

**PRA RANCANGAN PABRIK *HIGH DENSITY*
POLYETHYLENE (HDPE) DARI *ETHYLENE* DENGAN
PROSES POLIMERISASI FASE CAIR
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Yasinta Ady K. No. Mhs : 18521160

Nama : Rr. Aina Nur Aisha No. Mhs : 18521181

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

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

**PRA RANCANGAN PABRIK *HIGH DENSITY
POLYETHYLENE (HDPE)* DARI *ETHYLENE* DENGAN
PROSES POLIMERISASI FASE CAIR
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yasinta Ady K

Nama : Rr. Aina Nur Aisha

No. Mhs : 18521160

No. Mhs : 18521181

Yogyakarta, 20 September 2022

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

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



Yasinta Ady K.



Rr. Aina Nur Aisha

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK *HIGH DENSITY*
POLYETHYLENE (HDPE) DARI *ETHYLENE* DENGAN
PROSES POLIMERISASI FASE CAIR
KAPASITAS 500.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Kimia

Oleh :

Nama : Yasinta Ady K.

Nama : Rr. Aina Nur Aisha

No. Mhs : 18521160

No. Mhs : 18521181

Yogyakarta, 20 Oktober 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



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

Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK *HIGH DENSITY*
POLYETHYLENE (HDPE) DARI *ETHYLENE* DENGAN
PROSES POLIMERISASI FASE CAIR
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Yasinta Ady K.

Nama : Rr. Aina Nur Aisha

No. Mhs : 18521160

No. Mhs : 18521181

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Oktober 2022

Tim Penguji,

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

Ketua



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

Anggota I



Umi Rofiqah, S.T., M.T.

Anggota II



Mengetahui :

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



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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala* Tuhan pemilik alam semesta yang telah memberikan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya kepada kita semua termasuk kepada kami sehingga *Alhamdulillah* kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik *High Density Polyethylene (HDPE)* dari *Etyhlene* Dengan Polimerisasi Fase Cair Kapasitas 50.000 ton/tahun”** dengan baik dan tepat waktu.

Shalawat dan salam senantiasa kami haturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad *Shalallahu 'Alaihi Wassalam* yang telah membawa kita dari zaman primitif hingga menuju zaman dengan teknologi seperti apa yang kita rasakan sekarang ini yaitu khususnya dalam penerapan teknologi di bidang ilmu teknik kimia.

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini sebagai penerapan teori bidang Teknik Kimia yang kami sudah pelajari ketika perkuliahan dan sebagai salah satu syarat agar kami bisa memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S1) di jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dengan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas kehendak-Nya dan kebaikan-Nya yang selalu mengiringi selama proses penulisan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang tanpa henti memberikan do'a, semangat, dan

dukungannya baik dalam segi moril maupun materiil

3. Bapak Fathul Wahid, S.T., M. Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
6. Bapak Ir. Drs. Faisal RM, M.T., Ph.D., selaku pembimbing I Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
7. Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng., selaku pembimbing II Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
8. Seluruh *civitas* akademik jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
9. Teman-teman seperjuangan yang melakukan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik guna untuk mendapatkan gelar sarjana dibidang studi Teknik Kimia UII atas kebersamaan selama menjalani kuliah.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuannya dalam melancarkan penyusunan tugas akhir ini.
11. Kemudian, untuk kami sendiri yang telah berusaha menyelesaikan kuliah sampai dengan Tugas Akhir Pra Rancangan ini dengan baik.

Semoga Allah *Subhanahu Wata'ala* memberikan keberkahan atas kebaikan

yang telah diberikan kepada kami.

Kami menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan tugas akhir ini dan pembelajaran di masa mendatang. Besar harapan kami semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan kami selaku penyusun.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 20 September 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	17
1.1 Latar Belakang	17
1.1.1 Penentuan Kapasitas Pabrik.....	18
1.2 Tinjauan Pustaka	21
1.2.1 Polimer.....	21
1.2.2 Reaksi Polimerisasi.....	23
1.2.3 <i>Polyethylene</i>	25
1.2.4 HDPE.....	25
1.2.5 Proses Pembuatan <i>Polyethylene</i>	26
1.3 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	31
1.3.1 Tinjauan Termodinamika.....	31
1.3.2 Tinjauan Kinetik.....	32
BAB II PERANCANGAN PRODUK	34
2.1 Spesifikasi Produk	34
2.2 Spesifikasi Bahan baku dan Bahan Pendukung	34
2.2.1 Monomer.....	34
2.2.2 Ko-monomer.....	35
2.2.3 Pelarut.....	36
2.2.4 Katalis.....	37
2.2.5 Ko-katalis.....	37
2.2.6 Terminator.....	38
2.3 Pengendalian kualitas	39
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	39
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk.....	40

2.3.3	Pengendalian Kualitas Proses	40
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		43
3.1	Diagram Alir Proses dan Material	43
3.2	Uraian Proses.....	43
3.2.1	Tahap Persiapan Bahan Baku	44
3.2.2	Tahap Pembentukan Produk	45
3.2.3	Tahap Penanganan Produk.....	46
3.3	Spesifikasi Alat	47
3.3.1	Reaktor.....	47
3.3.2	Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung.....	48
3.3.3	Alat Penyimpanan Bahan dan Produk.....	52
3.3.4	Alat Transportasi Bahan.....	56
3.3.5	Alat Penukar Panas	64
3.4	Neraca Massa.....	68
3.4.1	Neraca Massa Total.....	68
3.4.2	Neraca Massa Alat	69
3.5	Neraca Panas	73
3.5.1	Neraca Panas Total.....	73
3.5.2	Neraca Panas Alat	73
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....		75
4.1	Lokasi Pabrik	75
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	76
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	79
4.2	Tata Letak Pabrik (Plant Layout).....	81
4.3	Tata Letak Alat Proses / Mesin (Machines Layout).....	87
4.4	Organisasi Perusahaan	91
4.4.1	Bentuk Perusahaan.....	91
4.4.2	Struktur Organisasi Perusahaan	93
4.4.3	Tugas dan Wewenang Karyawan.....	97
4.4.4	Status Kerja Karyawan.....	100
4.4.5	Jam Kerja Karyawan.....	100
4.4.6	Jumlah Pekerja.....	103
4.4.7	Sistem Gaji Karyawan	105

4.4.8	Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	107
BAB V	UTILITAS	110
5.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air (Water Treatment System).....	111
5.1.1	Unit Penyedia Air.....	111
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	116
5.1.3	Kebutuhan Air.....	121
5.2	Pembangkit Steam	124
5.3	Pembangkit Listrik	125
5.3.1	Kebutuhan Listrik Alat Proses	126
5.3.2	Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	126
5.3.3	Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan.....	128
5.3.4	Kebutuhan Listrik Untuk Laboratorium dan Bengkel	128
5.3.5	Kebutuhan Listrik Untuk Instrumentasi.....	128
5.4	Penyedia Udara Tekan	128
5.5	Penyedia Bahan Bakar	129
5.6	Unit Penyedia Dowtherm A.....	130
5.7	Pengolahan Limbah	131
BAB VI	ANALISA EKONOMI.....	133
6.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	134
6.2	Dasar perhitungan	137
6.3	Perhitungan biaya	138
6.3.1	<i>Capital Investment</i>	138
6.3.2	<i>Manufacturing Cost</i>	138
6.4	Analisa kelayakan	139
6.4.1	<i>Return of Investment (ROI)</i>	139
6.4.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	140
6.4.3	<i>Break Event Point (BEP)</i>	140
6.4.4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	141
6.4.5	<i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	141
6.5	Hasil perhitungan.....	142
6.5.1	<i>Capital Investment</i>	142
6.5.2	<i>Manufacturing Cost</i>	143
6.5.3	<i>Working Capital</i>	144

6.5.4	<i>General Expenses</i>	144
6.5.5	<i>Total Production Cost (TPC)</i>	145
6.5.6	<i>Fixed Cost (Fa)</i>	145
6.5.7	<i>Variable Cost (Va)</i>	145
6.5.8	<i>Regulated Cost (Ra)</i>	146
6.6	Analisa Keuntungan	146
6.7	Hasil perhitungan analisa kelayakan	147
6.7.1	<i>Return of Investment (ROI)</i>	147
6.7.2	<i>Pay Out Time (POT)</i>	147
6.7.3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	147
6.7.4	<i>Shut down point (SDP)</i>	148
6.7.5	<i>Discounted Cash Flow Rate (DCFR)</i>	148
BAB VII PENUTUP		150
7.1	Kesimpulan	150
7.2	Saran	152
DAFTAR PUSTAKA		153
LAMPIRAN A		156
LAMPIRAN B		175
LAMPIRAN C		177

DAFTAR TABEL

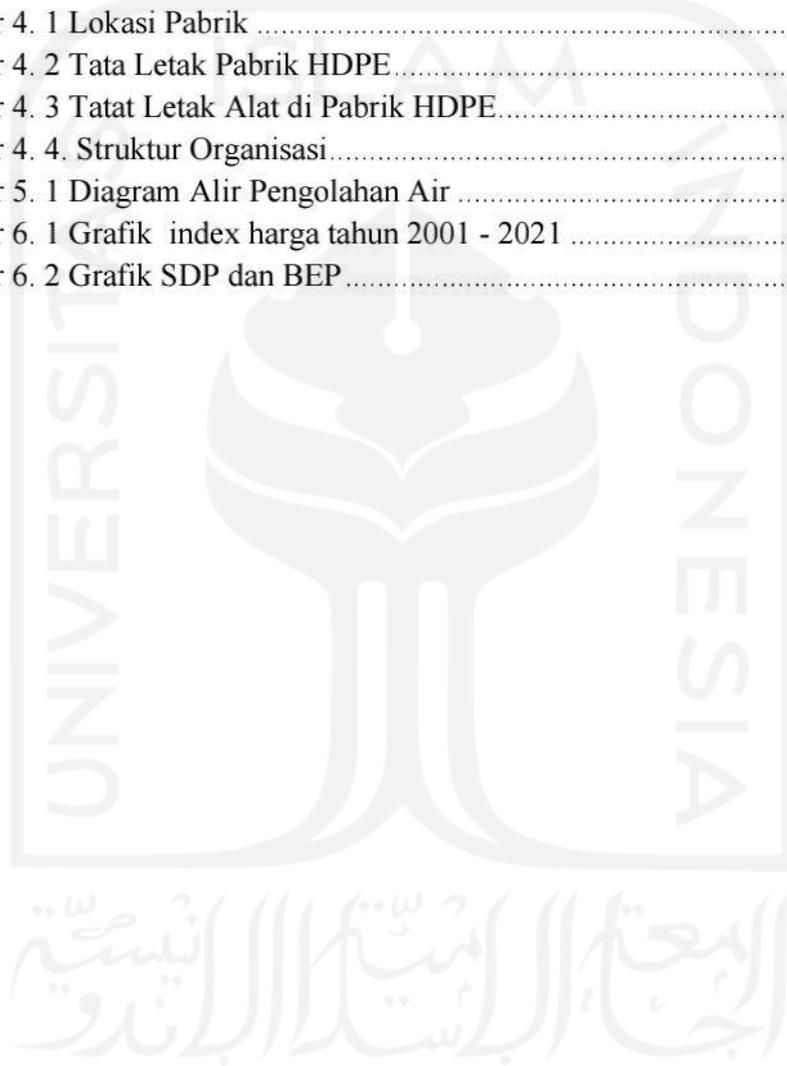
Tabel 1. 1 Data impor HDPE	19
Tabel 1. 2 Data produksi HDPE di Indonesia	20
Tabel 1. 3 Perbandingan proses pembuatan polietilena	30
Tabel 1. 4 Parameter kinetika reaksi propagasi	33
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor	47
Tabel 3. 2 Spesifikasi Flash Drum	48
Tabel 3. 3 Spesifikasi Ekstruder	49
Tabel 3. 4 Spesifikasi Kondensor Parsial	49
Tabel 3. 5 Spesifikasi Mixer	50
Tabel 3. 6 Spesifikasi tangki penyimpanan Etilena dan Hidrogen	52
Tabel 3. 7 Spesifikasi tangki penyimpanan 1-Butena dan Sikloheksana	53
Tabel 3. 8 Spesifikasi tangki penyimpanan TiCl ₄ dan TEAL	54
Tabel 3. 9 Spesifikasi tangki penyimpanan produk	55
Tabel 3. 10 Spesifikasi pompa 1 dan pompa 2	56
Tabel 3. 11 Spesifikasi pompa 3 dan pompa 4	57
Tabel 3. 12 Spesifikasi pompa 5 dan pompa 6	59
Tabel 3. 13 Spesifikasi pompa 7 dan pompa 8	60
Tabel 3. 14 Spesifikasi kompresor	62
Tabel 3. 15 Spesifikasi expansion valve	63
Tabel 3. 16 Spesifikasi screw conveyor	63
Tabel 3. 17 Spesifikasi Heater 1	64
Tabel 3. 18 Spesifikasi Heater 2	65
Tabel 3. 19 Spesifikasi Heater 3	66
Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler 1	67
Tabel 3. 21 Neraca massa total	68
Tabel 3. 22 Neraca massa mixer	69
Tabel 3. 23 Neraca massa reaktor	70
Tabel 3. 24 Neraca massa mixing point	71
Tabel 3. 25 Neraca massa flash drum	71
Tabel 3. 26 Neraca massa ekstruder	72
Tabel 3. 27 Neraca massa kondensor parsial	72
Tabel 3. 28 Neraca panas total	73
Tabel 3. 29 Neraca panas reaktor	73
Tabel 3. 30 Neraca panas flash drum	73
Tabel 3. 31 Neraca panas ekstruder	74
Tabel 3. 32 Neraca panas kondensor parsial	74
Tabel 3. 33 Neraca panas mixer	74
Tabel 4. 1 Rincian luas tanah dan bangunan pabrik	84

Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan shift.....	102
Tabel 4. 3 Jumlah karyawan	103
Tabel 4. 4 Rincian penggolongan jabatan	105
Tabel 4. 5 Rincian gaji karyawan.....	106
Tabel 5. 1 Syarat umpan boiler	114
Tabel 5. 2 Kebutuhan air pembangkit steam.....	121
Tabel 5. 3 Kebutuhan air pendingin.....	122
Tabel 5. 4 Kebutuhan air domestik	123
Tabel 5. 5 Kebutuhan air total.....	123
Tabel 5. 6 Kebutuhan listrik alat proses.....	126
Tabel 5. 7 Kebutuhan listrik alat utilitas	127
Tabel 5. 8 Total kebutuhan listrik	128
Tabel 6. 1 Index harga alat tahun 2001 - 2021	135
Tabel 6. 2 Perkiraan index harga alat pada tahun 2022 – 2025	136
Tabel 6. 3 Physical Plant Cost (PPC).....	142
Tabel 6. 4 Direct Plant Cost (DPC).....	143
Tabel 6. 5 Fixed Capital Investment (FCI)	143
Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	143
Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	143
Tabel 6. 8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	144
Tabel 6. 9 Manufacturing Cost (MC).....	144
Tabel 6. 10 Working Capital (WC).....	144
Tabel 6. 11 General Expenses (GE).....	144
Tabel 6. 12 Total Production Cost (TPC).....	145
Tabel 6. 13 Fixed Cost (Fa).....	145
Tabel 6. 14 Variable Cost (Va).....	145
Tabel 6. 15 Regulated Cost (Ra).....	146

الجمعة، الأستد الأندو
الجمعة، الأستد الأندو

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Struktur Polimer Linier	22
Gambar 1. 2 Struktur Polimer Bercabang	22
Gambar 1. 3 Struktur Polimer Berikatan Silang	23
Gambar 1. 4 Reaksi Polimerisasi Etilen.....	25
Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif proses pembuatan HDPE.....	43
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik	76
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik HDPE	86
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat di Pabrik HDPE.....	90
Gambar 4. 4. Struktur Organisasi.....	97
Gambar 5. 1 Diagram Alir Pengolahan Air	121
Gambar 6. 1 Grafik index harga tahun 2001 - 2021	136
Gambar 6. 2 Grafik SDP dan BEP	149



ABSTRAK

Meningkatnya pertumbuhan penduduk menyebabkan kebutuhan industri semakin tinggi. Sektor industri yang mengalami tren peningkatan adalah industri polimer. Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi plastik yang cukup tinggi. Plastik merupakan polimer termoplastik yang mudah dilelehkan dan dibentuk, umumnya plastik yang digunakan berasal dari polyethylene. Polyethylene terbentuk melalui reaksi polimerisasi etilen. Jenis reaksi polimerisasi yang terjadi adalah polimerisasi adisi, yaitu proses polimerisasi dengan adanya penambahan rantai. HDPE merupakan jenis plastik yang banyak diminati, karena sifatnya yang kaku dan tahan panas. Kebutuhan HDPE di Indonesia dipenuhi oleh dua pabrik yang sudah berdiri, yakni PT. Chandra Asri Petrochemicals dan PT. Lotte Chem Titan Nussantara, namun kedua pabrik ini masih belum mampu memenuhi kebutuhan HDPE dalam negeri, sehingga Indonesia perlu melakukan impor HDPE. Untuk mengurangi ketergantungan impor dan memenuhi kebutuhan HDPE, maka perlu didirikan pabrik baru. Pabrik *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri pada tahun 2025 di Pontang, Serang, Banten. Proses produksi HDPE melalui proses fase cair, dengan pertimbangan fase operasi yang berbentuk cair akan memudahkan dalam pengontrolan suhu dan tekanan. Reaksi polimerisasi etilena menjadi polietilen akan berlangsung di dalam reaktor RATB pada suhu 60 °C dan tekanan 35 atm, dibantu oleh adanya katalis $TiCl_4$ yang terlebih dahulu diaktifkan dengan TEAL. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik HDPE ini merupakan pabrik dengan resiko rendah (*low risk*), karena memiliki nilai ROI antara 11% hingga 44%. Dengan pengembalian modal setelah pajak selama 4,1 tahun. Keuntungan setelah pajak yang diperoleh dari pabrik ini sebesar Rp 123.859.009.297. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, maka dapat dikatakan bahwa pabrik *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan kapasitas 50.000 ton/tahun layak untuk didirikan

Kata kunci : Etilen, Fase Cair, HDPE, Low Risk, Polimerisasi

ABSTRACT

Increasing population growth leads to higher industrial needs. The industrial sector that is experiencing an increasing trend is the polymer industry. Indonesia is one of the countries with a high level of plastic consumption. Plastic is a thermoplastic polymer that is easily melted and formed, generally the plastic used is derived from polyethylene. Polyethylene is formed through the polymerization reaction of ethylene. The type of polymerization reaction that occurs is Addition Polymerization, which is a polymerization process with the addition of a chain. HDPE is a type of plastic that is in great demand, because it is rigid and heat resistant. HDPE needs in Indonesia are met by two factories that have been established, namely PT. Chandra Asri Petrochemicals and PT. Lotte Chem Titan Nussantara, but these two factories are still not able to meet the needs of domestic HDPE, so Indonesia needs to import HDPE. To reduce import dependence and meet the needs of HDPE, it is necessary to establish a new factory. The High Density Polyethylene (HDPE) plant with a production capacity of 50,000 tons/year is planned to be established in 2025 in Heltang, Serang, Banten. HDPE production process through the liquid phase process, with consideration of the liquid phase of the operation will facilitate the control of temperature and pressure. The polymerization reaction of ethylene into polyethylene will take place in the RATB reactor at a temperature of 60 °C and a pressure of 35 atm, assisted by the presence of TiCl_4 catalyst which is first activated with TEAL. Based on the results of Economic Analysis, This HDPE factory is a factory with low risk, because it has an ROI value of between 11% to 44%. With the return of capital after tax for 4.1 years. Profit after Tax obtained from this plant amounted to Rp 123,859,009,297. Based on the evaluation results, it can be said that the high Density Polyethylene (HDPE) plant with a capacity of 50,000 tons / year is feasible to establish

Keywords: Ethylene, Liquid Phase, HDPE, Low Risk, Polymerization

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Penggunaan plastik di Indonesia dinilai masih sangat tinggi. Mayoritas peralatan rumah tangga dan kemasan makanan terbuat dari plastik, selain itu plastik juga digunakan dalam bidang otomotif dan kesehatan.

Menurut data yang diperoleh dari (Europe, 2020), jumlah produksi plastik di dunia pada tahun 2018 sebesar 359 miliar ton, dan mengalami peningkatan pada tahun 2019 menjadi 368 miliar ton. Hal ini menandakan bahwa konsumsi plastik di dunia juga mengalami peningkatan tiap tahunnya.

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

HDPE merupakan salah satu hasil dari polimerisasi etilen yang banyak digunakan. Bergabungnya senyawa termoplastik dari atom karbon dan sistemnya akan

menghasilkan HDPE dengan berat molekul yang fleksibel dan tahan korosi (Harunningtyas, 2010). HDPE memiliki ikatan intermolekuler dengan kekuatan tarik yang besar, serta tahan terhadap temperature tinggi, hal ini dikarenakan HDPE memiliki sedikit cabang. Selain banyak digunakan dalam industri plastik dan makanan, HDPE juga digunakan dalam pembuatan peralatan rumah tangga dan berbagai industri kimia lainnya. (Ayu, 2019)

Kebutuhan biji plastik HDPE dipenuhi oleh 2 pabrik yang sudah berdiri, yaitu PT. Chandra Asri Petrochemicals dan PT. Lotte Chem Titan Nusantara. Berdasarkan data impor yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik, HDPE mengalami tren peningkatan impor pertahunnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa kurang terpenuhinya kebutuhan HDPE di Indonesia. Hal ini dapat menghambat dan menimbulkan kerugian operasi pabrik yang menggunakan biji plastik, baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan tambahan. Oleh karena itu, untuk mengimbangi kebutuhan HDPE yang semakin meningkat perlu adanya pendirian pabrik HDPE baru untuk memenuhi konsumsi dalam negeri serta mengurangi ketergantungan impor.

