159
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	Rp 483.872.116.200	\$ 34.882.214
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	Rp 155.109.387.448	\$ 11.181.795
<b>Manufacturing Cost (MC)</b>		<b>Rp 8.323.181.775.278</b>	<b>\$ 599.844.168</b>

Tabel 4. 55 Working Capital

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw Material Inventory	Rp 669.009.799.624	\$ 48.228.741
2	In Process Inventory	Rp 1.040.099.794.822	\$ 74.980.521
3	Product Inventory	Rp 756.436.214.416	\$ 54.531.288
4	Extended Credit	Rp 877.239.984.000	\$ 63.240.000
5	Available Cash	Rp 756.436.214.416	\$ 54.531.288
<b>Working Capital (WC)</b>		<b>Rp 4.099.222.007.277</b>	<b>\$ 295.511.838</b>

Tabel 4. 56 General Expense

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Administration	Rp 192.992.796.480	\$ 13.912.800
2	Sales expense	Rp 289.489.194.720	\$ 20.869.200
3	Research	Rp 270.189.915.072	\$ 19.477.920
4	Finance	Rp 105.847.422.830	\$ 7.630.513
<b>General Expense (GE)</b>		<b>Rp 858.519.329.102</b>	<b>\$ 61.890.433</b>

Tabel 4. 57 Total Production Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp 8.320.798.358.573	\$ 599.844.168
2	General Expense (GE)	Rp 858.519.329.102	\$ 61.890.433
<b>Total Production Cost (TPC)</b>		<b>Rp 9.179.317.687.675</b>	<b>\$ 661.734.601</b>

Tabel 4. 58 Fixed Cost (Fa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 119.314.913.421	\$ 8.601.381
2	Property taxes	Rp 23.862.982.684	\$ 1.720.276
3	Insurance	Rp 11.931.491.342	\$ 860.138
<b>Fixed Cost (Fa)</b>		<b>Rp 155.109.387.448</b>	<b>\$ 11.181.795</b>

Tabel 4. 59 Variable Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	Rp 7.359.107.795.862	\$ 530.516.148
2	Packaging & shipping	Rp 482.481.991.200	\$ 34.782.000
3	Utilities	Rp 196.731.380.736	\$ 14.182.314
4	Royalty and Patents	Rp 96.496.398.240	\$ 6.956.400
<b>Variable Cost (Va)</b>		<b>Rp 8.134.817.566.039</b>	<b>\$ 586.436.861</b>

Tabel 4. 60 Regular Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp 1.853.500.000	\$ 133.618
2	Plant overhead	Rp 926.750.000	\$ 66.809
3	Payroll overhead	Rp 278.025.000	\$ 20.043
4	Supervision	Rp 185.350.000	\$ 13.362
5	Laboratory	Rp 185.350.000	\$ 13.362
6	Administration	Rp 192.992.796.480	\$ 13.912.800
7	Finance	Rp 105.847.422.830	\$ 7.630.513
8	Sales expense	Rp 289.489.194.720	\$ 20.869.200
9	Research	Rp 270.189.915.072	\$ 19.477.920
10	Maintenance	Rp 23.862.982.684	\$ 1.720.276
11	Plant Supplies	Rp 3.579.447.403	\$ 258.041
<b>Regulated Cost (Ra)</b>		<b>Rp 889.390.734.189</b>	<b>\$ 64.115.944</b>

#### 4.7.6 Analisa Keuntungan

Harga jual produk LLDPE	= Rp 29.241,333/kg
Annual Sales (Sa)	= Rp 9.649.639.824.000
Total Production Cost	= Rp 9.179.317.687.675
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 470.322.136.325
Pajak Pendapatan	= 25% (UU No. 36 Tahun 2008 Pasal 17 Ayat 1 Bagian b tentang Pajak Penghasilan)
Keuntungan setelah pajak	=Rp 352.741.602.244

#### 4.7.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

##### 1. Percent Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

$$ROI \text{ sebelum pajak} = \frac{\text{Rp } 470.322.136.325}{\text{Rp } 1.193.149.134.211} \times 100\%$$

Sehingga, ROI sebelum pajak = 39,42%

$$ROI \text{ sesudah pajak} = \frac{\text{Rp } 352.741.602.244}{\text{Rp } 1.193.149.134.211} \times 100\%$$

Sehingga, ROI sesudah pajak = 29,56%

(Standar *low risk* ROI sebelum pajak > 11%)

2. *Pay Out Time* (POT)

