

PRA RANCANGAN PABRIK *ETHYLENE* DARI

***ETHANE* KAPASITAS 48.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Siti Vika Karti

Nama : Genta Widhi Pangestu

NIM : 19521134

NIM : 19521176

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Vika Karti

Nama : Genta Widhi Pangestu

NIM : 19521134

NIM : 19521176

Yogyakarta, November 2023

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

Td. Tangan

Siti Vika Karti

Td. Tangan

Genta Widhi Pangestu

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK *ETHYLENE* DARI *ETHANE* KAPASITAS

48.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Siti Vika Karti

Nama : Genta Widhi Pangestu

NIM : 19521134

NIM : 19521176

Yogyakarta, November 2023

Pembimbing,



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

الإسلامية الإسلامية

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK *ETHYLENE* DARI *ETHANE* DENGAN
KAPASITAS 48.000 TON/TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Siti Vika Karti

Nama : Genta Widhi Pangestu

NIM : 19521134

NIM : 19521176

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, November 2023

Tim Penguji,

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

Ketua

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

Anggota I

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

Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**PRA RANCANGAN PABRIK ETHYLENE DARI ETHANE KAPASITAS 48.000 TON/TAHUN**”, disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik Kimia yang telah didapat selama kuliah, serta merupakan sebagai salahsatu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena ini, melalui kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Karunia-Nya
2. Bapak dan Ibunda kami tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi selama mengenyam Pendidikan di S1 Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan salam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Teman-teman Teknik Kimia 2019 yang selalu memberikan dukungan, semangat serta doa.
6. Seluruh civitas akademik di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamu 'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, November 2023

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Bapak terhebat dan Mamah terbaik saya yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang, dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Tidak lupa juga terima kasih kepada seluruh keluarga saya tercinta khususnya mba riris, rafli, mas saka, dan arumi yang selalu memberikan semangat kepada saya.

Teruntuk coco, seseorang yang menjadi tempat bercerita dalam suka maupun duka. Terima kasih telah bersabar melewati hari demi hari dengan serba-serbi kehidupan saya dan tentunya selalu mendukung kegiatan apapun yang saya lakukan.

Genta Widhi Pangestu sebagai *partner* dari penelitian sampai pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga kita kelak menjadi pribadi yang sukses kedepannya. Aamiin.

Sahabat-sahabat saya tercinta ica, parida, ngebi, harun, cilem, resya, umi, wanda, vega, iqlima, kanya, echi, lala, rissa, salsa, hani, alya, dan anis yang tidak bosan-bosannya mendengar keluh kesah, memberikan nasihat yang sangat berarti serta memberikan dukungan dalam keadaan apapun.

Teman-teman saya anak-anak st, ghina, alfa, basisan kontrakan, terima kasih telah menerima segala suka duka selama melewati masa-masa perkuliahan dan

Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi teman hebat yang bisa melewati rintangan semasa menjalani kuliah ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses semua untuk kedepannya. Aamiin.

Teknik Kimia UII 2019, almamater tercinta, yang punya andil besar di dalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terima kasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini, semoga kalian sukses selalu. Aamiin

(Siti Vika Karti)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Papa, mama, dan kedua adik saya yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang, dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Tidak lupa juga terima kasih kepada seluruh keluarga saya tercinta yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Regina Turenggojati Iswari sebagai *partner* saya dalam segala hal, seseorang yang selalu menemani saya dikala suka maupun duka. Terima kasih selalu berusaha untuk menjadi yang terbaik untuk saya dan selalu bersabar dalam menghadapi saya yang terkadang belum bisa bersikap dewasa.

Siti Vika Karti sebagai *partner* pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga kita kelak menjadi pribadi yang sukses kedepannya. Aamiin.

Teman-teman terdekat saya BK, the paid, dan teknik kimia 2019, terima kasih telah menerima segala suka duka selama melewati masa-masa perkuliahan dan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi teman hebat yang bisa melewati rintangan semasa menjalani kuliah ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses semua untuk kedepannya. Aamiin.

(Genta Widhi Pangestu)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xv
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3 Tinjauan Pustaka	6
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	10
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	15
2.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	15
2.2 Spesifikasi Produk.....	15
2.3 Pengendalian Kualitas	20
BAB III PERANCANGAN PROSES	24
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	24
3.2 Uraian Proses	26
3.3 Spesifikasi Alat	29

3.4 Neraca Massa	41
3.5 Neraca Panas	43
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....	46
4.1 Lokasi Pabrik	46
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	50
4.3 Tata Letak Alat Proses (<i>Marchines Layout</i>).....	56
4.4 Organisasi Perusahaan	58
BAB V UTILITAS	78
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	78
5.2 Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	89
5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>)	90
5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar	90
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	91
5.7 Unit Refrigerant	93
5.8 Diagram Alir Utilitas.....	95
5.9 Spesifikasi Alat Utilitas.....	96
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....	107
6.1. Penaksiran Harga Peralatan.....	108
6.2 Analisa Perhitungan Biaya.....	112
6.3 Analisa Kelayakan	114
6.4 Hasil Perhitungan.....	117
6.5 Analisa Keuntungan	122
6.6 Analisa Risiko Pabrik.....	122
6.7 Analisa Kelayakan Pabrik	124
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	126
7.1 Kesimpulan	126
7.2 Saran.....	128
DAFTAR PUSTAKA.....	129
LAMPIRAN.....	130

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor <i>Ethylene</i> di Indonesia	2
Tabel 1. 2 Data Ekspor <i>Ethylene</i> di Indonesia	3
Tabel 1. 3 Data Konsumsi <i>Ethylene</i> di Indonesia	4
Tabel 1. 4 Perbandingan Proses	8
Tabel 1. 5 Nilai Harga ΔH_f dan ΔG_f	10
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Separator 1	29
Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Separator 2	29
Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Menara Distilasi	30
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Akumulator	30
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Tangki 1	31
Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Tangki 2	32
Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Tangki 3	32
Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Pompa 1	33
Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Pompa 2	33
Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Pompa 3	34
Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Pompa 4	34
Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Pompa 5	35
Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat <i>Vaporizer</i>	35
Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat <i>Waste Heat Boiler</i>	36
Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat <i>Cooler</i>	37
Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat <i>Condensor Parsial</i>	37
Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat <i>Reboiler</i>	38
Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat <i>Condensor</i>	39
Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat <i>Heater</i>	40
Tabel 3. 20 Neraca Massa <i>Vaporizer</i>	41
Tabel 3. 21 Neraca Massa Separator 1	41
Tabel 3. 22 Neraca Massa Reaktor	42
Tabel 3. 23 Neraca Panas Separator 2	42
Tabel 3. 24 Neraca Massa Menara Distilasi	43
Tabel 3. 25 Neraca Panas <i>Vaporizer</i>	43
Tabel 3. 26 Neraca Panas Separator 1	43
Tabel 3. 27 Neraca Panas Reaktor	44
Tabel 3. 28 Neraca Panas <i>Waste Heat Boiler</i>	44
Tabel 3. 29 Neraca Panas <i>Cooler</i>	44
Tabel 3. 30 Neraca Panas Kondensor Parsial	44
Tabel 3. 31 Neraca Panas Separator 2	45
Tabel 3. 32 Neraca Panas Menara Distilasi	45
Tabel 3. 33 Neraca Panas <i>Condensor</i>	45
Tabel 3. 34 Neraca Panas <i>Heater</i>	45
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan	54
Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan	70
Tabel 4. 3 Jadwal <i>Shift</i> Kerja Karyawan	73

Tabel 4. 4 Rincian Gaji Karyawan	74
Tabel 5. 1 Kebutuhan <i>Process Water</i>	88
Tabel 5. 2 Total Kebutuhan Listrik.....	89
Tabel 5. 3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas.....	96
Tabel 5. 4 Spesifikasi Bak Pengendap Awal	98
Tabel 5. 5 Spesifikasi Bak	98
Tabel 5. 6 Spesifikasi <i>Clarifier</i>	98
Tabel 5. 7 Spesifikasi Saringan Pasir SF	99
Tabel 5. 8 Spesifikasi Menara Pendingin	99
Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Penukar Kation dan Anion.....	100
Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki NaCL dan NaOH	100
Tabel 5. 11 Unit Udara Tekan	101
Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar.....	102
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Brine	102
Tabel 5. 14 Unit Udara Tekan (Refrigeran).....	103
Tabel 5. 15 <i>Condensor</i> Utilitas (Refrigeran).....	103
Tabel 5. 16 Ekspansi (Refrigeran).....	104
Tabel 5. 17 Sepatator Utilitas (Refrigeran)	105
Tabel 5. 18 <i>Cooler</i> Utilitas (Refrigeran)	106
Tabel 6. 1 Harga Indeks Tahunan.....	108
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses	110
Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas.....	111
Tabel 6. 4 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC)	117
Tabel 6. 5 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC)	117
Tabel 6. 6 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI).....	117
Tabel 6. 7 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	118
Tabel 6. 8 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	118
Tabel 6. 9 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	118
Tabel 6. 10 <i>Manufacturing Cost</i> (MC).....	118
Tabel 6. 11 <i>Working Capital</i> (WC).....	119
Tabel 6. 12 <i>General Expense</i> (GE)	119
Tabel 6. 13 <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	119
Tabel 6. 14 <i>Fixed Cost</i> (Fa).....	119
Tabel 6. 15 <i>Variable Cost</i> (Va)	119
Tabel 6. 16 <i>Regulated Cost</i> (Ra)	120
Tabel 6. 17 Parameter Risiko Pabrik.....	123
Tabel 6. 18 Analisa Kelayakan Pabrik	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor <i>Ethylene</i> di Indonesia	3
Gambar 1. 2 Grafik Ekspor <i>Ethylene</i> di Indonesia	4
Gambar 1. 3 Grafik Konsumsi <i>Ethylene</i> di Indonesia.....	5
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	25
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik	46
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik.....	55
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses	56
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi.....	61
Gambar 5. 1 Siklus Refrigerasi	93
Gambar 5. 2 Diagram Alir Utilitas	95
Gambar 6. 1 Indeks Harga Alat.....	110
Gambar 6. 2 Grafik Analisa Ekonomi.....	125

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Perancangan Reaktor	130
Lampiran B	<i>Process Engineering Flow Diagram</i> (PEFD).....	145
Lampiran C	Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik.....	147

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: <i>Temperature</i> , °C
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
π	: Jari-jari, in
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
V	: Volume, m ³
m	: Massa, kg
P	: Tekanan, psia
T	: Waktu, jam
K	: Konstanta kinetika reaksi, /menit
F _v	: Laju alir, m ³ /jam
M _s	: Massa <i>steam</i> , kg
A	: Luas bidang penampang, ft ²
x	: Konversi, %
TD	: Titik didih, °C
D _t	: Dimensi reaktor, m
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
t _s	: Ketebalan dinding, in
t _h	: Ketebalan <i>head</i> , in

P	: <i>Power motor, hP</i>
Re	: <i>Bilangan Reynold</i>
E	: <i>Efisiensi sambungan</i>
Ri	: <i>Jari-jari reaktor</i>
C	: <i>Corrision allowance</i>
f	: <i>Allowable stress, psia</i>
icr	: <i>Jari-jari sudut dalam, in</i>
W	: <i>Faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head</i>
sg	: <i>Specific gravity</i>
Di	: <i>Diameter pengaduk, m</i>
W	: <i>Tinggi pengaduk, m</i>
Wb	: <i>Lebar baffle, m</i>
L	: <i>Lebar pengaduk, m</i>
Zi	: <i>Jarak pengaduk, m</i>
ZL	: <i>Tinggi pengaduk, m</i>
N	: <i>Kecepatan pengadukan, rpm</i>
Rd	: <i>Faktor pengotor</i>
H	: <i>Efisiensi</i>
N	: <i>Jumlah banyaknya lilitan</i>
L	: <i>Panjang koil, m</i>
p	: <i>Panjang, m</i>
l	: <i>Lebar, m</i>
hi	: <i>Inside film coefficient, Btu/jam ft²°F</i>

h_{io} : *Outside film coefficient, Btu/jam ft²°F*

jH : *Heat transfer factor*

LMTD : *Long mean temperature different, °F*

N_t : *Jumlah tube*

ABSTRAK

Ethylene merupakan senyawa yang tersusun dari unsur hidrogen dan karbon atau hidrokarbon olefin yang paling ringan. *Ethylene* digunakan sebagai senyawa campuran produksi plastik (polietilena). Pabrik ethylene dari ethane direncanakan akan didirikan di Gresik, Jawa Timur dan menghasilkan produk sebanyak 48.000 Ton/Tahun beroperasi 330 hari dalam setahun. Proses produksi *ethylene* menggunakan reactor multitubular yang dirancang didalam *furnace* pada kondisi operasi 450°C dan tekanan 20 atm. Dari studi evaluasi ekonomi, untuk menunjang proses produksi diperlukan modal investasi. Utilitas pabrik dibagi beberapa unit misalnya adalah penyedia air yang akan digunakan untuk pemanas/pendingin pada alat proses, kemudian penyedia refrigerant, dan instrument yang lain penunjang produksi pabrik ini. Jumlah karyawan berjumlah 160 orang. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari karyawan *shift* dan *non shift*. Pabrik ini digolongkan pabrik berisiko tinggi dengan *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak 18,85% dan setelah pajak 14,70%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 5,04 tahun dan setelah pajak 6,37 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 43,82% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 39,95%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) terhitung sebesar 26,39%. Dari data Analisa kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini masih belum memenuhi persyaratan untuk disebut layak.

Kata Kunci : *Ethylene, ethane, thermal cracking.*

ABSTRACT

Ethylene is a compound composed of hydrogen and carbon or the lightest olefin. Ethylene is used as a mixed compound for plastic production (polyethylene). The ethylene plant from ethane is planned to be established in Gresik, East Java and produce 48,000 tons/year of products operating 330 days a year. The ethylene production process uses a multitubular reactor designed in a furnace at operating conditions of 450 °C and 20 atm pressure. From the economic evaluation study, to support the production process, capital investment is required. The factory utilities are divided into several units, for example, the water provider that will be used for heating/cooling the process equipment, then the refrigerant provider, and other instruments supporting the production of this factory. The number of employees totals 160 people. The employee work system is based on division according to working hours consisting of shift and non-shift employees. This factory is classified as a high-risk factory with Return on Investment (ROI) before tax 18.85% and after tax 14.70%. Pay Out Time (POT) before tax for 5.04 years and after tax 6.37 years. Break Even Point (BEP) of 43.82% and Shut Down Point (SDP) of 39.95%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 26.39%. From the feasibility analysis data above, it can be concluded that this factory still does not meet the requirements to be called feasible.

Keywords: *Ethylene, ethane, thermal cracking.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri di Indonesia, khususnya industri kimia dari tahun ke tahun telah mengalami peningkatan baik kualitas maupun kuantitas, sehingga kebutuhan akan bahan baku, bahan penunjang maupun tenaga kerja semakin meningkat.

Persaingan ini dikhawatirkan dapat mempengaruhi perekonomian nasional yaitu meningkatnya nilai impor dan menurunnya nilai ekspor. Untuk itu diperlukan tahapan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat dan memperluas lapangan kerja dengan salah satu cara meningkatkan pembangunan di sektor industri. Salah satu industri yang dapat didirikan yaitu industri pembuatan *ethylene*.

Saat ini industri *ethylene* sangat dibutuhkan oleh peminat pasar global maupun pasar Indonesia. Dengan banyaknya permintaan *ethylene* secara global dan akan mengalami kenaikan per tahunnya, sementara produsen *ethylene* sendiri masih sangat terbatas, maka bisa dikatakan pangsa pasar untuk pabrik *ethylene* masih terbuka. Oleh karena itu dilakukan perancangan pabrik *ethylene* dengan bahan baku *ethane* untuk memenuhi kebutuhan akan *ethylene* dan membuka lapangan kerja. Di Indonesia perusahaan yang memproduksi *ethylene* antara lain PT Chandra Asri dengan kapasitas 860.000 Ton/tahun.

Untuk mengurangi nilai impor maka perlu didirikan pabrik *ethylene* di Indonesia untuk meningkatkan daya saing perekonomian Indonesia baik di dalam negeri maupun mancanegara, serta memberikan hal positif dalam segala bidang.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

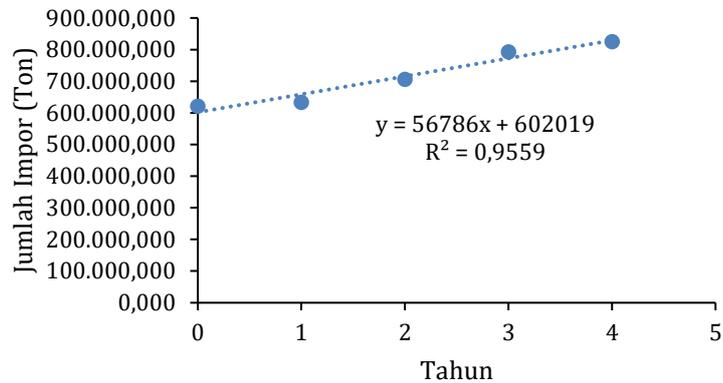
Banyaknya kegunaan dari *ethylene*, membuat perusahaan menggunakan *ethylene* sebagai bahan penunjang dalam proses produksinya, kebutuhan *ethylene* terus meningkat. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), data impor *Ethylene* dari tahun 2017 sampai 2021 ditunjukkan dalam Tabel 1.1. Berdasarkan Tabel 1.1 Data Impor *Ethylene* di Indonesia.

1.2.1 Impor *Ethylene*

Tabel 1. 1 Data Impor *Ethylene* di Indonesia

Tahun	Impor <i>Ethylene</i> (Ton/Tahun)
2017	620.711,723
2018	633.449,500
2019	706.300,663
2020	792.258,429
2021	825.237,512
Total	3.577.957,83

(Sumber BPS, 2022)



Gambar 1. 1 Grafik Impor *Ethylene* di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1 data impor *ethylene*, untuk memperkirakan jumlah impor *ethylene* pada tahun 2027 digunakan metode sesuai trend grafik linier diperkirakan kebutuhan impor pada tahun tersebut sebesar 1.169.879 ton/tahun

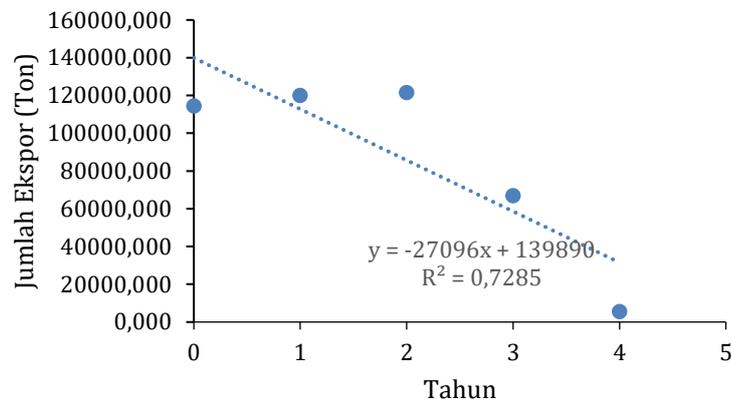
1.2.2 Ekspor *Ethylene*

Data kebutuhan ekspor *ethylene* didapatkan dari Badan Pusat Statistika (BPS).

Tabel 1. 2 Data Ekspor *Ethylene* di Indonesia

Tahun	Ekspor <i>Ethylene</i> (Ton/Tahun)
2016	114.404,278
2017	120.077,035
2018	121.582,702
2019	66.924,878
2020	5.500,696
Total	428.489,589

(Sumber BPS, 2022)



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor *Ethylene* di Indonesia

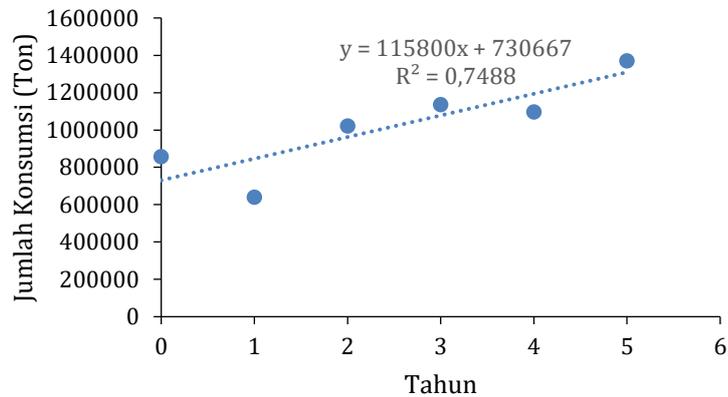
Berdasarkan Gambar 1.2 data ekspor *ethylene*, untuk memperkirakan jumlah impor *ethylene* pada tahun 2027 digunakan metode sesuai trend grafik linier diperkirakan kebutuhan ekspor pada tahun tersebut sebesar -158.166 ton/tahun).

1.2.3 Konsumsi *Ethylene*

Tabel 1. 3 Data Konsumsi *Ethylene* di Indonesia

Tahun	Konsumsi <i>Ethylene</i> (Ton/Tahun)
2014	857.000
2015	640.000
2016	1.021.000
2017	1.136.000
2018	1.096.000
2019	1.371.000

(Sumber PT. Chandra Asri Petrochemical)



Gambar 1. 3 Grafik Konsumsi *Ethylene* di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.3 data konsumsi *ethylene*, untuk memperkirakan jumlah konsumsi *ethylene* pada tahun 2027 digunakan metode sesuai trend grafik linier diperkirakan kebutuhan konsumsi pada tahun tersebut sebesar 2.236.067 ton/tahun.