1.1.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik HDPE. Pabrik *High Density Polyethylene* (HDPE) direncanakan akan beroperasi pada tahun 2025. Penentuan kapasitas pabrik dilakukan menggunakan analisis *supply* dan *demand*, dimana data *supply* merupakan proyeksi kebutuhan impor dalam negeri, sedangkan *demand*

merupakan kapasitas permintaan dari total proyeksi ekspor dan konsumsi HDPE dalam negeri. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik HDPE yaitu :

1.1.1.1 Perkiraan kebutuhan HDPE di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa kebutuhan HDPE di Indonesia mengalami peningkatan tiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1.1, dimana jumlah impor HDPE pada tahun 2016 – 2020 cenderung meningkat.

Tabel 1. 1 Data impor HDPE

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

(Sumber : www.bps.go.id, Januari 2022)

Perkiraan kebutuhan HDPE pada tahun 2025 dapat ditentukan dengan menggunakan metode regresi linier, dan diperoleh persamaan

$$y = 12203x + 359837$$

dimana:

y = kebutuhan HDPE (Ton)

x = tahun ke-

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

1.1.1.2 Produksi HDPE di Indonesia

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

Tabel 1. 2 Data produksi HDPE di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/tahun)
PT Lotte Chemical Titan Nusantara	Cilegon	250.000
PT Chandra Asri Petrochemical	Cilegon	136.000

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

Jumlah produksi HDPE dari kedua pabrik ini masih belum memenuhi kebutuhan HDPE di Indonesia. Oleh karena itu, kami melakukan prarancangan pabrik HDPE untuk mengatasi kebutuhan HDPE dalam negeri.

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

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Polimer

Polimer adalah molekul yang mempunyai masa molekul besar. Polimer dapat diperoleh dari alam dan juga disintesis di laboratorium. Saat ini bahan polimer sudah banyak digunakan sebagai bahan substitusi untuk logam terutama karena sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi terhadap bahan kimia, dan murah, khususnya untuk aplikasi-aplikasi pada temperatur rendah (Rahmat, 2008).

Polimer adalah material yang dibentuk oleh satuan struktur secara berulang. Polimer berasal dari bahasa Yunani *poly* dan *mer* yang berarti bagian, maka polimer berarti banyak bagian. Sedangkan satuan struktur polimer disebut monomer (Steven, 2001).

Berdasarkan asalnya polimer dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu polimer alam dan polimer sintetik. Polimer alam adalah polimer yang terjadi melalui proses alami, seperti karet alam dan selulosa yang berasal dari tumbuhan, wol dan sutera yang berasal dari hewan dan silika, tanah liat, dan asbes yang berasal dari mineral. Sedangkan polimer sintetik adalah polimer yang dibuat melalui reaksi kimia, seperti karet fiber, nilon, plastik, poliester, polipropilen, dan lain-lain (Billmeyer F. W., 1971)

Berdasarkan struktur rantainya, polimer terbagi atas 3 kelompok, yaitu:

- Polimer linier

Polimer yang tersusun dengan unit ulang berikatan satu sama lain membentuk rantai polimer yang panjang. Polimer ini terdapat sebagai elastomer, bahan yang fleksibel (lentur) atau termoplastik (seperti gelas). Contoh polimer yang termasuk dalam kelompok polimer linier adalah polietilen, PVC, polimetil metakrilat, nylon 66



Gambar 1. 1 Struktur Polimer Linier

- Polimer bercabang

Polimer yang terbentuk jika beberapa unit ulang membentuk cabang pada rantai utama. Polimer bercabang dapat divisualisasi sebagai polimer linear dengan percabangan pada struktur dasar yang sama sebagai rantai utama.



Gambar 1. 2 Struktur Polimer Bercabang

- Polimer berikatan silang (*Cross-linking*)

Polimer yang terbentuk karena beberapa rantai polimer saling berikatan satu sama lain pada rantai utamanya. Jika sambungan silang terjadi ke berbagai arah maka akan terbentuk sambung silang tiga dimensi yang sering disebut polimer jaringan.



Gambar 1. 3 Struktur Polimer Berikatan Silang

1.2.2 Reaksi Polimerisasi

Polimerisasi adalah reaksi penggabungan monomer membentuk rantai polimer yang panjang dan berulang. Terdapat 2 jenis mekanisme reaksi polimerisasi, yaitu :

- a) Polimerisasi pertumbuhan bertahap (*step-growth polymerization*)

Pembentukan polimer dengan berat molekul yang besar terjadi pada awal polimerisasi.

- b) Polimerisasi pertumbuhan berantai (*chain-growth polymerization*).

Reaksi perpanjangan rantai hanya terjadi melalui penempelan monomer pada rantai aktif. Sisi aktif dapat berbentuk radikal bebas atau sisi ioik (anion atau kation).

Terdapat 3 tahapan reaksi dalam reaksi polimerisasi, yaitu :

1. Tahap inisiasi (pengaktifan monomer)

Tahap inisiasi terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap disosiasi dan tahap asosiasi. Pada tahap disosiasi molekul awal diurai menjadi 2 buah spesies radikal bebas : $I - I = 2I^*$

Tahap disosiasi ini kemudian diikuti oleh tahap asosiasi, dimana molekul monomer menempel pada radikal bebas : $I^* + M = IM^*$

2. Tahap propagasi (menumbuhkan rantai aktif dengan menambah monomer secara bertahap)

Unit monomer ditambahkan pada spesies monomer awal yang dibentuk pada tahap inisiasi : $IM^* + M = IMM^* + M = IMMM^*$

Tahap ini akan berlanjut hingga mencapai panjang rantai yang diinginkan.

3. Tahap terminasi (menonaktifkan rantai untuk memperoleh produk akhir)

Tahap ini berperan untuk mengakhiri polimerisasi.

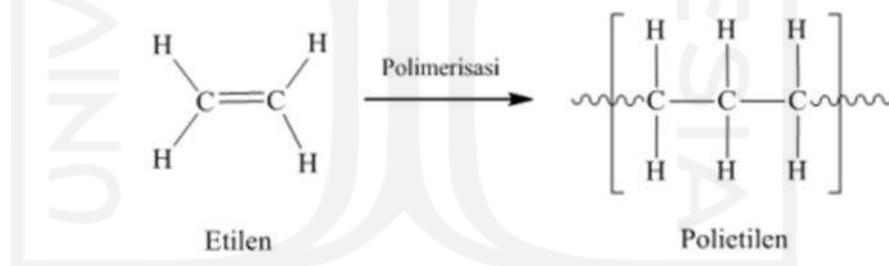
Polietilen merupakan jenis homopolimer yang bereaksi pada reaksi polimerisasi adisi, yaitu proses polimerisasi dengan adanya penambahan rantai.

1.2.3 Polyethylene

Polyethylene merupakan polimer termoplastik, yaitu mudah dilelehkan untuk dibentuk ulang (*remolded*) kemudian dipadatkan kembali. Pada suhu kamar, *polyethylene* tidak larut mampu larut dalam pelarut apapun. *Polyethylene* berasal dari monomer penyusun berupa etana (*ethylene*).

Polietilen merupakan polyolefin yang banyak digunakan dalam berbagai jenis peralatan rumah tangga maupun kemasan makanan dan minuman. Hal ini dikarenakan polietilen yang sifatnya lentur sehingga mudah untuk dibentuk menjadi berbagai macam produk yang dibutuhkan, tahan terhadap suhu rendah, dan umumnya resisten terhadap bahan-bahan kimia (Brydson, 1975)

Reaksi polimerisasi etilen menjadi polietilen digambarkan pada gambar 1.1.



Gambar 1. 4 Reaksi Polimerisasi Etilen

1.2.4 HDPE

High Density Polyethylene merupakan jenis polietilen yang strukturnya terdiri dari molekul yang tidak bercabang dengan beberapa defek menuju bentuk linernya, dengan rendahnya tingkat defek, serta dapat menghindari dari penggabungan maka mengakibatkan derajat kristalisasi juga tinggi. HDPE mempunyai densitas 0,95-

0,97 g/cm³ , dan memiliki titik leleh diatas 127°C (beberapa macam berkisar 135 °C). HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras dan tahan terhadap suhu tinggi serta korosi. HDPE sering digunakan sebagai dinding pelapis tahan korosi, bahan-bahan rumah tangga, perisai radiasi dan pipa.

1.2.5 Proses Pembuatan *Polyethylene*

Menurut (Billmeyer F. W., 1971) terdapat 4 jenis polietilen, salah satunya adalah HDPE. *High Density Polyethylene* diproduksi menggunakan proses tekanan rendah. Katalis yang digunakan dalam produksi HDPE salah satu dari tipe Ziegler (kompleks trietilaluminium [Al(C₂H₅)₃] dan α -titanium triklorida (α -TiCl₃) atau silica-alumina (SiO₂-Al₂O₃) yang diresapi dengan logam oksida seperti kromium oksida (Cr₂O₃) atau molybdenum oksida (MO₂O₃). HDPE ditandai dengan kristalinitas yang lebih tinggi dan suhu leleh yang lebih tinggi daripada polietilen densitas rendah karena tidak ada percabangan (Speight, 2019)

1. Proses Tekanan Tinggi

Diantara proses industry untuk produksi polietilen, polimerisasi radikal bebas dilakukan dalam kondisi yang paling parah biasanya menggunakan suhu >200 °C dan tekanan 15000 hingga 45000 psig. Polimerisasi radikal bebas dilakukan pada keadaan adiabatik dalam reaktor otoklaf (*autoclave*) dilengkapi dengan tabung jaket pendingin. Proses ini merupakan proses polimerisasi tekanan tinggi dengan memanfaatkan oksigen sebagai katalis (Malpass, 2010).

a. Proses Autoclave

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

Peroksida organik diinjeksikan pada beberapa titik di autoclave dan inisiasi polimerisasi radikal bebas oleh reaksi kimia. Autoclave berfungsi sebagai *continuous stirred-tank reactor* yang bekerja 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. Kelebihan etilena digunakan untuk membantu menghilangkan panas. Secara umum pemurnian monomer etilena tidak perlu dilakukan pada proses tekanan tinggi.

b. Proses Tubular

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

yang digunakan sekitar 200-350 MPa. Tubular reaktor terdiri dari beberapa ratus meter *jacketed high-pressure tube* yang tersusun seri.

2. Proses *Slurry (suspense)*

Polimerisasi dapat dilakukan menggunakan diluent yang mana polimer tidak larut pada suhu proses. Proses ini disebut proses slurry atau suspensi. Diluent harus inert terhadap katalis dan biasanya hidrokarbon jenuh seperti propana, isobutena, dan heksana. Proses slurry biasanya beroperasi pada suhu sekitar 80 hingga 110 °C dan tekanan 200-500 psig. Polietilen mengendap sehingga terbentuk suspensi polimer pada diluent. Katalis yang paling umum digunakan adalah chromiumon-silica atau Ziegler-Natta yang mendukung.

Proses slurry yang awalnya dikembangkan oleh Phillips Petroleum (sekarang Chevron Phillips) disebut sebagai "*particle from loop slurry process*" dan "*slurry loop reactor process*" untuk produksi HDPE dan LLDPE. 1-Heksana merupakan *comonomer* yang paling sering digunakan untuk LLDPE proses Phillips. Proses slurry terkenal lainnya dikembangkan oleh Hoechst di Jerman pada pertengahan 1950-an. Hoechst adalah pemegang lisensi pertama yang menggunakan katalis dan proses yang dikembangkan oleh Karl Ziegler untuk memproduksi LLDPE pada 1955. Hoechst akhirnya bergabung dalam perusahaan yang sekarang dikenal sebagai LyondellBasell.

Proses slurry Hoechst mampu menghasilkan HDPE dengan range berat molekul yang luas. Proses Hoechst modern menggunakan 2 reaktor tangki yang

diaduk secara terus menerus yang dapat dijalankan secara seri atau paralel untuk menghasilkan unimodal dan bimodal HDPE.

3. Proses Fase gas

Merupakan proses produksi polietilena dalam fase gas, karena hampir semua bahan baku disuplai dalam bentuk gas. Reaktor yang digunakan adalah *fluidized bed reactor*. Reaktor ini berbentuk silindris dengan bagian atas lebih besar untuk memungkinkan terjadinya penurunan tekanan, sehingga partikel dapat turun kembali ke bed dan tidak terbawa aliran gas keluar reaktor. Unit-unit fluidized bed dibangun sebagai *dual purpose plant (swing plant)*. Proses ini menggunakan katalis Ziegler-Natta, yaitu jenis senyawa organik logam transisi yang berupa campuran halida logam transisi, seperti $TiCl_4$ dan logam alkali organik $(C_3H_5)_3Al$. Sebagian besar polietilen yang dibuat dengan proses fase gas menggunakan katalis Ziegler-Natta. Namun, ada beberapa contoh dimana polietilen dibuat menggunakan katalis chromium dengan *single site catalyst*.

Gas etilen diumpankan ke dalam reaktor dan ditambahkan katalis secara terpisah. Reaksi terjadi pada tekanan 21 atm dan suhu 80 – 100 °C tergantung pada densitas produk yang diinginkan. Granular polietilena hasil reaksi ditampung dalam suatu *discharge system*, dan dicuci dengan gas nitrogen atau gas inert lain. Sedangkan etilen yang tidak bereaksi akan didaur ulang.

Proses ini dapat digunakan untuk memproduksi polietilen berjenis LDPE dan HDPE dengan densitas antara 0,89 – 0,97 g/cm.

4. Proses Fase larutan

Pada 1960-an, DuPont-Canada (sekarang Nova) mengkomersialkan “solution process menggunakan katalis Ziegler-Natta berdasarkan titanium dan vanadium. Proses-proses ini sebagian besar menggunakan katalis Ziegler-Natta.

Proses fase larutan merupakan proses produksi polietilena dalam fase cair. Proses ini dapat menghasilkan polietilen jenis HDPE dan LDPE dengan melarutkan etilen dalam diluent. Proses larutan beroperasi pada suhu 160-220 °C dan tekanan 500-5000 psig. Dalam kondisi tersebut polimer dilarutkan dalam pelarut, biasanya sikloheksana atau hidrokarbon alifatik C8. Reaksi yang terjadi bersifat adiabatik. Dari 25%wt etilene dalam umpan, terbentuk 95% polietilen yang terkonversi, dengan waktu tinggal reaktan sekitar 2 menit.

Tabel 1. 3 Perbandingan proses pembuatan polietilena

Parameter	Jenis proses			
	Tekanan tinggi	Proses suspensi / slurry	Proses gas	Proses larutan
Tipe reaktor	<i>Autoclave, Tubular reactor</i>	<i>Loop reactor, Autoclave</i>	<i>Fluidized bed</i>	CSTR
Tekanan	15.000 – 45.000 psig	150 – 450 psig	200 – 500 psig	500 – 5.000 psig
Temperatur	150 – 300 °C	80 -110 °C	80 -110 °C	160 – 220 °C
Konversi	97 %	95 %	97 % – 98 %	95 %
Waktu tinggal	30 detik – 2 menit	1,5 – 3 jam	2 – 4 jam	30 detik – 2 menit
Katalis	Oksigen	Chromiumon-Silica atau Ziegler-Natta	Ziegler-Natta atau Chromium	Ziegler-Natta (katalis berbasis Titanium + co-katalis TEAL)

Lanjutan Tabel 1.3 Perbandingan proses pembuatan polietilena

Parameter	Jenis proses			
	Tekanan tinggi	Proses suspensi / slurry	Proses gas	Proses larutan
Co-monomer		1-Heksana	1-Oktana	1-Butena
Densitas (gr/cm ³)	0,91 – 0,955	0,93 – 0,97	0,91 – 0,97	0,91 – 0,97
Jenis polietilen	LDPE, LLDPE	HDPE, LLDPE	LLDPE, HDPE	HDPE, LDPE, LLDPE, VLDPE
Referensi	Malpas, 2010	Malpas, 2010	Kirk-Orthmer, 1998	Kirk-Orthmer, 2006

Berdasarkan Tabel 1.3, maka dipilih pembuatan polietilena jenis HDPE menggunakan proses fase larutan dengan pertimbangan fase operasi berupa larutan sehingga lebih mudah dalam kontrol suhu dan tekanan. Selain itu melihat pada nilai konversi reaksi yang tidak jauh berbeda dengan proses lain, yakni sebesar 95%. Sebagai tambahan reaktor yang digunakan adalah CSTR dengan waktu tinggal yang relative singkat berkisar antara 30 detik – 2 menit sehingga proses ini lebih efektif dan efisien dalam memproduksi *polyethylene* jenis HDPE.

1.3 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.3.1 Tinjauan Termodinamika

Sifat maupun arah reaksi dapat diketahui dari tinjauan termodinamika. Dari referensi (Billmeyer F. W., 1984) nilai ΔH polimerisasi etilen sebesar -95 kJ/mol dan nilai ΔS sebesar -100 J/mol.K. Ditinjau dari nilai ΔH yang bertanda negatif

menunjukkan bahwa reaksi polimerisasi etilen berlangsung pada keadaan eksotermis.

Untuk mengetahui arah reaksi dihitung menggunakan persamaan Gibbs (ΔG).

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

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

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

$$T = 60 \text{ }^\circ\text{C} = 333,15 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \Delta G &= -95.000 \text{ J/mol} - (333,15 \text{ K}) (-100 \text{ J/mol.K}) \\ &= -61685 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Konstanta kesetimbangan dihitung menggunakan nilai ΔG .

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

$$-61685 \text{ J/mol} = -8,314 \text{ J/mol} (333,15 \text{ K}) (\ln K)$$

$$\ln K = (-61685 \text{ J/mol}) / ((-8,314 \text{ J/mol}) (333,15 \text{ K}))$$

$$\ln K = 22,27048788$$

$$K = 5, \text{E}+09$$

K bernilai >1 , maka reaksi berlangsung secara satu arah atau irreversible.

1.3.2 Tinjauan Kinetik

Proses pembentukan produk polimer terjadi pada tahap propagasi. Sehingga harga kinetika reaksi diambil dari laju propagasi etilena menjadi polietilena. Data laju propagasi Etilena diperoleh dari tabel 3-11 yang ditulis oleh (O dian, 2004) dalam bukunya yang berjudul *Principal of Polymerization*.

Tabel 1. 4 Parameter kinetika reaksi propagasi

Monomer	$K_p \times 10^{-3}$	E_p	$A_p \times 10^{-7}$	$K_t \times 10^{-7}$	E_t	$A_t \times 10$
Vinyl chloride (50 °C)	11,0	16	0,33	210	17,6	600
Tetrafluoroethylene (83 °C)	9,10	17,4	-	-	-	-
Vinyl acetate	2,30	18	3,2	2,9	21,9	3,7
Acrylonitrile	1,96	16,2	-	7,8	15,5	-
Methyl acrylate	2,09	29,7	10	0,95	22,2	15
Methyl ,etacrylate	0,515	26,4	0,087	2,55	11,9	0,11
2-vinylpiridine	0,186	33	-	3,3	21	-
Styrene	0,165	26	0,45	6,0	8,0	0,058
Ethylene	0,242	18,4	-	54,0	1,3	-
1,3-butadiene	0,100	24,3	12	-	-	-

Berdasarkan tabel 1.4 diketahui bahwa :

Monomer Etilen memiliki $k_p \times 10^{-3} = 0,242 \text{ L/mol.s}$

Maka, nilai k_p Etilen = 242 L/mol.s

BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

1. *High Density Polyethylene* (HDPE)

HDPE secara umum memiliki massa jenis lebih dari $0,93 \text{ g/cm}^3$. Hal ini mencakup polietilena homopolimer dan kopolimer etilena dengan alfa-olefin seperti 1-butena, 1-heksena, 1-oktena (Kirk, 2006)

Berat molekul	: 10.000 – 1.000.000 g/mol
Wujud	: Padatan granul
Warna	: Putih bening
Densitas	: $0,94 - 0,97 \text{ g/cm}^3$
Titik leleh (T_m)	: $120 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$
Sifat korosif	: Tidak korosif
Ukuran	: 5 – 10 mm

2.2 Spesifikasi Bahan baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Monomer

Etilena (C_2H_4)

Etilena atau etena termasuk dalam senyawa hidrokarbon tak jenuh golongan alkena (C_nH_{2n}) dan merupakan monomer pembentuk polietilena.

Berat molekul : 28,0536 g/mol

Wujud	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih (Tb)	: - 103,71 °C
Titik leleh (Tm)	: - 169,15 °C
Sifat korosif	: Tidak korosif
Temperatur kritis	: 9,194 °C

Etilena adalah senyawa organik olefin yang paling ringan, tidak berwarna, dan tidak berbau. Etilena dalam wujud gas bersifat mudah terbakar dan meledak bila dipanaskan serta beracun bila terhirup oleh manusia. Sedangkan etilena dalam wujud cair, apabila terjadi kontak dengan kulit dapat mengakibatkan pembekuan jaringan atau *frostbite*.

2.2.2 Ko-monomer

1-Butena (C₄H₈)

1-Butena merupakan senyawa yang memiliki rantai alifatik alfa olefin (alkena) yang diproduksi dari pemutusan rantai hidrokarbon. Dalam pembuatan polietilena, 1-butena digunakan sebagai komonomer yang berfungsi untuk mengontrol densitas produk polietilena yang dihasilkan.

Berat molekul	: 56,108 g/mol
Wujud	: Gas
Warna	: Tidak berwarna

Titik didih (Tb) : - 6,47 °C

Titik leleh (Tm) : - 185,3 °C

Sifat korosif : Tidak korosif

Temperatur kritis : 146,6 °C

Senyawa 1-Butena dapat terdekomposisi ketika dipanaskan dan mengeluarkan asap berbau tajam. Seperti etilena, 1-Butena merupakan gas yang mudah terbakar dan meledak bila dipanaskan.

2.2.3 Pelarut

Sikloheksana (C₆H₁₂)

Sikloheksana adalah sikloalkana dengan rumus molekul C₆H₁₂. Sikloheksana digunakan sebagai pelarut nonpolar pada industry kimia. Dalam pembuatan polietilena, sikloheksana digunakan sebagai pelarut

Berat molekul : 84,156 g/mol

Wujud : Cair

Warna : Tidak berwarna

Titik didih (Tb) : 80,74 °C

Titik beku (Tf) : 6,55 °C

Sifat korosif : Tidak korosif

Temperatur kritis : 281 °C

Sikloheksana merupakan cairan yang mudah menyala dan mengiritasi kulit. Senyawa ini juga sangat toksik untuk kehidupan perairan pada jangka panjang.