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{Fixed Capital}}{(\text{Keuntungan} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \\ &= \frac{\text{Rp } 1.193.149.134.211}{(\text{Rp } 470.322.136.325 + 0,1 \times \text{Rp } 1.193.149.134.211)} \end{aligned}$$

Sehingga, POT sebelum pajak = 2,02 tahun

$$= \frac{\text{Rp } 1.193.149.134.211}{(\text{Rp } 352.741.602.244 + 0,1 \times \text{Rp } 1.193.149.134.211)}$$

Sehingga, POT sesudah pajak = 2,53 tahun

(Standar *low risk* POT <5 tahun)

3. *Break Even Point* (BEP)

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{(\text{Fa} + 0,3\text{Ra})}{(\text{Sa} - \text{Va} - 0,7\text{Ra})} \times 100\% \\ &= \frac{(\text{Rp } 155.109.387.448 + 0,3 \times \text{Rp } 889.390.734.189)}{(\text{Rp } 9.649.639.824.000 - \text{Rp } 8.134.817.566.039 - 0,7 \times \text{Rp } 889.390.734.189)} \end{aligned}$$

Sehingga, BEP = 47,3%

4. *Shut Down Point* (SDP)

$$\begin{aligned} \text{SDP} &= \frac{(0,3\text{Ra})}{(\text{Sa} - \text{Va} - 0,7\text{Ra})} \times 100\% \\ &= \frac{(0,3 \times \text{Rp } 889.390.734.189)}{(\text{Rp } 9.649.639.824.000 - \text{Rp } 8.134.817.566.039 - 0,7 \times \text{Rp } 889.390.734.189)} \end{aligned}$$

Sehingga, SDP = 29,9%

5. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

*Fixed Capital Investment* = Rp 1.193.149.134.211

*Working Capital* = Rp 4.099.222.007.277

*Salvage Value* (SV) = Rp 119.314.913.421

$$\begin{aligned} \text{Cash Flow (CF)} &= \text{Annual profit} + \text{Depresiasi} + \text{Finance} \\ &= \text{Rp } 577.903.938.421 \end{aligned}$$

*Discounted Cash Flow* dihitung secara trial & error

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

$$R = S$$

Dengan trial & error diperoleh nilai  $i = 11,30\%$

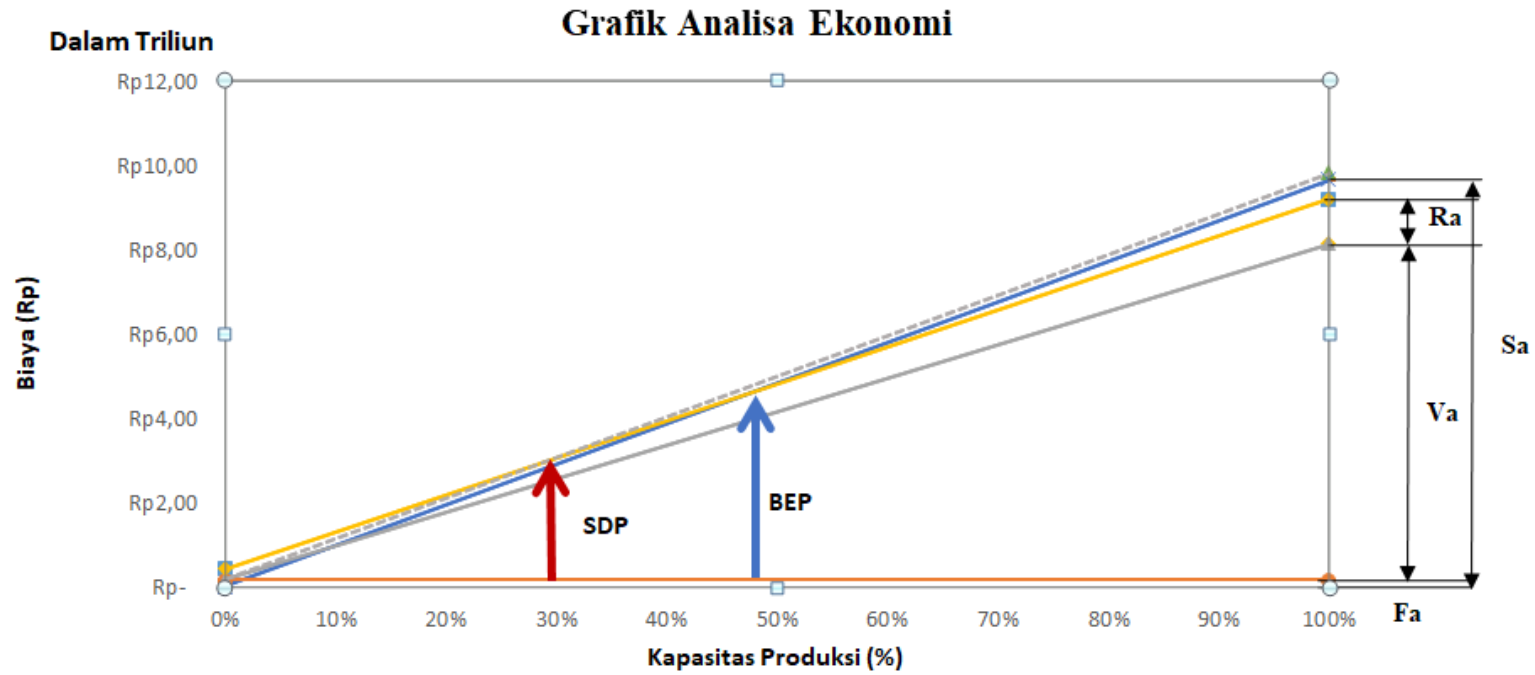
Bunga simpanan rata-rata Bank Indonesia sampai saat ini =  $3,75\%$