1.2.4 Produksi *Ethylene* di Indonesia

Indonesia hanya memiliki satu perusahaan yang memproduksi *ethylene* yakni PT. Chandra Asri Petrochemical. Perusahaan tersebut memproduksi sebanyak 860.000 ton/tahun.

1.2.5 Kapasitas Pabrik

Berdasarkan data-data impor, ekspor, konsumsi, dan produksi di atas, dapat ditentukan besarnya peluang produksi dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\
 &= 1.169.879 + 860.000 \\
 &= 2.029.879
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Demand &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= (-158.166) + 2.236.067 \\ &= 2.077.901 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= Demand - Supply \\ &= 2.077.901 - 2.029.879 \\ &= 48.022 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan peluang untuk penentuan kapasitas pabrik, pada tahun 2027 pabrik *ethylene* dari *ethane* memiliki kapasitas yaitu sebesar 48.000 ton/tahun setelah dibulatkan agar mempermudah perhitungan.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 *Ethylene*

Ethylene merupakan senyawa yang tersusun dari unsur hidrogen dan karbon atau hidrokarbon olefin yang paling ringan dengan berat molekul 28,054. Pada suhu kamar etilen berupa gas tidak berwarna, mudah terbakar, sedikit berbau wangi. Sifat kimia etilen ditentukan dari ikatan rangkapnya yang bereaksi terutama secara adisi menghasilkan hidrokarbon jenuh dan turunannya serta polimer.

Ethylene merupakan senyawa yang menjadi bahan baku berbagai produk turunannya berdasarkan karakteristik reaksi. Sekarang hampir seluruh *ethylene* dibuat dari gas alam, etana, propana, dan parafin lain

yang berat serta fraksi minyak mentah, nafta, kerosin, dan gas oil. Sejumlah kecil *ethylene* didapat dari gas keluaran kilang.

1.3.2 Etana

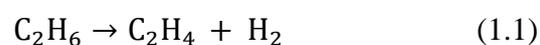
Etana merupakan senyawa alkana yang tergolong kedalam senyawa hidrokarbon alifatik jenuh. Etana juga merupakan alkana dengan anggota dua karbon yang berbentuk tetrahedral yang memiliki sudut ikatan antara H-C adalah 109° . Senyawa ini memiliki sifat mudah terbakar, hasil pembakarannya menghasilkan kalor, karbon dioksida, dan uap air.

Etana adalah senyawa hidrokarbon yang berwujud gas tidak berbau dan tidak berwarna pada suhu dan tekanan standar. Etana merupakan senyawa yang stabil dan menunjukkan ketahanan terhadap reaktivitas. Etana dapat larut dalam pelarut polar.

1.3.3 Pemilihan Proses

a. Proses Steam Cracking

Proses ini steam cracking bahan baku yang umum digunakan adalah etana, nafta, dan jenis hidrokarbon lainnya. Proses perengkahan uap ini berlangsung didalam furnace dengan plug flow reaktor didalamnya yang melewati furnace. Sebelum masuk kedalam reaktor, umpan dipanaskan terlebih dahulu dibagian konveksi pada furnace, kemudian dicampur dengan uap super panas dengan perbandingan tertentu. Dengan persamaan reaksi



Reaksi ini berlangsung pada suhu 800-900 derajat celcius. Pembentukan *ethylene* dengan proses steam cracking pada tekanan 2,2 atm dan perbandingan rasio uap terhadap etana 0,3 : 0,5.

b. Proses Perengkahan dengan Panas (*Thermalcracking*)

Proses perengkahan dengan panas (*thermalcracking*) dapat menghasilkan *ethylene* dalam skala besar, bahan bakunya pada umumnya menggunakan etana, propana, butana dan gas *oil*. Reaksi perengkahan adalah reaksi pemecahan rantai karbon dengan suhu yang cukup tinggi. Dalam hal ini etana sebagai bahan baku paling sederhana, membutuhkan suhu tertinggi agar terjadi pemecahan rantai karbon, dengan demikian, ia menggunakan energi yang sangat banyak untuk beroperasi. Proses perengkahan uap terjadi dalam tungku dengan tabung-tabung reaktor alir pipa yang melewati *furnace*. Produk akan langsung didinginkan secara cepat dan kemudian dimurnikan untuk memisahkan komponen-komponen hidrokarbon dan agar mendapatkan kemurnian yang diinginkan (M N Rosli dan N Aziz 2016)

Reaksi :



Tabel 1. 4 Perbandingan Proses

Parameter	<i>Steam Cracking</i>	<i>Thermal Cracking</i>
Bahan baku	<i>Ethane</i>	<i>Ethane</i>

Tekanan	2,2 atm	20 atm
Fase reaksi	gas-gas	gas-gas
Reaktor	RAP Mutitubular dengan <i>Box-type furnace</i>	RAP Mutitubular dengan <i>Box-type furnace</i>
Konversi	95%	95%
Suhu operasi	800°C – 900°C	500°C - 900°C
Referensi	M Rosli dan N Aziz, 2016	Seifzadeh S, et al. 2013

Dari kedua proses pembuatan *ethylene* di atas, maka dipilih proses pembuatan *ethylene* dari *ethane* dengan cara *thermal cracking*.

Proses ini dipilih dengan pertimbangan:

- a. Proses *thermal cracking* lebih sederhana dibandingkan dengan *steam cracking* karna tidak ada penambahan uap panas.
- b. Proses *thermal cracking* dapat menghasilkan berbagai produk kimia selain etilena, yang dapat menguntungkan jika ada permintaan pasar untuk produk-produk lain, seperti propena, butena, atau bahan bakar hidrokarbon.
- c. Proses *thermal cracking* dapat dirancang untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan energi, terutama jika terdapat proses penyulingan untuk memisahkan produk-produk yang dihasilkan.
- d. Proses *thermal cracking* tidak memerlukan katalis, sehingga menyederhanakan prosesnya.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Dalam pembuatan *ethylene* tinjauan termodinamika diperlukan untuk mengetahui apakah reaksi dapat berlangsung, merupakan reaksi kesetimbangan atau reaksi searah, eksotermis atau endotermis. Hal seperti ini sangat penting untuk diketahui dalam proses perancangan reaktor.

Tabel 1. 5 Nilai Harga ΔH_f dan ΔG_f

Komponen	ΔH°_f (kJ/mol)	ΔG°_f (kJ/mol)
H ₂	0	0
CH ₄	-74,85	-50,84
C ₂ H ₄	53,30	68,12
C ₂ H ₆	-84,68	-32,93
C ₂ H ₂	226,37	209,20
C ₃ H ₈	-103,85	-23,47

Untuk reaksi sebagai berikut:



Sehingga ΔH° reaksinya,

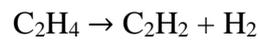
$$\Delta H_{R_{298}} = \Delta H_{f_{\text{produk}}} - \Delta H_{f_{\text{reaktan}}}$$



$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{R_{298}} &= \Delta H_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_4 + \Delta H_{f_{298}} \text{H}_2 - \Delta H_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_6 \\ &= (53,30 + 0) - (-84,68) \end{aligned}$$

$$= 137,98 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_{R_{298}} = \Delta H_{f_{\text{produk}}} - \Delta H_{f_{\text{reaktan}}}$$



$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{R_{298}} &= \Delta H_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_2 + \Delta H_{f_{298}} \text{H}_2 - \Delta H_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_4 \\ &= (226,37 + 0) - (53,30) \\ &= 173,07 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa nilai $\Delta H > 0$ sehingga reaksi merupakan reaksi endotermis.

Perhitungan data Gibbs

$$\Delta G^\circ_f = \Delta G_{f_{\text{produk}}} - \Delta G_{f_{\text{reaktan}}}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_f &= \Delta G_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_4 + \Delta G_{f_{298}} \text{H}_2 - \Delta G_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_6 \\ &= (68,12 + 0) - (-32,93) \\ &= 101,05 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ_f = \Delta G_{f_{\text{produk}}} - \Delta G_{f_{\text{reaktan}}}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_f &= \Delta G_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_2 + \Delta G_{f_{298}} \text{H}_2 - \Delta G_{f_{298}} \text{C}_2\text{H}_4 \\ &= (209,20 + 0) - (68,12) \\ &= 141,08 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa ΔG_f bernilai positif (+) dari hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi

pada pembuatan *ethylene* dari ethane suhu 298°K adalah bolak-balik.

Menghitung konstanta kesetimbangan (K) standar pada suhu 25°C (298 K) menggunakan persamaan (15.14) dari Van Ness (1997) sebagai berikut :

$$\Delta G^{\circ f} = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G^{\circ f}}{R \cdot T}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-101,05 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K}}$$

$$K_{298} = \exp(-40,78)$$

$$K_{298} = 1,94 \times 10^{-18}$$

$$\Delta G^{\circ f} = -R \cdot T \cdot \ln K$$

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G^{\circ f}}{R \cdot T}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-141,08 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K}}$$

$$K_{298} = \exp(-56,94)$$

$$K_{298} = 1,868 \times 10^{-25}$$

Untuk mengetahui arah reaksi (reversible/irreversible) dapat ditentukan dengan cara menghitung besarnya konstanta

kesetimbangan pada suhu operasi 500°C (773 K) menggunakan persamaan (15.17) dari Van Ness (1997) sebagai berikut :

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H_{298}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{Ref}}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1,94 \times 10^{-18}}\right) = -\frac{137,98 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \times \frac{10^{-3} \text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \text{K}} \times \left(\frac{1}{500^\circ\text{C}} - \frac{1}{298^\circ\text{C}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1,94 \times 10^{-18}}\right) = 22,50$$

$$\frac{K}{1,94 \times 10^{-18}} = 5,91052 \times 10^9$$

$$K = 1,15 \times 10^{-8}$$

$$\ln\left(\frac{K}{K_{298}}\right) = -\frac{\Delta H_{298}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{Ref}}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1,94 \times 10^{-18}}\right) = -\frac{173,07 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \times \frac{10^{-3} \text{kJ}}{\text{mol}} \cdot \text{K}} \times \left(\frac{1}{500^\circ\text{C}} - \frac{1}{298^\circ\text{C}}\right)$$

$$\ln\left(\frac{K}{1,94 \times 10^{-18}}\right) = 28,22$$

$$\frac{K}{1,94 \times 10^{-18}} = 1,80215 \times 10^{12}$$

$$K = 3,37 \times 10^{-13}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan konstanta kesetimbangan sebesar $1,15 \times 10^{-8}$ dan $3,37 \times 10^{-13}$. Hal ini dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara reversible

(bolak-balik) karena konstanta yang dihasilkan kurang dari satu
($K < 1$)

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan kinetika merupakan tinjauan yang dilakukan untuk mengetahui laju atau kecepatan reaksi. Laju reaksi dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi terhadap satuan waktu. Secara umum, laju reaksi akan meningkat dengan bertambahnya suhu. Semakin cepat laju reaksi maka volume reaktor yang diperlukan semakin kecil. Reaksi pembentukan *ethylene* dari ethane adalah sebagai berikut :



Persamaan laju reaksi masing-masing adalah sebagai berikut :

$$k_1 = (3.59 \times 10^{14}/T)e^{-36356/T}$$

$$k_2 = 8.49 \times 10^8 e^{-16.41/T}$$

$$k_3 = 9.13 \times 10^7 e^{-30.800/T}$$

untuk reaksi pada persamaan 1.1 adalah sebagai berikut :

$$r_1 = k_1 \left[\frac{F_{\text{C}_2\text{H}_6} \cdot P}{F_T} \right] - k_2 \left[\frac{F_{\text{C}_2\text{H}_4} \cdot F_{\text{H}_2} \cdot P}{K \cdot F_T} \right]$$

untuk reaksi pada persamaan 1.2 adalah sebagai berikut :

$$r_2 = \frac{k_3 \cdot P}{(F_T)^2} (F_{\text{C}_2\text{H}_4})^2$$

BAB II PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1 Ethane

a. Sifat Fisis

1. Rumus Kimia : C_2H_6
2. Bentuk : Gas
3. Berat Molekul : 30 g/mol
4. Titik Didih : $-88\text{ }^\circ\text{C}$
5. Titik Leleh : $-183\text{ }^\circ\text{C}$
6. Densitas : $0.506 - 0.583\text{ g/cm}^3$ (at $15\text{ }^\circ\text{C}$)
7. Temperatur Kritis (T_c) : $32.4\text{ }^\circ\text{C}$
8. Tekanan Kritis (P_c) : 4872 kPa

b. Sifat Kimia

1. Gas mudah terbakar.
2. Gas mudah meledak jika gas berada di bawah tekanan.
3. Dapat menyebabkan *frostbite*.

(Linde: safety data sheet, 2022)

2.2 Spesifikasi Produk

2.2.1 Ethylene

a. Sifat Fisis

1. Rumus Kimia : C_2H_4
2. Bentuk : Gas
3. Berat Molekul : 28.06 g/mol
4. Titik Didih : $-103.77^{\circ}C$
5. Titik Leleh : $-169.15^{\circ}C$
6. Densitas : 0.07246 (lb/ft³)
7. Temperatur Kritis (Tc) : $9.95^{\circ}C$
8. Tekanan Uap : pada 70°F (21.1°C)

b. Sifat Kimia

1. Gas mudah terbakar
2. Berisi gas di bawah tekanan; dapat meledak jika dipanaskan.
3. Dapat menyebabkan kantuk dan pusing
4. Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara

(Air gas an air liquide company: safety data sheet, 2021)

2.2.2 Metana

a. Sifat Fisis

1. Rumus Kimia : CH_4
2. Bentuk : Gas
3. Berat Molekul : 16.04
4. Titik Didih : $-162^{\circ}C$
5. Titik Leleh : $-183^{\circ}C$
6. Densitas : 0.717 g/L pada suhu $0^{\circ}C$

7. Tekanan Uap : 760 mmHg pada suhu -161 °C

8. Temperatur Kritis (Tc) : -

b. Sifat Kimia

1. Gas mudah terbakar

2. Berisi gas di bawah tekanan; dapat meledak jika dipanaskan.

2.2.3 Hidrogen

a. Sifat Fisis

1. Rumus Kimia : H₂

2. Bentuk : Gas

3. Berat Molekul : 2.02 g/mol

4. Titik Didih : -253°C

5. Titik Leleh : 259.15°C

6. Densitas : 0.083(lb/ft³)

7. Tekanan Uap : -

8. Temperatur Kritis (Tc) : -240.15°C

b. Sifat Kimia

1. Gas sangat mudah terbakar

2. Dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara

3. Berisi gas di bawah tekanan; dapat meledak jika dipanaskan.

(Airgas an air liquide company: safety data sheet, 2020)

2.2.4 Etana

a. Sifat Fisis

1. Rumus Kimia : C_2H_6
2. Bentuk : Gas
3. Berat Molekul : 30.08
4. Titik Didih : $-89\text{ }^\circ\text{C}$
5. Titik Leleh : $-182,8\text{ }^\circ\text{C}$
6. Densitas : 1.1 (Air = 1)
7. Tekanan Uap : 543 (psig)
8. Temperatur Kritis (T_c) : $32.35\text{ }^\circ\text{C}$

b. Sifat Kimia

1. Gas mudah terbakar.
2. Berisi gas di bawah tekanan; dapat meledak jika dipanaskan.

(Airgas an air liquide company: safety data sheet, 2020)

2.2.5 Propana

a. Sifat Fisis

1. Rumus Kimia : C_3H_8
2. Bentuk : Gas
3. Berat Molekul : 44.11
4. Titik Didih : $-42,1\text{ }^\circ\text{C}$
5. Titik Leleh : $-187,6\text{ }^\circ\text{C}$
6. Densitas : 1.6 (Air = 1)

7. Tekanan Uap : 109 (psig)

8. Temperatur Kritis (Tc) : 96.55 °C

b. Sifat Kimia

1. Gas mudah terbakar

2. Berisi gas di bawah tekanan; dapat meledak jika dipanaskan.

(Airgas an air liquide company: safety data sheet, 2020)

2.2.6 Asetilena

a. Sifat Fisis

1. Rumus Kimia : C_2H_2

2. Bentuk : Gas

3. Berat Molekul : 26.04

4. Titik Didih : -

5. Titik Leleh : -81 °C

6. Densitas : 0.907 (Air = 1)

7. Tekanan Uap : 635 (psig)

8. Temperatur Kritis (Tc) : 35.25 °C

b. Sifat Kimia

1. Gas mudah terbakar

2. Berisi gas di bawah tekanan; dapat meledak jika dipanaskan.

(Airgas an air liquide company: safety data sheet, 2020)

2.3 Pengendalian Kualitas

Untuk menghasilkan produk *ethylene* yang mempunyai spesifikasi dan kualitas sesuai dengan standar yang diinginkan, maka diperlukan suatu pengendalian kualitas (*quality control*) yang terdiri atas pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses produksi, pengendalian terkait waktu produksi dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk memastikan apakah bahan baku yang akan digunakan telah sesuai dengan spesifikasi bahan baku yang telah ditentukan untuk proses produksi. Pengendalian bahan baku dilakukan pada awal proses, sebelum bahan baku memasuki proses produksi dengan cara melakukan beberapa pengujian terhadap bahan baku yang digunakan, dalam hal ini yaitu *ethane*.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses produksi pada pabrik *ethylene* ini menggunakan sistem kontrol otomatis (*automatic control system*) yang dilakukan di ruang kendali (*control room*). Pengendalian kualitas proses produksi yang dilakukan meliputi kontrol aliran (*flow controller* dan *level controller*) serta kontrol kondisi operasi (*temperature controller* dan *pressure controller*) terhadap bahan baku maupun produk. Jika terdapat indikasi penyimpangan proses, maka *controller* akan memberikan isyarat atau tanda, sehingga operator dapat segera melakukan tindakan untuk mengembalikan proses produksi seperti

semula baik secara otomatis maupun manual. Beberapa alat kontrol yang digunakan dan harus diatur pada kondisi tertentu adalah sebagai berikut:

a. *Flow Controller*

Merupakan alat yang dipasang untuk mengatur laju alir suatu aliran fluida, baik aliran masuk maupun keluar dengan memanfaatkan sinyal *pneumatic* yang diubah menjadi sinyal elektrik berupa arus (*milliampere*) yang akan dikirim menuju *control valve* yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal *pneumatic* sehingga mampu menggerakkan *valve*. Prinsip kerja secara umum pada alat ini yaitu memanfaatkan perbedaan tekanan dimana P_1 lebih besar daripada P_2 sehingga diperoleh nilai ΔP dan akan dikalibrasikan sesuai dengan set point yang diinginkan.

b. *Level Controller*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki untuk mengukur ketinggian bahan pada suatu alat. Jika ketinggian atau level bahan kurang atau lebih dari kondisi yang telah ditetapkan, maka dapat diketahui dari tanda atau isyarat yang muncul. Alat tersebut memanfaatkan sinyal *pneumatic* yang diubah menjadi sinyal elektrik berupa arus (*milliampere*) yang akan dikirim menuju *control valve* yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal *pneumatic* sehingga mampu menggerakkan *valve* sehingga tercapai level yang sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

c. *Temperature Controller*

Temperature controller merupakan alat yang dapat mendeteksi suhu bahan atau alat. Secara umum, *temperature controller* mempunyai *set point* atau batasan nilai suhu yang telah ditetapkan. Ketika nilai suhu bahan atau alat yang diukur melebihi atau kurang dari *set point*, maka alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

d. *Weight Controller*

Alat ini mempunyai *set point* atau batasan nilai berat yang sudah ditetapkan berdasarkan batas maksimum kemampuan dari alat penampung. *Weight controller* bertugas menunjukkan nilai berat bahan dalam alat penampung, informasi terkait nilai yang ditunjukkan ini akan diteruskan ke alat *flow rate controller* untuk ditindak lebih lanjut.

e. *Pressure Control*

Pressure controller merupakan alat yang digunakan untuk mengamati tekanan operasi suatu alat dan bila terjadi perubahan atau penyimpangan dari *set point* yang telah ditetapkan, alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