2.2.4 Katalis

Titanium Tetraklorida (TiCl_4)

Titanium Tetraklorida merupakan senyawa anorganik dengan rumus molekul TiCl_4 yang digunakan sebagai komponen katalis Ziegler Natta.

Berat molekul	: 189,679 g/mol
Wujud	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Titik didih (Tb)	: 136 °C
Temperatur kritis	: 146,6 °C

2.2.5 Ko-katalis

Trietil Alumunium ($\text{C}_6\text{H}_{15}\text{Al}$)

Trietil Alumunium atau dikenal dengan TEAL merupakan senyawa organoalumunium. Dalam proses pembuatan polietilena, TEAL digunakan sebagai kokatalis yang berfungsi untuk menghidupkan sisi aktif katalis serta menjadi pelindung partikel katalis dari *impurities* yang berasal dari bahan baku yang dapat mengganggu proses polimerisasi dalam reaktor. TEAL dapat larut dalam senyawa hidrokarbon jenuh.

Berat molekul : 114,168 g/mol

Wujud : Cair

Warna : Tidak berwarna

Titik didih (Tb) : 194 °C

Titik leleh (Tm) : - 52,5 °C

Sifat korosif : Tidak korosif

2.2.6 Terminator

Hidrogen (H₂)

Dalam polimerisasi polietilen, Hidrogen berperan sebagai terminator yang berfungsi untuk menghentikan reaksi polimerisasi dengan memutus rantai polimer.

Berat molekul : 2,016 g/mol

Wujud : Gas

Warna : Tidak berwarna

Titik didih (Tb) : - 252,7 °C

Titik leleh (Tm) : - 259,2 °C

Sifat korosif : Tidak korosif

Temperatur kritis : - 239,9 °C

Hidrogen merupakan gas diatomik dengan rumus molekul H₂ yang bersifat mudah terbakar dan dapat meledak bila dipanaskan.

2.3 Pengendalian kualitas

Pengendalian kualitas adalah proses yang digunakan untuk menjamin tingkat kualitas dalam produk atau jasa. Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, dengan aktivitas itu kita ukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar (Montgomery, 1990)

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

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tujuan dari adanya pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk mengetahui kualitas bahan baku yang akan digunakan, karena kualitas bahan baku akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan. Untuk menjaga kualitas bahan baku, maka dilakukan pemilihan *supplier* bahan baku yang terpercaya, selain itu bahan baku yang diperoleh disimpan dalam wadah penyimpanan dengan kondisi tertentu sesuai spesifikasi bahan.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Dalam suatu proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang berkualitas sesuai dengan standar perusahaan, namun seringkali masih terjadi penyimpangan yang tidak dikehendaki oleh perusahaan sehingga menghasilkan produk rusak, yang tentunya akan merugikan perusahaan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka diperlukan adanya pengendalian kualitas agar produk yang dihasilkan mempunyai kualitas sesuai dengan standar yang ditetapkan. Produk yang dihasilkan kemudian dianalisa kualitasnya sebelum dipasarkan.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian proses produksi dilakukan sesuai dengan prosedur dan standar yang digunakan, agar dapat menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Pengendalian proses produksi dilakukan dengan alat yang terdapat di *control room*.

Alat ukur dan instrumentasi merupakan bagian penting dalam mengendalikan proses produksi. Dengan adanya sistem tersebut maka bagian-bagian penting dari pabrik yang memerlukan pengawasan rutin dapat dikontrol dengan baik. Instrumentasi memiliki 3 fungsi utama, yaitu sebagai alat pengukur, alat analisa, dan alat kendali. Selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi, instrumentasi juga berfungsi untuk mengatur variabel proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk memperingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Instrumen harus ada dan harus berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan

kebutuhan dimana instrumen tersebut ditempatkan. Instrumen merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan mutu dari suatu hasil produksi.

Setelah itu penyimpangan ini dikembalikan pada kondisi atau disetting seperti semula baik secara manual atau otomatis. Langkah ini bertujuan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan produk (*product defect*) sampai pada tingkat kerusakan nol (*zero defect*).

Controller yang terdapat dalam perancangan pabrik HDPE antara lain:

1. *Level Control (LC)*

Level Control berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi batas maksimum yang diizinkan. Secara umum LC digunakan dalam suatu alat yang berupa kolom atau *vessel*. LC dihubungkan dengan *control valve* pada aliran keluar kolom atau *vessel*.

2. *Temperature Control (TC)*

Temperature Control (TC) berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan suhu operasi suatu alat berdasarkan suhu operasi yang ditetapkan.

3. *Pressure Control (PC)*

Pressure Control (PC) berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan tekanan operasi berdasarkan tekanan operasi suatu alat yang ditetapkan. PC sangat dibutuhkan pada sistem yang menggunakan aliran *steam* atau gas. PC dihubungkan dengan *control valve* pada aliran keluaran *steam* atau gas.

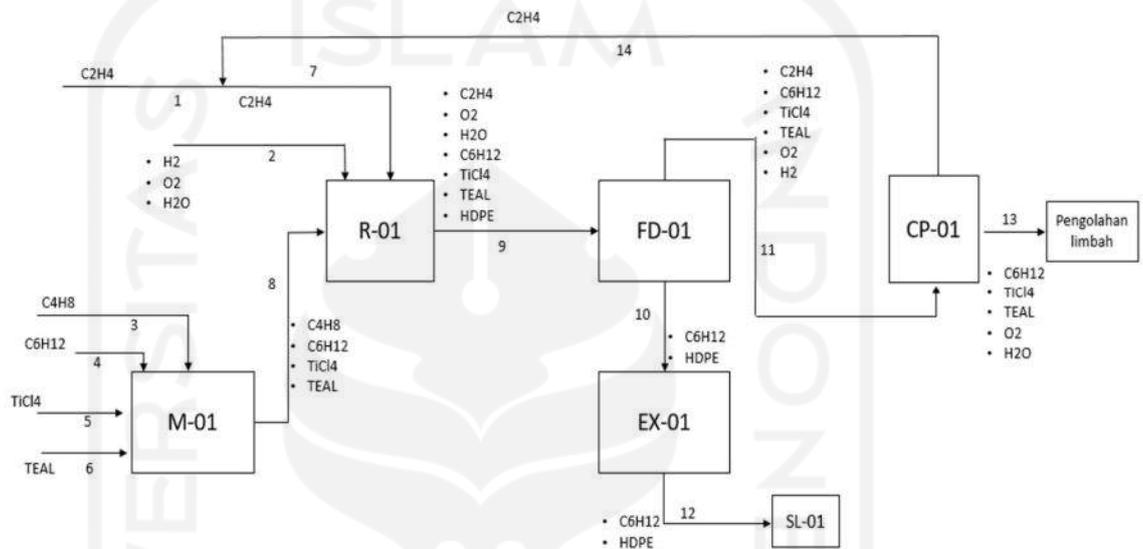
4. *Flow Control (FC)*

Flow Control (FC) berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan debit aliran dari suatu bahan yang akan masuk ke suatu proses atau alat.



BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan HDPE

3.2 Uraian Proses

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

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk (reaksi polimerisasi)
3. Tahap penanganan produk

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

1. Bahan baku etilena

Bahan baku etilena (C_2H_4) yang berwujud cair dengan kemurnian 99,95% diperoleh dari PT. Chandra Asri dan disimpan dalam tangki penyimpanan etilena (T-01) pada suhu $-254,85^\circ C$ dan tekanan 35 atm. Dari tangki penyimpanan, etilena cair dilewatkan dalam heater (HE-01) untuk meningkatkan suhu etilena menjadi $60^\circ C$, kemudian dipompa menuju reaktor (R-01)

2. Bahan baku Hidrogen (H_2)

Hidrogen cair disimpan dalam tangki penyimpanan Hidrogen (T-02) pada suhu $60^\circ C$, tekanan 37 atm, kemudian dialirkan menggunakan *expansion valve* (EV-01) untuk menurunkan tekanan Hidrogen menjadi 35 atm sebelum diumpankan kedalam reaktor (R-01).

3. Sikloheksana dan 1-Butena

1-butene dan sikloheksan yg digunakan berwujud cair, bahan ini disimpan dalam tangki penyimpanan 1-butena (T-03) dan tangki penyimpanan sikloheksan (T-04) pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Dari masing-masing tangki penyimpanan, 1-butena dan sikloheksana dipompa menuju mixer (M-01) untuk dicampurkan dengan katalis dan ko-katalis sebelum diumpankan ke reaktor (R-01)

4. Katalis dan ko-katalis

Katalis $TiCl_4$ yang disimpan dalam tangki penyimpanan (T-05) pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm akan diumpankan menuju mixer (M-01) untuk dicampurkan dengan 1-butene dan sikloheksan, serta ko-katalis TEAL ($C_6H_{15}Al$) yang disimpan dalam tangki penyimpanan (T-06). Perbandingan mol antara katalis dengan ko-katalis adalah 30:1. Pencampuran antara katalis dan ko-katalis bertujuan untuk mengaktifkan kerja katalis yang akan membantu terjadinya proses polimerisasi di dalam reaktor. Keluaran hasil mixer (M-01) ini kemudian menuju Heat Exchanger (HE-01) untuk dinaikkan suhunya menjadi $60^\circ C$. Hasil pemanasan tersebut kemudian dipompakan menuju reaktor.

3.2.2 Tahap Pembentukan Produk

HDPE terbentuk melalui proses polimerisasi etilen dengan bantuan katalis $TiCl_4$, pada tahap ini proses polimerisasi terjadi di dalam reaktor (R-01) pada suhu $60^\circ C$ dan tekanan 35 atm. Bahan baku yang sudah siap diumpankan kedalam reaktor masuk melalui samping reaktor. Etilena akan berikatan dengan sisi aktif katalis secara terus menerus hingga terbentuk rantai polimer yang panjang.

Untuk menghentikan reaksi polimerisasi, maka perlu adanya penambahan terminator. Dari bahan baku pembuatan HDPE dengan proses fase larutan yang berfungsi sebagai terminator adalah Hidrogen, dimana Hidrogen ini akan memutus

ikatan Ti dan C, hingga Ti berikatan dengan H yang mengakibatkan berhentinya reaksi polimerisasi.

Produk yang keluar dari reaktor masih belum murni, sehingga perlu dipisahkan antara produk dan *impurities*. Hasil keluaran dari reaktor ini kemudian dialirkan menuju ke Flash drum (FD-01) untuk dipisahkan antara HDPE dengan campuran katalis, pelarut, dan etilena yang tidak bereaksi. Hasil bawah FD-01 yang berupa HDPE cair dialirkan menuju ekstruder (EX-01) untuk dipadatkan sehingga diperoleh HDPE dalam bentuk padatan. Sedangkan hasil atas FD-01 yang berfase gas dinaikkan tekanannya menjadi 2 atm dan diteruskan menuju kondensor parsial (PC-01) untuk memisahkan etilen dari katalis, ko-katalis, serta pelarut. Etilen keluaran dari PC-01 *direcycle* menuju aliran umpan etilena.

3.2.3 Tahap Penanganan Produk

Produk yang keluar dari FD-01 dilewatkan ke dalam ekstruder (EX-01). Dalam tahap ini polietilena dicetak untuk mempermudah proses penyimpanan dan pemasaran produk. Polietilena padat ini kemudian diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-01) menuju tangki penyimpanan produk (SL-01). Produk yang telah disimpan dalam Silo merupakan produk yang siap untuk dipasarkan.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Kode	R-01
Fungsi	Tempat berlangsungnya proses Polimerisasi etilena menjadi polietilena
Jenis/Tipe	Reaktor alir tangki berpengaduk
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu	60 °C
Tekanan	35 atm
Kondisi Proses	Adiabatis
<i>Mechanical Design</i>	
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 299 Grade C</i>
Diamater (ID) <i>shell</i>	1,2532 m
Tebal <i>shell</i>	1,25 in
Tinggi total	2,7223 m
Jenis <i>head</i>	<i>Ellipsoidal</i>
Pengaduk	
Tipe	<i>Turbine with six-flat blades</i>
Kecepatan pengadukan	128,243 rpm
Jumlah <i>baffle</i>	4
Lebar <i>baffle</i>	0,071015 m
Mode Transfer Panas	
Jenis	Jaket pendingin
UD	67,67456 W/m ² K
Luas area transfer panas	5,9106 m ²
Tebal jaket	0,0349 m

3.3.2 Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

3.3.2.1 Flash Drum

Tabel 3. 2 Spesifikasi Flash Drum

Kode	:	FD-01
Fungsi	:	Memisahkan HDPE hasil keluaran dari R-01 dengan campuran katalis, pelarut, dan etilena yang tidak bereaksi
Jenis	:	<i>Vertical vessel</i>
Material	:	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	:	T = 194 °C dan P = 35 atm
<i>Mechanical Design</i>		
Shell		
a. Diameter dalam	:	0,5 m
b. Diameter luar	:	0,5588 m
c. Tinggi shell	:	2,3767 m
d. Tebal shell	:	0,0222 m
Head		
a. Jenis	:	<i>Elliptical Dished Head</i>
b. Tebal	:	0,0191 m
c. Tinggi head	:	0,2457 m
d. Tinggi total Flash drum	:	2,8681 m
e. Jumlah	:	1

3.3.2.2 Ekxtruder

Tabel 3. 3 Spesifikasi Ekstruder

Kode	:	EX-01
Fungsi	:	Membentuk produk polietilena cair menjadi padatan
Jenis	:	<i>Screw Extruder</i>
Material	:	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 type 304</i>
Kondisi Operasi	:	T = 194 °C dan P = 1 atm
Jumlah	:	1 unit
<i>Mechanical Design</i>		
Diameter screw	:	0,254 m
a. Panjang	:	4,572 m
b. Kecepatan motor	:	55 rpm
c. Daya motor	:	0,85 hP

3.3.2.3 Kondensor Parsial

Tabel 3. 4 Spesifikasi Kondensor Parsial

Kode	PC-01		
Fungsi	Memisahkan etilen dengan mengembunkan campuran sikloheksana, TiCl ₄ , dan TEAL		
Kondisi Operasi	T	194,1106903	°C
	P	2	atm
Jenis	<i>Shell and Tube Exchanger</i>		
Bahan	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>		

Lanjutan Tabel 3.4 Spesifikasi Kondensor Parsial

<i>Mechanical design</i>			
<i>Shell</i>	Kapasitas	53.834,3525	kg/jam
	fluida	air pendingin	
	ID	10	in
	Baffle space	10	in
	Passes	2	
	Pressure drop	0,185782468	psi
<i>Tube</i>	Kapasitas	17.590,8708	kg/jam
	fluida	<i>feed</i> (fluida panas)	
	Panjang	20	ft
	Jumlah	56	buah
	OD	0,75	in
	BWG	14	
	Pitch	0,9375	in (<i>triangular pitch</i>)
	Pressure drop	0,024043843	psi
Dirt factor	1,990975003		
A	216,621172 ft ²		

3.3.2.4 Mixer

Tabel 3.5 Spesifikasi Mixer

Kode	:	M-01
Fungsi	:	Mencampur 1-butena, sikloheksana, TiCl ₄ , dan TEAL
Jumlah	:	1 unit
Jenis	:	Tangki pencampur berpengaduk

Lanjutan Tabel 3.5 Spesifikasi Mixer

Kondisi operasi	Suhu	:	30	°C
	Tekanan	:	1	atm
Dimensi mixer	Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-299</i>	
	Diameter shell	:	0,9177	m
	Tinggi shell	:	1,3765	m
	Volume shell	:	0,6067	m ³
	Volume head	:	0,003	m ³
	Volume mixer	:	0,6097	m ³
	Tinggi mixer	:	1,8550	m
	Tinggi head	:	0,2392	m
	Tebal shell	:	0,1875	in
	Tebal head	:	0,1875	in
	Flat Blade Turbines Impellers	Jenis impeller	:	<i>Turbin 6 blade</i>
Diameter pengaduk		:	0,3059	m
Jarak pengaduk		:	0,3977	m
Lebar pengaduk		:	0,0765	m
Lebar baffle		:	0,052	m
Jumlah pengaduk		:	1	buah
Kecepatan pengadukan		:	199,499	rpm
Power pengadukan		:	0,0965	hP
Daya motor	:	0,1250	hP	

3.3.3 Alat Penyimpanan Bahan dan Produk

3.3.3.1 Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3. 6 Spesifikasi tangki penyimpanan Etilena dan Hidrogen

Tangki	:	T-01	T-02
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku Etilena (C ₂ H ₄)	Menyimpan bahan baku Hidrogen (H ₂)
Lama penyimpanan	:	30 hari	30 hari
Fasa	:	cair	cair
Jumlah tangki	:	1	1
Jenis tangki	:	Tangki bola	Tangki bola
Kondisi operasi	suhu	: -254,85 °C	60 °C
	tekanan	: 35 atm	37 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 Grade C</i>	<i>Carbon steel SA-285 Grade C</i>
	Volume tangki	: 6481,373778 m ³	2,538568 m ³
	Diameter	: 23,1364234 m	1,69279 m
	Tebal shell	: 10,34772054 m	0,0254 m

Tabel 3. 7 Spesifikasi tangki penyimpanan 1-Butena dan Sikloheksana

Tangki		T-03	T-04	
Fungsi		Menyimpan bahan baku 1-butene (C ₄ H ₈)	Menyimpan bahan baku sikloheksana (C ₆ H ₁₂)	
Lama penyimpanan		30 hari	30 hari	
Fasa		cair	cair	
Jumlah tangki		1	1	
Jenis tangki		Silinder Tegak	Silinder Tegak	
Kondisi operasi	suhu	30 °C	30 °C	
	tekanan	1 atm	1 atm	
Spesifikasi	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>	
	Volume tangki	6908,937836 m ³	19503,82477 m ³	
	Diameter	28,63102 m	40,46439 m	
	Tinggi	10,73663 m	15,17414 m	
	Jumlah course	6	9	
	Tebal shell	Course 1	75,42932 in	158,3864 in
		Course 2	62,84948 in	140,7746 in
		Course 3	50,26964 in	123,1628 in
		Course 4	37,6898 in	105,5511 in
		Course 5	25,10996 in	87,9393 in
		Course 6	12,53012 in	70,3275 in
				Course 7 = 52,71572 in
				Course 8 = 35,1039 in
			Course 9 = 17,4922 in	
Head & bottom	Jenis head	<i>conical roof</i>	<i>conical roof</i>	
	Tebal head	2,25 in	6,0798 in	
	Jenis bottom	<i>flat bottomed</i>	<i>flat bottomed</i>	

Tabel 3. 8 Spesifikasi tangki penyimpanan TiCl₄ dan TEAL

Tangki		T-05	T-06
Fungsi		Menyimpan bahan baku TiCl ₄	Menyimpan bahan baku TEAL (C ₆ H ₁₅ Al)
Lama penyimpanan		30 hari	30 hari
Fasa		cair	cair
Jumlah tangki		1	1
Jenis tangki		Silinder Tegak	Silinder Tegak
Kondisi operasi	suhu	30 °C	30 °C
	tekanan	1 atm	1 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
	Volume tangki	0,63296 m ³	23,52299 m ³
	Diameter	0,930754 m	4,3072 m
	Tinggi	1,396131 m	1,6152 m
	Jumlah course	1	1
	Tebal shell	Course 1 = 0,25 in	Course 1 = 1,9858 in
Head & bottom	Jenis head	<i>conical roof</i>	<i>conical roof</i>
	Tebal head	0,1875 in	0,375 in
	Jenis bottom	<i>flat bottomed</i>	<i>flat bottomed</i>

3.3.3.2 Alat Penyimpanan Produk

Tabel 3. 9 Spesifikasi tangki penyimpanan produk

Tangki		:	SILO
Fungsi		:	Menyimpan produk HDPE
Lama penyimpanan		:	5 hari
Fasa		:	padat
Jumlah tangki		:	1
Jenis tangki		:	Silinder Tegak
Kondisi operasi	suhu	:	30 °C
	tekanan	:	1 atm
Spesifikasi	Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA- 283 Grade C</i>
	Volume tangki	:	939,157024 m ³
	Diameter	:	10,61588 m
	Tinggi	:	15,92383 m
	Jumlah course	:	9
	Tebal shell	:	Course 1 = 39,6903 in
			Course 2 = 35,2874 in
			Course 3 = 30,8845 in
			Course 4 = 26,4815 in
			Course 5 = 22,0786 in
Bottom	Jenis bottom	:	<i>conical</i>
	Tebal bottom	:	2,75 in
	Tinggi bottom	:	3,0796 m

3.3.4 Alat Transportasi Bahan

3.3.4.1 Pompa

Tabel 3. 10 Spesifikasi pompa 1 dan pompa 2

Kode	:	P-01		P-02	
Fungsi	:	Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan Etilena (T-01) menuju reaktor (R-01)		Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan 1-butena (T-03) menuju mixer (M-01)	
Jenis pompa	:	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>		<i>Mixed flow impellers</i>	
Jumlah	:	1		1	
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
<i>Mechanical Design</i>					
Viskositas	:	0,022415635	cp	0,143122081	cp
Suhu fluida	:	60	°C	30	°C
Kapasitas	:	68,20693729	m ³ /jam	26,7586588	m ³ /jam
Rate volumetrik	:	0,669084779	ft ³ /s	0,262492527	ft ³ /s
Kecepatan aliran	:	3,69150223	ft/s	7,891215836	ft/s