([www.bi.go.id](http://www.bi.go.id) diakses pada 04 Januari 2021)

Sehingga DCFR diperoleh  $> 1,5$  bunga bank

$$11,30\% > 1,5 \times 3,75\%$$

$$11,30\% > 5,63\%$$



Gambar 4. 8 Grafik Analisa Ekonomi



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dari Pra Rancangan Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), maka didapatkan disimpulkan bahwa :

1. Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) digolongkan sebagai pabrik yang beresiko rendah (*low risk*) karena prosesnya berlangsung pada suhu dan tekanan yang rendah.
2. Pemilihan lokasi pabrik di kawasan industri Cilegon didasarkan oleh beberapa pertimbangan, diantaranya adalah lokasinya yang dekat dengan pabrik bahan baku sehingga mempermudah proses pemasokan bahan baku, penyediaan air yang didapatkan dengan mudah dari air laut Selat Sunda, serta lokasinya yang strategis untuk melakukan pemasaran karena banyak industri yang membutuhkan LLDPE sebagai bahan baku di kawasan tersebut.
3. Dari hasil analisa kelayakan pabrik melalui evaluasi ekonomi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :
  - a. *Rate On Investment* sebelum pajak sebesar 39,42% dan *Rate On Investment* setelah pajak adalah 29,56%
  - b. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,02 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2,53 tahun .
  - c. *Break Even Point* (BEP) sebesar 47,30%

d. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 29,9%

e. *Discounted Cash Flow Rate on Return* (DCFR) sebesar 11,30%

Dari beberapa kesimpulan di atas, dapat dikatakan bahwa Pabrik *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) ini layak untuk didirikan.

## 5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw-Hill Book Company, New York.
- Bord, W.B., Conn, N.F., Garner, B.J., Charleston, and VA, W., 1988, "Method For Treating Resin In Purge Vessel", U.S. Patent 4,758,654.
- Brown, G.G., 1973, "Unit Operations", Modern Asia ed., Tuttle Company Inc., Tokyo, Japan.
- Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, "Process Equipment Design 3ed", John Wiley & Sons, New York.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, "Chemical Equipment Design", Vol.6, John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Geankopolis, J., Christic., 1978, "Transport Process and Unit Operation", Prentice Hall International.
- Kern, D.Q., 1983, "Process Heat Transfer", Mc Graw Hill Book Co. Ltd, New York.
- Kunii, Daizo and Levenspiel, O., 1991, "Fluidization Engineering", Butterworth-Heinemann, USA.
- Levenspiel, O., 1972, "Chemical Reaction Engineering, 2nd ed", John Wiely and Sons, Inc., New York.
- Malpass D.B., 2010, "Introduction to Industrial Polyethylene", Scrivener Publishing LLC., Salem.