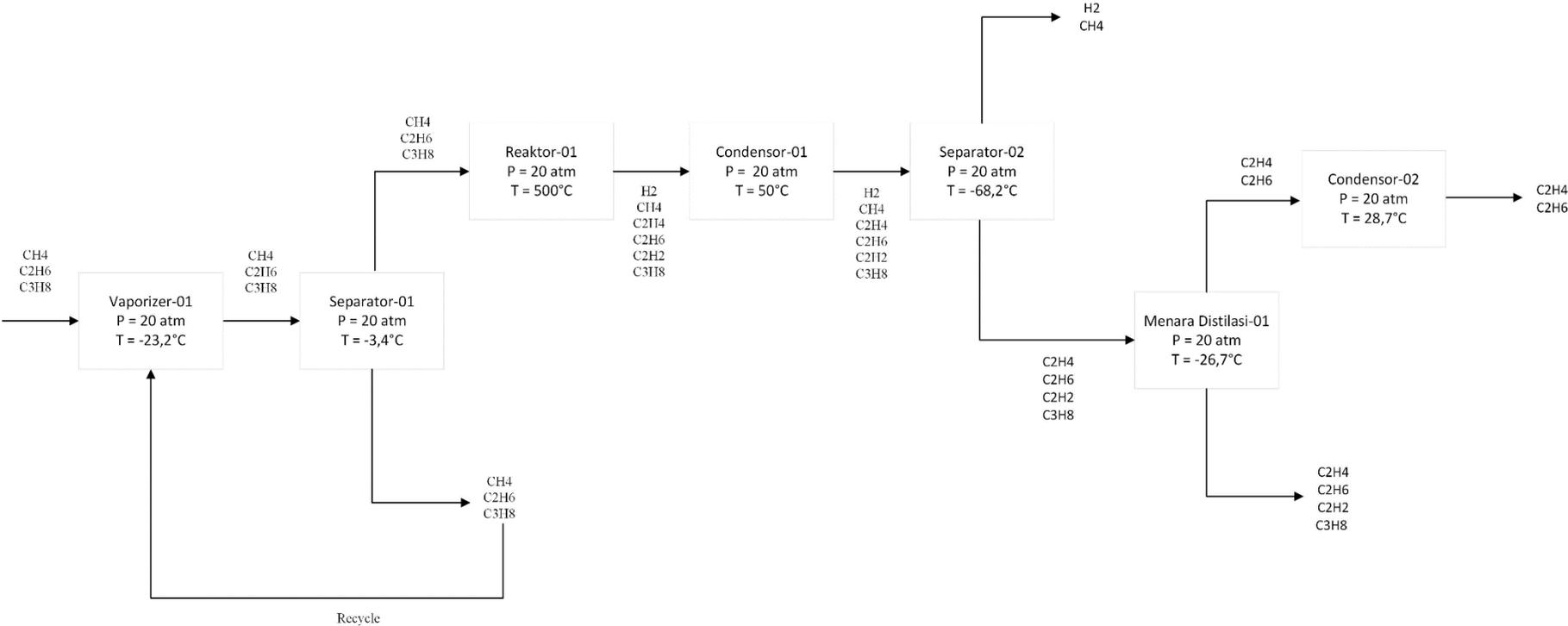
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Dalam menghasilkan *ethylene* sesuai yang diinginkan maka dibutuhkan pengendalian kualitas produk untuk memperoleh mutu produk standar dengan bahan yang berkualitas. Selain itu perlunya

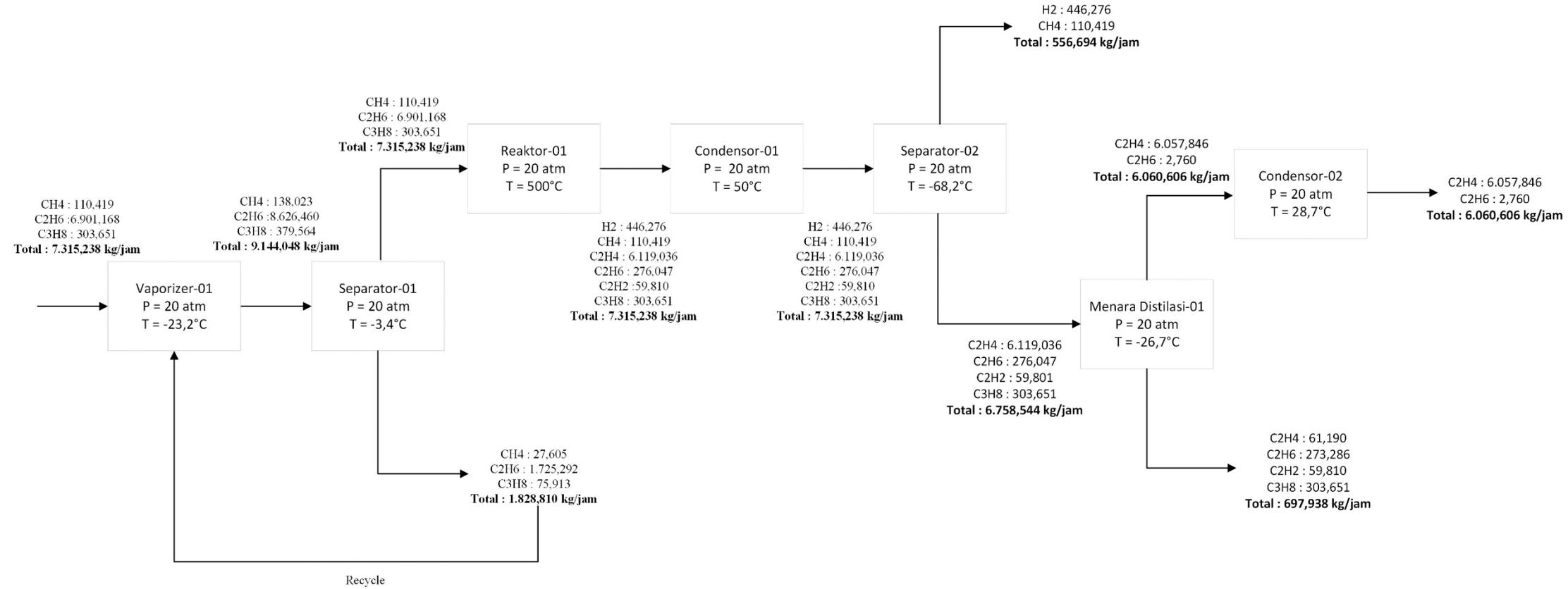
pengawasan terhadap variabel-variabel proses yang ada melalui sistem kontrol agar tetap sesuai dengan *set point* yang sudah ditentukan sebelumnya sehingga didapatkan produk berkualitas tinggi. Diperlukan pengujian terhadap spesifikasi bahan baku, kemurnian produk serta komposisi komponen produk di laboratorium untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar pabrik dan bisa dipasarkan.

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

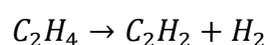
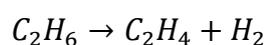
Produk *ethylene* pada pabrik ini diproduksi melalui proses *thermal cracking* dengan bahan baku utamanya adalah ethane. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas 48.000 ton/tahun yang beroperasi selama 24 jam dalam sehari selama 330 hari dalam setahun. Secara umum, proses pembuatan *ethylene* dengan *thermal cracking process* terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.

a. Persiapan bahan baku

Ethane (C_2H_6) merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *ethylene* ini dibeli dari Taiyu Gas Industry China. *Ethane* dalam fase cair pada suhu $-23,15^\circ C$ dan tekanan 13 atm disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) dengan kapasitas pakai selama tiga puluh hari. *Ethane* yang disimpan kemudian dialirkan dengan menggunakan pompa (P-02) dan pipa untuk dimasukkan ke Vaporizer (V-01) dengan tujuan untuk mengubah fase *ethane* yang tadinya berfase cair menjadi fase gas. *Ethane* dialirkan menuju separator (SP-01) untuk dipisahkan antara fase cair dan gas. *Ethane* fase gas kemudian dialirkan ke Reaktor (R-01).

b. Tahap reaksi

Reaktor yang digunakan adalah reaktor multitubular. Reaksi yang terjadi dalam reaktor (R-01) :



Bahan baku utama yaitu ethane memiliki impurities yaitu methane 3% dan propane 3%. Bahan baku *ethane* tersebut dialirkan ke dalam reaktor (R-01) yang merupakan reaktor multitubular. Reaktor (R-01) berada di dalam *furnace* (F-01), dikarenakan reaksi yang terjadi bersifat endotermis. Dalam reaktor (R-01) akan terjadi reaksi dengan memanfaatkan panas agar terjadi perengkahan pada ethane suhu agar terjadi perengkahan tersebut adalah 429°C dengan tekanan 20 atm, dengan konversi sebesar 95% . Jumlah pipa reaktor (R-01) sebanyak 23068 buah dan jumlah *furnace* (F-01) sebanyak 1 buah. *Furnace* (F-01) beroperasi pada suhu 500°C .

c. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil keluaran dari Reaktor (R-01) berupa hydrogen, metana, etana, *ethylene*, asetilena, dan *propane* pada suhu 451°C dan tekanan 20 atm, kemudian dimasukkan kedalam Kondensor Parsial (CDP-01) agar dapat dipisahkan sebagian impurities yang didapat akibat reaksi dengan cara mengembunkan gas $\text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2, \text{C}_3\text{H}_8$ dan memisahkannya dari H_2 dan CH_4 . Suhu masuk (CDP-01) yang diinginkan adalah 50°C dan suhu keluar yang diinginkan adalah -68°C serta beroperasi pada tekanan 20 atm. Sehingga sebelum masuk kondensor parsial (CDP-01), produk dimasukkan terlebih dulu ke dalam *Waste Heat Boiler* (WHB-01) selain berfungsi untuk memanfaatkan gas panas yang keluar dari Reaktor (R-01) untuk membuat *steam* (WHB-01) juga sekaligus untuk menurunkan suhu,

suhu gas keluar dari (WHB-01) adalah 160°C . Kemudian, gas tersebut didinginkan kembali dengan *Cooler* (CL-01) sampai suhu mencapai 50°C .

Setelah melalui proses kondensasi pada kondensor parsial (CDP-01), hasilnya berupa hydrogen, metana, ethane, ethylene, asetilena, dan propane dalam fase gas dan cai, sehingga perlu dipisahkan dengan menggunakan separator SP-02. Gas yang terbentuk yaitu H_2 dan CH_4 yang akan menjadi hasil atas SP-02 dan cairan yang terbentuk yaitu C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , dan C_3H_8 yang akan menjadi hasil bawah SP-02. Suhu dan tekanan keluar dari SP-02 adalah -68°C dan tekanan 20 atm.

Hasil bawah SP-02 berupa cairan akan dimasukkan kedalam Menara Distilasi (MD-01) untuk dipisahkan berdasarkan titik didihnya. Suhu masuk MD-01 yang diinginkan adalah -26°C maka sebelum dimasukkan kedalam MD-01 produk dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan *Heater* (HE-01). Kondisi operasi MD-01 adalah pada tekanan 20 atm dengan suhu umpan masuk -26°C , suhu distilat -28°C dan suhu bottom adalah $0,15^{\circ}\text{C}$. Untuk produk hasil atas MD-01 didapatkan kemurnian dari *ethylene* adalah 99,9%.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. Separator (SP-01)

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Separator 1

Separator (SP-01)	
Kode	SP-01
Fungsi	Memisahkan uap <i>ethane</i> dan <i>ethane</i> cair
Jenis alat	Vertikal separator
Jumlah	1 unit
Kondisi operasi	
Tekanan (atm)	20
Suhu (°C)	-3,4
Konstruksi dan material	
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Tinggi separator (m)	1,8
Diameter separator (m)	0,6
Waktu tinggal (menit)	5

b. Separator (SP-02)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Alat Separator 2

Separator (SP-02)	
Kode	SP-02
Fungsi	Memisahkan H_2 dan CH_4 dengan C_2H_4 , C_2H_2 , dan C_3H_8
Jenis alat	Vertikal separator
Jumlah	1 unit
Kondisi operasi	
Tekanan (atm)	20
Suhu (°C)	-68,2
Konstruksi dan material	
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Tinggi separator (m)	2,3
Diameter separator (m)	0,7
Waktu tinggal (menit)	5

c. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Alat Menara Distilasi

Menara Distilasi (MD-01)	
Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan C_2H_4 dari C_2H_6 , C_2H_2 , dan C_3H_8
Jenis alat	Menara <i>Sieve</i>
Jumlah	1 unit
Kondisi operasi	
Tekanan (atm)	20
Suhu operasi:	
Umpan ($^{\circ}C$)	-26,72
Distilat ($^{\circ}C$)	-28,67
Bottom ($^{\circ}C$)	0,15
Kontruksi dan material	
Reflux operasi	1,763
Waktu tinggal (menit)	2
Jumlah plate	43
Diameter menara (m)	4,267
Tinggi menara (m)	14,238
Bahan kontruksi	<i>Carbon Steel</i>
Tipe tray	Sieve tray
Tebal tray (mm)	5

d. Akumulator (AC-01)

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Akumulator

Akumulator (AC-01)	
Kode	AC-01
Fungsi	Menampung embunan yang berasal dari kondensor (CD-01)
Jenis alat	Tangka silinder horizontal
Jumlah	1 unit

Tabel 3.4 Spesifikasi Alat Akumulator (Lanjutan)

Kondisi operasi	
Tekanan (atm)	20
Suhu (°C)	-28,67
Kontruksi dan material	
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Volume bahan (m^3)	2,3
Volume akumulator (m^3)	2,7
Panjang (m)	3
Diameter (m)	1
Waktu tinggal (menit)	10

3.3.2 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

a. Spesifikasi Tangki (T-01)

Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Tangki 1

Kode	T-01
Fungsi	Menyimpan bahan baku ethane selama 30 hari
Tipe/jenis	Tangki bola (<i>Spherical tank</i>)
Bahan konstruksi	Bahan baja karbon
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	-23,15
Tekanan (atm)	13
Dimensi Tangki	
Diameter (m)	30
Volume Bahan (m^3)	12.003,7
Volume Tangki (m^3)	14.404,44
Waktu tinggal (hari)	30

b. Spesifikasi Tangki (T-02)

Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Tangki 2

Kode	T-02
Fungsi	Menyimpan produk <i>ethylene</i> selama 30 hari
Tipe/jenis	Tangki bola (<i>Spherical tank</i>)
Bahan konstruksi	Bahan baja karbon
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	-41,1
Tekanan (atm)	14
Dimensi Tangki	
Diameter (m)	27,8
Volume Bahan (m ³)	9.369,48
Volume Tangki (m ³)	11.243,37
Waktu Tinggal (hari)	30

c. Spesifikasi Tangki (T-03)

Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Tangki 3

Kode	T-03
Fungsi	Menyimpan produk samping hasil bawah MD selama 30 hari
Tipe/jenis	Tangki bola (<i>Spherical tank</i>)
Bahan konstruksi	Bahan baja karbon
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	-13,7
Tekanan (atm)	14
Dimensi Tangki	
Diameter (m)	13,4
Volume Bahan (m ³)	1.054,57
Volume Tangki (m ³)	1.265,57
Waktu Tinggal (hari)	30

3.3.3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a. Pompa (P-01)

Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Pompa 1

Kode	P-01
Fungsi	Memompa bahan baku ethane dari tangki unit pembelian ke tangki penyimpanan T-01
Tipe/jenis	Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	Baja komersial
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	-23,15
Tekanan (atm)	13
Spesifikasi pompa	
Viskositas (kg/m.s)	0,086
Kapasitas pompa (m^3 /jam)	48
Head pompa (m)	37,32
Daya motor (HP)	7,5

b. Pompa (P-02)

Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Pompa 2

Kode	P-02
Fungsi	Memompa bahan dari tangki bahan baku ke vaporizer
Tipe/jenis	Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	Baja komersial
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	-23,15
Tekanan (atm)	20
Spesifikasi pompa	
Viskositas (kg/m.s)	0,086
Kapasitas pompa (m^3 /jam)	21,08
Head pompa (m)	260,98
Daya motor (HP)	15

c. Pompa (P-03)

Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Pompa 3

Kode	P-03
Fungsi	Memompa bahan dari accumulator (ACC-01) ke tangka penyimpanan (T-02)
Tipe/jenis	Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	Baja komersial
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	-28,67
Tekanan (atm)	20
Spesifikasi pompa	
Viskositas (kg/m.s)	0,0671
Kapasitas pompa (m^3 /jam)	15,61
Head pompa (m)	66,14
Daya motor (HP)	5

d. Pompa (P-04)

Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Pompa 4

Kode	P-04
Fungsi	Memompa produk ethylene dari tangki penyimpanan produk T-02 ke tangki penjualan
Tipe/jenis	Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	Baja komersial
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	-41,09
Tekanan (atm)	1,5
Spesifikasi pompa	
Viskositas (kg/m s)	0,0788
Kapasitas pompa (m^3 /jam)	31,73
Head pompa (m)	7,24
Daya motor (HP)	0,75

e. Pompa (P-05)

Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Pompa 5

Kode	P-05
Fungsi	Memompa produk samping dari tangki penyimpanan produk T-03 ke tangki penjualan
Tipe/jenis	Pompa sentrifugal
Bahan konstruksi	Baja komersial
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	0,15
Tekanan (atm)	1,5
Spesifikasi pompa	
Viskositas (kg/m s)	0,044
Kapasitas pompa (m^3 /jam)	2,26
Head pompa (m)	4,62
Daya motor (HP)	0,5

3.3.4 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Vaporizer (V-01)

Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Vaporizer

Kode	V-01
Fungsi	Menguapkan Ethane sebelum masuk kedalam reaktor (R-01)
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
<i>Data design</i>	
Beban Panas (kJ/jam)	2.442.580,811
Luas transfer panas (ft^2)	758,31
Tekanan (atm)	20
Suhu keluar (°C)	-3,4
<i>Shell</i>	
Aliran fluida	Fluida panas
ID shell (in)	22
Jarak Baffle (m)	0,28
Passes	1
<i>Tube</i>	

Tabel 3.13 Spesifikasi Alat Vaporizer (Lanjutan)

Aliran fluida	Fluida dingin
Suhu masuk fluida dingin (°C)	-19,13
Suhu keluar fluida dingin (°C)	-3,4
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	336
Passes	8
Pitch	15/16 in (Triangular)
L (ft)	12
BWG	14
Rd (kJ/m ² .s.K)	1,97 (Rd min = 0,53)

b. Waste Heat Boiler (WHB-01)

Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Waste Heat Boiler

Kode	WHB-01
Fungsi	Memanfaatkan panas yang keluar dari reaktor (R-01) untuk membuat <i>steam</i> yang akan digunakan di beberapa alat lainnya
Jenis	Ketel boiler
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
<i>Data design</i>	
Beban Panas (kJ/jam)	6.862.076,547
Luas transfer panas (ft ²)	756,97
Tekanan (atm)	20
<i>Shell</i>	
Aliran fluida	Fluida dingin
ID shell (in)	20
Jarak Baffle (m)	0,25
Passes	1
<i>Tube</i>	
Aliran fluida	Fluida panas
Suhu masuk fluida panas (°C)	451,9
Suhu keluar fluida panas (°C)	160
ID (in)	0,58
OD (in)	0,75
Nt	308
Passes	1
Pitch	15/16 in (Triangular)
L (ft)	12
BWG	14
Rd (kJ/m ² .s.K)	4,82 (Rd min = 0,53)

c. Cooler (C-01)

Tabel 3. 15 Spesifikasi Alat Cooler

Kode	CL-01
Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran reaktor sampai suhu 50°C
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
<i>Data design</i>	
Beban Panas (kJ/jam)	2.105.844,387
Luas transfer panas (ft ²)	767,460
Tekanan (atm)	20
<i>Shell</i>	
Aliran fluida	Fluida dingin
ID shell (in)	20
Jarak Baffle (m)	0,25
Passes	1
<i>Tube</i>	
Aliran fluida	Fluida panas
Suhu masuk fluida panas (°C)	160
Suhu keluar fluida panas (°C)	50
ID (in)	0,6
OD (in)	0,75
Nt	308
Passes	1
Pitch	15/16 in (Triangular)
L (ft)	12
BWG	14
Rd (kJ/m ² . s. K)	4,2 (Rd min = 0,53)

d. Condensor Parsial (CDP-01)

Tabel 3. 16 Spesifikasi Alat Condensor Parsial

Kode	CDP-01
Fungsi	Mengubah fase Sebagian hasil keluaran Reaktor (R-01) dari gas menjadi cair sekaligus menurunkan suhu
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
<i>Data design</i>	
Beban Panas (kJ/jam)	2.692.171,142

Tabel 3.16 Spesifikasi Alat Condensor Parsial (Lanjutan)

Luas transfer panas (ft ²)	922,16
Tekanan (atm)	20
<i>Shell</i>	
Aliran fluida	Fluida dingin
ID shell (in)	22
Jarak Baffle (m)	0,28
Passes	1
<i>Tube</i>	
Aliran fluida	Fluida panas
Suhu masuk fluida panas (°C)	50
Suhu keluar fluida panas (°C)	-68
ID (in)	0,65
OD (in)	0,75
Nt	384
Passes	1
Pitch	15/16 in (Triangular)
L (ft)	12
BWG	18
Rd (kJ/m ² . s. K)	1,76 (Rd min = 0,53)

e. Reboiler (RB-01)

Tabel 3. 17 Spesifikasi Alat Reboiler

Kode	RB-01
Fungsi	Menguapkan Sebagian cairan yang berasal dari dasar Menara distilasi-01
Jenis	Ketel reboiler
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
<i>Data design</i>	
Beban Panas (kJ/jam)	2.499.766,81
Luas transfer panas (ft ²)	546,85
Tekanan (atm)	20
<i>Shell</i>	
Aliran fluida	Fluida panas
ID shell (in)	16
Jarak Baffle (m)	0,23
Passes	1
<i>Tube</i>	
Aliran fluida	Fluida dingin
Suhu masuk fluida dingin (°C)	-9,97
Suhu keluar fluida dingin (°C)	0,15

Tabel 3.17 Spesifikasi Alat Reboiler (Lanjutan)