Lanjutan Tabel 3.10 Spesifikasi pompa 1 dan pompa 2

Kode	:	P-01		P-02	
Ukuran pipa	ID	5,761	in	2,469	in
	OD	6,625	in	2,88	in
	IPS	6	in	2,5	in
	Flow Area Pipe	26,1	in ²	4,79	in ²
	Pressure head	0	m	0	m
	Statistic head	1,8798	m	1,376548	m
	Friction head	0,520771329	m	6,492834575	m
Efisiensi pompa	:	79%		70%	
Power pompa	:	57,03775805	Watt	35,74133642	Watt
Efisiensi motor	:	80%		80%	
Power motor	:	93,2125	Watt	62,14166667	Watt

Tabel 3. 11 Spesifikasi pompa 3 dan pompa 4

Kode	:	P-03	P-04
Fungsi	:	Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan Sikloheksana (T-04) menuju mixer (M-01)	Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan TiCl ₄ (T-05) menuju mixer (M-01)
Jenis pompa	:	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>	<i>Radial flow impellers</i>
Jumlah	:	1	1

Lanjutan Tabel 3.11 Spesifikasi pompa 3 dan pompa 4

Kode	:	P-03		P-04	
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
<i>Mechanical Design</i>					
Viskositas	:	0,857518872	cp	0,806248661	cp
Suhu fluida	:	30	°C	30	°C
Kapasitas	:	27,08864552	m ³ /jam	0,000879107	m ³ /jam
Rate volumetrik	:	0,265729574	ft ³ /s	8,62E-06	ft ³ /s
Kecepatan aliran	:	3,327396407	ft/s	0,034494874	ft/s
Ukuran pipa	ID	3,826	in	0,215	in
	OD	4,5	in	0,405	in
	IPS	4	in	0,125	in
	Flow Area Pipe	11,5	in ²	0,036	in ²
	Pressure head	0	m	0	m
	Statistic head	1,376548	m	1,376548	m
	Friction head	0,682878035	m	0,002849497	m
Efisiensi pompa	:	70%		20%	
Power pompa	:	171,1054468	Watt	0,028180927	Watt
Efisiensi motor	:	80%		80%	
Power motor	:	372,85	Watt	37,285	Watt

Tabel 3. 12 Spesifikasi pompa 5 dan pompa 6

Kode	:	P-05		P-06	
Fungsi	:	Mengalirkan bahan baku dari tangki penyimpanan TEAL (T-06) menuju mixer (M-01)		Mengalirkan hasil keluaran mixer (M-01) menuju reaktor (R-01)	
Jenis pompa	:	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>		<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	
Impeller	:	<i>Radial flow impellers</i>		<i>Mixed flow impellers</i>	
Jumlah	:	1		1	
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
<i>Mechanical Design</i>					
Viskositas	:	2,167994834	cp	0,841283809	cp
Suhu fluida	:	30	°C	30	°C
Kapasitas	:	0,032670826	m ³ /jam	31,16840305	m ³ /jam
Rate volumetrik	:	0,000320489	ft ³ /s	0,305750484	ft ³ /s
Kecepatan aliran	:	1,281954767	ft/s	3,828527797	ft/s

Lanjutan Tabel 3.12 Spesifikasi pompa 5 dan pompa 6

Kode	:	P-05		P-06	
Ukuran pipa	ID	0,215	in	3,826	in
	OD	0,405	in	4,5	in
	IPS	0,125	in	4	in
	Flow Area Pipe	0,036	in ²	11,5	in ²
	Pressure head	0	m	1,88798	m
	Statistic head	1,376548	m	7,986292036	m
	Friction head	3,8935541737	m	0,8996758	m
Efisiensi pompa	:	20%		70%	
Power pompa	:	1,961627578	Watt	926,5161509	Watt
Efisiensi motor	:	80%		81%	
Power motor	:	37,285	Watt	1118,55	Watt

Tabel 3. 13 Spesifikasi pompa 7 dan pompa 8

Kode	:	P-07	P-08
Fungsi	:	Mengalirkan hasil keluaran reaktor (R-01) menuju ke flash drum (FD-01)	Mengalirkan hasil keluaran dari flash drum (FD-01) menuju ekstruder (EX-01)
Jenis pompa	:	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>	<i>Dynamic pump - Centrifugal pump</i>

Lanjutan Tabel 3.13 Spesifikasi pompa 7 dan pompa 8

Kode	:	P-07		P-08	
Impeller	:	<i>Axial flow impellers</i>		<i>Mixed flow impellers</i>	
Jumlah	:	1		1	
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>		<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	
<i>Mechanical Design</i>					
Viskositas	:	0,083493313	cp	0,018611526	cp
Suhu fluida	:	194	°C	194	°C
Kapasitas	:	42,12139367	m ³ /jam	7,841047907	m ³ /jam
Rate volumetrik	:	0,413195263	ft ³ /s	0,076917774	ft ³ /s
Kecepatan aliran	:	2,279698002	ft/s	2,618477422	ft/s
Ukuran pipa	ID	5,761	in	2,323	in
	OD	6,625	in	2,88	in
	IPS	6	in	2,5	in
	Flow Area Pipe	26,1	in ²	4,23	in ²
	Pressure head	0	m	0	m
	Statistic head	2,1997	m	4,572	m
	Friction head	0,201836406	m	0,911090022	m
Efisiensi pompa	:	73%		50%	
Power pompa	:	259,6857992	Watt	227,6407101	Watt
Efisiensi motor	:	80%		80%	
Power motor	:	372,85	Watt	372,85	Watt

3.3.4.2 Kompresor

Tabel 3. 14 Spesifikasi kompresor

Kode	:	CR-01	CR-02		
Fungsi	:	Untuk menaikkan tekanan hasil keluaran flash drum (FD-01) menuju kondensor parsial (PC-01)	Untuk menaikkan tekanan Etilena hasil keluaran kondensor parsial(PC-01) menuju arus umpan Etilena		
Jenis	:	<i>Reciprocating</i>	<i>Reciprocating</i>		
Desain	:	<i>Multistage</i>	<i>Multistage</i>		
Bahan konstruksi	:	<i>Commercial steels</i>	<i>Commercial steels</i>		
Kapasitas	:	59559,5688	m ³ /jam	2837,9361	m ³ /jam
P in	:	1	atm	2	atm
P out	:	2	atm	35	atm
T in	:	467,15	K	343,15	K
T out	:	481,778	K	917,0337	K
Daya	:	2113,999	hP	1719,773	hP

3.3.4.3 Expansion valve

Tabel 3. 15 Spesifikasi expansion valve

Kode	:	EV-1	
Fungsi	:	Menurunkan tekanan keluaran tangki penyimpanan Hidrogen (T-02) dari 37 atm menjadi 35 atm untuk diumpankan kedalam reaktor (R-01)	
Jenis	:	<i>Globe Valve Open</i>	
Bahan konstruksi	:	<i>Commercial Stainless Steel AISI tipe 316</i>	
Kapasitas	:	0,2841	kg/jam
Dimensi	ID	: 0,622	in
	OD	: 0,84	in
	a't	: 0,0183	ft ²
	Le	: 5,4861	m

3.3.4.4 Screw Conveyor

Tabel 3. 16 Spesifikasi screw conveyor

Kode	:	SC-01	
Fungsi	:	Mengangkut HDPE dari extruder (EX-01) menuju tangki penyimpanan produk Silo	
Jenis	:	<i>Horizontal screw conveyor</i>	
Jenis bahan	:	<i>Carbon steel</i>	
Jumlah	:	1	unit
Kondisi operasi	Suhu	: 30	°C
	Tekanan	: 1	atm
<i>Mechanical Design</i>			
Diameter screw	:	10	in
Panjang	:	4,572	m
Kecepatan motor	:	55	rpm
Daya motor	:	0,850	hP

3.3.5 Alat Penukar Panas

3.3.5.1 Alat Pemanas

Tabel 3. 17 Spesifikasi Heater 1

Kode	HE-01			
Fungsi	Menaikkan temperatur umpan Etilena dari -254.85°C menjadi 60°C dari tangki penyimpanan (T-01) menuju reaktor (R-01)			
Jenis	<i>Double pipe heat exchanger</i>			
Kondisi Operasi				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	Etilena		Steam	
Tipe Fluida	<i>Cold fluid</i>		<i>Hot fluid</i>	
Flow Area	0,917 ft ²		0,622 ft ²	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	$-254,85^{\circ}\text{C}$	60°C	150°C	150°C
Tekanan	35 atm	35 atm	4,6981 atm	4,6981 atm
Mechanical Design				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Panjang	20 ft			
Hairpin	7 buah			
ID	2,900 in		1,939 in	
OD	3,500 in		2,38 in	
A	128,38 ft ²			
$\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$	0,129 psi / 10 psi		0,217 psi / 10 psi	
Rd_{cal} / Rd_{min}	0,0015 / >0,001			

Tabel 3. 18 Spesifikasi Heater 2

Kode	HE-02			
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran <i>mixer</i> (M-01) menuju reaktor (R-01) dari 30°C menjadi 60°C			
Jenis	Double pipe			
Kondisi Operasi				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	Steam		C4H8, C6H12, TiCl4, C6H15Al	
Tipe Fluida	<i>Hot fluid</i>		<i>Cold fluid</i>	
Flow Area	0,022 ft ²		0,0458 ft ²	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	30 °C	60 °C	150 °C	150 °C
Tekanan	35 atm	35 atm	4,6981 atm	4,6981 atm
<i>Mechanical Design</i>				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Panjang	15 ft			
Hairpin	6 buah			
ID	4,026 in		2,900 in	
OD	4,500 in		3,500 in	
A	106,02 ft ²			
$\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$	0,004 psi / 10 psi		0,427 psi / 10 psi	
Rdcal / Rdmin	0,027 / > 0,001			

Tabel 3. 19 Spesifikasi Heater 3

Kode	HE-03			
Fungsi	Menaikkan temperatur keluaran reaktor (R-01) menuju <i>flash drum</i> (FD-01) dari 60°C menjadi 194°C			
Jenis	Double pipe			
<i>Kondisi Operasi</i>				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	Steam		C4H8, C6H12, TiCl4, C6H15Al	
Tipe Fluida	<i>Hot fluid</i>		<i>Cold fluid</i>	
Flow Area	0,022 ft ²		0,0458 ft ²	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	250 °C	250 °C	60 °C	194 °C
Tekanan	39,2589 atm	39,2589 atm	35 atm	35 atm
<i>Mechanical Design</i>				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Panjang	20 ft			
Hairpin	6 buah			
ID	4,026 in		2,900 in	
OD	4,500 in		3,500 in	
A	141,36 ft ²			
ΔP_{cal} / ΔP_{allow}	0,087 psi / 10 psi		1,016 psi / 10 psi	
R_{dcal} / R_{dmin}	0,006 / >0,001			

3.3.5.2 Alat Pendingin

Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler 1

Kode	CL-01			
Fungsi	Menurunkan temperatur etilena keluar kondensor parsial (CP-01) dari 1131.75145275254°C menjadi 60°C untuk di- <i>recycle</i> ke aliran umpan etilena			
Jenis	Double pipe			
Kondisi Operasi				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluida	Dowtherm A		Etilena	
Tipe Fluida	<i>Cold fluid</i>		<i>Hot fluid</i>	
Flow Area	0,008 ft ²		0,0104 ft ²	
	Arus Masuk	Arus Keluar	Arus Masuk	Arus Keluar
Suhu	60 °C	60 °C	1131,751453 °C	60 °C
Tekanan	1 atm	1 atm	2 atm	2 atm
Mechanical Design				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Panjang	15 ft			
Hairpin	1 buah			
ID	2,067 in		1,38 in	
OD	2,380 in		1,66 in	
A	9,33 ft ²			
ΔP_{cal} / ΔP_{allow}	0,046 psi / 10 psi		0,010 psi / 10 psi	
R_{dcal} / R_{dmin}	6,2531 / >0,001			

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Kapasitas produksi : 50.000 ton/tahun

Hari kerja : 330 hari

Maka, kapasitas produksi *High Density Polyethylene* tiap jam sebesar :

$$= \frac{50.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{\text{tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{\text{hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 6313,13131 \text{ kg/jam}$$

Tabel 3. 21 Neraca massa total

Komponen		Input		Output	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Etilen	C ₂ H ₄	5312,393	189,3901		
1-Butena	C ₄ H ₆	937,4811	16,70851		
Hidrogen	H ₂	0,12625	0,0625		
Oksigen	O ₂	0,015781	0,000493	0,015781	0,00049318
Air	H ₂ O	0,142031	0,007884	0,142031	0,00788393
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	17350,42	206,1611	17350,42	206,161123
TiCl ₄	TiCl ₄	1,25	0,00659	1,25	0,00659008
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al	22,57762	0,197702	22,57762	0,19770243
HDPE	(-C ₂ H ₄ -) _n			6250	0,0625
Total (kg/jam)		23624,40249		23624,40249	
Total (kmol/jam)		412,5349163		206,436293	

3.4.2 Neraca Massa Alat

Tabel 3. 22 Neraca massa mixer

Komponen		Input							
		Aliran 3		Aliran 4		Aliran 5		Aliran 6	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
1-Butena	C ₄ H ₈	937,4811	16,7085						
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂			17350,4	206,1611				
Titanium Tetraklorida	TiCl ₄					1,25	0,00659		
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al							22,5776	0,1977
Total (kg/jam)		18311,72574							
Total (kmol/jam)		223,0739256							

Lanjutan Tabel 3. 22 Neraca massa mixer

Komponen		Output	
		Aliran 8	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam
1-Butena	C ₄ H ₈	937,4810625	16,7085
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	17350,41706	206,161
Titanium Tetraklorida	TiCl ₄	1,25	0,00659
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al	22,57761798	0,1977
Total (kg/jam)		18311,72574	
Total (kmol/jam)		223,0739256	

Tabel 3. 23 Neraca massa reaktor

Komponen		Input					
		Aliran 2		Aliran 7		Aliran 8	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Etilen	C2H4			5591,992	199,358014		
1-Butena	O2					937,4811	16,70851
Hidrogen	H2O	0,12625	0,0625				
Oksigen	C6H12	0,015781	0,000493				
Air	TiCl4	0,142031	0,007884				
Sikloheksana	C6H15Al					17350,42	206,1611
TiCl4	(-C2H4-)n					1,25	0,00659
TEAL	C6H15Al					22,57762	0,197702
HDPE							
Total (kg/jam)		23904,00211					
Total (kmol/jam)		422,502817					

Lanjutan Tabel 3.23 Neraca massa reaktor

Komponen		Output	
		Aliran 9	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam
Etilen	C2H4	279,5996	9,967900718
1-Butena	O2		
Hidrogen	H2O		
Oksigen	C6H12	0,015781	0,000493179
Air	TiCl4	0,142031	0,007883932
Sikloheksana	C6H15Al	17350,42	206,1611233
TiCl4	(-C2H4-)n	1,25	0,006590081
TEAL	C6H15Al	22,57762	0,197702434
HDPE	(-C2H4-)n	6250	0,0625
Total (kg/jam)		23904,00211	
Total (kmol/jam)		216,4041937	

Tabel 3. 24 Neraca massa mixing point

Komponen		Input				Ouput	
		Aliran 1		Aliran 14		Aliran 7	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Etilena	C ₂ H ₄	5312,393	189,39	279,6	9,967901	5591,99	199,358
Total (kg/jam)		5591,992303				5591,992303	
Total (kmol/jam)		199,3580144				199,3580144	

Tabel 3. 25 Neraca massa flash drum

Komponen		Input	
		Aliran 9	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam
Etilen	C ₂ H ₄	279,6	9,9679
Oksigen	O ₂	0,01578	0,00049
Air	H ₂ O	0,14203	0,00788
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	17350,4	206,161
Titanium Tetraklorida	TiCl ₄	1,25	0,00659
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al	22,5776	0,1977
HDPE	(-C ₂ H ₄ -) _n	6250	0,0625
Total (kg/jam)		23904,00211	
Total (kmol/jam)		216,4041937	

Lanjutan Tabel 3.25 Neraca massa flash drum

Komponen		Output			
		Aliran 10		Aliran 11	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Etilen	C ₂ H ₄			279,6	9,9679
Oksigen	O ₂			0,01578	0,00049
Air	H ₂ O			0,14203	0,00788
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	63,1313	0,7501389	17287,3	205,411
Titanium Tetraklorida	TiCl ₄			1,25	0,00659
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al			22,5776	0,1977
HDPE	(-C ₂ H ₄ -) _n	6250	0,0625		
Total (kg/jam)		23904,00211			
Total (kmol/jam)		216,4041937			

Tabel 3. 26 Neraca massa ekstruder

Komponen		Input		Output	
		Aliran 10		Aliran 12	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	63,13131	0,75014	63,1313	0,750139
HDPE	(-C ₂ H ₄ -) _n	6250	0,0625	6250	0,0625
Total (kg/jam)		6313,131313		6313,131313	
Total (kmol/jam)		0,812638881		0,812638881	

Tabel 3. 27 Neraca massa kondensator parsial

Komponen		Input	
		Aliran 11	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam
Etilen	C ₂ H ₄	279,6	9,9679
Oksigen	O ₂	0,01578	0,00049
Air	H ₂ O	0,14203	0,00788
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	17287,3	205,411
Titanium Tetraklorida	TiCl ₄	1,25	0,00659
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al	22,5776	0,1977
Total (kg/jam)		17590,87079	
Total (kmol/jam)		215,5915548	

Lanjutan Tabel 3.27 Neraca massa kondensator parsial

Komponen		Output			
		Aliran 13		Aliran 14	
Nama	Rumus	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
Etilen	C ₂ H ₄			279,6	9,9679
Oksigen	O ₂	0,01578	0,0004932		
Air	H ₂ O	0,14203	0,0078839		
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	17287,3	205,41098		
Titanium Tetraklorida	TiCl ₄	1,25	0,0065901		
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al	22,5776	0,1977024		
Total (kg/jam)		17590,87079			
Total (kmol/jam)		215,5915548			

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 28 Neraca panas total

Komponen	Input (kj/jam)	Output (kj/jam)
NP R-01	11990324,76	11990324,76
NP-FD-01	6794717,932	6794717,932
NP-PC-01	4974931,035	4974931,035
NP-M-01	178831,0289	178831,0289
NP-EX-01	23230,62039	23230,62039
TOTAL	23962035,38	23962035,38

3.5.2 Neraca Panas Alat

Tabel 3. 29 Neraca panas reaktor

Komponen	Input (kj/jam)	Output (kj/jam)
$\Delta H1$ (in)	2001821,849	-
$\Delta H^{\circ}R$	9988502,912	-
$\Delta H2$ (out)	-	1245127,308
Q Pendinginan	-	10745197,45
TOTAL	11990324,76	11990324,76

Tabel 3. 30 Neraca panas flash drum

Komponen	Input (KJ/jam)	Output (KJ/jam)
Qin	6794717,932	
Qout		4993124,622
Qekspansi		1801593,31
TOTAL	6794717,932	6794717,932

Tabel 3. 31 Neraca panas ekstruder

Komponen	Input (KJ/jam)	Output (KJ/jam)
Q _{in}	23230,62039	
Q _{out}		388,7533922
Q _{pendingin}		22841,86699
TOTAL	23230,62039	23230,62039

Tabel 3. 32 Neraca panas kondensor parsial

Komponen	Input (KJ/jam)	Output (KJ/jam)
H1	4974179,965	-
Δ HR Laten	751,0708788	-
H3	-	1563605,58
Q Pendinginan	-	34113225,455
TOTAL	4974931,035	4974931,035

Tabel 3. 33 Neraca panas mixer

Komponen	Input (KJ/jam)	Output (KJ/jam)
Δ H1	178831,0289	-
Δ H2	-	178831,0289
TOTAL	178831,0289	178831,0289

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

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

4.1 Lokasi Pabrik

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

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, pendirian pabrik HDPE dari etilena dengan kapasitas 50.000 ton/tahun direncanakan berada di Kencana Harapan, Pontang, Serang, Banten yang ditunjukkan pada gambar berikut :

mempunyai persediaan bahan baku untuk kelangsungan proses produksi dalam perusahaan tersebut.

Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik pembuatan HDPE ini adalah etilena dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi etilena dengan kapasitas produksi 522.000 ton per tahun.

4.1.1.2 Pemasaran Produk

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

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

4.1.1.3 Utilitas

Keperluan utilitas suatu pabrik antara lain yaitu air, listrik, dan bahan bakar. Daerah lokasi pendirian pabrik yaitu Banten merupakan daerah yang dekat dengan sumber pasokan air seperti sungai dan laut sehingga mudah untuk

memperoleh penyediaan air. Pada pabrik HDPE ini, kebutuhan air yang digunakan berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau. Sedangkan untuk kebutuhan listrik dan bahan bakar dapat ditemui dengan mudah pada daerah ini yaitu dekat dengan PLTU Suralaya dan Pertamina sehingga mudah untuk memperoleh pasokan bahan bakar dan listrik.

4.1.1.4 Transportasi

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

4.1.1.5 Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah, dan tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik. Daerah Serang mempunyai status sebagai Kota Industri (Non Migas) dan perdagangan menjadi yang paling tepat bagi kota ini. Paling tidak itu tergambar pada jumlah tenaga kerja yang bekerja

di lapangan usaha itu. Hingga tahun 2001 tercatat 29% pekerja yang mencari pekerjaan di sektor industri. Keberadaan industri menjadi sumber utama kehidupan masyarakat Serang. Sekitar 101.000 penduduk usia produktif, 29% diantaranya bekerja di bidang industri. Kawasan Industri Serang terletak didaerah Jawa Barat dan Jabodetabek yang syarat dengan lembaga pendidikan formal maupun non formal dimana banyak dihasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

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

4.1.2.1 Kebijakan Pemerintah

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

4.1.2.2 Keadaan Iklim dan Tanah

Serang berada di ujung barat laut Pulau Jawa, di tepi Selat Sunda. Serang memiliki berada di hamparan dataran rendah yang memiliki ketinggian ≤ 50 meter dan jenis tanah yang mendominasi permukaan tanah dikota ini adalah jenis tanah asosiasi regosol kelabu, regosol kelabu coklat, litosol, dan latosol kemerah-merahan.