- McCabe, W.L. and Smith, J.C. 1976, "Unit Operation of Chemical Engineering", 3<sup>rd</sup> ed., McGraw Hill, Kogakusha, Ltd.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1999, "Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7<sup>th</sup>" edition, McGraw Hill Book Company, Singapore.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1981, "Plant Design Economics for Chemical Engineering's", 4th ed., McGraw Hill Co. Ltd., New York.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott, M. M., 2005, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 7<sup>th</sup> ed., McGraw – Hill Book Co – United States America.
- Treyball, R.E., 1983, "Mass Transfer Operation 3ed", McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ullman, Fritz., 2005, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Germany.
- Ulrich, G. D., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics", John Wiley and Sons., Inc., New York
- Wallas, S. M., 1988, "Chemical Process Equipment", Butterworth Publishers, Reed Publishing Inc, New York.
- Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw Hill Book Co., New York.

## LAMPIRAN A

### REAKTOR

Fungsi : Tempat Terjadinya Polimerisasi Etilen menjadi

*Polyethylene*

Fasa : Gas

Bahan : Carbon steel SA 299

Jumlah : 1 unit

Kondisi Operasi : Eksotermis

T = 80 °C

P = 20 atm

Reaksi :  

$$n(\text{C}_2\text{H}_4)_{(g)} \longrightarrow (-\text{C}_2\text{H}_4-)_{n(s)}$$

#### 1. Menghitung Densitas Gas

<b>Komponen</b>	<b>Massa</b>	<b>Fraksi Massa (Xi)</b>	<b>BM</b>	<b>BM.Xi</b>
Etilen	380795,1817	0,8977	28,05	25,179
1-Butene	3808,4948	0,0090	56,108	0,504
Hidrogen	2,5391	6,E-06	2,02	1,209,E-05
Nitrogen	39602,5985	0,0934	28	2,614
<b>TOTAL</b>	<b>424208,8142</b>	<b>1</b>		<b>28,29707767</b>

$$\rho_g = \frac{M \cdot P}{R \cdot T}$$

Dimana :

M = BM rata-rata umpan

P = 20 atm

R = 82,05746 cm<sup>3</sup>.atm/mol.K

T = 353,15 K

$$\rho_g = \frac{M \times P}{R \times T} = \frac{28,2970 \times 20}{82,05746 \times 353,15} = \frac{0,020 \text{ gr}}{\text{cm}^3} = 19,530 \text{ kg/m}^3$$

Didapatkan nilai densitas gas 19,530 kg/m<sup>3</sup> atau 0,01953 gr/cm<sup>3</sup>

2. Menghitung viskositas gas

Dari Bird Appendix E didapat data-data:

Komponen	A	B	C	$\mu_g$		yi	$\mu_g \cdot y_i$
				micropoise	cp		
Etilen	-3,985	0,38726	-0,00011227	118,7741	0,0119	0,901487239	0,01071
1-Butene	-9,143	0,31562	-0,000084164	91,8217	0,0092	0,004507436	0,00004
Hidrogen	27,758	0,212	-0,0000328	98,5352	0,0099	8,3471E-05	8,E-07
Nitrogen	42,606	0,475	-0,0000988	198,0304	0,0198	0,093921854	0,00186
<b>TOTAL</b>				<b>507,1613871</b>	<b>0,050716139</b>	<b>1</b>	<b>0,012609485</b>

Didapatkan nilai viskositas gas 0,0126 cp

3. Menghitung kecepatan volumetric gas umpan (Q)

Massa gas umpan (M) : 424.208,8142 kg/jam

$$Q = \frac{\text{massa (kg/jam)}}{\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}} = \frac{424.208,8142 \text{ (kg/jam)}}{19,530 \text{ (kg/m}^3\text{)}} = 21721,27825 \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Didapatkan nilai Q = 21721,27825 m<sup>3</sup>/jam

4. Menghitung Kecepatan Fluidisasi Minimum

$$\frac{dp \cdot umf \cdot \rho_g}{\mu} = \left[ (33.7)^2 + \frac{(0.0408) \cdot (dp)^3 \cdot \rho_g \cdot (\rho_s - \rho_g) \cdot g}{\mu^2} \right]^{1/2} - 33.7$$

$$\frac{0,0825 \times umf \times 0,01953}{0,0001} = \left[ (33,7)^2 + \frac{(0,0408) \times (0,0825)^3 \times \rho_g \times (0,92 - 0,01953) \times 980,665}{0,0001^2} \right]^{1/2} - 33,7$$

Didapatkan Kecepatan fluidisasi Umf =9,978 cm/s

5. Menghitung *terminal velocity* ( $U_t$ )

$$U_t = \left[ \frac{4 \times dp (\rho_s - \rho_g) g}{3 \rho_g \times C_D} \right]^{1/2}$$

$$U_t = \left[ \frac{4 \times 0,0408 (0,92 - 0,020) \times 980}{3 \times 0,020 \times 0,6} \right]^{1/2}$$