ID (in)	0,48
OD (in)	0,75
Nt	176
Passes	2
Pitch	15/16 in (Triangular)
L (ft)	12
BWG	10
Rd (kJ/m ² . s. K)	0,76 (Rd min = 0,53)

f. *Condensor* (CD-01)

Tabel 3. 18 Spesifikasi Alat Condensor

Kode	CD-01
Fungsi	Mencairkan hasil atas Menara distilasi (MD-01)
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
<i>Data design</i>	
Beban Panas (kJ/jam)	2.055.897,86
Luas transfer panas (ft ²)	623,27
Tekanan	20
<i>Shell</i>	
Aliran fluida	Fluida dingin
ID shell (in)	20
Jarak Baffle (m)	0,25
Passes	1
<i>Tube</i>	
Aliran fluida	Fluida panas
Suhu masuk fluida panas (°C)	-28,66
Suhu keluar fluida panas (°C)	-28,67
ID (in)	0,75
OD (in)	0,51
Nt	264
Passes	8
Pitch	15/16 in (Triangular)
L (ft)	12
BWG	11
Rd (kJ/m ² . s. K)	4,91 (Rd min = 0,53)

g. *Heater* (HE-01)

Tabel 3. 19 Spesifikasi Alat *Heater*

Kode	HE-01
Fungsi	Memanaskan cairan yang berasal dari separator (SP-02) menuju Menara distlasi (MD-01)
Jenis	<i>Shell and tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel 304</i>
<i>Data design</i>	
Beban Panas (kJ/jam)	454.881,24
Luas transfer panas (ft ²)	41,23
Tekanan (atm)	20
<i>Shell</i>	
Aliran fluida	Fluida panas
ID shell (in)	8
Jarak baffle (m)	0,10
Passes	1
<i>Tube</i>	
Aliran fluida	Fluida dingin
Suhu masuk fluida dingin (°C)	-68
Suhu keluar fluida dingin (°C)	-26,7
ID (in)	0,28
OD (in)	0,5
Nt	32
Passes	6
Pitch	15/16 in (Triangular)
L (ft)	12
BWG	12
Rd (kJ/m ² . s. K)	2,1 (Rd min = 0,53)

3.4 Neraca Massa

a. Neraca Massa Vaporizer (V-01)

Tabel 3. 20 Neraca Massa Vaporizer

Komponen	Massa Input		Massa Output
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
H ₂			
CH ₄	110,419	27,605	138,023
C ₂ H ₄			
C ₂ H ₆	6901,168	1725,292	8626,460
C ₂ H ₂			
C ₃ H ₈	303,651	75,913	379,564
Sub total	7315,238	1828,810	9144,048
Total	9144,048		

b. Neraca Massa Separator (SP-01)

Tabel 3. 21 Neraca Massa Separator 1

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 3	Arus 2	Arus 4
H ₂			
CH ₄	138,023	27,605	110,419
C ₂ H ₄			
C ₂ H ₆	8626,460	1725,292	6901,168
C ₂ H ₂			
C ₃ H ₈	379,564	75,913	303,651
Subtotal	9144,048	1828,810	7315,238
Total		9144,048	

c. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3. 22 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Massa Input	Massa Output
	Arus 4	Arus 5
H ₂		446,276
CH ₄	110,419	110,419
C ₂ H ₄		6119,036
C ₂ H ₆	6901,168	276,047
C ₂ H ₂		59,810
C ₃ H ₈	303,651	303,651
Total	7315,238	7315,238

d. Neraca Massa Separator (SP-02)

Tabel 3. 23 Neraca Panas Separator 2

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
H ₂	446,276	446,276	
CH ₄	110,419	110,419	
C ₂ H ₄	6119,036		6119,036
C ₂ H ₆	276,047		276,047
C ₂ H ₂	59,810		59,810
C ₃ H ₈	303,651		303,651
Subtotal	7315,238	556,694	6758,544
Total		7315,238	

e. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 24 Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
H ₂			
CH ₄			
C ₂ H ₄	6119,036	6057,846	61,190
C ₂ H ₆	276,047	2,760	273,286
C ₂ H ₂	59,810		59,810
C ₃ H ₈	303,651		303,651
Subtotal	6758,544	6060,606	697,938
Total		6758,544	

3.5 Neraca Panas

a. Neraca Panas Vaporizer (V-01)

Tabel 3. 25 Neraca Panas Vaporizer

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	1.424.999,16	
Q _{out}		1.023.467,55
Q _{pemanas}		401.531,61
Total	1.424.999,16	1.424.999,16

b. Neraca Panas Separator (SP-01)

Tabel 3. 26 Neraca Panas Separator 1

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	954.664,848	
Q _{out}		954.664,848
Total	954.664,848	954.664,848

c. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 3. 27 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	-2.995.552,78	
Q _{out}		9.328.265,51
QR	54.258.885,41	
Q _{pemanas}		44.635.067,12
Total	53.963.332,64	53.963.332,64

d. Neraca Panas *Waste Heat Boiler* (WHB-01)**Tabel 3. 28 Neraca Panas *Waste Heat Boiler***

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	9.326.985,724	
Q _{out}		2.528.889,647
Q _{pendingin}		6.798.096,077
Total	9.326.985,724	9.326.985,724

e. Neraca Panas *Cooler* (CL-01)**Tabel 3. 29 Neraca Panas *Cooler***

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	2.528.889,647	
Q _{out}		439.291,8605
Q _{pendingin}		2.089.597,786
Total	2.528.889,647	2.528.889,647

f. Neraca Panas Kondensor Parsial (CDP-01)

Tabel 3. 30 Neraca Panas Kondensor Parsial

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	175.934.681,5	
Q _{out}		83.474,33
Q _{pendingin}		175.851.207,1
Total	175.934.681,5	175.934.681,5

g. Neraca Panas Separator (SP-02)

Tabel 3. 31 Neraca Panas Separator 2

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	1.706.754,866	
Q _{out}		1.706.754,866
Total	1.706.754,866	1.706.754,866

h. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 32 Neraca Panas Menara Distilasi

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
ΔH umpan	1.089.909,12	
ΔH distilat		484.772,92
ΔH condensor		-545.507,02
ΔH bottom		61.558,82
ΔH reboiler	-1.089.084,4	
Total	824,72	824,72

i. Neraca Panas *Condensor* (CD-01)**Tabel 3. 33 Neraca Panas *Condensor***

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	547.242,03	
Q _{out}		608.433,72
Q _{pendingin}	61.191,69	
Total	608.433,72	608.433,72

j. Neraca Panas *Heater* (HE-01)**Tabel 3. 34 Neraca Panas *Heater***

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q _{in}	719.058,67	
Q _{out}		406.818,94
Q _{pemanas}		312.239,73
Total	719.058,67	719.058,67

BAB IV PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Salah satu kegiatan awal yang harus ditentukan sebelum suatu perusahaan mulai beroperasi adalah menentukan lokasi. Penentuan dan pemilihan lokasi pendirian pabrik merupakan faktor yang penting untuk dipertimbangkan. Hal ini menjadi penting karena menyangkut keberlangsungan pabrik baik yang akan menentukan efisiensi dan efektivitas keberhasilan suatu pabrik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik diantaranya ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar, sarana pendukung dan lain-lain.

Pabrik etilen dengan kapasitas 48.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Lokasi pendiri pabrik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Pemilihan lokasi ini berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut.

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer menjadi salah satu faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik, meliputi proses produksi dan distribusi, berikut beberapa faktor primer yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik :

a. Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat meminimalisir biaya transportasi bahan baku menuju pabrik. Oleh karena itu, pabrik etilen yang direncanakan akan didirikan di Kabupaten Gresik yang dekat dengan sumber bahan baku etana yang diperoleh dari Taiyu Gas Industry China, serta air yang diperoleh dari air sungai yang lokasinya tidak jauh dari pabrik.

b. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi studi kelayakan proses. Lokasi pabrik diharapkan dekat dengan industri-industri lain yang membutuhkan etilen sebagai bahan baku utama maupun pendukung. Gresik merupakan lokasi yang relatif strategis dalam pemasaran produk karena lokasinya yang tidak begitu jauh dengan kawasan industri besar di Pulau Jawa seperti kawasan industri di Cilegon, Banten dan

Cikampek, yang banyak membutuhkan etilen sebagai bahan baku. Etilen yang dihasilkan adalah produk intermediet untuk produksi plastik, pembuatan etilen glikol, dan juga digunakan dalam produksi obat-obatan sehingga produk ini dapat dipasarkan untuk industri yang membutuhkan etilen. Adapun pabrik - pabrik etilen dalam negeri seperti PT Chandra Asri Banten.

c. Utilitas

Utilitas merupakan sarana yang sangat penting keberadaannya dalam menunjang kelancaran proses produksi. Utilitas yang diperlukan adalah unit pembangkit listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit *steam*, unit pengadaan dan pengolahan air. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN, namun untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik maka pabrik menggunakan generator pembangkit listrik sendiri yang bahan bakar generatornya diperoleh dari Pertamina. Bahan bakar generator yaitu solar.

d. Transportasi

Salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik adalah sarana transportasi yang memadai karena sangat diperlukan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi Gresik relatif

strategis karena dilengkapi dengan sarana transportasi darat yang memadai yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Surakarta, Semarang dan Surabaya. Selain itu Gresik juga dekat dengan dua pelabuhan yaitu Pelabuhan Gresik yang berada di Kab. Gresik dan Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya sehingga memudahkan pendistribusian bahan baku maupun produk.

e. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik di suatu daerah tentu saja akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi lingkungan sekitar. Akan tetapi, kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dan berkualitas menjadi satu hal yang penting bagi kegiatan produksi agar dapat berjalan dengan baik. Pulau Jawa menjadi lokasi keberadaan kampus - kampus yang berkualitas, sehingga menciptakan lulusan - lulusan terbaik dari kampus - kampus tersebut dapat direkrut untuk menjadi karyawan. Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah serta tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder

Dalam faktor sekunder secara tidak langsung berperan dalam proses operasional pabrik, namun berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Adapun faktor - faktor sekunder

dalam pemilihan lokasi pabrik :

a. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah telah menetapkan daerah Gresik sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor. Hal ini dilakukan sesuai dengan kebijakan pengembangan industri. Kemudian, dari sikap masyarakat diperkirakan mendukung pendirian pabrik pembuatan etilen karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu, diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

b. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Pada masyarakat sekitar Gresik cukup terbuka dengan perkembangan Kab. Gresik sebagai kota industri. Hal ini dikarenakan pendirian sebuah industri akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat dan meningkatkan perekonomian masyarakat secara keseluruhan.

c. Sarana dan Prasarana Sosial

Sarana dan prasarana harus tersedia seperti jalan, transportasi, tempat ibadah, sarana pendidikan, rumah sakit, bank, hiburan, perumahan, serta adanya penyediaan bengkel industri sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan tempat kedudukan dari

bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Tujuan utama dari tata letak pabrik ini adalah untuk meminimalisir biaya dan meningkatkan efisiensi dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja sehingga proses produksi dapat berjalan lancar, efektif, dan efisien. Desain tata letak pabrik harus seefisien mungkin baik dari segi fungsi maupun ekonomi agar dapat memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik serta pabrik dapat berjalan maksimal. Berikut faktor-faktor yang perlu diperhatikan :

- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, tenaga listrik dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Kepuasan dan keselamatan kerja sehingga memberikan suasana kerja yang nyaman, aman, tertib dan rapi sehingga kinerja menjadi lebih baik.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya

diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

4.2.1 Perkantoran

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

4.2.2 Produksi

Daerah produksi adalah tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (*control room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya berfungsi untuk keamanan.

4.2.3 Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, air pendingin, kebutuhan refrigerant, listrik dan bahan bakar.

4.2.4 Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi *mess*/tempat tinggal karyawan, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

4.2.5 Keamanan

Keamanan adalah tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya yang dapat memicu kebakaran.

4.2.6 Pengolahan Limbah

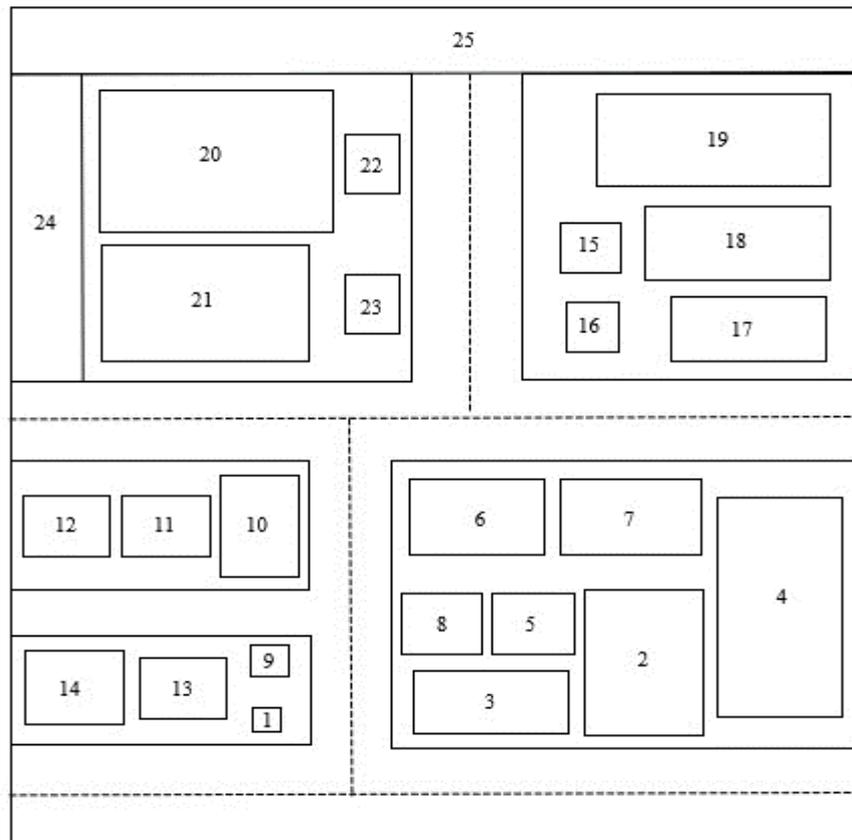
Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan.

4.2.7 Perluasan

Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan

No.	Lokasi	Luas (m²)
1.	Pos Keamanan	38
2.	Kantor Utama	1.500
3.	Parkir Utama	560
4.	Perumahan/Mess Karyawan	2.100
5.	Kantin	150
6.	Masjid	500
7.	Poliklinik	500
8.	Taman 1	150
9.	Taman 2	40
10.	Parkir Truk	700
11.	Ruang Timbang Truk	400
12.	Laboratorium	400
13.	Gedung Serbaguna	350
14.	Fasilitas Olahraga	450
15.	Kantor Teknik Dan Produksi	250
16.	Unit Pemadam Kebakaran	230
17.	Bengkel	650
18.	Gudang Alat	800
19.	Unit Pengolahan Limbah	900
20.	Area Proses	3.500
21.	Area Utilitas	2.500
22.	Ruang Kendali Proses	150
23.	Ruang Kendali Utilitas	150
24.	Area Perluasan 1	2.000
25.	Area Perluasan 2	3.000
26.	Jalan	3.000
Luas tanah		15.878
Luas bangunan		24.968



Skala 1 : 2000

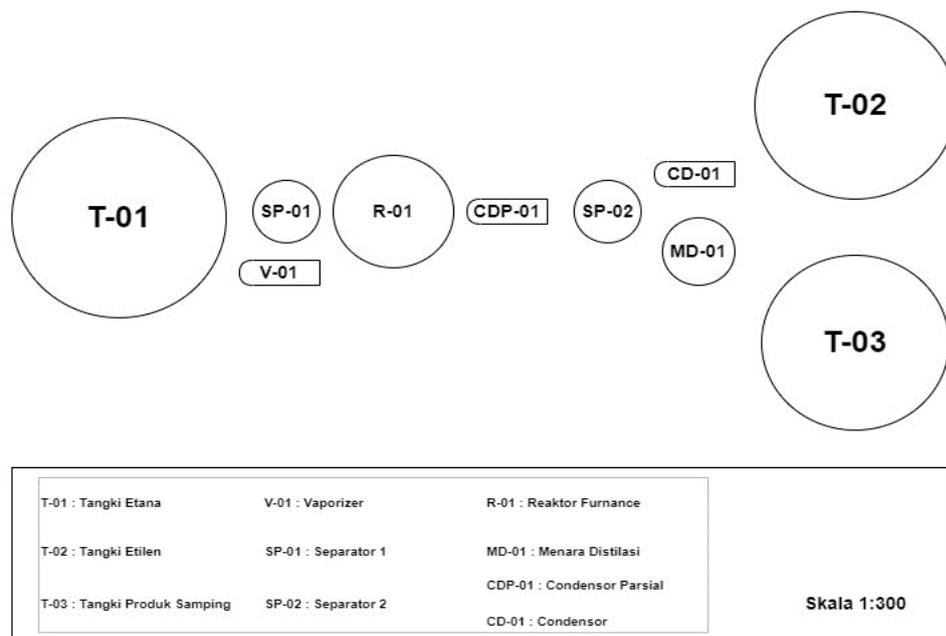
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Keterangan :

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. Pos Keamanan | 14. Fasilitas Olahraga |
| 2. Kantor Utama | 15. Unit Pemadam Kebakaran |
| 3. Parkir Utama | 16. Kantor Teknik dan Produksi |
| 4. Perumahan/mess | 17. Bengkel |
| 5. Kantin | 18. Gudang Alat |
| 6. Masjid | 19. Unit Pengolahan Limbah |
| 7. Poliklinik | 20. Area Proses |
| 8. Taman 1 | 21. Area Utilitas |
| 9. Taman 2 | 22. Ruang Kendali Proses |
| 10. Parkir Truk | 23. Ruang Kendali Utilitas |
| 11. Ruang Timbang Truk | 24. Area Perluasan 1 |
| 12. Laboratorium | 25. Area Perluasan 2 |
| 13. Gedung Serbaguna | 26. Jalan |

4.3 Tata Letak Alat Proses (*Marchines Layout*)

Tata letak alat proses merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat-alat proses pabrik. Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses sebagai berikut.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

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

4.3.2 Aliran Udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin agar dapat menjaga keselamatan para tenaga kerja yang bekerja di ketinggian dan agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

4.3.3 Pencahayaan

Penerangan pada seluruh pabrik harus memadai dan sesuai standar pabrik, terpenting pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu dijaga agar tidak terjadi ledakan atau percikan pada penerang di tempat-tempat proses tersebut berlangsung hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Lalu lintas dalam segi manusia dan kendaraan di area proses harus menjadi perhatian termasuk jarak antar alat, lebar jalan dan kemudahan akses bagi karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau

kebakaran pada alat, kendaraan dan alat pemadam kebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang tepat dan optimum diharapkan dapat meminimalisir biaya operasi sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengedepankan aspek keamanan dan keselamatan.

4.3.6 Jarak Antar Alat Proses

Dalam mengatur tata letak alat proses, jarak antar alat proses harus diperhitungkan secara cermat, terutama pada alat-alat yang beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Jarak antar alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, maka dari itu apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak akan membahayakan alat proses lainnya.

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik etilen ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh

perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

a. Mudah Mendapatkan Modal

Dalam perseroan terbatas, modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga hal ini menjadi mungkin apabila ada orang yang ingin ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak menghalangi pemasukan modal dalam jumlah besar. Sehingga akan memudahkan pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

b. Wewenang dan Tanggungjawab Pemegang Saham Terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relatif lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

c. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

Pemilik perusahaan merupakan para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

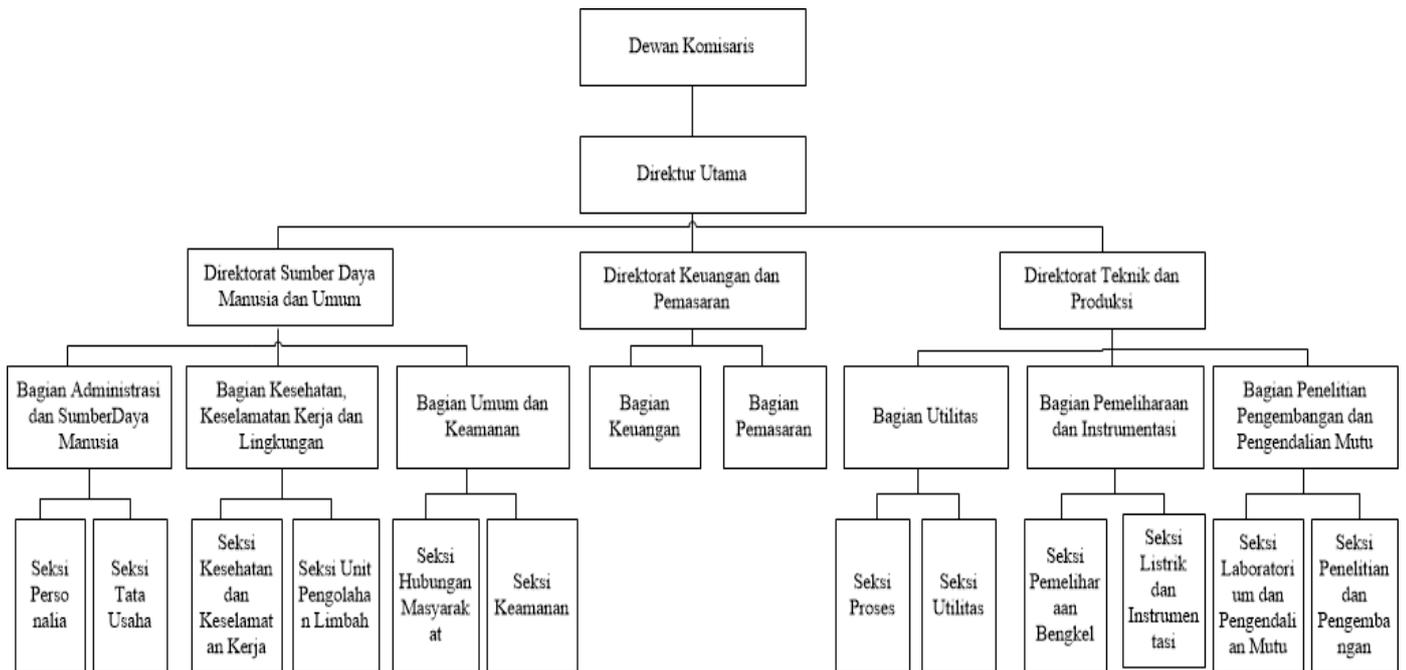
d. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja didalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukandalam suatu perusahaan. Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemenatau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik agar dapat memahami posisi masing-masing. Berikut merupakan jenjang kepemimpinan dalam perusahaan, yaitu:

- a. Dewan Komisaris
- b. Direktur Operasi dan Produksi
- c. Direktur Administrasi dan Umum
- d. Kepala Bagian
- e. Kepala Seksi
- f. Karyawan dan Operator



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan.

Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut:

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
2. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
3. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali

dalam setahun.

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

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

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut.

1. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
2. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
3. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
4. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan

para pemegang saham.

5. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, antara lain:

1. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

2. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran.

3. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian

Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

d. Bagian

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkunganbagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggung jawab kepada direktorat yangmenaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari:

a. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.

b. Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan.

Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.

c. Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

d. Bagian Keuangan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

e. Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.

f. Bagian Proses dan Utilitas

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.

g. Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

h. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

e. Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari:

1. Seksi Personalia

Bertanggung jawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber

daya manusia.

2. Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis di bidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta aset perusahaan.

3. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggung jawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

5. Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

6. Seksi Keamanan

Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

7. Seksi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

8. Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

9. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggung jawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

10. Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

11. Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

12. Seksi Keamanan

Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

13. Seksi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

14. Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, *steam*, bahan

bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

15. Seksi Pemeliharaan dan bengkel

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

16. Seksi Listrik dan Instrumentasi

Bertanggung jawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

17. Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

18. Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

f. Staf Ahli

Staf Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik, keuangan dan pemasaran maupun

sumber daya manusia dan umum. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang sebagai berikut:

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

4.4.4 Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

a. Status Karyawan

Berdasarkan statusnya karyawan dibedakan menjadi beberapa golongan, antara lain:

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

b. Penggolongan Karyawan

Jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan dan keahlian sesuai jabatan dan tanggung jawabnya. Karyawan pada perusahaan ini terdiri dari beragam jenjang pendidikan, mulai dari lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP) hingga Magister (S-2). Rincian penggolongan jabatan beserta jenjang pendidikannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan

Jabatan	Pendidikan
Komisaris Utama	S2
Direktur Utama	S2
Kepala Bagian	S1
Kepala Seksi	S1
Staff Ahli	S1
Sekretaris	S1
Karyawan dan Operator	D3/S1
Dokter	S1
Perawat	D3/S1
Supir	SMP-SMA
<i>Cleaning Service</i>	SMP-SMA

c. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada perusahaan harus diperhitungkan secara cermat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif dan efisien. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan.

4.4.5 Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

a. Pembagian Jam Kerja

Pabrik etilen akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

1. Karyawan *non shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut:

Senin s.d. Kamis : 08.00 s.d. 17.00 WIB (istirahat 12.00 s.d. 13.00)

Jumat : 08.00 s.d. 17.00 (istirahat 11.30 s.d. 13.30)

Sabtu s.d. Minggu : Hari libur, termasuk hari libur nasional

2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam 3 *shift* dengan pengaturan sebagai berikut :

Shift Pagi : 08.00 s.d. 17.00

Shift Sore : 17.00 s.d. 00.00

Shift Malam : 00.00 s.d. 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Setiap kelompok mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Berikut adalah

jadwal kerja karyawan *shift*:

Tabel 4. 3 Jadwal *Shift* Kerja Karyawan

Hari/Regu	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M
B	L	L	S	S	S	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L
C	S	S	L	M	M	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P
D	M	M	M	L	L	P	P	P	P	P	L	L	S	S	S

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

b. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

2. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan borongan.

3. Gaji Lembur

Gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4. 4 Rincian Gaji Karyawan

NO.	JABATAN	JUMLAH	GAJI/BULAN	TOTAL GAJI
1.	Dewan komisaris	1	Rp 55.000.000	Rp 55.000.000
2.	Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
3.	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
4.	Direktur Adminitrasi dan Umum	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
5.	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
6.	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
7.	Ka. Bag. Teknologi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
8.	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
9.	Ka. Bag. PSDM	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
10.	Ka. Bag. Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
11.	Ka. Bag. IT	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
12.	Ka. Sek. Proses	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
13.	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
14.	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
15.	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
16.	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
17.	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
18.	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
19.	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
20.	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
21.	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
22.	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
23.	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
24.	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
25.	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan kerja	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
26.	Karyawan pemasaran	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
27.	Karyawan K3	6	Rp 10.000.000	Rp 60.000.000
28.	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
29.	Karyawan Proses dan Utilitas	36	Rp 10.000.000	Rp 360.000.000
30.	Karyawan Pemeliharaan	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
31.	Perawat	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000
32.	Satpam	8	Rp 4.000.000	Rp 32.000.000
33.	Supir	10	Rp 4.000.000	Rp 40.000.000
34.	Cleaning Service	10	Rp 3.500.000	Rp 35.000.000
Total		113	Rp 586.500.000	Rp 1.207.000.000

4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan mempunyai hak dalam hal ketenagakerjaan seperti yang tertuang dalam peraturan perundang-undangan. Hak-hak tersebut antara lain:

a. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari:

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. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

b. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift*, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*).

c. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari:

1. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak

dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.

2. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawanwanita yang melahirkan.

d. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

1. Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

2. Tempat Ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya.

3. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap

tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

4. Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk perusahaan.

5. Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa *shuttle bus*. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja.

e. Jaminan Ketenagakerjaan

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS).

BAB V UTILITAS

Utilitas merupakan bagian yang penting untuk kelancaran jalannya proses produksi di industri kimia. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Proses produksi suatu pabrik industri kimia tidak akan berjalan dengan baik jika tidak ada unit utilitas di dalamnya. Adapun unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik, meliputi :

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- c. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
- d. Unit Penyediaan Bahan Bakar
- e. Unit Pengolahan Limbah
- f. Unit Refrigerant

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit penyediaan dan pengolahan air berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik.

a. Unit Penyediaan Air

Dalam unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik etilen ini berasal dari Sungai Bengawan Solo. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut.

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala mengalami kekeringan maupun kekurangan air dapat terjaga.
2. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, serta biaya pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan biayanya cukup besar karena memiliki kandungan mineral dan garam yang perlu dipisahkan.

Secara umum, kebutuhan air yang diperlukan sebagai utilitas pabrik etilen digunakan untuk keperluan sebagai berikut :

1. Air Domestik (*Domestic Water*)

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

- a) Air jernih
- b) Tidak berbau
- c) Tidak berasa
- d) Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- e) Tidak beracun

2. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum atau karyawan seperti bengkel, klinik, laboratorium, masjid dan sebagainya. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*.

3. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- a) Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.

- b) Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- c) Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- d) Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

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

4. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhipersyaratan, seperti:

- a) Air jernih
- b) Tidak berbau
- c) Tidak berasa
- d) Tidak mengandung zat organik dan anorganik

b. Unit Pengolahan

Pengolahan air berfungsi untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya diseluruh area pabrik. Air baku dari Sungai Bengawan Solo harus mengalami beberapa tahap pengolahan baik secara fisik maupun kimia agar dapat digunakan. Tahapan-tahapan pengolahan air di pabrik etilen ini adalah sebagai berikut.

1. Penghisapan

Tahap awal yang dilakukan adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan penghisapan menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke penyaring (*screener*).

2. Penyaringan (*Screening*)

Screening merupakan bagian dari proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara kotoran-kotoran yang berukuran lebih kecil akan terikut dengan aliran air kemudian dipisahkan pada tahap selanjutnya. Pada *screener* terdapat bagian pembilas yang bertujuan untuk membersihkan *screener* dari kotoran-kotoran yang tersangkut agar tidak menghalangi aliran air.

3. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Selanjutnya, air akan melalui proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring

pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena gaya gravitasi.

4. Bak Penggumpal

Pada alat ini terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat (Al_2SO_4)₃.

5. Bak Pengendap I dan II

Selanjutnya, air yang telah menggumpal dan membentuk flok-flok akan mengalami proses flokulasi. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, dapat ditambahkan kapur yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Selain itu, dapat ditambahkan juga *soda caustic* (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH sehingga pH pada *outlet* dijaga berkisar antara 6,5 – 7,5.

6. *Sand Filter*

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air dialirkan ke *sand filter*. Di dalam *sand filter*, air akan mengalir dari bagian atas ke

bawahmelalui suatumedial *filter (spheres)* yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. *Output* dari *sand filter* mempunyai kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH = 6,5 - 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di *filtered water storagetank*.

7. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

Air bersih dari *sand filter* atau disebut biasa disebut *filtered water* ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini kemudian akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut untuk dapatdigunakan sebagai air domestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler (*boilerfeed water*), dan air proses.

8. Klorinasi

Untuk dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Klorinasi adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain sehingga air layak untuk dikonsumsi dandigunakan. Selanjutnya, air yang telah mengalami klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

9. *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada

alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan bahan-bahan kimia seperti *corrosion inhibitor*, *scale inhibitor*, *non-oxidizing biocide*, *dispersant*, *pH control* dan *oxidizing biocide*.

10. *Demineralisasi*

Air yang digunakan sebagai air umpan WHB untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit generator, tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral

terlarut. Untuk itu, perludilakukan proses demineralisasi. Demineralisasi adalah proses menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion. Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut berikut.

a) Kation *Exchanger*

Kation *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion positif atau kation. Kation yang terkandung dalam air seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{+}), natrium (Na^{+}), potassium (K^{+}), mangan (Mn^{2+}), besi (Fe^{2+}) dan aluminium (Al^{3+}) diganti dengan ion H^{+} atau Na^{+} dari resin. Kation-kation tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan *fouling* (kerak) pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran kation yang terjadi dalam kation *exchanger* adalah sebagai berikut:



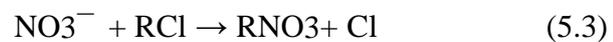
Kation resin ini perlu diregenerasikan kembali dengan NaCl apabila dalam waktu tertentu telah mengalami jenuh. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



b) Anion *Exchange*

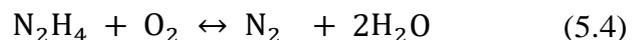
Anion *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion negatif atau anion. Anion yang

terkandung dalam air seperti bikarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), nitrat (NO_3^-), dan silika (SiO_2^-), diganti dengan resin yang memiliki sifat basa dan mempunyai formula RCl . Anion-anion tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan korosi pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran anion yang terjadi dalam anion *exchanger* adalah sebagai berikut :



c) Deaerator

Air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi (*demin water*) pada kation *exchanger* dan anion *exchanger* akan mengalami proses deaerasi pada *deaerator*. *Demin water* dipompakan menuju *deaerator* kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_4) yang berfungsi untuk mengikat oksigen (O_2) sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



c. Kebutuhan Air

Rincian kebutuhan air pada pabrik etilen ini adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan Air Domestik (*Domestic Water*)

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air perumahan.

a) Kebutuhan Air Kantor

Jumlah karyawan = 120 orang
 Kebutuhan air setiap orang = 200 L/hari

Total kebutuhan air kantor = 1.000,00 kg/jam

b) Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah = 5 rumah

Jumlah orang tiap unit = 6 orang

Kebutuhan air setiap orang = 300 L/hari

Total kebutuhan air perumahan = 375 kg/jam

2. Kebutuhan Air Layanan Umum (*Service Water*)

Untuk kebutuhan *service water* diasumsikan sekitar 1468,75 kg/jam. Asumsi kebutuhan air ini kemudian digunakan untuk konsumsi umum seperti laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel, dan lain-lain.

3. Kebutuhan Air Proses (*Process Water*)

Tabel 5. 1 Kebutuhan *Process Water*

NAMA ALAT	KODE	JUMLAH (kg/jam)
Vaporizer	V0-01	38.919,39
<i>Cooler</i>	CL-01	50.330,89
<i>Heater</i>	HE-01	7.247,95
Reboiler	RB-01	39.830,57
Total		136.328,8

Kebutuhan air *make up* untuk pendingin dengan prediksi 12.5%

dari massa air proses yang diperlukan sebesar 153.369,9 kg/jam

5.2 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik etilen ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. Generator berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 8.000kW. Jenis ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut.

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik etilen ini adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 2 Total Kebutuhan Listrik

NO	ALAT	hp	kW
1.	Pompa 1	7,5	55,93
2.	Pompa 2	15	111,86
3.	Pompa 3	5	37,29
4.	Pompa 4	0,75	5,59
5.	Pompa 5	0,5	3,73
6.	Pompa Utilitas (PU-01)	3	55,93
7.	Pompa Utilitas (PU-02)	3	111,86
8.	Pompa Utilitas (PU-03)	3	37,29

9.	Pompa Utilitas (PU-04)	3	22.371
10.	Pompa Utilitas (PU-05)	3	7.457
11.	Pompa Utilitas (PU-06)	20	7.457
14.	Kompresor 1 (CU-01)	0,25	7.457
15.	Kompresor 2 (CU-02)	0,35	2.237
16.	Kompresor 3 (CU-03)	0,01	44.743
17.	Rake/Penggaruh (CLF)	1,5	11,19
18.	Fan (CT)	1	7,46
19.	Kompresor Udara	0,25	1,86
Total		67,11	92.161,9

Kebutuhan listrik untuk penerangan, kantor, bengkel dirancang sebesar 7500 kW, maka daya total yang dibutuhkan sebesar 99.661,9 kW.

5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 2 m³/jam dengan tekanan 4 bar.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit Penyediaan Bahan Bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk *Furnace* dan generator. Bahan bakar yang digunakan untuk *furnace* adalah *fuel gas* sebesar 295,70 kg/jam dan bahan bakar untuk

generator adalah solar sebesar 253,56 liter/tahun.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik etilen ini menghasilkan limbah buangan baik yang berasal dari proses produksi, utilitas maupun kegiatan-kegiatan lain. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkandari pabrik etilen ini terdiri limbah cair dan padatan. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Proses pengolahan limbah pada pabrik ini adalah sebagai berikut.

a. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

1. COD : maks. 100 mg/l
2. BOD : maks. 20 mg/l
3. TSS : maks. 80 mg/l
4. Oil : maks. 5 mg/l
5. pH : 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Limbah Air Proses

Pengolahan air berminyak yang berasal dari buangan alat proses dilakukan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya.

Minyak akan berada di bagian atas dan dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudiandibakar di dalam tungku pembakar. Sedangkan air yang berada di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir untukkemudian dibuang.

2. Limbah Utilitas

Air sisa regenerasi pada proses demineralisasi pada unit utilitas dinetralkan dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) jika pH air buangan lebih dari 7,0. Namun jika pH buangannya kurang dari 7,0 maka perlu ditambahkan NaOH. Air hasil dari proses penetralan kemudian dialirkan ke kolam penampungan akhir.

3. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan caradiolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

b. Limbah Padat

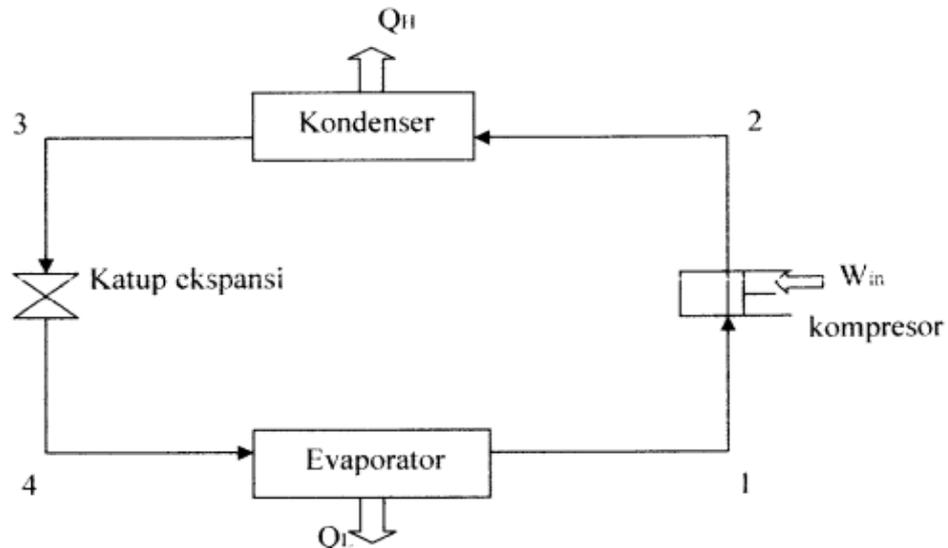
Limbah padat berasal dari proses proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut *sludge*. Lumpur tersebut dapat diolahmenjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)

2. Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
3. Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
4. Pengeringan lumpur (*sludge drying*)

5.7 Unit Refrigerant

Siklus refrigerasi merupakan siklus atau sistem dimana prinsip kerjanya dengan cara mengalirkan refrigeran di dalam suatu sistem untuk menyerap kalor dari udara yang ada di sekitarnya. Refrigerant yang ada di dalam sistem tersebut akan mengalami perubahan fase dari gas ke cair atau sebaliknya. Siklus refrigerasi terdiri dari beberapa komponen penunjang, yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



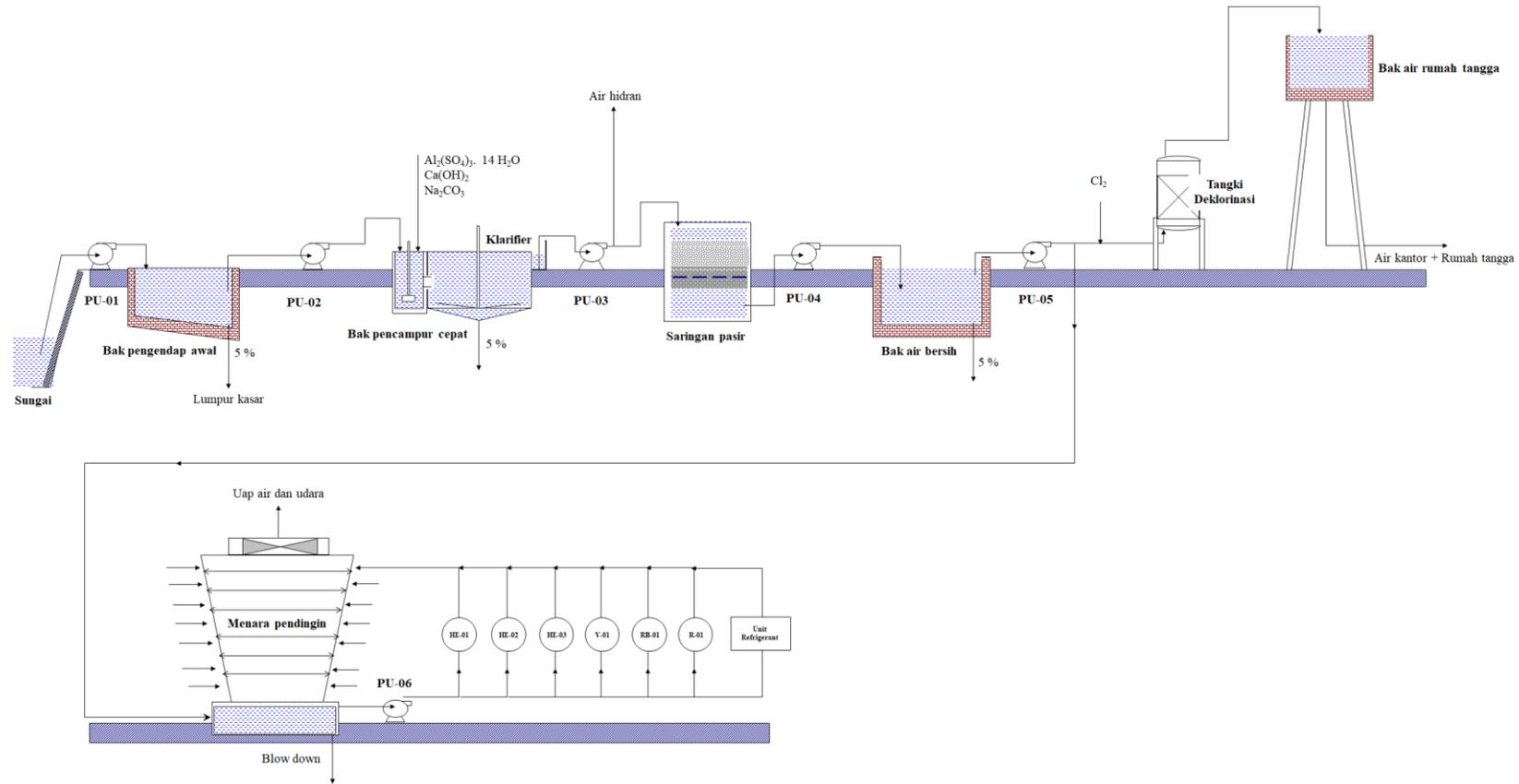
Gambar 5. 1 Siklus Refrigerasi

Untuk terjadinya proses refrigerasi diperlukan suatu bahan yang mudah diubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya untuk mengambil panas dari evaporator dan membuangnya di kondensor. Bahan tersebut

disebut refrigeran. Karakteristik termodinamika dari refrigeran antara lain meliputi:

- a. suhu penguapan
- b. tekanan penguapan
- c. suhu pengembunan
- d. tekanan pengembunan

5.8 Diagram Alir Utilitas



Gambar 5. 2 Diagram Alir Utilitas

5.9 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 3 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas					
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05	P-06
Fungsi	Mengalirkan air sungai sebanyak 118.931,50 kg/jam ke bak pengendap awal	Memompa bak pengendap awal sebanyak 113.268,10 kg/jam ke clarifier	Memompa air dari clarifier ke sebanyak 107.873,82 kg/jam ke saringan pasir	Memompa air saringan pasir sebanyak 107.873,82 kg/jam ke bak air bersih	Memompa air BP-1 sebanyak 102.736,97 kg/jam ke BP-3 dan proses treatment selanjutnya	Memompa air dari CT sebanyak 701.955,79 kg/jam ke bak pengendap awal
Jenis Bahan	<i>Centrifugal Pump Carbon Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Carbon Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Carbon Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Carbon Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Carbon Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Carbon Steel</i>
Suhu (K)	303,15	303,15	303,15	303,15	303,15	303,15
Kecepatan Massa	118.931,50	113.268,10	107.873,82	107.873,82	102.736,97	701.955,79
Rapat Massa	998	998	998	998	998	998
Viskositas (cP)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7
Tekanan	1,01325	1,01325	1,01325	1,01325	1,01325	1,01325
Diameter optimum (m)	1,1231497	1,0987591	1,0748981	1,0748537	1,0515118	0,9692911

Tabel 5.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (Lanjutan)

NPS (in)	6	6	6	6	6	14
Sch.	40	40	40	40	40	30
OD (in)	6	6	6	6	6	14
ID (in)	6	6	6	6	6	14
Effisiensi	93%	92%	93%	93%	95%	94%
Daya (hp)	3	3	3	3	3	20

Tabel 5. 4 Spesifikasi Bak Pengendap Awal

Spesifikasi Kode	BP
Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawaoleh air sungai
Jenis Bahan	Bak persegi Panjang Beton bertulang
Lebar (ft)	16,91
Panjang (ft)	50,73
Jumlah	1

Tabel 5. 5 Spesifikasi Bak

Spesifikasi Kode	Bak	
	BP-02 (BAB)	BP-02 (BAM)
Fungsi	Mengendapkan menampung air bersih dari saringan pasir	Menampung air untuk didistribusikan ke kantor dan lingkungannya
Jenis Bahan	Bak persegi Panjang Beton bertulang	Bak persegi Panjang Beton bertulang
Suhu Operasi (K)	303,15	303,15
Tekanan (bar)	1,01325	1,01325
Kecepatan Massa (kg/jam)	5444118,24	2937,5
Rapat Massa (kg/m ³)	998	998
Waktu Tinggal (jam)	24	24
Volume Air	108,07	108,7
Volume Bak (m ³)	3.112,37	28,90
Lebar (m)	16,10	1,55
Panjang (m)	48,31	4,66

Tabel 5. 6 Spesifikasi Clarifier

Spesifikasi Kode	Clarifier
Fungsi	Memisahkan kontaminan terlarut dan tersuspensi dari air
Jenis Bahan	Bak persegi Panjang Beton bertulang

Suhu operasi	303,15 K
Tekanan operasi	1,01325 bar
Kecepatan massa air (kg/jam)	113.268,10
Rapat massa (kg/m ³)	998
Waktu tinggal	24 jam
Volume air (m ³)	567,36
Volume Clarifier (m ³)	680,83
Diameter (m)	1,53
Tinggi (m)	10,20
Daya (hp)	1,25
Motor Standard (hp)	1,5 hp

Tabel 5. 7 Spesifikasi Saringan Pasir SF

Spesifikasi Kode	Saringan Pasir SF
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang masih terbawa air dari <i>clarifier</i>
Jenis Bahan	Bak empat persegi Panjang
Suhu operasi	303,15 K
Tekanan operasi	1,01325 bar
Kecepatan massa air (kg/jam)	107.873,82
Rapat massa (kg/m ³)	998
Flux Volume (gallon/menit ft ²)	2,5
Luas aliran (m ²)	17,68
Tebal (in)	27
Tinggi tumbukan (m)	4,21

Tabel 5. 8 Spesifikasi Menara Pendingin

Spesifikasi Kode	Menara Pendingin (CT-01)
Fungsi	Memulihkan suhu air dari 323.15 K sampai 303.15 K
Jenis Bahan	Menara pendingin jujut tarik
Suhu Masuk, T1	500 C
Suhu Keluar, T2	30 C
Tekanan	1 atm
Kecepatan massa air (kg/jam)	701.955,79

Rapat massa (kg/m ³)	998
Kapasitas panas udara (kJ/kg K)	1,008
Kapasitas panas uap air (kJ/kg K)	1,884
Enthalpy penguapan, h _{vap} (kJ/kg)	2302
Massa air menguap (kg/jam)	742664,1
Flux Volume (gallon/menit ft ²)	1,75
Luas Penampang, A (m ²)	7115,580562
Panjang (m)	84,35390069
Lebar (m)	84,35390069
Tinggi (ft)	40
Motor Standard (hp)	3500

Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Penukar Kation dan Anion

Spesifikasi Kode	Tangki	
	T-01 (Kation)	T-02 (Anion)
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Jenis Bahan	Tangki silinder tegak Baja karbon	Tangki silinder tegak Baja karbon
Waktu Operasi	7 hari	7 hari
Kadar Mineral (ppm)	35	35
Kecepatan massa air (kg/jam)	87.744,47	13.990,83
Rapat massa (kg/m ³)	995	995
Kemampuan Resin (kg /m ³)	126,12	40,36
Volume Resin (m ³)	4,91	2,04
Diameter (m)	1,84	1,46
Tinggi (m)	3,68	3,50

Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki NaCl dan NaOH

Spesifikasi Kode	Tangki	
	T-03 (NaCl)	T-04 (NaOH)
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation

Jenis Bahan	Tangki silinder tegak Baja karbon	Tangki silinder tegak Baja karbon
Suhu Operasi	303,15 K	303,15 K
Tekanan Operasi	1 atm	1 atm
Rapat massa (kg/m ³)	216	213
Volume Resin (m ³)	2,04	12,18
Massa Air (kg)	115,169787	231,335188
Volume Larutan (m ³)	0,0562	0,1143
Volume Tangki (m ³)	0,0674	0,1372
Diameter (m)	0,4411	0,5590
Tinggi (m)	1,0587	1,1189
Pengaduk	Manual	Manual

Tabel 5. 11 Unit Udara Tekan

Spesifikasi Kode	Unit Udara Tekan		
	Kompresor	Tangki Silika	Tangki Udara Tekan
Fungsi	Menekan udara sebanyak 2 Nm ³ /jam dari 1.01325 bar sampai 4bar	Menghilangkan uapair yang masih terkandung dalam udara	Menampung udara tekan selama 120 menit
Jenis Bahan	Kompresor sentrifugal	Tangki silinder tegak Baja karbon	Tangki silinder horizontal Baja karbon
Suhu air (K)	303,15		
Tekanan, P1 (bar)	1,01325	1,01325	4
Tekanan, P2 (bar)	4	-	-

Tabel 5.14 Unit Udara Tekan (Lanjutan)

Kecepatan (kmol/jam)	0,0881	388,5793004	0,0444
Stage	1		
Daya (hp)	0,1406		

Motor Standard (hp)	0,25		
Diameter (m)		0,7804	0,5981
Tinggi (m)		1,5607	1,7944
Jumlah	1	2	1
Volume (m ³)		0,3731	0,504

Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar

Spesifikasi Kode	Tangki Bahan Bakar
Fungsi	Menyimpan minyak bakar selama 15 hari
Jenis Bahan	Tangki standart dengan ukuran 16000 liter
Suhu (K)	303,15
Tekanan (bar)	1,01325
Kecepatan volume (m ³ /jam)	88,15476
Volume Tangki (m ³)	38082,8548
Diameter (m)	60,96
Tinggi (m)	14,6304
Efisiensi Pembakaran	90%
Volume Solar	262187,6
Waktu Penyimpanan	15 hari
Energi bakar solar (kJ/tahun)	10368000000

Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Brine

Spesifikasi Kode	TU-01
Fungsi	Menyimpan CaCl ₂ untuk cooling brine
Bahan konstruksi	Carbon steel
Jenis	Silinder tegak dengan flat bottom dan conical head
Suhu (K)	303,15
Tekanan (bar)	1,01325
Kecepatan volume (m ³ /jam)	2,35
Volume Tangki (m ³)	67,61
Diameter (m)	6.12
Tinggi (m)	3,97
Jumlah course	3

	Tebal shell Course 1 = 3/16 in
	Tebal shell Course 2 = 3/16 in
	Tebal shell Course 3 = 3/16 in
Tebal head (in)	7,00
Tinggi head (m)	0,27
Tebal bottom (in)	0,33
Waktu Penyimpanan	30 hari

Tabel 5. 14 Unit Udara Tekan (Refrigeran)

Spesifikasi Kode	Unit Udara Tekan		
	CU-01	CU-02	CU-03
Fungsi	Menaikkan tekanan komponen dari 13,01 bar menjadi 22,1 bar	Menaikkan tekanan komponen dari 13,01 bar menjadi 22,1 bar	Menaikkan tekanan komponen dari 13,01 bar menjadi 22,1 bar
Jenis Bahan	Centrifugal compresor	Centrifugal compresor	Centrifugal compresor
Suhu masuk (K)	250,15	250,15	250,15
Suhu keluar (K)	340,15	340,15	340,15
Tekanan, P1 (bar)	13,01	13,01	13,01
Tekanan, P2 (bar)	22,1	22,1	22,1
Volume (m ³ /jam)	61.48	104.17	1,63
Stage	4	4	4
Daya (hp)	0,06	0,09	0,0014

Tabel 5. 15 Condensor Utilitas (Refrigeran)

Spesifikasi Kode	Condensor Utilitas		
	CDU-01	CDU-02	CDU-03
Fungsi	Mengembunkan komponen	Mengembunkan komponen	Mengembunkan komponen
Jenis	Shell and tube	Shell and tube	Shell and tube
Suhu masuk (K)	340,15	340,15	340,15
Suhu keluar (K)	270,15	270,15	270,15

Beban panas (Kj/jam)	109.037,41	217.492,38	3.398,13
Luas transfer panas (ft ²)	249,92	498,51	207,89
Shell			
Fluida = Dingin	Umpan	Umpan	Umpan
Luas tabung (ft)	24	24	24

Tabel 5.19 Condensor Utilitas (Refrigeran) (Lanjutan)

ho (kJ/jam.m ² .K)	4.800,69	3.495,97	89,97
Tube			
Fluida = Panas			
Luas aliran	7,24	14,44	2,26
ho (kJ/m ² .s.K)	54,96	54,96	54,95
hio (kJ/jam.m ² .K)	42,87	42,87	42,86
Delta ps (psia)	0,03	0,03	0,01

Tabel 5. 16 Ekspansi (Refrigeran)

Spesifikasi Kode	Ekspansi		
	EXVU-01	EXVU-02	EXVU-03
Fungsi	Menurunkan tekanan komponen dari 22,1 bar menjadi 13,01 bar	Menurunkan tekanan komponen dari 22,1 bar menjadi 13,01 bar	Menurunkan tekanan komponen dari 22,1 bar menjadi 13,01 bar
Jenis Bahan	Globe Valve	Globe Valve	Globe Valve
Suhu masuk (K)	270,15	270,15	270,15
Suhu keluar (K)	250,15	250,15	250,15
Tekanan, P1 (bar)	22,1	22,1	22,1
Tekanan, P2 (bar)	13,01	13,01	13,01
Volume (kg/jam)	1.135,51	1.923,97	30,06
OD (in)	6,625	8,625	4,5
ID (in)	6.065	7,981	4,026

NPS (in)	6	8	4
Sch	40	40	40
Hf (ft.lbf/lbm)	0,01	0,02	0,00002
Pressure head (m)	3.979,51	5.291,80	5.291,80

Tabel 5. 17 Separator Utilitas (Refrigeran)

Spesifikasi Kode	Separator Utilitas		
	SU-01	SU-02	SU-03
Fungsi	Memisahkan komponen cair dan uap dari EVU-01	Memisahkan komponen cair dan uap dari EVU-01	Memisahkan komponen cair dan uap dari EVU-01
Jenis	Vertikal separator	Vertikal separator	Vertikal separator
Bahan konstruksi	Carbon Steel SA-285C	Carbon Steel SA-285C	Carbon Steel SA-285C
Suhu operasi (K)	260,15	260,15	260,15
Jumlah total (kg/jam)	8.741,31	6.183,14	62,46
Jumlah uap (kg/jam)	1.135,51	1.795,71	28,06
Jumlah cairan (kg/jam)	7.605,80	4.387,44	34,40
Diameter (m)	0,30	0,30	0,30
Luas penampang (m ²)	0,07	0,07	0,07
Tinggi cairan (m)	5,18	3,09	0,02
Tinggi total (m)	6,04	3,95	0,88
Tebal vessel (in)	0,25	0,25	0,25
Tebal head (in)	0,19	0,19	0,19

Tabel 5. 18 Cooler Utilitas (Refrigeran)

Spesifikasi Kode	Cooler Utilitas		
	CLU-01	CLU-02	CLU-03
Fungsi	Mendinginkan brine dari suhu 2C menjadi -5C dengan media pendingin bersuhu -10C	Mendinginkan brine dari suhu 2C menjadi -5C dengan media pendingin bersuhu -10C	Mendinginkan brine dari suhu 2C menjadi -5C dengan media pendingin bersuhu -10C
Jenis	Shell and tube	Shell and tube	Shell and tube
Suhu masuk (K)	260,15	260,15	260,15
Suhu keluar (K)	340,15	340,15	340,15
Beban panas (Kj/jam)	4.378.938,93	9.792.028,00	152.992,14
Luas transfer panas (ft ²)	1.532,67	4.284,13	669,36
		Shell	
Fluida = Dingin	Umpan	Umpan	Umpan
ho (kJ/jam.m ² .K)	118.453.781,47	150.511.84,05	7.128.827,43
		Tube	
		Fluida = Panas	
Luas aliran	49,88	69,72	21,78
ho (kJ/m ² .s.K)	62,60	62,69	62,42
hio (kJ/jam.m ² .K)	51,75	51,82	51,60
Delta ps (psia)	0,29	1,35	0,39

BAB VI EVALUASI EKONOMI

Pada pra rancangan pabrik etilen ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Komponen yang penting di perancangan adalah estimasi harga alat-alat, karena harga ini digunakan sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi digunakan untuk mendapatkan perkiraan/estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas. Selain itu, analisa ekonomi yang ditujukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan. Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi :

- a. Modal Industri (*Total Capital Investment*) Modal industri meliputi :
 1. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 2. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
- b. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

Biaya produksi total adalah Biaya pembuatan atau *Manufacturing Cost*,

Adapun Biaya pembuatan ini meliputi :

1. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
2. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
3. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)

c. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

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

6.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses setiap alat semua tergantung kepada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangat sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga suatu alat pada tahun tertentu dan harus mengetahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik etilen beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun didirikan pada tahun 2027. Di dalam analisa ekonomi harga alat ataupun harga yang lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka diperlukan data indeks tahun analisa. Harga indeks tahun 2023 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1982 sampai 2023, dicari dengan persamaan regresi linear.

Tabel 6. 1 Harga Indeks Tahunan

Tahun (x)	Indeks (y)
1963	102,4
1964	103,3
1965	104,2
1966	107,2
1967	109,7
1968	113,7

Tabel 6.1 Harga Indeks Tahunan (Lanjutan)

1969	119
1970	125,7
1971	132,3
1972	137,2
1973	144,1
1974	165,4
1975	182,4
1976	192,1
1977	204,1
1978	218,7
1979	238,7
1980	261,2
1981	297
1982	314
1983	317
1984	322,7
1985	325,3
1986	318,4
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
1992	358,2

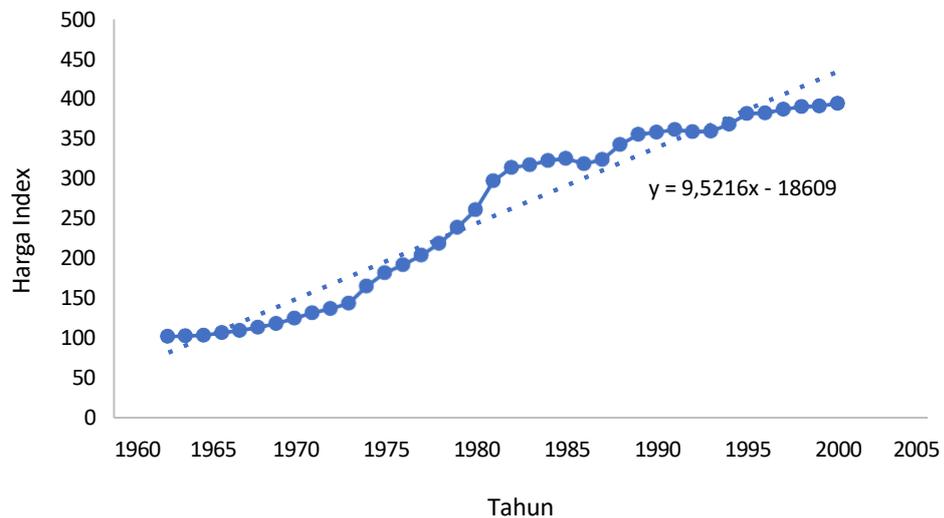
Sumber : www.chemegonline.com

Berdasarkan data di atas, maka persamaan regresi linear yang diperoleh yaitu :

$$y = 9,5216x - 18609$$

Pabrik etilen dari etana dengan kapasitas 48.000 ton/tahun ini akan didirikan pada tahun 2027, maka dari persamaan regresi linear diatas

diperoleh index sebesar 694,5913. Grafik hasil plotting data dapat dilihat pada Gambar 6.1 di bawah ini :



Gambar 6. 1 Indeks Harga Alat

Harga-harga alat dan lainnya dapat dihitung pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters and Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries & Newton, pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dalam hubungan ini:

- Ex : Harga pembelian pada tahun 2027
 Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014
 Nx : Indeks harga pada tahun 2027
 Ny : Indeks harga pada tahun referensi 1963

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Ey 2027	
				\$	Rp
1	Akumulator	AC-01	1	19.547,09	310.994.230,56
2	Kondensor	CD-01	1	96.333,41	1.532.664.531,05
3	Kondensor	CD-02	1	30.778,11	489.679.767,16
4	<i>Reboiler</i>	RB-01	1	21.317,01	338.153.675,76
5	<i>Heat Exchanger</i>	HE-01	1	16.752,74	266.117.210,33
6	<i>Heat Exchanger</i>	HE-02	1	16.752,74	266.117.210,33
7	Pompa	P-01	1	20.785,91	330.184.256,31
8	Pompa	P-02	1	7.727,72	122.754.859,47
9	Pompa	P-03	1	7.727,72	122.754.859,47
10	Pompa	P-04	1	20.785,91	330.184.256,31
11	Pompa	P-05	1	7.727,72	122.754.859,47
12	Separator	SP-01	1	12.181,15	193.497.571,68
13	Separator	SP-02	1	12.181,15	193.497.571,68
14	Tangki	T-01	1	123.493,72	1.961.697.731,40
15	Tangki	T-02	1	149.318,98	2.371.931.933,11
16	Tangki	T-03	1	51.931,90	824.938.197,32
17	<i>Cooler</i>	CL-01	1	11.572,00	183.822.693,09
18	<i>Vaporizer</i>	V-01	1	73.899,38	1.173.891.718,08
19	<i>Waste Heat Boiler</i>	WHB	1	264.818,21	4.206.637.208,22
20	Menara Distilasi	MD-01	1	182.435,87	2.897.993.781,73
21	Reaktor	R-01	1	73.899,08	1.173.891.718,38
22	<i>Furnace</i>	F-01	1	597.524,00	9.491.668.740,00
Total				1.819.491,92	28.902.629.189,47