Serang mempunyai iklim tropis dengan suhu rata-rata 21°C - 33°C . Tingkat kelembaban nisbi di kota ini adalah $\pm 80\%$ per tahun. Curah hujan yang tinggi biasanya terjadi sejak bulan November hingga bulan April dengan bulan Januari sebagai bulan terbasah, sedangkan curah hujan yang rendah biasanya berlangsung sejak bulan Mei hingga bulan Oktober dengan bulan Agustus sebagai bulan kering (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Serang).

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

4.1.2.3 Sarana Pendukung Lain

Sarana pendukung lainnya seperti jalan maupun transportasi lainnya harus tersedia, selain itu fasilitas sosial seperti sarana kesehatan, pendidikan, ibadah, perumahan, bank, dan hiburan agar dapat menunjang keberlangsungan hidup

sehari-hari tenaga kerja yang bekerja di pabrik benzena ini. Sarana pendukung yang telah disebutkan tersebut telah difasilitasi di Serang, Banten yang merupakan daerah kawasan industri.

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

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

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

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

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan menimbulkan beberapa keuntungan seperti :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material handling.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesindan peralatan yang rusak atau di-blow down.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Total luas tanah pabrik ini diperkirakan sebesar 124.893,22 m² dengan tata letak pabrik yang dibagi menjadi beberapa daerah utama, seperti:

1. Area Proses

Area proses merupakan tempat berlangsungnya proses produksi HDPE. Daerah

ini terletak pada lokasi yang memudahkan untuk menyediakan bahan baku, pengiriman produk, dan untuk mempermudah apabila akan dilakukan pengawasan dan perbaikan alat-alat yang mengalami gangguan atau kerusakan.

2. Area Penyimpanan

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

3. Area Pemeliharaan dan Perawatan Pabrik

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

4. Area Utilitas/Sarana Penunjang

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

5. Area Administrasi dan Perkantoran

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

6. Area Laboratorium

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

7. Fasilitas Umum

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

8. Area Perluasan

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

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

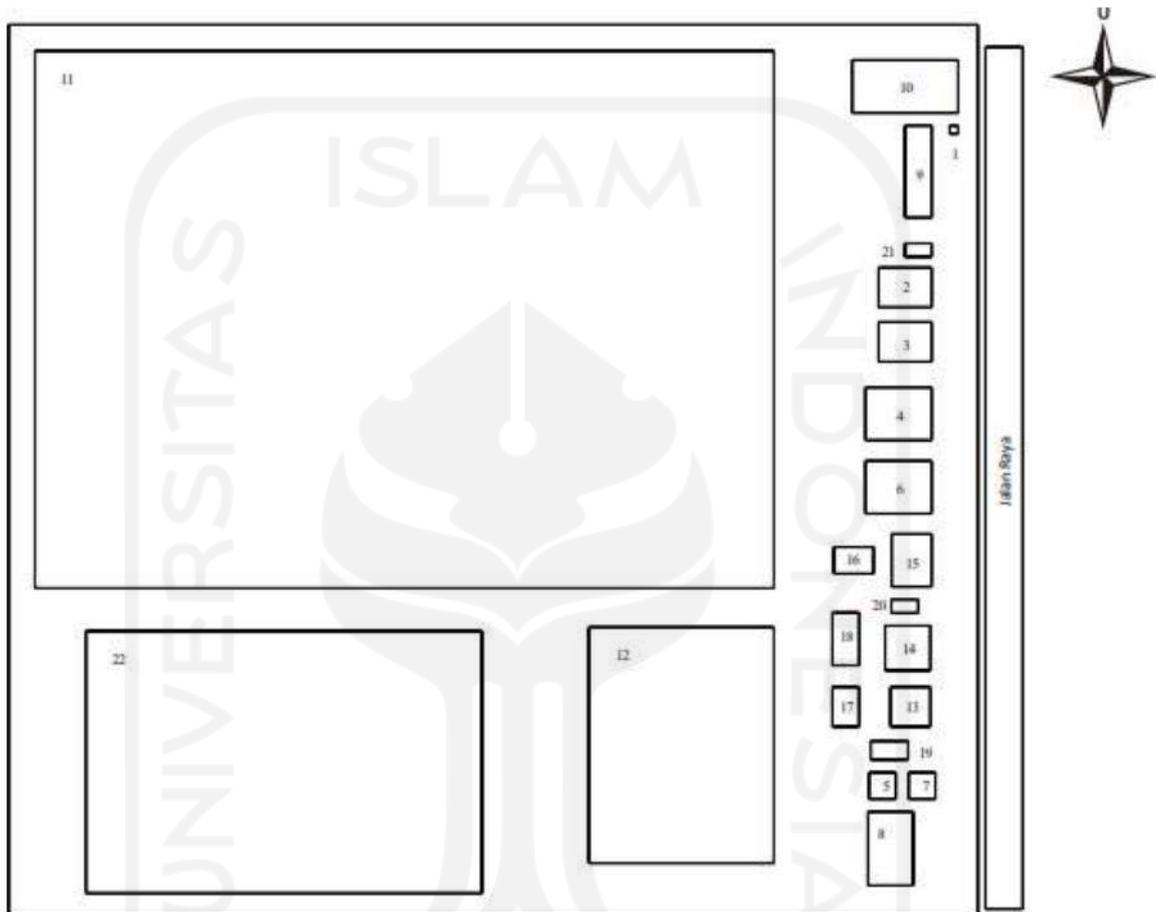
Tabel 4. 1 Rincian luas tanah dan bangunan pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	3	3	9
2	Kantor Utama	20	15	300
3	Kantor Produksi	20	15	300
4	Gedung Serbaguna	15	10	150
5	Kantin	10	10	100
6	Masjid	25	20	500
7	Klinik	10	10	100
8	Perumahan / mess karyawan	17	28	476
9	Parkir Utama	10	35	350
10	Parkir Bus dan Truk	40	20	800
11	Area Proses	280	205	57400

Lanjutan Tabel 4. 2 Rincian luas tanah dan bangunan pabrik

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
12	Area Utilitas	70	90	6300
13	Ruang Kontrol Proses	17	17	289
14	Ruang Kontrol Utilitas	15	15	225
15	Laboratorium	15	20	300
16	Gudang	15	25	375
17	Bengkel	10	15	150
18	Unit Pemadam Kebakaran	10	20	200
19	Taman 1	14	7	98
20	Taman 2	10	5	50
21	Taman 3	10	5	50
22	Area Perluasan	150	100	15000
23	Jalan	300	5	1500

Tata letak pabrik HDPE ditampilkan pada gambar di bawah



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik HDPE

Keterangan

1. Pos Keamanan
2. Kantor Utama
3. Kantor Produksi
4. Gedung Serbaguna
5. Kantin

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

4.3 Tata Letak Alat Proses / Mesin (Machines Layout)

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

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

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

2. Aliran Udara

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

3. Penerangan

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

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan layout peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik

sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak Antar Alat Proses

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

7. Keamanan

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

8. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

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

Ada tiga macam penyusunan tata letak alat proses, yaitu:

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

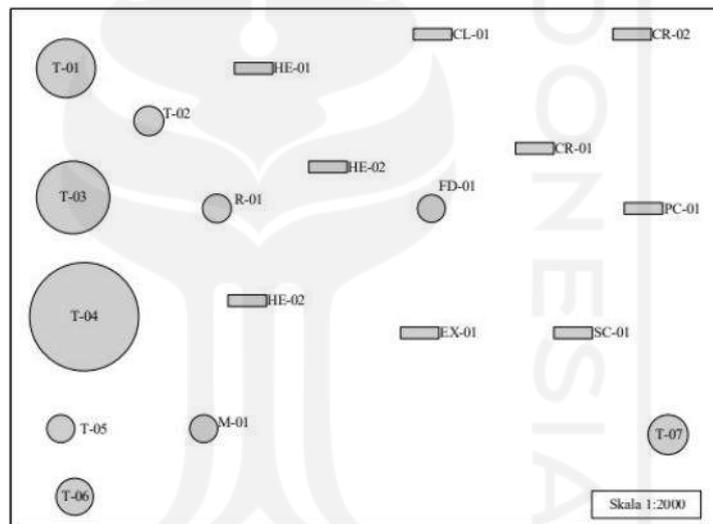
Merupakan susunan mesin atau peralatan berdasarkan urutan proses produksi. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi suatu jenis produk dalam jumlah besar dan mempunyai tipe proses kontinyu.

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

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

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

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



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat di Pabrik HDPE

KETERANGAN :

T = Tangki

M = Mixer

R = Reaktor

FD	=	Flas Drum
PC	=	Kondenser Parsial
EX	=	Extruder
SC	=	Screw Conveyor
HE	=	Heater
CL	=	Cooler

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

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

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

Perusahaan Perseorangan, modal hanya dimiliki oleh satu orang yang bertanggungjawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan.

1. Persekutuan Firma, modal dapat dikumpulkan dari dua orang bahkan lebih, tanggungjawab perusahaan didasari dengan perjanjian yang pendiriannya berdasarkan dengan akte notaris.
2. Persekutuan Komanditer (*Commanditaire Vennootschap*) yang biasa disingkat dengan CV terdiri dari dua orang atau lebih yang masing-masingnya memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modalnya dan bertanggungjawab sebatas dengan modal yang dimasukkan saja).
3. Perseroan Terbatas (PT), modal diperoleh dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan, pemegang saham bertanggung jawab sebesar modal yang dimiliki.

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

1. Modal didapatkan dari penjualan saham yang disebar di masyarakat atau institusi.
2. Tanggungjawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi staf yang diawasi oleh Dewan Komisaris.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh

dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.

4. Efisiensi dari manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai Dewan Komisaris dan Direktur yang cukup berpengalaman.
5. Lapangan usaha lebih luas. Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluaskan usahanya.
6. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
7. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
8. Mudah bergerak di pasar global.

4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan

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

4.4.2.1 Struktur Organisasi Line

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

4.4.2.2 Struktur Organisasi Fungsional

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

4.4.2.3 Struktur Organisasi Line and Staff

Staf merupakan individu maupun kelompok dalam struktur organisasi yang fungsi utamanya adalah memberikan saran dan pelayanan kepada fungsi line. Pada umumnya, staf tidak secara langsung terlibat dalam kegiatan utama organisasi, posisi staf untuk memberikan saran dan pelayanan departemen line dan membantu agar tercapainya tujuan organisasi yang lebih efektif. Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain (Zamani, 1998). Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas, Tujuan

organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi, Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi, Adanya kesatuan arah (*unity of direction*), Adanya kesatuan perintah (*unity of command*), Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab, Adanya pembagian tugas (*distribution of work*), Adanya koordinasi, Struktur organisasi disusun sederhana, Pola dasar organisasi harus relatif permanen, Adanya jaminan batas (*unity of tenure*), Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya, Penempatan orang harus sesuai keahliannya.

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

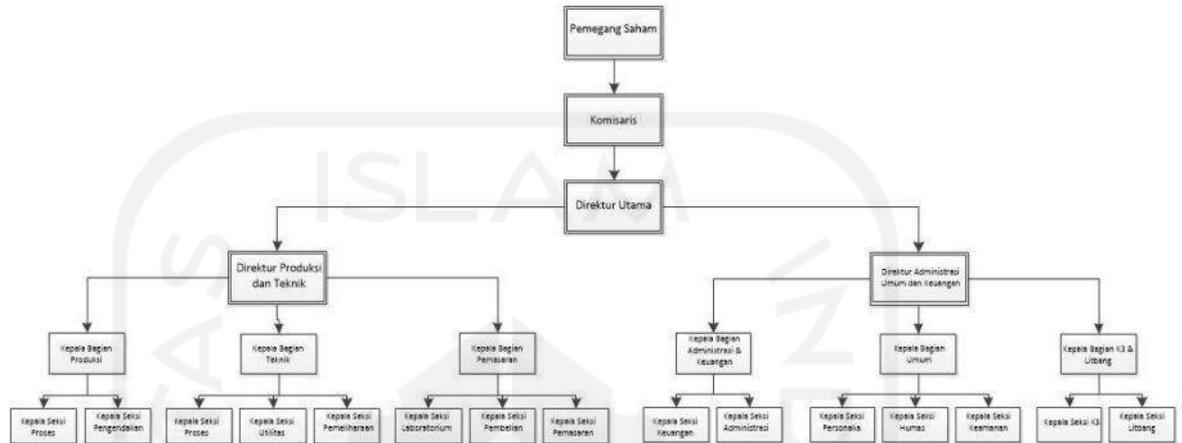
1. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staff yaitu orang-orang yang melaksanakan tugasnya dengan keahliannya yang dimilikinya. Dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional. Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan

oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur membawahi beberapa Kepala Bagian dan Kepala Bagian ini akan membawahi para karyawan perusahaan.

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

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

4.4.3 Tugas dan Wewenang Karyawan



Gambar 4. 4. Struktur Organisasi

4.4.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah mereka yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian pabrik dan jalannya operasi perusahaan tersebut.

Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk PT.(Perseroan Terbatas) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut pemegang saham berwenang untuk:

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

4.4.3.2 Komisaris

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

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

4.4.3.3 Dewan Direksi

4.4.3.3.1 Direksi Utama

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

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.
2. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham,

pimpinan, karyawan, dan konsumen.

3. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerja sama antara bagian produksi (Direktur Produksi) dan bagian keuangan dan umum (Direktur Keuangan dan Umum).

4.4.3.3.2 Direktur Produksi

Tugas dari Direktur Produksi antara lain:

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

4.4.3.3.3 Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum antara lain:

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

4.4.3.3.4 Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian dapat juga

bertindak sebagai Staf Direktur. Dalam pelaksanaannya Kepala Bagian mengawasi dan mengkoordinir kepala seksi bidang terkait dimana kepala seksi bidang membawahi karyawan bidang.

4.4.4 Status Kerja Karyawan

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

1. Karyawan Tetap

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

2. Karyawan Harian

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

3. Karyawan Borongan

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

4.4.5 Jam Kerja Karyawan

Pabrik HDPE dari Etilena ini akan beroperasi 330 hari selama satu tahun

dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan, dan turn around. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

4.4.5.1 Pegawai Non Shift

Yaitu pegawai yang bekerja selama 8 jam dalam sehari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari sabtu, minggu, dan hari besar libur. Pegawai non shift termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi dibawah tanggung non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift:

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

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

4.4.5.2 Pegawai Shift

Yaitu pegawai yang bekerja 24 jam per hari yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

- Shift I (Pagi) : 08.00 – 16.00
- Shift II (Sore) : 16.00 – 24.00

- Shift III (Malam) : 24.00 – 08.00

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

Tabel 4. 3 Jadwal kerja karyawan shift

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

Lanjutan Tabel 4. 4 Jadwal kerja karyawan shift

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

4.4.5.3 Kerja Lembur (Overtime)

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

4.4.6 Jumlah Pekerja

Berikut merupakan jumlah karyawan yang bekerja di pabrik HDPE:

Tabel 4. 5 Jumlah karyawan

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Pemasaran dan Keuangan	1
4	Sekretaris	3
5	Kepala Bagian Produksi	1
6	Kepala Bagian Teknik	1
7	Kepala Bagian Pemasaran	1
8	Kepala Bagian Umum	1
9	Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan	1
10	Kepala Bagian K3 dan Litbang	1
11	Kepala Seksi Proses	1
12	Kepala Seksi Pengendalian	1
13	Kepala Seksi Utilitas	1
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
15	Kepala Seksi Laboratorium	1
16	Kepala Seksi Pembelian	1
17	Kepala Seksi Pemasaran	1
18	Kepala Seksi Administrasi	1
19	Kepala Seksi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Personalia	1

Lanjutan Tabel 4.5 Jumlah karyawan

No.	Jabatan	Jumlah
21	Kepala Seksi Humas	1
22	Kepala Seksi Keamanan	1
23	Kepala Seksi K3 (Kesehatan Keselamatan Kerja)	1
24	Kepala Seksi Litbang (Penelitian dan Pengembangan)	1
25	Karyawan Proses	12
26	Karyawan Pengendalian	3
27	Karyawan Utilitas	4
28	Karyawan Pemeliharaan	3
29	Karyawan Laboratorium	4
30	Karyawan Pembelian	2
31	Karyawan Pemasaran	3
32	Karyawan Administrasi	3
33	Karyawan Keuangan	2
34	Karyawan Personalia	3
35	Karyawan Humas	3
36	Karyawan Keamanan	4
37	Karyawan K3 (Kesehatan Keselamatan Kerja)	4
38	Karyawan Litbang (Penelitian dan Pengembangan)	4
39	Operator Proses	15
40	Dokter	2
41	Perawat	4
42	Sopir	5
43	<i>Cleaning Service</i>	8
Total		112

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

Tabel 4. 6 Rincian penggolongan jabatan

No	Jabatan	Pendidikan
1	Direktur	S2
2	Kepala Bagian	S1
3	Sekretaris	S1
4	Karyawan dan Operator	D3/S1
5	Dokter	S1
6	Perawat	D3/S1
7	Supir	SMA
8	<i>Cleaning Service</i>	SMA

4.4.7 Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Gaji Bulanan

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

2. Gaji Harian

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

3. Gaji Lembur

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerjapokok.

Tabel 4. 7 Rincian gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji(Rp) (Orang/bulan)	Gaji (Rp) Bulan
1	Direktur Utama	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
2	Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
3	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
4	Direktur Pemasaran dan Keuangan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
5	Sekretaris	4	Rp 6.500.000	Rp 26.000.000
6	Ka. Bagian Produksi	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
7	Ka. Bagian Teknik	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
8	Ka. Bagian Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
9	Ka. Bagian Umum	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
10	Ka. Bagian Administrasi dan Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
11	Ka. Bagian K3 dan Litbang	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
12	Karyawan Proses	12	Rp 7.000.000	Rp 84.000.000
13	Karyawan Pengendalian	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
14	Karyawan Utilitas	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
15	Karyawan Pemeliharaan	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
16	Karyawan Laboratorium	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
17	Karyawan Pemasaran	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
18	Karyawan Administrasi	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
19	Karyawan Keuangan	2	Rp 4.500.000	Rp 9.000.000
20	Karyawan Humas	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000
21	Karyawan Keamanan	4	Rp 4.000.000	Rp 16.000.000
22	Karyawan K3	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000
23	Karyawan Litbang	4	Rp 6.000.000	Rp 24.000.000
24	Operator Proses	12	Rp 6.000.000	Rp 72.000.000

Lanjutan Tabel 4.5 Rincian gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji(Rp) (Orang/bulan)	Gaji (Rp) Bulan
25	Dokter	2	Rp 8.000.000	Rp 16.000.000
26	Perawat	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000
27	Sopir	5	Rp 4.000.000	Rp 20.000.000
28	<i>Cleaning Service</i>	8	Rp 4.000.000	Rp 32.000.000
Total		94	255.000.000	629.000.000

4.4.8 Kesejahteraan Sosial Karyawan

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

4.4.8.1 Tunjangan

Tunjangan yang diberikan kepada karyawan berupa:

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

4.4.8.2 Cuti

Ketentuan cuti perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari

kerja dalam satu (1) tahun.

2. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

4.4.8.3 Seragam Kerja

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

4.4.8.4 BPJS Kesehatan

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

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

4.4.8.5 BPJS Ketenagakerjaan

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

BAB V UTILITAS

Untuk menjalankan suatu proses produksi dalam suatu pabrik diperlukan adanya sarana penunjang. Utilitas merupakan sarana penunjang untuk menjamin kelancaran proses produksi suatu pabrik agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

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

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

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

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

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan untuk pemanas pada *heater, vaporizer, dan reboiler*

c. Unit Penyedia *Dowtherm A*

Unit ini berfungsi untuk menyediakan pendingin pada alat kondensor (CD-01)

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

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

e. Unit Penyedia Bahan Bakar

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

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

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

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (Water Treatment System)

5.1.1 Unit Penyedia Air

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

1. Sumber Pengadaan Air

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

2. Sarana Penampungan

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

3. Sarana Penyaluran

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

4. Sarana Pengolahan

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

5. Sarana-sarana Distribusi

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

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional pada prarancangan pabrik HDPE yaitu air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau dan masih mengandung pasir, mineral-mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat - alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Pemilihan air sungai memiliki pertimbangan sebagai berikut :

1. Air sungai relatif mudah pengolahannya, sederhana, dan biayanya lebih murah
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi sehingga persediaan air dapat tercukupi
3. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
4. Lokasi pabrik berada di dekat sungai

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air Pendingin

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

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

2. Air umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

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

Tabel 5. 1 Syarat umpan boiler

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

(Sumber : Perry's ed.6, hal. 976)

Beberapa persyaratan air umpan boiler adalah :

1) Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasaaan yng tinggi. Berikut adalah kesulitan yang dihadapi

dengan adanya busa:

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

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

2) Tidak membentuk kerak dalam boiler

Dengan terbentuknya kerak di dinding boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap panas sehingga mempengaruhi terhambatnya proses perpindahan panas dan dapat menimbulkan kebocoran apabila kerak yang terbentuk pecah.

3) Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Penyebab pipa dapat mengalami korosi yaitu pH rendah, minyak, lemak, bikarbonat, dan bahan organik serta gas-gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂ yang terlarut dalam air. Lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja dapat terjadi karena adanya reaksi elektro kimia antara besi dan air.

3. Air sanitasi

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

1) Syarat Fisika

- Suhu: Di bawah suhu udara
- Warna: Jernih
- Rasa: Tidak berasa

- Bau: Tidak berbau
- 2) Syarat kimia
- pH netral (6,5 – 7,5)
 - Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air
 - Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Pb)
- 3) Syarat bakteriologis
- Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen
 - Tidak mengandung mikroba penghasil toksin

5.1.2 Unit Pengolahan Air

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

1. *Screening*

Air dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Cidanau akan dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, daun, plastik dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah.

2. Sedimentasi

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

3. Flokulator

Setelah proses pengendapan, air diendapkan kembali kotorannya yang berupa dispersi koloid (suatu zat terlarut atau fase terdispersi sebagai partikel yang sangat halus pada substansi lain atau medium pendispersi) dalam air dengan menginjeksikan koagulan untuk menggumpalkan kotoran tersebut. Dimana koagulan yang digunakan adalah $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ atau tawas.