Didapatkan nilai  $U_t = 5959,781$  cm/s

6. Menghitung diameter zona reaksi ( $D_t$ )

Supaya partikel dapat jatuh, maka kecepatan gas fluidisasi harus di bawah nilai

( $V_t$ )

$$U_{mf} = 9,978 \text{ cm/s}$$

$$V_t = 5959,781 \text{ cm/s}$$

$$\text{Diambil } U_o = 5 \times U_{mf}$$

$$= 49,891 \text{ cm/s} = 0,499 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{Q}{U_o} = 120937,177 \text{ cm}^2 = 12,0937 \text{ m}^2$$

$$D_t = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 3,925 \text{ m}$$

7. Menghitung tinggi padatan

Komponen	kg/jam	Densitas	Fv	V
TiCl <sub>4</sub>	8,0528	1726	0,0047	0,0008
MgCl <sub>2</sub>	0,2491	192	0,0013	0,0002
TEAL	145,4510	832,4	0,1747	0,0291
Polietilen	41509,4453	920	45,1190	7,5198
<b>TOTAL</b>	<b>41663,1982</b>		<b>45,2997</b>	<b>7,5499</b>

Overdesain 15% = 0,15

V.Padatan = 8,6824 m<sup>3</sup>

Dengan porositas = 0,5

V <sub>t</sub>	=	Volume padatan + Volume kosong
V <sub>t</sub>	=	Volume padatan + X.V <sub>t</sub>
V <sub>t</sub>	=	Volume padatan / (1-X)

Didapatkan V<sub>t</sub> = 17,3649 m<sup>3</sup>

$$V. \text{ total} = V. \text{ Shell} + V. \text{ Bottom} = \left( \frac{\pi D t^2 x H}{4} \right) + \frac{1}{3} t \frac{\pi D t^2}{4}$$

$$t = \frac{D}{2} \tan \theta$$

$$H = \frac{\left( \frac{24 x V t}{\pi x D t^2} - D t \tan \theta \right)}{6}$$

Dari rumus di atas didapatkan tinggi padatan H = 0,3028 m

#### 8. Menghitung tinggi total reaktor dan jaket pendingin

- Diasumsikan bahwa ketinggian fase gas dalam reaktor adalah 1,2 D sehingga :

Ketinggian reaktor = 1,2 D + H<sub>padatan</sub> + tinggi conical

$$\text{Ketinggian reaktor} = 1,2 D + H + \frac{D}{2} \tan \theta$$

Dari rumus diatas didapatkan nilai ketinggian tangka = 8,4120 m

- Ketinggian silinder = 1,2 D +H padatan
- Tinggi jaket = 0,85 x tinggi silinder

Didapatkan ketinggian jaket = 4,2609 m

## 9. Menghitung volume jaket

Media pendingin pada reaksi ini adalah *Dowtherm SR-01*

Laju alir massa pendingin = 241207,414 kg/jam

Densitas = 1055 kg/m<sup>3</sup>

Waktu tinggal = 30 detik

Diasumsikan cairan pendingin mempunyai waktu tinggal di dalam pendingin selama 30 detik

$$\text{Volume cairan pendingin} = \frac{\text{laju alir massa}}{\text{densitas}} \times \text{waktu tinggal}$$

Volume cairan = 0,12702 m<sup>3</sup>

Volume cairan = volume jaket

## 10. Menghitung Diameter Jaket

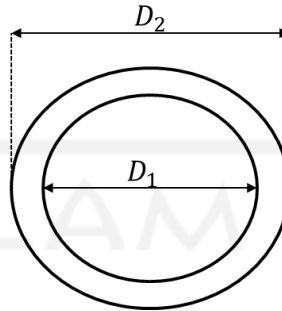
Diameter jaket = 0,85 H x Luas penampang cincin + 1/3t x Luas penampang cincin

$$\text{Volume jaket} = 0,85 H \times \left[ \left( \frac{3,14 \times Dj^2}{4} \right) - \left( \frac{3,14 \times Dt^2}{4} \right) \right] + \frac{1}{3} t \times \left[ \left( \frac{3,14 \times Dj^2}{4} \right) - \left( \frac{3,14 \times Dt^2}{4} \right) \right]$$

$$0,12702 = 0,85 H \times \left[ \left( \frac{3,14 \times Dj^2}{4} \right) - \left( \frac{3,14 \times 3,925^2}{4} \right) \right] + \frac{1}{3} t \times \left[ \left( \frac{3,14 \times Dj^2}{4} \right) - \left( \frac{3,14 \times 3,929^2}{4} \right) \right]$$

Dari persamaan tersebut di dapatkan nilai diameter jaket sebesar 3,929 m.