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	CX 2027	
				\$	Rp
1	Bak Pengendap Awal	BPA	1	9.867	156.733.033,06
2	Bak Pengendap Cepat	BPC	1	13.034	207.042.401,69
3	Clarifier	CL	1	14.496	230.262.110,29
4	Saringan Pasir	SP	1	14.496	230.262.110,29
5	Bak Air Bersih	BAK	1	2.436	35.912.467,16
6	Bak Air Minum	BAM	1	2.436	35.912.467,16
7	Tangki Penukar Kation	TK	1	14.983	238.002.013,16

Tabel 6.3 Harga Alat Utilitas (Lanjutan)

8	Tangki Penukar Anion	TA	1	14.983	238.002.013,16
9	Tangki Umpan	Tboiler	1	47.506	754.640.529,53
10	Boiler	BOILER	1	2.459.734	39.067.159.721,28
11	Tangki Udara	TU	1	4.507	71.594.101,52
12	Kompresor Udara	KU	3	586.523	9.316.908.076,17
13	Pompa 1	PU-01	1	10.354	164.472.935,92
14	Pompa 2	PU-02	1	9.136	145.123.178,76
15	Pompa 3	PU-03	1	9.136	145.123.178,76
16	Pompa 4	PU-04	1	9.136	145.123.178,76
17	Pompa 5	PU-05	1	9.136	145.123.178,76
18	Pompa 6	PU-06	1	16.079	255.416.794,61
19	Tangki Brine	TB	1	11.816	187.692.644,53
20	Kondensor	CDU	3	37.417	594366.490,92
21	Separator	SPU	3	26.189	415.864.981,04
Total				4.961.470	78.812.954.125,93

6.2 Analisa Perhitungan Biaya

Untuk memperhitungkan biaya yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik, diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak secara ekonomis. Beberapa tahapannya antara lain:

a. Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	: 48.000 ton/tahun
Satu Tahun Operasi	: 330 hari
Tahun Pendirian	: 2027
Kurs Mata Uang	: 1 US \$ = Rp. 15.855
Upah Pekerja Asing :	\$ 15 / jam
Upah Pekerja Indonesia	: Rp. 25.000 / jam 5%
tenaga asing	:95% tenaga lokal

b. Perhitungan Biaya

1. *Capital Investment*

Capital Investment adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Investment* terdiri dari :

a) *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas- fasilitas pabrik.

b) *Working Capital Investment*

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

2. *Manufacturing Cost*

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

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

a) *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b) *Indirect Cost*

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

c) *Fixed Cost*

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

3. *General Expense*

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

6.3 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dipergunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan-perhitungan yang dapat digunakan dalam menganalisis kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

a. *Percent Return on Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang di dapat setiap tahun dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum ROI before tax sebesar 44%. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga.

$$\%ROI = \frac{\textit{Profit}}{\textit{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

b. *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{keuntungan} + \text{Depresant}}$$

c. *Break Even Point* (BEP)

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

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

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

d. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain variable cost yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat

tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted cash flow rate of return adalah besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Batasan DCFR sendiri adalah 1,5 kali bunga bank.

$$\frac{(WC + FCI) \times (1 + i)^{10}}{CF} = ((1 + i)^9 + 1 + i)^8 + \dots + (1 + i) \frac{WC + SV}{CV}$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

CF = *Cash Flow*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

6.4 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik etilen ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan ditunjukkan di bawah ini :

Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (PPC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Purchased Equipment cost</i>	39.767.933.738,75	2.503.489,69
<i>Delivered Equipment Cost</i>	9.941.983.434,69	625.872,42
Instalasi cost	20.273.368.000	1.276.258,01
Pemipaan	15.803.873.252,13	994.892,87
Instrumentasi	12.525.346.964,10	788.501,54
Insulasi	3.677.240.401,16	231.491,37
Listrik	3.976.793.373,82	250.348,97
Bangunan	112.347.000.000	7.072.521,25
<i>Land & Yard Improvement</i>	9.709.107.000,32	611.212,28
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	158.936.539.165,55	10.005.447,85

Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DPC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	158.936.539.165,55	10.005.447,85
Teknik dan Konstruksi	31.787.307.833,11	2.001.089,57
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	190.723.846.998,66	12.006.537,43

Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	190.723.846.998,66	12.006.537,43
Kontraktor	19.072.384.699,87	1.200.653,74
Biaya tak terduga	19.072.384.699,87	1.200.653,74
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	228.868.616.389,39	14.407.844,91

Tabel 6. 7 Direct Manufacturing Cost (DMC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw Material</i>	4.307.123.482.313	271.144.065,62
<i>Tenaga Kerja</i>	10.453.200.000,00	658.054,77
<i>Supervision</i>	1.045.320.000,00	65.805,48
<i>Maintenance</i>	4.577.372.327,92	288.156,90
<i>Plant Supplies</i>	686.605.849,20	43.223,53
<i>Royalty and Patents</i>	62.485.236.000,00	3.933.600,00
<i>Utilities</i>	82.782.694.553,63	5.211.375,17
Direct Manufacturing Cost (DMC)	4.469.153.911.044,10	281.344.281,46

Tabel 6. 8 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Payroll Overhead</i>	1.567.980.000,00	98.708,22
<i>Laboratory</i>	1.045.320.000,00	65.805,48
<i>Plant Overhead</i>	5.226.600.000,00	329.027,38
<i>Packaging and Shipping</i>	312.426.180.000,00	19.668.000,00
Indirect Manufacturing Cost (IMC)	138.255.000.000	20.161.541,08

Tabel 6. 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Depreciation</i>	18.309.489.311,87	1.152.627,59
<i>Property taxes</i>	2.288.686.163,98	144.078,45
<i>Insurance</i>	2.288.686.163,98	144.078,45
Fixed Manufacturing Cost (FMC)	22.886.861.639,84	1.440.784,49

Tabel 6. 10 Manufacturing Cost (MC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	4.469.153.911.044	281.344.281,46
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	320.266.080.000,00	20.161.541,08
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	22.886.861.639,84	1.440.784,49
Manufacturing Cost (FMC)	4.812.306.852.683	302.946.607,03

Tabel 6. 11 Working Capital (WC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw Material Inventory</i>	391.556.680.210,30	24.649.460,51
<i>In Process Inventory</i>	7.291.374.019,22	459.010,01
<i>Product Inventory</i>	437.483.441.153,09	27.540.600,64
<i>Extended Credit</i>	568.047.600.000,00	35.760.000,00
<i>Available Cash</i>	437.482.441.153,09	27.540.600,64
<i>Working Capital (WC)</i>	1.827.277.788.497	115.031.651,78

Tabel 6. 12 General Expense (GE)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Administration</i>	288.738.411.161,04	18.176.796,42
<i>Sales expense</i>	240.615.342.634,20	15.147.330,35
<i>Research</i>	384.984.548.214,72	24.235.728,56
<i>Finance</i>	82.245.856.195,83	5.177.579,87
<i>General Expense (GE)</i>	996.584.158.205	62.737.435,20

Tabel 6. 13 Total Production Cost (TPC)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	4.812.306.852.683	302.946.607,03
<i>General Expense (GE)</i>	996.584.158.205	62.737.435,20
<i>Total Production Cost (TPC)</i>	5.808.891.010.889	365.684.042,23

Tabel 6. 14 Fixed Cost (Fa)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Depreciation</i>	18.309.489.311,87	1.152.627,59
<i>Property taxes</i>	2.288.686.163,98	144.078,45
<i>Insurance</i>	2.288.686.163,98	144.078,45
<i>Fixed Cost (Fa)</i>	22.886.861.630,84	1.440.784,49

Tabel 6. 15 Variable Cost (Va)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw material</i>	4.307.123.482.313	271.144.065,62
<i>Packaging & shipping</i>	312.426.180.000,00	3.933.600,00
<i>Utilities</i>	82.782.694.553,63	5.211.375,17
<i>Royalties and Patents</i>	62.485.336.000,00	3.933.600,00
<i>Variable Cost (Va)</i>	4.764.817.592.866	299.957.040,78

Tabel 6. 16 Regulated Cost (Ra)

Jenis	Harga (Rp)	Harga (\$)
Gaji Karyawan	Rp10.453.200.000,00	\$658.054,27
<i>Plant Overhead</i>	Rp5.226.600.000,00	\$329.027,38
<i>Payroll Overhead</i>	Rp1.567.980.000,00	\$98.708,22
<i>Supervision</i>	Rp1.045.320.000,00	\$65.805,48
<i>Laboratory</i>	Rp1.045.320.000,00.	\$65.805,48
<i>General expense</i>	Rp996.584.158.205,78	\$62.737.435,20
<i>Maintenance</i>	Rp4.577.372.327,97	\$288.156,90
<i>Plant Supplies</i>	Rp686.605.849,20	\$45.223,53
<i>Regulated Cost (Ra)</i>	Rp1.021.186.556.382	\$64.286.216,96

Berdasarkan rincian perhitungan tersebut maka didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya :

Percent Return on Investment (ROI)

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

Return on Investment (ROI) sebelum pajak = 19,21%

Return on Investment (ROI) setelah pajak = 14,98%

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

Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{keuntungan+Depresant}}$$

Pay Out Time (POT) sebelum pajak = 5 Tahun

Pay Out Time (POT) setelah pajak = 6,34 Tahun

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

Break Even Point (BEP)

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

$$\text{Break even Point (BEP)} = 42,82\%$$

Syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%

Shut Down Point (SDP)

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

$$\text{Shut Down Point (SDP)} = 39,84\%$$

Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Maka didapatkan hasil analisa *Discounted cash flow rate of return* sebagai berikut:

$$\text{Umur Pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 228.868.616.398$$

$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 1.827.277.788.497$$

$$\text{Cash Flow} = \text{Rp. } 443.468.765.014$$

$$\text{Salvage Value} = \text{Rp. } 18.309.489.312$$

Sehingga diperoleh trial & error dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR sebesar 26,39%.

6.5 Analisa Keuntungan

Dalam analisa keuntungan ini digunakanlah pajak sebesar 22%

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan = Rp. 6.248.523.600.000

Total Biaya Produksi = Rp. 5.808.891.010.890

Keuntungan Sebelum Pajak = Rp. 439.632.589.110

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak (22%) = Rp. 96.719.169.604

Keuntungan setelah pajak = Rp. 342.913.419.506

6.6 Analisa Risiko Pabrik

Dalam perancangan ekonomi pabrik ini juga dibahas risk management pada pendirian pabrik etilen dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Risk management adalah suatu proses identifikasi, analisis, penilaian, pengendalian, dan upaya menghindari, meminimalisir, atau menghapus risiko yang mungkin dapat terjadi. Risk management ini diterapkan pada perusahaan dengan tujuan untuk melindungi perusahaan maupun lingkungan sekitar dari risiko kejadian yang dapat merugikan, menciptakan lingkungan kerja yang aman dan terjamin untuk semua staf maupun pelanggan, meningkatkan stabilitas operasional pabrik sekaligus mengatur tanggung jawab hukum, memberikan proteksi untuk semua orang dan aset yang terlibat dalam risiko berbahaya, membantu menetapkan kebutuhan asuransi perusahaan sehingga dapat meminimalkan premi yang tidak penting. Untuk

hasil identifikasi risiko ini dapat menentukan kategori risiko termasuk *low risk*, *medium risk*, dan *high risk*. Dengan mengetahui kategori risiko maka dapat membantu manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan dan tindakan yang tepat untuk mengurangi dampak negative dan probabilitas yang dapat terjadi di masa yang akan datang.

Tabel 6. 17 Parameter Risiko Pabrik

Parameter Risiko	Deskripsi	Risk	
		Low	High
Kondisi Operasi	Suhu tertinggi : 500 °C Tekanan tertinggi : 20 atm		✓ ✓
Sifat Bahan baku yang digunakan			
Ethane (C ₂ H ₆)	- Mudah terbakar - Tidak berwarna dan tidak berbau - Dapat menyebabkan sesak napas	✓	✓ ✓
Sifat produk yang dihasilkan			
Etilen (C ₂ H ₄)	- Dapat menyebabkan resiko kanker pada paru-paru - Mudah terbakar dan meledak - Produk etilen (C ₂ H ₄) yang dipasarkan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi antara 95% hingga 100%	✓	✓ ✓

Berdasarkan parameter di atas yaitu dari sisi kondisi operasi, sifat atau karakteristik dari bahan baku dan produk maka pabrik ini dapat digolongkan memiliki resiko yang tinggi (*high risk*).

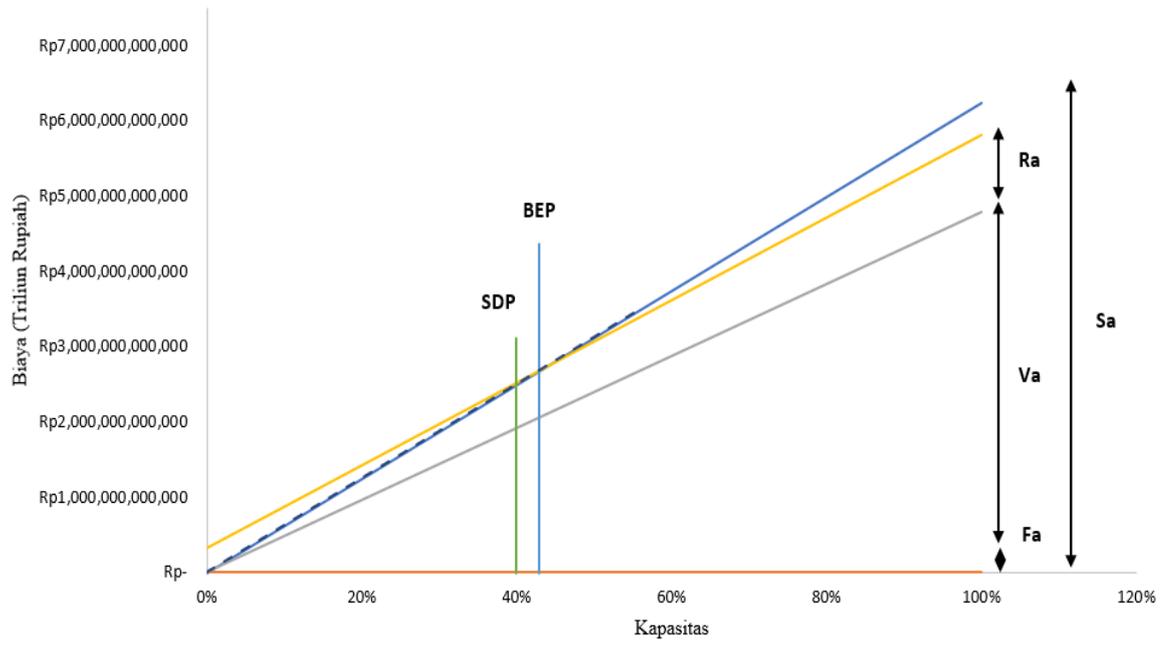
6.7 Analisa Kelayakan Pabrik

Berdasarkan analisa kelayakan ekonomi pada pabrik etilen memenuhi semua parameter kelayakan sekonomi. Dari hasil analisis ekonomi pabrik dan analisis resiko tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik yang akan berdiri termasuk kedalam pabrik yang memiliki resiko tinggi (*high risk*).

Tabel 6. 18 Analisa Kelayakan Pabrik

Parameter	Terhitung	Keterangan
ROI sebelum pajak	19,21%	Dari Aries dan Newton, pabrik industrial chemical dengan resiko tinggi dikatakan layak jika minimal ROI sebelum pajak sebesar 44%. Jadi dapat disimpulkan bahwa ROI pabrik ini masih belum memenuhi persyaratan untuk disebut layak
POT sebelum pajak	5 tahun	Dan juga dikutip dari buku Aries dan Newton, untuk pabrik Industrial chemicals memiliki nilai maksimal 2 tahun untuk high risk. Jadi dapat disimpulkan bahwa POT pabrik ini masih belum memenuhi persyaratan untuk disebut layak
BEP	42,82%	Menurut Aries dan Newton, nilai BEP di-rentang angka dari 40% hingga 60%. nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan untuk disebut layak.
SDP	39,84%	
DCFR	26,39%	Diketahui suku bunga bank sebesar 5,50%. Dari perhitungan didapatkan suku bunga bank minimum sebesar 8,25%. Sehingga, perhitungan DCF yang telah didapatkan di atas nilai minimum.

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian pabrik etilen dari *ethane* dapat dipahami melalui grafik *break even point* berikut.



Gambar 6. 2 Grafik Analisa Ekonomi

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

- a. Alasan pendirian pabrik *ethylene* dari *ethane* dengan kapasitas 48.000 ton/tahun adalah kebutuhan bahan kimia *ethylene* yang makin naik tiap tahunnya dan masih belum di produksi di dalam negeri, dengan begitu dapat mengurangi ketergantungan impor *ethylene*. Disisi lain juga untuk meningkatkan pemasukan negara dengan melakukan produksi & mengimpornya.
- b. Pabrik *ethylene* dari *ethane* dengan kapasitas 48.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku berupa C_2H_6 dengan jumlah sebesar 8.558,84 kg/jam.
- c. Pabrik *ethylene* dirancang dengan bentuk Perseroan Terbatas yang beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan akan didirikan pada tahun 2027 di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 544.746 m² dan luas bangunan 24.966 m² yang jumlah karyawannya sebanyak 113 orang.
- d. Berdasarkan perhitungan utilitas yang dilakukan terhadap kebutuhan air, listrik dan *steam* didapat bahwa kebutuhan air pabrik secara keseluruhan sebesar 545.301,91 kg/jam yang terbagi sesuai dengan kebutuhan pabrik, meliputi :
 1. Kebutuhan media pendingin sebesar 86.979,28 kg/jam.

2. Kebutuhan lingkungan kantor sebesar 1.001,67 kg/jam.
 3. Kebutuhan listrik total untuk alat-alat proses dan keperluan lainnya sebesar 1.481,97 kW.
 4. Kebutuhan untuk bahan bakar sebesar *solar* sebanyak 8.367,22 liter/jam
- e. Ditinjau dari proses produksi, sifat bahan baku, kondisi operasi dan evaluasi ekonomi, maka pabrik *ethylene* dari *ethane* tergolong pada pabrik dengan resiko yang tinggi (*high risk*).
- f. Dari perhitungan evaluasi ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut :
1. Keuntungan pabrik sebelum pajak sebesar Rp 431.412.460.659 per tahun dan setelah pajak sebesar Rp 336.501.719.314 per tahun.
 2. *Return Of Investment (ROI)* sebelum pajak adalah sebesar 18,85% dan setelah pajak sebesar 14,70%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik beresiko tinggi minimum 44%.
 3. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 5,04 tahun dan POT setelah pajak selama 6,37 tahun.
 4. *Break Even Point (BEP)* pada pabrik etilen sebesar 43,82%. Nilai tersebut sudah termasuk kedalam syarat BEP dari pabrik kimia antara 40% sampai 60%.
 5. *Shut Down Point (SDP)* untuk nilai SDP didapatkan sebesar 39,95%.
 6. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* pada pabrik etilen sebesar 26,39%.
- Syarat minimum DCFR adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

7.2 Saran

Pra rancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia, antara lain sebagai berikut.

- a. Optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang serta bahan baku perlu diperhatikan agar memperoleh keuntungan yang lebih optimal.
- b. Perancangan pabrik kimia tentunya perlu memperhatikan produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
- c. Produksi *ethylene* jika direalisasikan maka dapat memenuhi kebutuhan di masa mendatang sehingga dapat mengurangi angka ketergantungan pada impor yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. (2022). Data Impor Ekspor Ethylene. dari www.bps.go.id.
- Brown, G. (1978). Unit Operation. Tokyo: Mc Graw Hill International Book Company
- Brownell, L. E. (1992). Equipemnt Design. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Kern, D. (1965). Process Heat Transfer. Kogakusha: Mc. Graw Hill Book.
- McClellan, G.H. and Wheeler. (1979). Mineralogy and Reactivity of Phosphate
- Perry, R. a. (2000). Perry's Chemical Engineer's Handbook 7ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Perry, R. a. (2008). Perry's Chemical Engineer's Handbook 8 ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Yaws, C. L. (1999). Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals, McGrawHill handbooks.
- Howard F. Rase. (1977). Chemical Reaktor Design For Process Plants, Volume two: Case Studies and Design Data, A Wiley-Interscience Publication.
- Seifzadeh, S, et al., (2013). Investigation of ethylene production in naphtha thermal cracking plant in presence of steam and carbon dioxide, volume 228, pages 1158-1167. Chemical Engineering Journal.