4. Clarifier

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

5. Penyaringan

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

6. Penampungan sementara

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

7. Proses Klorinasi

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

8. Tangki air servis

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

9. Bak Air Pendingin

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

10. Cooling Tower

Air dari bak air pendingin dialirkan menuju *cooling tower* untuk mendinginkan air dari proses melalui kontak langsung dengan udara

yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap dan air dapat digunakan kembali ke proses menjadi air pendingin. Air pembuangan dari *cooling tower* / *blowdown* dikeluarkan dari *cooling tower* untuk menjaga konsentrasi partikel yang ada didalamnya.

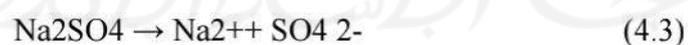
11. *Mixed Bed*

Air dari bak penampung sementara dialirkan menuju *mix bed* atau tangki *cation-anion exchanger* yang bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water*. Sehingga air tersebut dapat digunakan sebagai air umpan *boiler*. Tahapan dalam pengolahan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

a. *Cation Exchanger*

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

Reaksi yang terjadi:



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

Reaksi yang terjadi :



b. *Anion Exchanger*

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

Reaksi yang terjadi :



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

Reaksi yang terjadi:



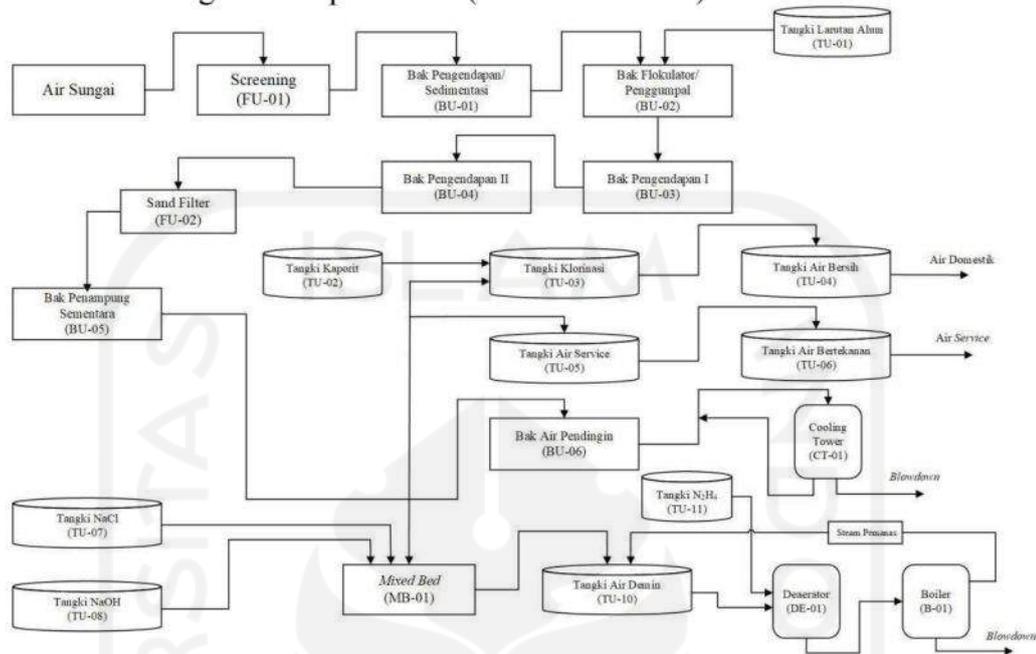
12. *Deaerasi*

Proses pembebasan air umpan boiler dari oksigen (O_2) dan gas-gas terlarut (CO_2). Air yang sudah mengalami proses demineralisasi (*polish water*) akan dipompakan ke dalam *deaerator* dan diinjeksikan larutan hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang masih terkandung dalam air. Dengan hilangnya kandungan air di dalam air umpan *boiler* maka dapat mencegah timbulnya kerak (*scale*) pada bagian *tube boiler*.

Reaksi yang terjadi:



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



Gambar 5. 1 Diagram Alir Pengolahan Air

5.1.3 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Steam jenuh yang dihasilkan boiler merupakan steam yang memiliki suhu 150 °C dengan tekanan 1 atm. Peralatan proses yang membutuhkan steam dapat dilihat pada tabel 5.2

Tabel 5. 2 Kebutuhan air pembangkit steam

Kebutuhan Air Pembangkit Steam		
Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heater	HE-01	1663,463034
Heater	HE-02	400,0027598
Heater	HE-03	1899,190317
Total		3962,656111

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan air untuk *steam* sebanyak 4755,1873 kg/jam. Sedangkan untuk nilai *blowdown* pada *reboiler* adalah 15% dari kebutuhan *steam*, sehingga diperoleh *blowdown* sebesar 713,2781 kg/jam

Air yang menguap = 5% dari kebutuhan steam
 = 237,7594 kg/jam

Sehingga kebutuhan Make Up Water (W_m) :

W_m = Blowdown + air yang menguap
 = 951,0375 kg/jam

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, sehingga $W_m = 1141,24$ kg/jam

2. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 3 Kebutuhan air pendingin

Kebutuhan Air Pendingin		
Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	169570,6714
Flash drum	FD-01	28431,06314
Kondenser parsial	PC-01	53834,35254
Extruder	EX-01	360,4690132
Total		252196,5561

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan air untuk pendingin sebanyak 302635,8673 kg/jam.

- Jumlah air yang menguap (W_e) = 3858,61 kg/jam
- Drift Loss (W_d) = 60,5272 kg/jam
- Blowdown (W_b) = 1223,6753 kg/jam

Sehingga jumlah Make Up Water (W_m) :

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 5144,8097 \text{ kg/jam}$$

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, sehingga $W_m = 6173,7717$ kg/jam

3. Kebutuhan Air Sanitasi

Total kebutuhan air untuk 1 orang menurut standar WHO adalah 100 – 120 liter/hari. Akan tetapi, untuk suatu pabrik atau kantor setiap 1 orang hanya membutuhkan 100 liter/hari. Jumlah karyawan yang bekerja di pabrik HDPE yaitu sebanyak 111 orang.

Tabel 5. 4 Kebutuhan air domestik

No.	Keterangan	kebutuhan air (kg/jam)
1	karyawan	463,4269
2	Mess	34791,8058
TOTAL		35255,2327

4. Kebutuhan Air Service Water

Perkiraan kebutuhan air servis untuk pemakaian layanan umum seperti bengkel, laboratorium, masjid, kantin, pemadam kebakaran, dan lain-lain sebesar 500 kg/jam. Sehingga total kebutuhan air dapat dilihat pada tabel 5.5 dibawah

Tabel 5. 5 Kebutuhan air total

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	35255,2327
2	<i>Service Water</i>	500
3	<i>Cooling Water</i>	302635,8673
4	<i>Steam Water</i>	4755,1873
Total		343146,2873

5.2 Pembangkit Steam

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

- Kapasitas: 3395354832 kg/jam
- Jenis: Packaged Boiler
- Jumlah: 1

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

Air yang berasal dari unit pengolahan air sebelum digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang masih terkandung dalam air umpan. Serta pengaturan pH sekitar 10 – 11 dikarenakan apabila pH yang terlalu tinggi nilai korosifitasnya akan tinggi.

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

yang dibutuhkan pada masing-masing alat proses dapat dilihat pada Tabel

5.2

5.3 Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik pabrik yang meliputi peralatan proses, peralatan utilitas, dan kebutuhan perkantoran. Kebutuhan listrik pabrik HDPE diperoleh dari PLN dan generator. Fungsi dari generator adalah sebagai tenaga cadangan ketika terjadi gangguan atau pemadaman listrik dari PLN.

Generator beroperasi menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan listrik, kemudian listrik tersebut didistribusikan menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunakan sebagai sumber utama untuk menggerakkan alat proses. Generator yang diperlukan memiliki kapasitas sebesar 8684,072735 kW.

Kebutuhan listrik pabrik HDPE meliputi kebutuhan listrik untuk *plant* yang terdiri dari listrik alat proses dan listrik alat utilitas, listrik untuk penerangan dan AC, listrik untuk laboratorium dan bengkel, serta listrik untuk instrumentasi

5.3.1 Kebutuhan Listrik Alat Proses

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

Tabel 5. 6 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa 1	P-01	0,07648888	57,03775805
Pompa 2	P-02	4,15804E-05	0,031006517
Pompa 3	P-03	0,047929913	35,74133642
Pompa 4	P-04	0,229456144	171,1054468
Pompa 5	P-05	3,77891E-05	0,028179368
Pompa 6	P-06	0,002578415	1,922723898
Pompa 7	P-07	1,242478411	926,5161509
Pompa 8	P-08	0,348244333	259,6857992
Pompa 9	P-09	0,305271168	227,6407101
Kompresor 1	C-01	2113,999092	1576409,123
Kompresor 2	C-02	1719,773152	1282434,84
Total		3836,024771	2860523,672

Total daya yang dibutuhkan = 2860523,672 Watt

= 2860,523672 kW

5.3.2 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Sama halnya dengan peralatan proses, peralatan utilitas juga terdapat sejumlah daya yang dibutuhkan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut :

Tabel 5. 7 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	1491,4
Blower Cooling Tower	BL-01	100	74570
Kompresor Udara	CU-01	5	3728,5
Pompa Utilitas-01	PU-01	19,5341497	14566,61543
Pompa Utilitas-02	PU-02	18,92104508	14109,42331
Pompa Utilitas-03	PU-03	16,53485049	12330,03801
Pompa Utilitas-04	PU-04	0,002283228	1,702603044
Pompa Utilitas-05	PU-05	17,44687343	13010,13351
Pompa Utilitas-06	PU-06	16,44547342	12263,38953
Pompa Utilitas-07	PU-07	0,218664742	163,0582983
Pompa Utilitas-08	PU-08	1,636367324	1220,239113
Pompa Utilitas-09	PU-09	7,958918288	5934,965367
Pompa Utilitas-10	PU-10	8,74351E-06	0,006520038
Pompa Utilitas-11	PU-11	2,347539267	1750,560031
Pompa Utilitas-12	PU-12	2,347539267	1750,560031
Pompa Utilitas-13	PU-13	0,029576889	22,05548585
Pompa Utilitas-14	PU-14	0,029576889	22,05548585
Pompa Utilitas-15	PU-15	4,012163005	2991,869953
Pompa Utilitas-16	PU-16	23,23815244	17328,69027
Pompa Utilitas-17	PU-17	0,045806455	34,15787328
Pompa Utilitas-18	PU-18	0,262837016	195,9975626
Pompa Utilitas-19	PU-19	0,093303169	69,57617335
Pompa Utilitas-20	PU-20	0,093794393	69,94247868
Pompa Utilitas-21	PU-21	0,093303169	69,57617335
Total		238,2922264	177694,5132

Total daya yang dibutuhkan = 177694,5132 Watt

= 177,6945132 kW

Total listrik yang dibutuhkan untuk motor penggerak = 3038,218185

kW

5.3.3 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

- Listrik penerangan = 70 kW
- Listrik AC = 50 kW

5.3.4 Kebutuhan Listrik Untuk Laboratorium dan Bengkel

Diperkirakan listrik yang diperlukan sebesar 100 kW

5.3.5 Kebutuhan Listrik Untuk Instrumentasi

Diperkirakan listrik yang diperlukan sebesar 50 kW

Total listrik yang dibutuhkan pabrik HDPE sebesar 3308,2182 kW

Tabel 5. 8 Total kebutuhan listrik

Keperluan	Kebutuhan (kW)
Kebutuhan <i>Plant</i>	
a. Proses	2860,52
b. Utilitas	177,69
a. Penerangan	70,00
b. AC	50,00
Laboratorium dan bengkel	100,00
Instrumentasi	50,00
Total	3308,2182

5.4 Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat pneumatic control. Udara tekan dipilih memiliki tekanan 6,35 bar dan suhu 30°C.

Adapun jumlah alat kontrol sebanyak 28 buah dengan total kebutuhan udara tekan keseluruhan sebesar 52,33536 m³ /jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silika gel untuk menyerap kandungan air dalam udara.

Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan:

Kode	: KO
Fungsi	: mengompres udara menjadi udara bertekanan
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas	: 52,33536 m ³ /jam
Tekanan discharge	: 6,27 atm
Suhu udara	: 30°C
Efisiensi	: 85%
Daya kompresor	: 5 Hp

5.5 Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran pada boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan untuk boiler dan generator yaitu solar. Adapun jumlah kebutuhan solar pada boiler sebanyak 92803,0415 kg/jam dengan efisiensi pembakaran 80%. Dan jumlah kebutuhan solar pada generator sebanyak 1.020,5975 L/jam. Bahan bakar ini diperoleh dari PT. Pertamina

5.6 Unit Penyedia Dowtherm A

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

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

(msdssearch.dow.com)

Pendingin *Dowtherm A* terdiri dari senyawa *dipenil eter* dan *bipenil eter*. *Dowtherm A* dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Jumlah *dowtherm A* yang dibutuhkan untuk mendinginkan *cooler* (CL-01) sebesar

387,97925 kg/jam. Maka, total kebutuhan *dowtherm A* setelah *overdesign* 20% sebagai faktor keamanan alat adalah 465,575 kg/jam.

5.7 Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi pabrik HDPE berupa limbah cair. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah-limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan agar tidak mencemari lingkungan sekitar.

Secara umum pengolahan limbah cair dilakukan dengan menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang terdiri dari tiga proses pengolahan. Adapun proses-proses tersebut, yakni proses pengolahan limbah cair primer, sekunder, dan tersier atau lanjutan.

1. pengolahan primer

Tahap pengolahan primer limbah cair sebagian besar adalah berupa proses pengolahan secara fisika. Langkah pendahuluan pengolahan limbah cair dilakukan untuk menghilangkan koloid, padatan tersuspensi, minyak dengan penyaringan, pengapungan, dan pengendapan.

2. Pengolahan sekunder

Tahap pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan secara biologis, yaitu dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat mengurai/mendegradasi bahan organik. Mikroorganisme yang digunakan umumnya adalah bakteri aerob.

3. Pengolahan tersier

Tahapan akhir proses pengolahan limbah cair dimana dilakukan secara biologis, fisika, kimia, atau kombinasi ketiga caranya dengan tujuan untuk memproduksi air olahan dengan kualitas lebih baik dari air tercemar.

a. Limbah Sanitasi

Limbah sanitasi merupakan pembuangan air yang sudah terpakai untuk keperluan kantor dan pabrik lainnya seperti pencucian, air masak dan lain - lain.

Penanganan limbah ini tidak memerlukan penanganan khusus karena seperti limbah rumah tangga lainnya, air buangan ini tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya. Yang perlu diperhatikan disini adalah volume buangan yang diizinkan dan kemana pembuangan air limbah ini.

b. Limbah Proses

Limbah proses yang dihasilkan dari produksi HDPE merupakan limbah monomer atau oligomer yang tidak bereaksi, serta katalis bekas.

Jenis limbah ini termasuk dalam golongan limbah B3 kategori 2, cara pengolahannya dapat ditimbun ditempat yang aman dan bebas banjir, kemudian diangkut menuju tempat pengolahan limbah lanjutan. Masa simpan limbah B3 ini maksimal 90 hari.

BAB VI

ANALISA EKONOMI

Dalam merancang sebuah pabrik perlu adanya analisa ekonomi yang bertujuan untuk mengetahui perkiraan kelayakan investasi modal kegiatan produksi dari pabrik tersebut, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besar laba yang diperoleh, lama modal investasi tersebut dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas, dimana total biaya produksi yang dikeluarkan sama banyaknya dengan keuntungan yang diperoleh.

Analisa ekonomi juga bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik tersebut menguntungkan serta layak untuk didirikan atau tidak.

Untuk itu, pada perancangan pabrik HDPE ini dibuat evaluasi atau penilaian investasi yang ditinjau dengan metode:

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

Untuk meninjau 5 faktor diatas, maka perlu adanya penaksiran terhadap beberapa faktor, yaitu :

1. Penaksiran modal industri, yang terdiri atas :
 1. Modal tetap (*Fixed Capital*)

2. Modal kerja (*Working Capital*)
2. Penentuan biaya produksi total (PI), yang terdiri atas :
 1. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 2. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

1. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
2. Biaya variable (*Variable Cost*)
3. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

6.1 Penaksiran Harga Peralatan

Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangat sulit, karena harga peralatan selalu berubah tergantung kondisi ekonomi pada tahun tersebut. Sehingga perlu dilakukan perkiraan alat pada tahun tertentu dengan menggunakan indeks harga peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik HDPE akan beroperasi pada tahun 2025, tahun inilah yang akan dijadikan sebagai tahun evaluasi. Dalam analisa ekonomi, harga alat maupun harga lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Untuk mencari harga pada tahun evaluasi, maka dicari index harga pada tahun evaluasi dengan persamaan regresi linier.

Tabel 6. 1 Index harga alat tahun 2001 - 2021

TAHUN	INDEX
2001	394.3
2002	395.6
2003	402
2004	444.2
2005	468.2
2006	499.6
2007	525.4
2008	575.4
2009	521.9
2010	550.8
2011	585.7
2012	584.6
2013	567.3
2014	576.1
2015	556.8
2016	541.7
2017	567.5
2018	603.1
2019	607.5
2020	596.2
2021	708

(Sumber : <https://www.toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices/>)



Gambar 6. 1 Grafik Index Harga Tahun 2001 - 2021

Berdasarkan Gambar 6.1, diperoleh persamaan:

$$Y = 11,373x - 22335$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui index harga alat pada tahun 2025 :

Tabel 6. 2 Perkiraan index harga alat pada tahun 2022 – 2025

TAHUN	INDEX
2022	661.206
2023	672.579
2024	683.952
2025	695.325

Setelah mengetahui index harga pada tahun evaluasi, maka harga peralatan dapat dihitung dengan persamaan :

$$EX = \left(\frac{NX}{NY}\right) \times EY$$

(Aries and Newton, 1955)

Keterangan :

Ex = harga alat pada tahun X (tahun evaluasi)

Ey = harga alat pada tahun Y (tahun referensi)

Nx = nilai indeks tahun X

Ny = nilai indeks tahun Y

6.2 Dasar perhitungan

Kapasitas produksi HDPE : 50.000 ton/tahun

Harga jual produk : Rp 33.283 /kg

Satu tahun Operasi : 330 hari

Umur alat : 10 tahun

Tahun berdiri pabrik : 2025

Kurs mata uang : 1US\$ = Rp 14.858

6.3 Perhitungan biaya

6.3.1 *Capital Investment*

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran - pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas - fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Investment* meliputi :

a. *Fixed Capital*

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

b. *Working Capital*

Merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

6.3.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan untuk produksi suatu bahan, merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk.

Manufacturing cost meliputi :

1. *Direct cost*

Direct cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

2. *Indirect cost*

Indirect cost pengeluaran - pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

3. *Fixed cost*

Fixed cost merupakan harga yang berkaitan dengan *fixed capital* dan pengeluaran - pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

4. *General expense*

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

6.4 Analisa kelayakan

Analisa kelayakan dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh pabrik tergolong besar atau kecil, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan pabrik adalah :

6.4.1 *Return of Investment (ROI)*

Return of Investment adalah biaya *fixed capital* yang kembali pertahun atau tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan.

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

6.4.2 Pay Out Time (POT)

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

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

6.4.3 Break Event Point (BEP)

Break even point adalah titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian). Kapasitas pabrik pada saat *sales value* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan untung jika beroperasi di atasnya.

$$BEP = \frac{F_a + 0,3R_a}{S_a - V_a - 0,7R_a} \times 100\%$$

Dalam hal ini :

F_a : Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum

R_a : Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

V_a : Annual Variable Value pada produksi maksimum

S_a : Annual Sales Value pada produksi maksimum

6.4.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

6.4.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate (DCFR) adalah salah satu cara untuk menganalisa kelayakan ekonomi pabrik dimana DCFR didefinisikan sebagai jumlah uang dari keuntungan yang tidak digunakan untuk pinjaman modal dan bunganya.

Analisis kelayakan ekonomi menggunakan "*Discounted Cash Flow*". *Discounted cash flow* merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank 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

6.5 Hasil perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik *High Density Polyethylene* (HDPE) memerlukan rencana *physical plant cost* (PPC), *production cost* (PC), *manufacturing cost* (MC), serta *general expenses*. Hasil masing-masing rancangan disajikan pada tabel berikut :

6.5.1 Capital Investment

Tabel 6. 3 Physical Plant Cost (PPC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp 101.141.508.617	\$ 6.807.209
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 25.285.377.154	\$ 1.701.802
3	<i>Installation Cost</i>	Rp 16.882.613.047	\$ 1.136.264
4	<i>Piping Cost</i>	Rp 56.215.924.931	\$ 3.783.546
5	<i>Instrumentation Cost</i>	Rp 25.353.408.399	\$ 1.706.381
6	<i>Insulation Cost</i>	Rp 3.933.783.868	\$ 264.759
7	<i>Electrical Cost</i>	Rp 13.148.396.120	\$ 884.937
8	<i>Building Cost</i>	Rp 204.110.000.000	\$ 13.737.381
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 107.127.720.000	\$ 7.210.104
	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	Rp 553.198.732.135	\$ 37.232.382

Tabel 6. 4 Direct Plant Cost (DPC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Engineering and Construction</i>	Rp 110.639.746.427	\$ 7.446.476
Total DPC + PPC		Rp 663.838.478.562	\$ 44.678.858

Tabel 6. 5 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 663.838.478.562	\$ 44.678.858
2	<i>Contractor's Fee</i>	Rp 39.830.308.714	\$ 2.680.732
3	<i>Contingency</i>	Rp 99.575.771.784	\$ 6.701.829
Fixed Capital Investment (FCI)		Rp 803.244.559.060	\$ 54.061.419

6.5.2 Manufacturing Cost

Tabel 6. 6 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 958.992.968.804	\$ 64.543.880
2	<i>Labor Cost</i>	Rp 7.548.000.000	\$ 508.009
3	<i>Supervisory Cost</i>	Rp 905.760.000	\$ 60.961
4	<i>Maintenance Cost</i>	Rp 16.064.891.181	\$ 1.081.228
5	<i>Plant Supplies Cost</i>	Rp 2.409.733.677	\$ 162.184
6	<i>Royalty and Patents Cost</i>	Rp 52.500.000.003	\$ 3.533.450
7	<i>Utilities Cost</i>	Rp 41.853.406.977	\$ 2.816.894
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp1.080.274.760.644	\$ 72.706.607

Tabel 6. 7 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 1.132.200.000	\$ 76.201,37
2	<i>Laboratory</i>	Rp 754.800.000	\$ 50.800,92
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 3.774.000.000	\$ 254.004,58
4	<i>Packaging & Shipping</i>	Rp 87.500.000.006	\$ 5.889.083,32
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		Rp 93.161.000.006	\$ 6.270.090,19

Tabel 6. 8 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 72.292.010.315	\$ 4.865.527,68
2	<i>Property Taxes</i>	Rp 8.032.445.591	\$ 540.614,19
3	<i>Insurance</i>	Rp 8.032.445.591	\$ 540.614,19
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		Rp 88.356.901.497	\$ 5.946.756,06

Tabel 6. 9 Manufacturing Cost (MC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 1.080.274.760.644	\$ 72.706.606,59
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 93.161.000.006	\$ 6.270.090,19
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 88.356.901.497	\$ 5.946.756,06
Manufacturing Cost (MC)		Rp1.261.792.662.146	\$ 84.923.452,83

6.5.3 Working Capital

Tabel 6. 10 Working Capital (WC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 87.181.178.982	\$ 5.867.625,45
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 1.911.807.064	\$ 128.671,90
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 19.118.070.639	\$ 1.286.718,98
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 26.515.151.517	\$ 1.784.570,70
5	<i>Available Cash</i>	Rp 114.708.423.831	\$ 7.720.313,89
Working Capital (WC)		Rp 249.434.632.033	\$ 16.787.900,93

6.5.4 General Expenses

Tabel 6. 11 General Expenses (GE)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 37.853.779.864	\$ 2.547.703,58
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 189.268.899.322	\$ 12.738.517,92
3	<i>Research</i>	Rp 63.089.633.107	\$ 4.246.172,64
4	<i>Finance</i>	Rp 21.053.583.822	\$ 1.416.986,39
General Expenses (GE)		Rp 311.265.896.115	\$ 20.949.380,54

6.5.5 Total Production Cost (TPC)

Tabel 6. 12 Total Production Cost (TPC)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 1.261.792.662.146	\$ 84.923.452,83
2	<i>General Expenses (GE)</i>	Rp 311.265.896.115	\$ 20.949.380,54
Total Production Cost (TPC)		Rp1.573.058.558.261	\$ 105.872.833,37

6.5.6 Fixed Cost (Fa)

Tabel 6. 13 Fixed Cost (Fa)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 72.292.010.315	\$ 4.865.527,68
2	<i>Property Taxes</i>	Rp 8.032.445.591	\$ 540.614,19
3	<i>Insurance</i>	Rp 8.032.445.591	\$ 540.614,19
Fixed Cost (Fa)		Rp 88.356.901.497	\$ 5.946.756,06

6.5.7 Variable Cost (Va)

Tabel 6. 14 Variable Cost (Va)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 958.992.968.804	\$ 64.543.879,98
2	<i>Packaging & Shipping</i>	Rp 87.500.000.006	\$ 5.889.083,32
3	<i>Utilities</i>	Rp 41.853.406.977	\$ 2.816.893,73
4	<i>Royalty & Patent</i>	Rp 52.500.000.003	\$ 3.533.449,99
Variable Cost (Va)		Rp1.140.846.375.791	\$ 76.783.307,03

6.5.8 Regulated Cost (Ra)

Tabel 6. 15 Regulated Cost (Ra)

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor Cost</i>	Rp 7.548.000.000	\$ 508.009,15
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 1.132.200.000	\$ 76.201,37
3	<i>Supervision</i>	Rp 905.760.000	\$ 60.961,10
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp 3.774.000.000	\$ 254.004,58
5	<i>Laboratory</i>	Rp 754.800.000	\$ 50.800,92
6	<i>General Expense</i>	Rp 311.265.896.115	\$ 20.949.380,54
7	<i>Maintenance</i>	Rp 16.064.891.181	\$ 1.081.228,37
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp 2.409.733.677	\$ 162.184,26
Regulated Cost (Ra)		Rp 343.855.280.974	\$ 23.142.770,29

6.6 Analisa Keuntungan

- Harga jual HDPE = Rp 35.000/kg
- *Annual sales (Sa)* = Rp1.750.000.000.114
- *Total production cost* = Rp1.573.058.558.261
- Keuntungan sebelum pajak = Rp176.941.441.853
- Pajak = 30% dari keuntungan
- Keuntungan setelah pajak = Rp123.859.009.297

6.7 Hasil perhitungan analisa kelayakan

6.7.1 Return of Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 22,0283 %

ROI sesudah pajak = 15,4198 %

6.7.2 Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 3,22 tahun

POT sesudah pajak = 4,095 tahun

6.7.3 Break Even Point (BEP)

$$BEP = \frac{F_a + 0,3R_a}{S_a - V_a - 0,7R_a} \times 100\%$$

BEP = 51,9775 %

6.7.4 Shut down point (SDP)

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

$$SDP = 27,99 \%$$

6.7.5 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 803.244.559.060

Working Capital = Rp 249.434.632.032,98

Salvage value (Sa) = Rp 72.292.010.315

Cash flow (CF) = Rp 217.204.603.434

Discounted cash flow dihitung secara *trial and error*

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

R = S

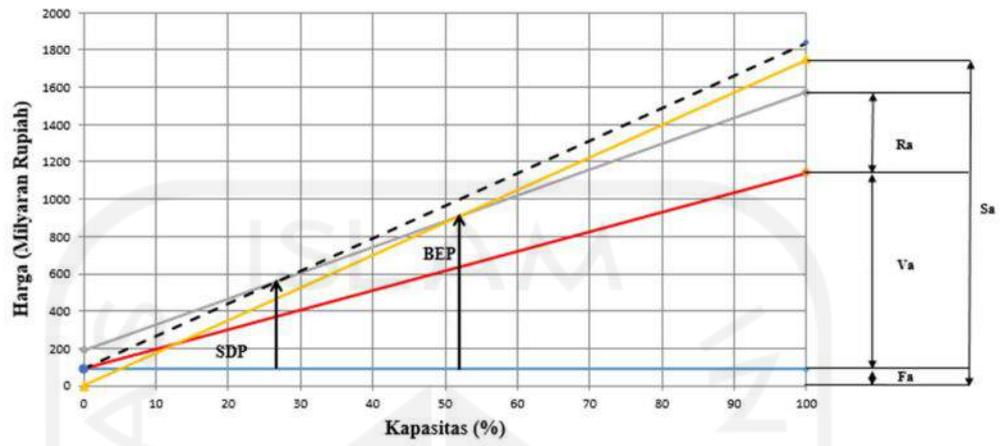
Dengan *trial and error* diperoleh nilai $i = 24,65 \%$

Bunga simpanan rata-rata Bank Indonesia tahun 2022 = 3,50%

(www.bi.go.id diakses pada September 2022)

Sehingga DCFR diperoleh $> 1,5$ bunga bank

$$24,65 \% > 5,25 \%$$



Gambar 6. 2 Grafik SDP dan BEP

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dari Pra-rancangan Pabrik *High Density Polyethylene* (HDPE), maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, dan analisis ekonomi ROI dan POT, Pabrik *High Density Polyethylene* (HDPE) dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko rendah (*low risk*), karena proses produksinya berlangsung pada suhu dan tekanan rendah, serta hasil analisa kelayakan yang memenuhi syarat pabrik dengan resiko rendah.
2. Pabrik akan didirikan di Serang, Banten 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 sungai Cidanu, serta lokasinya yang strategis untuk melakukan pemasaran karena banyak industri yang membutuhkan HDPE sebagai bahan baku di kawasan tersebut.
3. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik HDPE seluas 124.893,22 m²
4. Dari hasil analisa kelayakan pabrik melalui evaluasi ekonomi diperoleh data sebagai berikut :
 - Keuntungan yang diperoleh

- Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 176.941.441.853
- Keuntungan setelah pajak (30%) sebesar Rp 123.859.009.297

- ROI (*Return Of Investment*)

Sebelum pajak sebesar 22,0283 % dan ROI setelah pajak sebesar 15,4198 %. Syarat ROI sebelum pajak, untuk pabrik resiko rendah minimum sebesar 11%

- POT (*Pay Out Time*)

Sebelum pajak adalah selama 3,22 tahun, dan POT sesudah pajak selama 4,095 tahun. Syarat POT sebelum pajak, untuk pabrik resiko rendah maksimal selama 5 tahun.

- Titik BEP terjadi pada 51,9775 %. BEP pada pabrik kimia umumnya berkisar antara 40 – 60%

- Presentase DCFR yang diperoleh lebih besar dari presentase bunga bank, yakni sebesar 24,65 %.

5. Dari beberapa pertimbangan diatas, maka dapat dikatakan bahwa pabrik *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan kapasitas 50.000 ton/tahun layak untuk didirikan

7.2 Saran

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

1. Lebih memperhatikan pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku produksi agar dapat memperoleh keuntungan yang optimal.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan
3. Pabrik HDPE ini dapat direalisasikan untuk dapat memenuhi kebutuhan hdpe di Indonesia yang terus meningkat, sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor, selain itu dapat memberi peluang lapangan kerja baru dan menekan angka pengangguran di Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (n.d.). *Polimer*. Bandung: Institut Teknologi Nasional. Retrieved 09 21, 2022 from <http://ebook.itenas.ac.id/repository/dcf14ea261596158181fddbe2fb838d4.pdf>
- Asri, C. (2021). From chandra-asri.com: <https://www.chandra-asri.com/investor-relations/reports/annual-reports>
- Ayu, Y. (2019). PRARANCANGAN PABRIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE PROSES FASE GAS DENGAN KAPASITAS 150.000 TON/TAHUN. *Skripsi*.
- Badan Pusat Statistik. (2014). [bps.go.id/exim/](https://www.bps.go.id/exim/). Retrieved Januari 2021, from <https://www.bps.go.id/>: <https://www.bps.go.id/exim/>
- Bambang Ahmadi H dan I Wayan Anarta. (2015). *Teknologi Polimer*. Bali: Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Udayana.
- Bambang Ahmadi H dan I Wayan Arnata. (2015). *Teknologi Polimer*. Bali: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana.
- Billmeyer, F. W. (1971). *Text Book Of Polymer Science*. New York: John Willey & Sons.
- Billmeyer, F. W. (1984). *Text Book of Polymer Science, 3rd edition*. New York: A Willey-Interscience Publication, John Willey & Sons, Inc.
- Branan, C. R. (2002). *Rule of Thumb For Chemical Engineers*, 3rd ed. Houston: Gulf Publishing Company.
- Brown, G. G. (n.d.). *Unit Operations*. CBS Publishers and Distributors.
- Brownel, L.E and Young. E. H. (1959). *Process Equipment Design 3ed*. New York: John Willey & Son.
- Brydson, J. A. (1975). *Plastic Material*. Newnes-Butterworths.
- Europe, P. (2020). *Plastics – the Facts 2020: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. From <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020/>
- Fried, J. R. (2014). *Polymer science and technology. third edition*. United States: Courier Corporation .

- Harumningtyas, A. (2010). Aplikasi edible plastik pati tapioka dengan penambahan madu untuk pengawetan buah jeruk Citrus sp. *Skripsi*.
- J. M. Smith, H. C. (2018). In *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 8th edition*. United States of America: McGraw-Hill Education.
- Jenkins, e. a. (1991). US Patent HDPE, US5049441. *United States Patent*.
- Kern, D. (1950). *Process Heat Transfer*. New York: MC Graw Hill International Book Company Inc.
- Kirk, R. a. (2006). *Encyclopedia of Chemical Technology. 6th Edition*. New York: John Willey and Sons Inc.
- Malpass, D. (2010). *Introduction to Industrial Polyethylene*. Scrivener : Publishing LLC., Salem.
- Mark A. Spalding, a. A. (2017). *Handbook of Industrial Polyethylene and Technology*. USA: John Willey & Sons, Inc.
- Maxwell, C. (2020). *toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices/*. Retrieved 09, 2022 from <https://www.toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices/>
- Montgomery, D. (1990). Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik.
- Odian, G. (2004). *Principle of Polymerization*. New York: Wiley-Interscience.
- Perry, R. a. (1984). *Perry's Chemical Engineers Handbook, 6thed*. Singapore: Mc Graw-Hill Book Company.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4th ed*. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D. (2004). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5th ed*. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Sinnott, R. K. (2005). Coulson & Richardson's Chemical Engineering, vol 6, 4th edition. In *Chemical Engineering Design*. Oxford: Elsevier Butterwirth-Heinemann.
- Speight, J. G. (2019). *Handbook of Petrochemical Processes*. New York: Taylor & Francis Group LLC.
- Steven, M. P. (2001). *"Kimia Polimer"*. (D. I. S., Trans.) Jakarta: Pradnya Paramita.

Vilbrandt. (1959). *Chemical Engineering Plant Design*. MC Graw-Hill.

Yaws, C. (1999). *Chemical Properties Hndbook*. New York: Mc Grow Hill Book Co.

Zamani. (1998). *Manajemen*. Jakarta: IPWI.

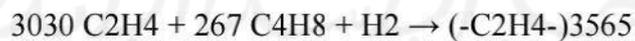


LAMPIRAN A
PERANCANGAN ALAT UTAMA

Kode	:	R-01
Fungsi	:	Polimerisasi etilen menjadi polietilen
Jenis/Tipe	:	Reaktor alir tangki berpengaduk
Jumlah	:	1
Kondisi Operasi	:	
Suhu	:	60 °C
Tekanan	:	35 atm

Proses polimerisasi memiliki 3 tahapan, yaitu tahap inisiasi monomer aktif, tahap propagasi atau pertumbuhan rantai aktif secara berurutan akibat penambahan monomer, dan tahap terminasi dimana pada tahap ini terjadi pemutusan rantai aktif untuk menghentikan reaksi polimerisasi hingga menjadi produk polimer. Polimer dengan berat molekul yang sangat tinggi dapat terbentuk dalam waktu yang sangat singkat, bahkan bisa kurang dari 1 detik. (Fried, 2014) hal. 37

Reaksi yang terjadi :



Tabel 1. Neraca Massa reaktor

Komponen	Input		Output	
	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam
C ₂ H ₄	5591,99	199,358	279,6	9,9679
C ₄ H ₈	937,481	16,7085	0	0
H ₂	0,12625	0,06250	0	0
O ₂	0,01578	0,00049	0,00133	0,00004
H ₂ O	0,1420	0,00788	0,00532	0,0003
C ₆ H ₁₂	17350,4	206,161	17350,4	206,161
TiCl ₄	1,25	0,00659	1,25	0,00659
C ₆ H ₁₅ Al	22,5776	0,1977	22,5776	0,1977
(-C ₂ H ₄)-3565	0	0	6250	0,0625
Total	23904,0021	422,5028	23904,0021	216,404

1. Data Sifat Fisis Fluida Input

a. Densitas fluida

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

Tabel 2. Data Koefisien Densitas Cairan

Komponen	A	B	n	T _c
C ₂ H ₄	0,21428	0,28061	0,28571	282,36
C ₄ H ₈	0,23224	0,2663	0,2853	87,8
H ₂	0,27376	0,27408	0,28511	553,54
O ₂	0,03125	0,3473	0,2756	33,18
H ₂ O	0,43533	0,28772	0,2924	154,58
C ₆ H ₁₂	0,3471	0,274	0,28571	647,13
TiCl ₄	0,55695	0,26324	0,2726	638
C ₆ H ₁₅ Al	0,49638	0,47987	0,6555	720,15

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

b. Viskositas fluida

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

Tabel 3. Data koefisien densitas cairan

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₄	-4,5611	3,81E+02	1,80E-02	-3,81E-05
C ₄ H ₈	-4,9218	4,95E+02	1,44E-02	-2,09E-05
H ₂	4,7423	-2,5E+02	-1,69E-02	1,25E-05
O ₂	-7,0154	4,08E+01	2,37E-01	-4,08E-03
H ₂ O	-5,0957	1,80E+02	3,98E-02	-1,47E-04
C ₆ H ₁₂	-10,216	1,79E+03	1,77E-02	-1,26E-03
TiCl ₄	1,1919	-2,3E+01	-3,96E-03	-9,17E-08
C ₆ H ₁₅ Al	-4,3627	9,97E+02	5,90E-03	-4,12E-06

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

2. Menghitung Laju Polimerisasi

Reaksi polimerisasi terdiri dari 3 tahap, yaitu tahap inisiasi (pengaktifan monomer), tahap propagasi (pembentukan polimer), dan tahap terminasi (pemutusan rantai).

Laju tahap inisiasi dan terminasi berlangsung sangat cepat, sedangkan proses pembentukan produk polimer terjadi pada tahap propagasi, sehingga tahap propagasi digunakan sebagai penentu laju polimerisasi. Harga kinetika reaksi diambil dari laju propagasi etilena menjadi polietilena. Laju polimerisasi dituliskan sebagai berikut :

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

(Persamaan 8-44, (Odiان, 2004), hal. 661)

Dimana:

R_p = Laju polimerisasi, $\text{molL}^{-1}\text{s}^{-1}$

k_p = Konstanta laju propagasi, $\text{Lmol}^{-1}\text{s}^{-1}$

$[C^*]$ = Konsentrasi sisi aktif katalis, molL^{-1}

$[M]$ = Konsentrasi monomer, molL^{-1}

Data :

Konversi = 0,95

K_p = 242 L/mol.s

(Tabel 3-11, Odian G., 2004, hal 270)

Sisi aktif katalis = 0,015 mol/mol TiCl_4 (Boor, 1979, hal 792)

$$\begin{aligned}
 [C^*] &= \frac{\text{mol TiCl}_4}{\text{laju volumetrik TiC}} \times \text{sisi aktif katalis} \\
 &= \frac{000,6590081 \text{ mol/jam}}{14411,26185 \text{ dm}^3/\text{jam}} \times 0,015 \\
 &= 0,000205779 \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [M] &= \frac{\text{mol C}_2\text{H}_4}{\text{laju volumetrik C}_2\text{H}_4} \\
 &= \frac{199358 \text{ mol/jam}}{242967,7375 \text{ dm}^3/\text{jam}} \\
 &= 0,821 \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

3. Menghitung volume reaktor

Volume reaktor alir tangki berpengaduk dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

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

$$V = 1287,53361 \text{ L}$$

$$V = 1,28753361 \text{ m}^3$$

4. Waktu tinggal

Waktu tinggal dalam reaktor ditentukan dengan membagi volume reaktor dengan laju alir umpan yang masuk kedalam reaktor

$$\tau = \frac{C_{A0} \cdot X_A}{-r_A}$$

$$C_{A0} = 8,21\text{E-}01 \text{ mol/L}$$

$$X_A = 95 \%$$

$$r_p = 0,040859799 \text{ mol/L.s}$$

$$\tau = \frac{0,821 \text{ mol/L} \times 95\%}{0,0408598 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \text{s}}$$

$$\tau = 19,0769842 \text{ detik}$$

5. Menentukan dimensi reaktor

a. Menghitung diameter dalam tangki

Over design 20%, sehingga :

$$\text{Volume shell} = 20\% \times \text{volume reaktor}$$

$$\text{Volume shell} = 1,54504 \text{ m}^3$$

Untuk tangki silinder $D=H$ digunakan rumus :

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

(pers. 3.1,(Brownel, L.E and Young. E. H, 1959), hal. 41)

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

Sehingga diameter *Shell* :

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

$$D = 1,2532 \text{ m}$$

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

$$H_{shell} = 1,8798 \text{ m}$$

b. Menghitung tebal dinding tangki

Bahan konstruksi yang dipilih adalah *Carbon steel SA 299*

Grade C dengan pertimbangan:

- a) Memiliki struktur yang kuat
- b) Tahan korosi
- c) Harga cukup murah

Sehingga berdasarkan table 13.1 dan tabel 13.2, Brownell dan

Young, 1959, hal. 251-254 diperoleh data :

$$\text{Allowable stress (f)} = 18750 \text{ psia}$$

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

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

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

$$\text{Jari-jari tangki} = 24,6694 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho g}{g_c} ; \text{ dengan } g/g_c = 1$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = 1058,5169 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1,50309 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan total} &= \text{tekanan hidrostatis} + \text{tekanan operasi} \\ &= 516,003 \text{ psi}\end{aligned}$$

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

$$\text{Tekanan desain} = 619,2037 \text{ psi}$$

Maka, tebal *shell* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

(persamaan 13.1 Brownell dan Young, 1959, hal. 254)

$$t = 1,16922 \text{ in}$$

diambil tebal standar sesuai tabel tabel 5.7 Brownell dan Young, 1959, hal. 89-91 sebesar 1,25 in.

c. Menghitung tebal *head*

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

Outside Diameter:

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell}) \quad OD = 51,8388 \text{ in}$$

Diambil OD standar sebesar 54 in.

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

didapatkan data :

$$\text{Jari-jari sudut dalam dish (icr)} = 3,75 \text{ in}$$

$$\text{Jari-jari dish (r)} = 48 \text{ in}$$

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

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

Dengan :

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

$$k = a/b$$

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

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

(persamaan 13.10, Brownell dan Young, 1959, hal. 256)

Maka tebal head terhitung sebesar 1,14758 in, sehingga diambil nilai standarnya sebesar 1.25 in. Kemudian berdasarkan tabel 5.8, Brownell dan Young, 1959, hal. 93, dipilih nilai sf standar yaitu 3 in.

Sehingga dapat diketahui dimensi reactor adalah sebagai berikut:

a) Tinggi Head

$$OA = sf + b + th$$

$$OA = 16,5847 \text{ in}$$

$$OA = 0,42125 \text{ m}$$

b) Tinggi Reaktor

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

$$H \text{ reaktor} = 107,1776 \text{ in}$$

$$H \text{ reaktor} = 2,7223 \text{ m}$$

c) Volume Dish

$$V \text{ dish} = 0,000076 \text{ di}^3$$

(persamaan 5.14, Brownell dan Young, 1959, hal. 95)

$$V \text{ dish} = 9,1281 \text{ in}^3$$

$$V \text{ dish} = 0,0001495 \text{ m}^3$$

d) Volume *Straight Flange*

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

$$V_{sf} = 116,1929 \text{ in}^3$$

$$V_{sf} = 0.001904 \text{ m}^3$$

e) Volume Head

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

$$V_h = 250,6420 \text{ in}^3$$

$$V_h = 0,0041075 \text{ m}^3$$

f) Volume Shell

$$V \text{ shell} = 1,5450 \text{ in}^3$$

$$V \text{ shell} = 94278,361 \text{ m}^3$$

g) Volum Reaktor

$$V \text{ reaktor} = V_s + V_h$$

$$V \text{ reaktor} = 94529,0031 \text{ in}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = 1,54914 \text{ m}^3$$

h) Volume Bottom

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

$$V_b = 125,321 \text{ in}^3$$

$$V_b = 0,0020537 \text{ m}^3$$

i) Volum Fluida $V_l = V_s - V_b$

$$V_l = 94153,04006 \text{ in}^3$$

$$V_l = 1,542986563 \text{ m}^3$$

j) Tinggi Fluida

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

$$H_l = 1,25154 \text{ m}$$

$$H_l = 4,10611 \text{ ft}$$

6. Menentukan Dimensi Pengaduk

Kekentalan fluida yang diaduk yaitu sebesar 0,398312734 cP, sehingga dipilih pengaduk dengan tipe turbin yaitu six-flat blades turbine. Berdasarkan Brown, 1978, hal. 507 diperoleh data:

$$D_t/D_i = 3$$

$$Z_l/D_i = 3,9$$

$$Z_i/D_i = 1,3$$

$$W_b/D_i = 0,17$$

$$L/D_i = 0,25$$

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

Dari data di atas maka dihitung dimensi pengaduk sebagai berikut:

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = 0,417736221 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk (Zi)} = 0,543057 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (Zl)} = 1,62917 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (Wb)} = 0,071015 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = 0,104434 \text{ m}$$

7. Menghitung Kecepatan Putaran Pengaduk

a. *Specific Gravity*

$$sg = \frac{\rho_{fluida}}{\rho_{air}}$$

$$sg = 0,56479$$

b. WELH (*Water Equivalent Liquid Height*)

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

$$\text{WELH} = 2,319096 \text{ ft}$$

c. Jumlah pengaduk

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

$$\text{Jumlah pengaduk} = 0,56404 \text{ buah}$$

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

d. Kecepatan putaran pengaduk

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

$$N = 128,2434 \text{ rpm}$$

8. Menghitung Daya Motor

Reynold number dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$N = \frac{N\rho Di^2}{\mu_{campuran}}$$

$$Re = 5,27E+05$$

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

$$Np = 4$$

9. Menghitung Daya Pengaduk

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

$$P = 0,37489 \text{ hP}$$

10. Menghitung Daya Motor Pengaduk

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

Efisiensi motor sebesar 80%, maka:

$$\text{Daya motor} = 0,4686 \text{ hP}$$

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

11. Menghitung Panas Masuk dan Panas Keluar

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

Tabel 4. Data Koefisien Kapasitas Panas Cairan

Komponen	A	B	C	D
C ₂ H ₄	25,597	5,71E-01	-0,003362	8,41E-06
C ₄ H ₈	74,597	0,33434	-0,001391	3,02E-06
H ₂	50,607	-6,1136	0,3093	-0,004148

O ₂	46,432	3,9506E-01	-7,0522E-03	3,9897E-05
H ₂ O	92,053	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07
C ₆ H ₁₂	-44,417	1,6016	-0,004468	4,76E-06
TiCl ₄	167,628	-0,13344	-0,000223	8,75E-07
C ₆ H ₁₅ Al	181,059	0,30401	-0,000436	5,82E-07

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

Kapasitas panas HDPE pada suhu 60°C sebesar 10.997,84856 Kj/kmol.K (Aspen Plus).

Maka dari data-data yang ada dapat dihitung panas yang masuk sebesar 2.001.821,849 kJ/jam dan panas yang keluar reaktor sebesar 1.245.127,308 kJ/jam.

12. Menghitung panas reaksi

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

Tabel 5. Data Panas Pembentukan pada Suhu 60°C

Komponen	ΔH_f produk
C ₂ H ₄	54074,07112
C ₄ H ₈	-15138,38023
H ₂	1010,748367
HDPE	-4560,632

Sumber: Aspen Plus

Sehingga didapatkan panas reaksi sebesar -9.988.502,91 kJ/jam.

Tanda negatif pada panas reaksi menandakan bahwa reaksi berlangsung secara eksotermis.

13. Neraca Panas Total

Table 6. Neraca Panas

	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q arus masuk	2.001.821,849	
Q reaksi	9.988.502,91	
Q arus keluar		1.245.127,308
Q pendingin		10.745.197,4528
Total	11.990.291,4550	11.990.291,4550

14. Menghitung jumlah kebutuhan pendingin

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

data:

Cp air pada 30°C = 4,138453 kJ/kg

Cp air pada 45°C = 4,202967 kJ/kg

Maka kebutuhan air pendingin sebesar 169.570,6714 kg/jam.

15. Menghitung luas transfer panas

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

$\Delta T_{LMTD} = 38,9527661$ °F

Sehingga, luas transfer panas :

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

Berdasarkan tabel 8, Kern, hal. 840 maka dipilih nilai UD untuk light organic yaitu 150 Btu/ft².°F.jam. sehingga besar nilai luas transfer panas 29,02158834 ft².

16. Menghitung luas selubung reactor

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

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

$$A = 102,9585334 \text{ ft}^2$$

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

17. Menghitung dimensi jaket pendingin

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

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

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

18. Menghitung tebal jaket pendingin

Digunakan bahan konstruksi yang sama dengan reaktor, maka dihitung tebal dinding jaket: $t_s = 1,35253 \text{ in}$

Diambil t_s standar 1,375 in.

19. Menghitung tebal *bottom*

Bentuk bottom mengikuti bentuk bottom reaktor yaitu ellipsoidal.

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

$$OD = 60,75 \text{ in}$$

Diambil OD standar 66 in.

Sehingga diperoleh nilai $icr = 4,125 \text{ in}$ dan $r = 60 \text{ in}$. Maka:

$$t_b = 1,3271 \text{ in}$$

Diambil t_b standar 1,375 in. Dan dipilih s_f standar 3 in. Sehingga tinggi bottom:

$$OA = 18,875 \text{ in}$$

$$OA = 0,4794 \text{ m}$$

20. Menghitung luas transfer panas jaket

Luas permukaan untuk tebal > 1 in ditunjukkan dengan persamaan

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

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

$$De = 78,875 \text{ in}$$

$$De = 6,5729 \text{ ft}$$

Sehingga luas transfer panas jaket:

A = Luas selimut jaket + Luas penampang bawah jaket

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

$$A = 9161,46 \text{ in}^2$$

$$A = 63,62150449 \text{ ft}^2$$

21. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jaket

Dari persamaan 20.10, Kern, hal. 718:

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

Dengan $\mu = \mu_w$

Maka dapat dihitung nilai h_i sebesar 4795,5722 Btu/jam.ft².°F.

22. Menghitung h_{i0}

Dari persamaan 6.5, Kern, hal. 105:

$$hi0 = hi \frac{ID}{OD}$$

$$hi0 = 4079,456 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

23. Menghitung h_0

G_t = kecepatan alir massa / luas penampang $G_t = 1095,48419$

kg/h.m²

$$G_t = 224,37269 \text{ lb/ft}^2 \quad v = G_t/\rho$$

$v = 6,3827$ ft/jam sehingga,

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

$$Re = 957,426$$

Dari grafik 24, (Kern, 1950), hal. 834, diperoleh: $j_H = 6$

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

$$h_0 = 12,24585 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

24. Menghitung *Clean Overall Coefficient* (UC) dan *Designed Overall Coefficient* (UD)

Coefficient (UD)

Berdasarkan persamaan 6.38, Kern, hal. 121:

$$Uc = \frac{hiho}{hi0+h}$$

$$UC = 12,2092 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

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

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

$$h_D = 1/R_d$$

$$h_D = 500$$

Berdasarkan example 20.1, Kern, hal. 720:

$$UD = \frac{EChD}{Uc + hD}$$

$$UD = 11,91817 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

$$UD = 67,67456 \text{ W/m}^2\text{K}$$



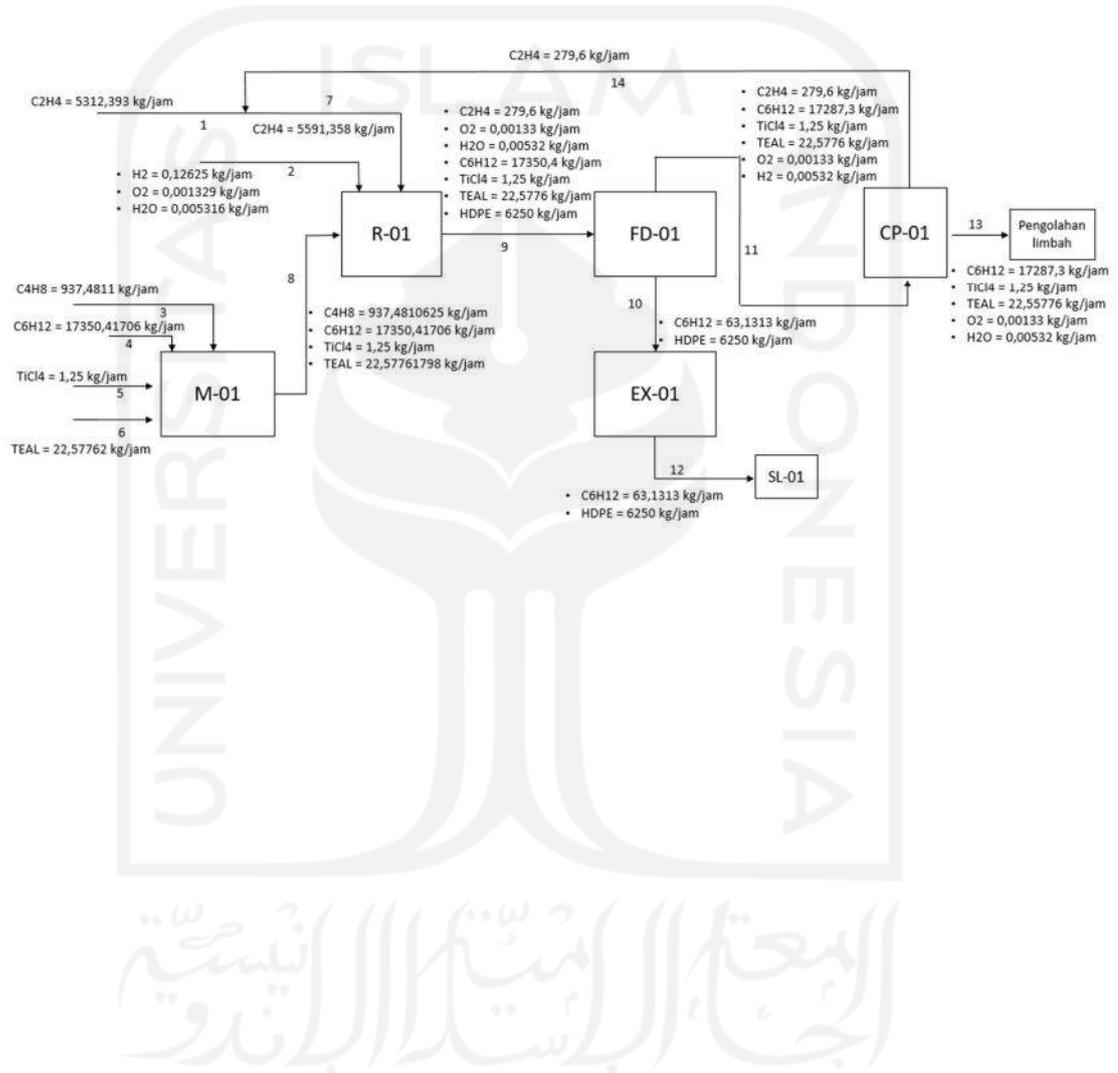
Tabel 7. Spesifikasi Reaktor

Kode	R-01
Fungsi	Tempat berlangsungnya proses Polimerisasi etilena menjadi polietilena
Jenis/Tipe	Reaktor alir tangki berpengaduk
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu	60 °C
Tekanan	35 atm
Kondisi Proses	Adiabatis
<i>Mechanical Design</i>	
Konstruksi dan Material	
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 299 Grade C</i>
Diamater (ID) <i>shell</i>	1,2532 m
Tebal <i>shell</i>	1,25 in
Tinggi total	2,7223 m
Jenis <i>head</i>	<i>Ellipsoidal</i>
Pengaduk	
Tipe	<i>Turbine with six-flat blades</i>
Kecepatan pengadukan	128,243 rpm
Jumlah <i>baffle</i>	4
Lebar <i>baffle</i>	0,071015 m
Mode Transfer Panas	
Jenis	Jaket pendingin
UD	67,67456 W/m ² K
Luas area transfer panas	5,9106 m ²
Tebal jaket	0,0349 m

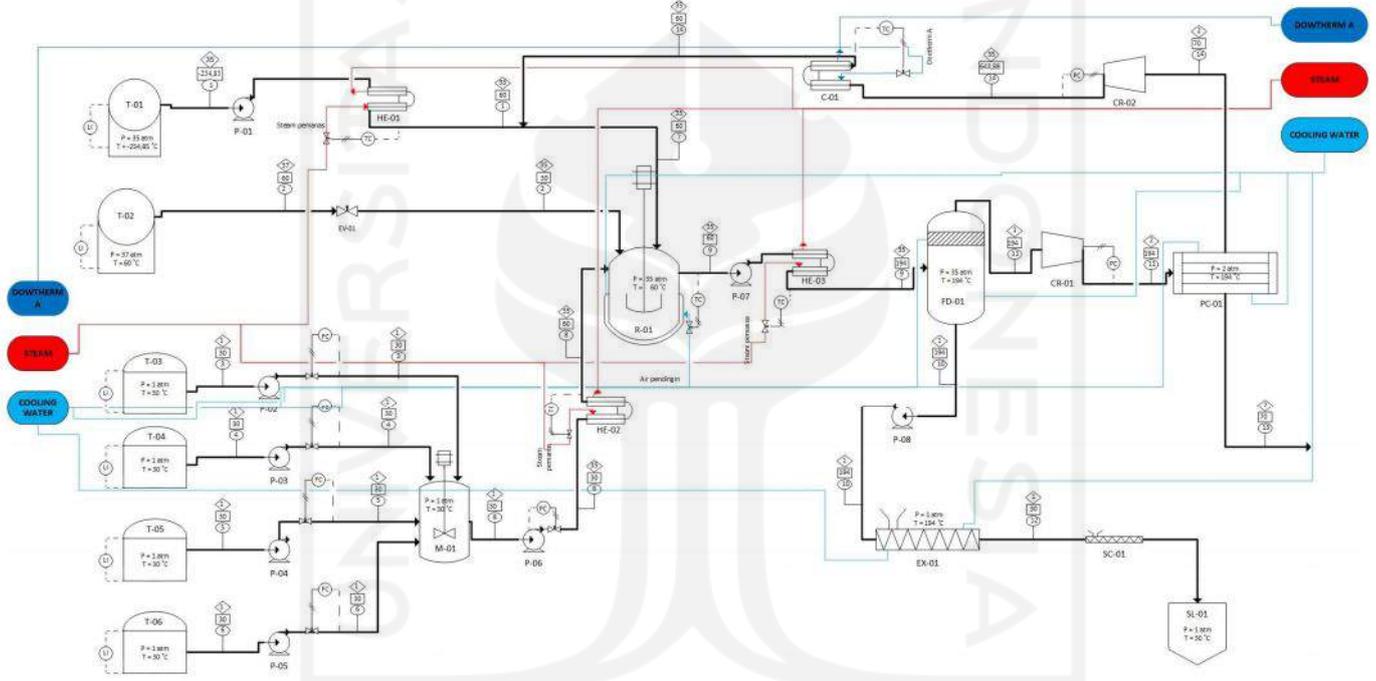
LAMPIRAN B

DIAGRAM ALIR KUANTITATIF DAN PEFD

DIAGRAM ALIR KUANTITATIF PEMBUATAN HDPE



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) DARI ETHYLENE
DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE CAIR
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



Komponen		Laju Alir (kg/jam)													
Nama	Rumus	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6	Aliran 7	Aliran 8	Aliran 9	Aliran 10	Aliran 11	Aliran 12	Aliran 13	Aliran 14
Etilena	C ₂ H ₄	5112,3917	-	-	-	-	5591,902	-	279,5996	-	279,5996	-	-	279,5996	-
1-Butena	C ₄ H ₆	-	997,4811	-	-	-	997,4811	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrogen	H ₂	-	0,17695	-	-	-	-	-	0,015761	-	0,015761	-	0,015761	-	-
Oksigen	O ₂	-	0,015761	-	-	-	-	-	0,142091	-	0,142091	-	0,142091	-	-
Air	H ₂ O	-	0,142091	-	-	-	-	-	17950,42	17950,42	68,13131	17267,29	68,13131	17267,29	-
Sikloheksana	C ₆ H ₁₂	-	-	17950,42	-	-	-	-	1,25	1,25	-	1,25	-	1,25	-
TIC4	TIC4	-	-	-	1,25	-	-	-	22,57762	22,57762	-	22,57762	-	22,57762	-
TEAL	C ₆ H ₁₅ Al	-	-	-	-	-	-	-	620	620	-	620	-	620	-
HDPE	(-C ₂ H ₄) ₁₃₉₆₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Symbol	Abbr.	Symbol	Instrumen
C	Cooler	FL	Flow Controller
CR	Compressor	LI	Level Indicator
EV	Expansion Valve	PC	Pressure Controller
ED	Extruder	TC	Temperature Controller
FD	Flash Drum		
HE	Heat Exchanger		
M	Mixer		
P	Pompa		
PC	Partial Condenser		
R	Reaktor		
SC	Screw Conveyor		
T	Tangki		

Symbol	Alat
□	Tekanan, atm
○	Suhu, °C
○	Nomor Arus
○	Control Valve
○	Pipping
○	Sinyal Pneumatic
○	Sinyal Elektrik

ISLAMIAH
RANIRY

INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI
AR-RANIRY

FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

DISUSUN OLEH:
NAMA: ABU, NIM: 19020100000000000000
No. Alat: No. Alat: (0000000000)

DISKUSI PARIWISATA:
Guru: Dr. Fauzan Rizki, M.Ts., Ph.D.
KELAS: KIMIA 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, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Yasinta Ady Kusumaningrum
No. Mahasiswa : 18521160
2. Nama Mahasiswa : Rr. Aina Nur Aisha
No. Mahasiswa : 18521181
Judul Prarancangan : PRA RANCANGAN PABRIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) DARI *ETHYLENE* DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE CAIR KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN
Mulai masa bimbingan : 5 Juni 2022
Batas akhir bimbingan : 2 Desember 2022

No.	Tanggal	Materi bimbingan	Paraf dosen
1.	1 Jan 2022	Perkenalan	
2.	2 Jan 2022	Diskusi mengenai tahap pra-rancangan pabrik	
3.	8 Feb 2022	Pengajuan persetujuan luaran 1 dan luaran 2	
4.	14 Apr 2022	Pengajuan persetujuan luaran 3	
5.	13 Juli 2022	Pengajuan persetujuan luaran 4 dan luaran 5	
6.	12 Sept 2022	Pengajuan persetujuan luaran 6 sampai 13	
7.	21 Sept 2022	Pengajuan persetujuan bab 6, bab 7, dan naskah tugas akhir	
8.	20 Okt 2022	Pengajuan persetujuan pendadaran	

Dosen Pembimbing 1



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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Yasinta Ady Kusumaningrum
 No. Mahasiswa : 18521160
2. Nama Mahasiswa : Rr. Aina Nur Aisha
 No. Mahasiswa : 18521181
 Judul Prarancangan : PRA RANCANGAN PABRIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) DARI *ETHYLENE* DENGAN PROSES POLIMERISASI FASE CAIR KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN
- Mulai masa bimbingan : 5 Juni 2022
 Batas akhir bimbingan : 2 Desember 2022

No.	Tanggal	Materi bimbingan	Paraf dosen
1.	1 Jan 2022	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap prarancangan pabrik	
2.	10 Jan 2022	Penentuan kapasitas pabrik	
3.	14 Jan 2022	Diskusi Bab I melalui media zoom	
4.	4 Feb 2022	Pengajuan persetujuan luaran 1 dan luaran 2	
5.	5 Feb 2022	Revisi luaran 1 dan luaran 2	
6.	12 Apr 2022	Pengajuan persetujuan luaran 3	
7.	7 Jun 2022	Pembuatan diagram alir	
8.	13 Jun 2022	Revisi diagram alir	
9.	17 Jun 2022	Revisi diagram alir dan neraca massa	
10.	4 Juli 2022	Diskusi perhitungan optimasi reactor	
11.	16 Juli 2022	Pengajuan persetujuan luaran 4 dan luaran 5	
12.	17 Juli 2022	Revisi perhitungan reaktor	
13.	16 Agust 2022	Bimbingan reactor, alat besar, dan alat kecil	

14.	12 Sept 2022	Revisi alat pemisah	
15.	15 Sept 2022	Bimbingan utilitas, dan revisi PEFD	
16.	19 Sept 2022	Pengajuan persetujuan bab 6, bab 7, dan naskah	
17.	21 Sept 2022	Revisi naskah tugas akhir	
18.	22 Sept 2022	Pengajuan persetujuan pendadaran	

Dosen Pembimbing


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