11. Menghitung luas penampang cincin



$$\text{Luas penampang cincin} = \left( \frac{3,14 \times D_j^2}{4} \right) - \left( \frac{3,14 \times D_t^2}{4} \right)$$

$$\text{Luas penampang cincin} = \left( \frac{3,14 \times 3,929^2}{4} \right) - \left( \frac{3,14 \times 3,925^2}{4} \right)$$

Dari rumus diatas didapatkan nilai luas penampang cincinnya = 9, 0361 m.

12. Menentukan tebal shell

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

r = 1,963 m = 77,26474 in

P = 20 atm = 294 psi

E = 0,85

f = 18750

C = 0,125

ts = 1,5663inch

= 0,0398 m

= 3,9783 cm

ts standar = 1,625 inch



13. Menentukan tebal conical

$$th = \frac{P D}{2 \cos \theta (f \cdot E - 0,6P)} + C$$

ID = 3,925 m = 154,5295 in

P = 20 atm = 294 psi

E = 0,85

f = 18750

C = 0,125

th = 3 inch

th standar = 3 inch

14. Menentukan pressure drop

$$\frac{\Delta P}{Lmf} = (1 - \epsilon mf)x(\rho s$$

Didapatkan nilai  $\Delta P = 117,5237393$  Pa

15. Menentukan dimensi gas distributor

- Menghitung  $\Delta Pd = 10\%$  dari  $\Delta P$

$$\Delta Pd = 47,009 \text{ Pa}$$

- Menghitung koefisiensi orifice (Cd)

$$N_{Re} = Dt \times U_o \times \frac{\rho g}{\mu g} = 3824,392$$

Berdasarkan dari buku kunii halaman 105,

Nilai  $N_{Re} > 3000$  nilai Cd nya 0,6

$$Cd = 0,6$$

- Menghitung Uor

$$U_{or} = Cd \times \left( \frac{2 \times \Delta P d}{\rho g} \right)^{0,5} = 41,6305 \text{ m/s}$$

Didapatkan nilai Uor = 41,6305 m/s

- Menghitung jumlah lubang

Diameter Orifice = 0,004 m

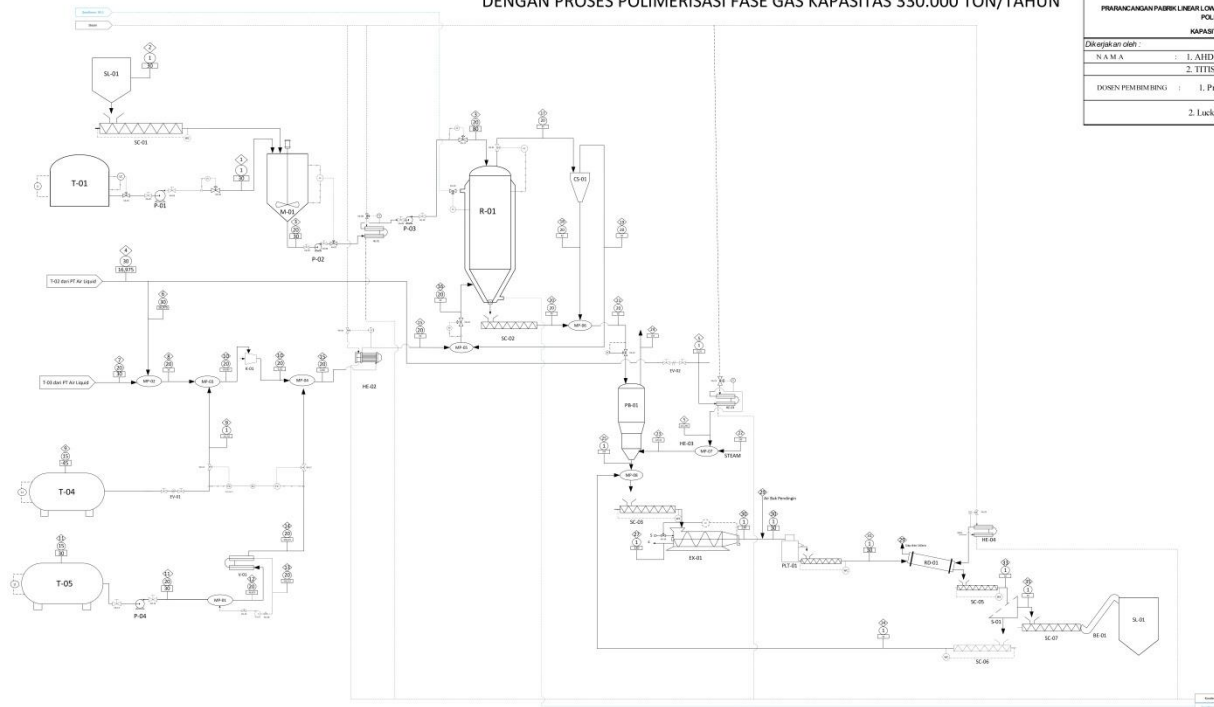
$$N_{or} = \frac{4 \times U_o}{U_{or} \times \pi \times D_{or}^2} = 954,161/m^2$$


Didapatkan nilai Nor yaitu 954,161/m<sup>2</sup>

Jumlah lubang = 955 lubang tiap m<sup>2</sup>

# LAMPIRAN B

## PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE)* DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE GAS KAPASITAS 330.000 TON/TAHUN



 JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK <i>LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE)</i> DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE GAS KAPASITAS 330.000 TON/TAHUN	
Disusun oleh :	
NAMA	1. AHDIYAMA ILAHI HUSNA / 16521078 2. TITIS MULYA HABIBAH / 16521079
DOSIS PEMBIMBING	1. Prof. Ir. Zaimi Salim, M.Si 2. Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng

Komponen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
CSH										3879,52	3879,52																										
CSB										347,05	424,58	494,91	563,91	632,40	700,40	767,90	834,90	901,40	967,40	1032,90	1097,90	1162,40	1226,40	1289,90	1352,90	1415,40	1477,40	1538,90	1600,40	1661,40	1721,90	1782,40	1842,90	1903,40	1963,90	2024,40	2084,90
IT						2,29	2,29																														
NT																																					
TK4		8,05	8,05	796,33	796,33	0,00																															
DM/0		0,25	0,25																																		
IT02		105,65	105,65																																		
Pdabin																																					
Steam																																					
Air																																					
Total	145,45	8,30	153,75	796,33	796,33	0,00	2,29	2,29	3879,52	3880,80	347,05	424,58	494,91	563,91	632,40	700,40	767,90	834,90	901,40	967,40	1032,90	1097,90	1162,40	1226,40	1289,90	1352,90	1415,40	1477,40	1538,90	1600,40	1661,40	1721,90	1782,40	1842,90	1903,40	1963,90	

Keterangan Simbol Alat	Keterangan Instrumen
IR	Reaktor
CV	Flow Controller
LI	Level Indicator
IX	Instruder
IK	Heat Exchanger
IM	Motor
P	Pompa
PKT	Polimerizer
PS	Pressure
R	Reaktor
RD	Reaktor Drift
S	Separator
SC	Storage Container
SI	Scale
T	Tempi
TC	Temperature Controller
WC	Weighting Controller
RC	Ratio Controller









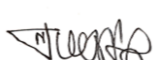
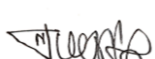
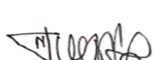
  

Keterangan Simbol	Keterangan
○	Nomor Bus
□	Spesifikasi
□	Tekanan (atm)
□	Plano
-----	Akhir Lengk
→	Pneumatik

## LAMPIRAN C

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

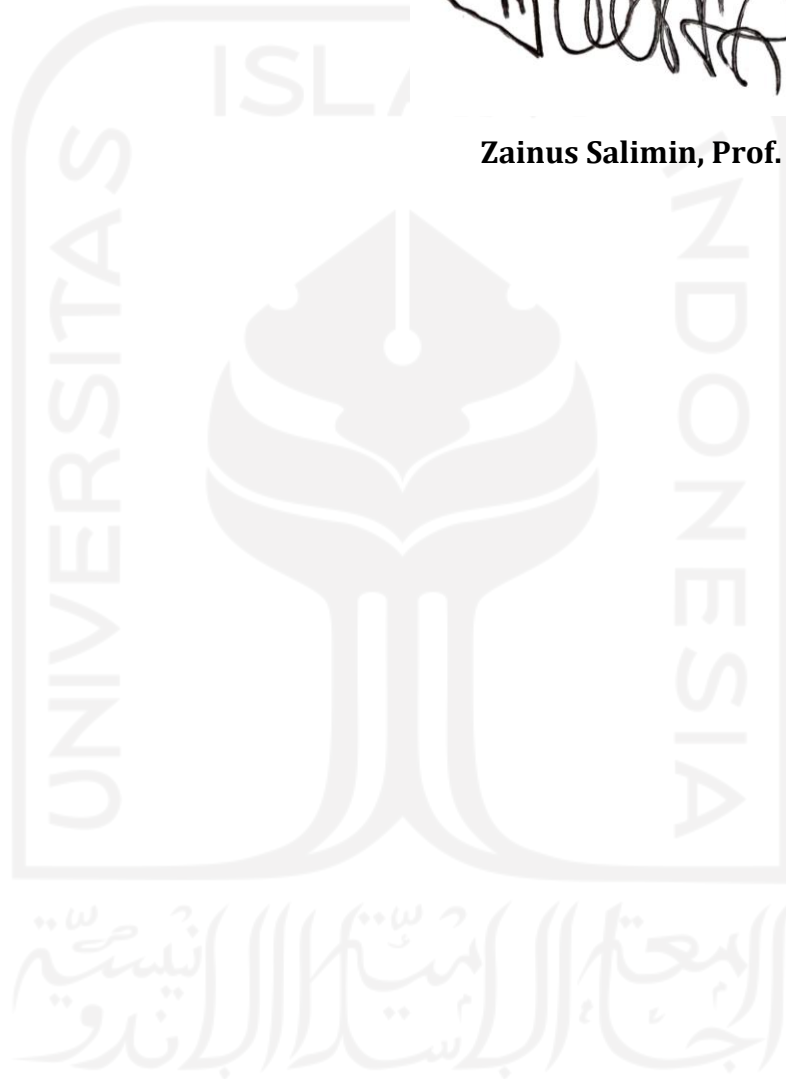
1. Nama Mahasiswa : Ahdiatma Ilafi Husna  
No. MHS : 16521078
  2. Nama Mahasiswa : Titis Mulya Habibah  
No. MHS : 16521079
- Judul Prarancangan pabrik : **PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE)* DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE GAS KAPASITAS 330.000 TON/TAHUN**
- Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020  
Akhir Masa Bimbingan : 06 Januari 2021

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	03-07-2020	Bimbingan terkait kapasitas	
2.	30-07-2020	Bimbingan terkait kapasitas	
3.	03-09-2020	Bimbingan terkait nermas	
4.	06-10-2020	Bimbingan terkait proses polimerisasi	
5.	23-10-2020	Bimbingan terkait nerpan	
6.	12-11-2020	Bimbingan terkait perubahan nermas	
7.	13-11-2020	Bimbingan terkait nerpan	
8.	04-12-2020	Bimbingan terkait nerpan	
9.	18-12-2020	Bimbingan terkait perhitungan alat	
10.	28-12-2020	Bimbingan terkait perhitungan alat	
11.	30-12-2020	Bimbingan terkait perhitungan alat	

**Disetujui Draft Penulisan:  
Yogyakarta, 05 Januari 2020  
Pembimbing,**



**Zainus Salimin, Prof. Ir., M.Si.**




**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN**

1. Nama Mahasiswa : Ahdiatma Ilafi Husna  
No. MHS : 16521078
2. Nama Mahasiswa : Titis Mulya Habibah  
No. MHS : 16521079
- Judul Prarancangan pabrik : **PRA RANCANGAN PABRIK *LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LLDPE) DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE GAS KAPASITAS 330.000 TON/TAHUN**

Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020

Akhir Masa Bimbingan : 06 Januari 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	22-04-2020	Bimbingan terkait judul TA	
1.	10-06-2020	Bimbingan terkait judul TA	
2.	29-06-2020	Bimbingan terkait bab 1 dan bab 2	
3.	10-07-2020	Bimbingan terkait proses	
4.	04-10-2020	Bimbingan terkait proses	
5.	09-10-2020	Bimbingan terkait nerpan pada rotary dryer	
6.	23-10-2020	Bimbingan terkait nermas dan nerpan	
7.	01-01-2021	Bimbingan terkait perhitungan alat	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 05 Januari 2020**

**Pembimbing,**



**Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng.**