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan *ethane* menjadi *ethylene*

Jenis reaktor : Reaktor Alir Pipa (RAP)

Kondisi operasi :

Tekanan (P) : 20 atm

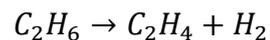
Suhu (T) : 500°C

Sifat reaksi : Endotermis

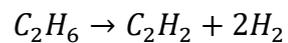
Pemilihan reaktor alir pipa ini karena memiliki beberapa pertimbangan diantaranya adalah:

- a. Reaksi berlangsung secara cepat
- b. Dapat digunakan untuk reaksi homogen dan heterogen
- c. Prosesnya berlangsung secara continuous
- d. Konversi yang dihasilkan lebih tinggi
- e. Dapat digunakan untuk reaksi gas-gas

Proses kimia yang terjadi yaitu :



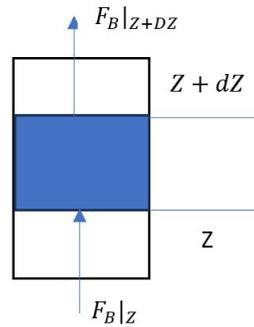
A B C



A D C

Pembentukan persamaan matematis dan melakukan dengan bantuan visual basic

Dimana neraca massa ethane (C_2H_6) dalam elemen volume Δv dari z sampai $z + \Delta z$, diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 1 Skema Matematis Perancangan

- a. Kecepatan massa C_2H_4 masuk - kecepatan massa C_2H_4 keluar + C_2H_4 terbentuk
= Akumulasi

$$F_B|_z - F_B|_{z+\Delta z} + (r_1)\Delta V = 0$$

$$F_B|_z - F_B|_{z+\Delta z} = -(r_1) \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \Delta z$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \left(\frac{F_B|_z - F_B|_{z+\Delta z}}{\Delta z} \right) = -\frac{(r_1) \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$-\frac{dF_B}{dz} = -\frac{(r_1) \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$-\frac{dF_B}{dz} = -\frac{(r_1) \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot FA_0}$$

$$F_B = FA_0 \times X_1$$

- b. Kecepatan massa C_2H_2 masuk - kecepatan massa C_2H_2 keluar + C_2H_2 terbentuk
= Akumulasi

$$F_D|_z - F_D|_{z+\Delta z} + (r_2)\Delta V = 0$$

$$F_D|_z - F_D|_{z+\Delta z} = -(r_2) \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \Delta z$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \left(\frac{F_D|_z - F_D|_{z+\Delta z}}{\Delta z} \right) = -\frac{(r_2) \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$-\frac{dF_D}{dz} = -\frac{(r_2) \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$-\frac{dF_D}{dz} = -\frac{(r_2) \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot FA_0}$$

$$F_D = FA_0 \times X_2$$

Dengan :

F_B = Kecepatan mol C_2H_4 (kmol/s)

F_D = Kecepatan mol C_2H_2 (kmol/s)

FA_0 = Kecepatan C_2H_6 mula-mula (kmol/s)

r_2 = Kecepatan reaksi C_2H_2 yang terbentuk ($\text{kmol}/\text{m}^3\text{s}$)

r_1 = Kecepatan reaksi C_2H_4 yang terbentuk ($\text{kmol}/\text{m}^3\text{s}$)

ΔV = elemen volume reaktor (m^3)

Z = tinggi reaktor (m)

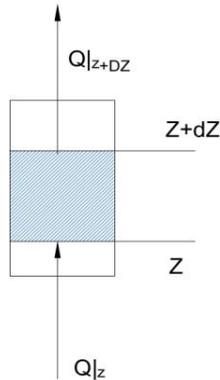
X_1 = Konversi 1

X_2 = Konversi 2

Neraca massa reaktor

Komponen	Masuk		Keluar	
	Kmol/jam	Kg/jam	Kmol/jam	Kg/jam
H_2			223,138	446,276
CH_4	6,90	110,42	6,901	110,419
C_2H_4			218,537	6119,036
C_2H_6	230,04	6901,17	9,202	276,047
C_2H_2			2,300	59,810
C_3H_8	6,90	303,65	6,901	303,651
Total	243,84	7315,24	466,979	7315,24

c. Neraca panas dalam elemen volume Δv dari z sampai $z + \Delta z$



Gambar 2 Skema Elemen Volume Δv dari z sampai $z + \Delta z$

Dimana :

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \left(\frac{Q|_z - Q|_{z+\Delta z}}{\Delta z} \right) = - \frac{(r_1) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$- \frac{dQ}{dz} = - \frac{(r_1) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$Q = \sum f_i \cdot c_{pi} \cdot (T - T_{ref})$$

$$- \frac{dT}{dz} = - \frac{(r_1) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{\sum f_i \cdot c_{pi}}$$

Dengan :

F_i = Kecepatan mol masing-masing komponen (kmol/s)

C_{pi} = Kapasitas panas masing-masing komponen (kJ/kmol K)

T = Suhu operasi (K)

T_{ref} = Suhu referensi (K)

Dari neraca massa dan neraca panas diperoleh persamaan :

$$-\frac{dT}{dz} = -\frac{(r_1) \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot FA_0}$$

$$-\frac{dT}{dz} = -\frac{(r_1) \cdot \Delta hr \cdot \pi \cdot D^2}{\sum f_i \cdot c_{pi}}$$

Persamaan Pendukung

a. Variable perancangan pada perhitungan reaktor alir pipa ini, besaran yang digunakan sebagai variable perancangan adalah

1. Suhu (°C)
2. Tekanan (atm)
3. Tinggi (m)

b. Ukuran pipa

Dipilih berdasar Rase, H. F., “Chemical Reaktor Design For Process Plants” (1977).

Ukuran pipa yang digunakan berkisar antara 1 in sampai 2 in

c. Jumlah pipa

Jumlah pipa yang diperlukan dihitung berdasarkan bilangan reynold yang digunakan

$$Rep = \frac{Id \times Gp}{\mu}$$

Dengan :

Rep = Bilangan Reynold

Id = Diameter dalam pipa (m)

Gp = Flux massa aliran dalam pipa ($kg/m^2 \cdot s$)

Flux massa dihitung dengan persamaan :

$$Gp = \frac{fmasst}{npipa \times ap}$$

Dengan :

ap = Luas aliran dalam pipa (m)

$fmasst$ = kecepatan massa total (kg/s)

$npipa$ = jumlah pipa

Masukkan ke dalam persamaan persamaan bilangan Reynold, diperoleh :

$$Rep = \frac{Id \times fmasst}{\mu \times npipa \times ap}$$

$$npipa = \frac{Id \times fmasst}{Rep \times ap \times \mu}$$

Koefisien perpindahan kalor gabungan

Dihitung berdasarkan persamaan korelasi :

$$Rd = \frac{1}{Ud} - \frac{1}{Uc}$$

Dengan :

Rd = resistensi thermal terhadap pengotor ($m^2 \cdot s \cdot K/kJ$)

Uc = koefisien perpindahan kalor gabungan bersih ($m^2 \cdot s \cdot K/kJ$)

Ud = Koefisien perpindahan kalor gabungan design ($m^2 \cdot s \cdot K/kJ$)

Persamaan R_d disusun Kembali menjadi :

$$U_d = \frac{U_c}{R_d \times U_c + 1}$$

Koefisien perpindahan kalor dalam selongsong

Dihitung dengan persamaan :

$$h_i = 0,021 \frac{k_{thav}}{I_d} Re^{0,8} Pr^{1/3}$$

Dengan hubungan :

I_d = Diameter pipa (m)

h_i = koefisien perpindahan kalor dalam pipa ($m^2 \cdot s \cdot K/kJ$)

k_{thav} = konduktivitas thermal fase gas (kJ/m.s.K)

Pr = bilangan Prandtl

Re = Bilangan Reynold

Koefisien perpindahan kalor dalam selongsong

Dihitung dengan persamaan :

$$h_i = 0,36 \frac{k_{th}}{D_e} Re^{0,55} Pr^{1/3}$$

Dengan hubungan :

D_e = Diameter ekivalen (m)

h_o = koefisien perpindahan kalor pada selongsong ($m^2 \cdot s \cdot K/kJ$)

k_{thav} = konduktivitas thermal (kJ/m.s.K)

Pr = bilangan Prandtl

Re = Bilangan Reynold

Komposisi kecepatan mol masing-masing komponen pada konversi X_1 dan X_2 menjadi berikut :

$$H_2 = H_{2 \text{ mula-mula}} + X_1 \times C_{2H_6 \text{ mula-mula}} + 2 \times X_2 \times C_{2H_6 \text{ mula-mula}}$$

$$CH_4 = CH_{4 \text{ mula-mula}}$$

$$C_2H_4 = C_{2H_4 \text{ mula-mula}} + X_2 \times C_{2H_6 \text{ mula-mula}}$$

$$C_2H_6 = C_{2H_6 \text{ mula-mula}} - X_1 \times C_{2H_6 \text{ mula-mula}} - X_2 \times C_{2H_6 \text{ mula-mula}}$$

$$C_2H_2 = C_{2H_2 \text{ mula-mula}} + X_2 \times C_{2H_6 \text{ mula-mula}}$$

$$C_3H_8 = C_{3H_8 \text{ mula-mula}}$$

Dengan hubungan :

$$X_1 = \text{Konversi ke 1}$$

$$X_2 = \text{Konversi ke 2}$$

Fraksi mol masing – masing komponen

Dihitung dengan persamaan :

$$y_i = \frac{\text{Kecepatan mol masing – masing komponen}}{\text{kecepatan mol total}}$$

Viscositas gas campuran

Dihitung dengan persamaan

$$\mu_{av} = \frac{\sum y_i \mu_i \sqrt{M_{wi}}}{\sum y_i \sqrt{M_{wi}}}$$

Dengan hubungan :

M_{wi} = massa molekul masing-masing komponen

y_i = fraksi mol masing-masing komponen

μ_i = viscositas masing-masing komponen (Kg/m.s)

Data untuk viscositas fase gas

Diperoleh dari buku yaws handbook

Komponen	A	B	C
H ₂	27,758	2,12E-01	-3,28E-05
CH ₄	3,884	4,01E-01	-1,43E-04
C ₂ H ₄	-3,985	3,87E-01	-1,12E-04
C ₂ H ₆	0,514	3,34E-01	-7,11E-05
C ₂ H ₂	-11,557	4,24E-01	-1,42E-04
C ₃ H ₈	-5,462	3,27E-01	-1,07E-04

Konduktivitas thermal fase gas campuran

Dihitung dengan persamaan :

$$k_{thav} = \frac{\sum y_i k_{thi} \sqrt[3]{M_{wi}}}{\sum y_i \sqrt[3]{M_{wi}}}$$

k_{thi} = konduktivitas thermal masing-masing komponen (kJ/m.s.K)

k_{thav} = konduktivitas thermal campuran (kJ/m.s.K)

Data untuk konduktivitas thermal fase gas

Diperoleh dari buku yaws handbook

Komponen	A	B	C
H ₂	0,03951	0,00045918	-6,4933E-08
CH ₄	-0,00935	0,00014028	3,318E-08
C ₂ H ₄	-0,00123	0,000036219	1,2459E-07
C ₂ H ₆	-0,01936	0,00012547	3,8298E-08
C ₂ H ₂	-0,00358	0,000062542	7,0646E-08

C_3H_8	-0,00869	0,000066409	7,876E-08
----------	----------	-------------	-----------

Data untuk kapasitas panas fase gas

Diperoleh dari buku yaws handbook

Komponen	A	B	C	D	E
H_2	25,399	0,020178	-0,000038549	3,188E-08	-8,7585E-12
CH_4	34,942	-0,039957	0,00019184	-1,5303E-07	3,9321E-11
C_2H_4	32,083	-0,014831	0,00024774	-2,3766E-07	6,8274E-11
C_2H_6	28,146	0,043447	0,00018946	-1,9082E-07	5,3349E-11
C_2H_2	19,36	0,11519	-0,00012374	7,237E-08	-1,659E-11
C_3H_8	28,277	0,116	0,00019597	-2,3271E-07	6,8669E-11

Perancangan diselesaikan menggunakan metode runge kutta orde 4 dibantu dengan menggunakan perhitungan pada visual basic dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tinggi (m)	Konversi (X1)	Konversi (X2)	Temperature (C)
0	0	0	500
0,1	0,051345165	0,000513	429,2069198
0,2	0,060447063	0,000604	423,8964333
0,3	0,067510787	0,000675	422,1618433
0,4	0,07396572	0,00074	421,5617918
0,5	0,080206763	0,000802	421,399115
0,6	0,086377285	0,000864	421,4158335
0,7	0,092534433	0,000925	421,5075136
0,8	0,098701599	0,000987	421,6305098
0,9	0,104888264	0,001049	421,766423
1	0,111098064	0,001111	421,9075085
1,1	0,117332178	0,001173	422,050529
1,2	0,123590749	0,001236	422,1941478
1,3	0,129873493	0,001299	422,3378248
1,4	0,136179944	0,001362	422,4813514
1,5	0,142509564	0,001425	422,6246556

1,6	0,148861783	0,001489	422,7677215
1,7	0,155236019	0,001552	422,9105553
1,8	0,161631685	0,001616	423,053172
1,9	0,16804819	0,00168	423,1955899
2	0,174484943	0,001745	423,3378283
2,1	0,180941351	0,001809	423,4799064
2,2	0,187416818	0,001874	423,6218433
2,3	0,19391075	0,001939	423,7636578
2,4	0,200422548	0,002004	423,9053683
2,5	0,206951613	0,00207	424,0469929
2,6	0,213497345	0,002135	424,1885492
2,7	0,220059141	0,002201	424,3300546
2,8	0,226636397	0,002266	424,4715263
2,9	0,233228507	0,002332	424,6129809
3	0,239834862	0,002398	424,7544352
3,1	0,246454852	0,002465	424,8959053
3,2	0,253087863	0,002531	425,0374073
3,3	0,259733282	0,002597	425,1789573
3,4	0,26639049	0,002664	425,3205708
3,5	0,273058868	0,002731	425,4622636
3,6	0,279737793	0,002797	425,6040509
3,7	0,28642664	0,002864	425,7459481
3,8	0,293124782	0,002931	425,8879704
3,9	0,29983159	0,002998	426,0301329
4	0,306546429	0,003065	426,1724506
4,1	0,313268665	0,003133	426,3149384
4,2	0,31999766	0,0032	426,4576114
4,3	0,326732772	0,003267	426,6004843
4,4	0,333473359	0,003335	426,7435721
4,5	0,340218772	0,003402	426,8868897
4,6	0,346968363	0,00347	427,0304519
4,7	0,35372148	0,003537	427,1742737
4,8	0,360477468	0,003605	427,31837
4,9	0,367235669	0,003672	427,462756
5	0,373995421	0,00374	427,6074467
5,1	0,380756063	0,003808	427,7524573
5,2	0,387516927	0,003875	427,8978032
5,3	0,394277343	0,003943	428,0434998
5,4	0,401036642	0,00401	428,1895627
5,5	0,407794146	0,004078	428,3360077
5,6	0,414549181	0,004145	428,4828507
5,7	0,421301064	0,004213	428,6301078
5,8	0,428049114	0,00428	428,7777953
5,9	0,434792644	0,004348	428,9259298

6	0,441530968	0,004415	429,0745281
6,1	0,448263395	0,004483	429,2236072
6,2	0,454989231	0,00455	429,3731845
6,3	0,461707782	0,004617	429,5232776
6,4	0,46841835	0,004684	429,6739045
6,5	0,475120234	0,004751	429,8250835
6,6	0,481812732	0,004818	429,9768332
6,7	0,488495141	0,004885	430,1291728
6,8	0,495166754	0,004952	430,2821216
6,9	0,501826861	0,005018	430,4356997
7	0,508474754	0,005085	430,5899274
7,1	0,51510972	0,005151	430,7448256
7,2	0,521731045	0,005217	430,9004156
7,3	0,528338013	0,005283	431,0567193
7,4	0,534929908	0,005349	431,2137593
7,5	0,541506011	0,005415	431,3715587
7,6	0,548065603	0,005481	431,5301413
7,7	0,554607963	0,005546	431,6895313
7,8	0,561132369	0,005611	431,8497541
7,9	0,567638098	0,005676	432,0108354
8	0,574124427	0,005741	432,172802
8,1	0,580590631	0,005806	432,3356813
8,2	0,587035986	0,00587	432,4995018
8,3	0,593459766	0,005935	432,6642927
8,4	0,599861246	0,005999	432,8300842
8,5	0,6062397	0,006062	432,9969078
8,6	0,612594404	0,006126	433,1647958
8,7	0,618924631	0,006189	433,3337816
8,8	0,625229657	0,006252	433,5038999
8,9	0,631508758	0,006315	433,6751868
9	0,637761209	0,006378	433,8476794
9,1	0,643986289	0,00644	434,0214165
9,2	0,650183274	0,006502	434,1964382
9,3	0,656351445	0,006564	434,3727861
9,4	0,662490083	0,006625	434,5505037
9,5	0,668598468	0,006686	434,7296358
9,6	0,674675887	0,006747	434,9102295
9,7	0,680721624	0,006807	435,0923334
9,8	0,686734967	0,006867	435,2759984
9,9	0,692715207	0,006927	435,4612773
10	0,698661636	0,006987	435,6482254
10,1	0,70457355	0,007046	435,8369003
10,2	0,710450247	0,007105	436,0273621
10,3	0,716291027	0,007163	436,2196734

10,4	0,722095194	0,007221	436,4138999
10,5	0,727862057	0,007279	436,6101102
10,6	0,733590926	0,007336	436,8083759
10,7	0,739281115	0,007393	437,0087722
10,8	0,744931943	0,007449	437,2113776
10,9	0,750542732	0,007505	437,4162746
11	0,756112808	0,007561	437,6235495
11,1	0,761641501	0,007616	437,8332929
11,2	0,767128147	0,007671	438,0455999
11,3	0,772572084	0,007726	438,2605705
11,4	0,777972657	0,00778	438,4783097
11,5	0,783329212	0,007833	438,6989278
11,6	0,788641104	0,007886	438,9225411
11,7	0,79390769	0,007939	439,1492719
11,8	0,799128333	0,007991	439,3792491
11,9	0,8043024	0,008043	439,6126087
12	0,809429262	0,008094	439,8494941
12,1	0,814508296	0,008145	440,0900566
12,2	0,819538884	0,008195	440,3344563
12,3	0,824520411	0,008245	440,5828622
12,4	0,829452268	0,008295	440,8354535
12,5	0,834333849	0,008343	441,0924195
12,6	0,839164552	0,008392	441,3539613
12,7	0,843943779	0,008439	441,6202918
12,8	0,848670936	0,008487	441,8916373
12,9	0,85334543	0,008533	442,1682381
13	0,857966672	0,00858	442,4503497
13,1	0,862534074	0,008625	442,7382443
13,2	0,867047051	0,00867	443,0322117
13,3	0,871505016	0,008715	443,332561
13,4	0,875907384	0,008759	443,6396224
13,5	0,880253567	0,008803	443,9537486
13,6	0,884542975	0,008845	444,2753172
13,7	0,888775015	0,008888	444,6047325
13,8	0,892949087	0,008929	444,9424283
13,9	0,897064588	0,008971	445,2888703
14	0,901120903	0,009011	445,6445594
14,1	0,905117409	0,009051	446,0100348
14,2	0,909053468	0,009091	446,385878
14,3	0,912928428	0,009129	446,7727169
14,4	0,916741617	0,009167	447,1712305
14,5	0,920492344	0,009205	447,5821545
14,6	0,924179889	0,009242	448,006287
14,7	0,927803505	0,009278	448,4444956

14,8	0,931362408	0,009314	448,8977248
14,9	0,934855775	0,009349	449,3670052
15	0,938282734	0,009383	449,8534635
15,1	0,941642361	0,009416	450,3583333
15,2	0,944933669	0,009449	450,8829692
15,3	0,948155597	0,009482	451,4288611
15,4	0,951026297	0,00951	451,9454768

Sehingga dapat disimpulkan dari hasil perhitungan pada visual basic adalah :

- a. Panjang reaktor = 15,4 meter
- b. Diameter dalam pipa (ID) = 0,05 m
- c. Diameter luar pipa (OD) = 0,06 m
- d. Diameter selongsong (IDS) = 14,4 m
- e. Jumlah pipa = 23068 batang

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Siti Vika Karti
No. MHS : 19521134
2. Nama Mahasiswa : Genta Widhi Pangestu
No. MHS : 19521176
- Judul Prarancangan *) : PRARANCANGAN PABRIK *ETHYLENE* DARI
ETHANE KAPASITAS 48.000 TON/TAHUN
- Mulai Masa Bimbingan : **10 Oktober 2022**
- Batas Akhir Bimbingan : **7 April 2024**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	19/10/2022	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap prarancangan pabrik	CR
2.	16/11/2022	Latar belakang dan Penentuan kapasitas pabrik	CR
3.	13/12/2022	Konsultasi terkait pemilihan proses	CR
4.	15/02/2023	Konsultasi terkait spesifikasi bahan dan tahap diagram alir kualitatif	CR
5.	10/5/2023	Konsultasi terkait neraca massa	CR
6.	17/5/2023	Konsultasi terkait neraca massa menara distilasi	CR
7.	27/7/2023	Konsultasi terkait reaktor	CR
8.	18/9/2023	Konsultasi mengenai alat pemisah dan unit operasi pendukung	CR
9.	18/9/2023	Konsultasi mengenai alat penyimpanan bahan	CR
10.	5/10/2023	Konsultasi mengenai PEFD	CR
11.	22/10/23	Konsultasi mengenai alat transportasi bahan, alat penukar panas, dan neraca panas	CR
12.	31/10/23	Konsultasi mengenai penentuan lokasi, tata letak, dan struktur organisasi, unit utilitas, dan evaluasi ekonomi	CR
13.	7/11/23	Konsultasi mengenai penyusunan naskah	CR

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 8 November 2023

Pembimbing,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Dr. Dyah Retno Sawitri', written in a cursive style.

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

- *) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**
- Kartu konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy