

**PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILENA
KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Aria Wira Sakti

NIM : 18521209

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

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA
KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Aria Wira Sakti

NIM: 18521209

Yogyakarta, 25 Oktober 2025

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

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



Aria Wira Sakti

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA

KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN



Pembimbing

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA
KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Aria Wira Sakti

NIM : 18521209

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

Yogyakarta, 12 November 2025

Tim Penguji,

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

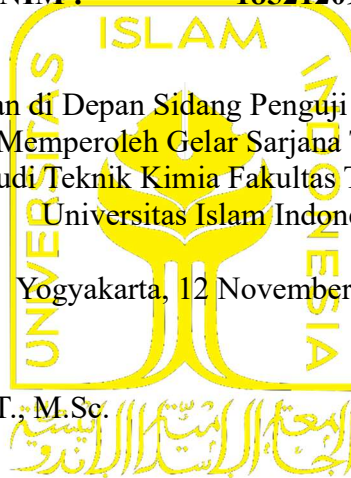
Ketua

Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.

Anggota I

Alinda Fitrotun Nisya, S.T., M.Eng.

Anggota II



Handwritten signatures and dates in blue ink. The dates '22/11' and '16/11' are visible next to the signatures.

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



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

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, serta hidayahnya sehingga dapat menyelesaikan persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik Kimia yaitu Tugas Akhir. Sholawat beserta salam semoga selalu tersampaikan kepada junjungan alam Nabi besar, Nabi Muhammad SAW, beserta para sahabat dan pengikutnya, semoga kelak mendapatkan syafaatnya.

Tugas Akhir yang penulis susun berjudul Prarancangan Pabrik Etanol dari Etilena Kapasitas 63.000 ton/tahun. Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu aplikasi ilmu di bangku perkuliahan selama menjalani studi di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Selain itu, tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia.

Penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang membantu penulis baik dari sisi motivasi, dukungan, dan lainnya. Penulis ucapkan terima kasih setulusnya terhadap :

1. Allah SWT yang merupakan faktor paling besar atas segala nikmat kesehatan, ridho-Nya, serta hal-hal baik lainnya yang dapat membantu kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua yakni Ibu Husniah dan Bapak Safi'i, Saudara yakni Yaumul Akbar dan Sastrawan Jaya, serta keluarga penulis lainnya yang sangat berperan dalam memberikan do'a yang tiada henti, dukungan secara moral dan lainnya, serta dorongan yang kuat agar penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan keilmuan dan pengalamannya selama penulis di bangku perkuliahan.

4. Bapak Khamdan Cahyari selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan petunjuk serta bimbingan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
5. Teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan semangat.
6. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya secara khusus yang juga memiliki peran dalam penyelesaian Tugas Akhir

Penulis dalam penyusunan Tugas Akhir tidak semata lepas dari kata sempurna. Pastinya terdapat kekurangan dari penulisan dan lainnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat digunakan sebaik-baiknya dan bermanfaat bagi banyak orang. Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 22 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK.....	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.3 Tinjauan Pustaka	8
1.3.1 Etanol	8
1.3.2 Mekanisme Reaksi Hidrasi Etilena	8
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	9
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	9
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....	11
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	13
2.1 Spesifikasi Produk	13
2.1.1 Etanol	13
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung	14
2.2.1 Etilena	14

2.2.2	Air	15
2.2.3	Asam Fosfat	17
2.3	Pengendalian Kualitas	18
2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	18
2.3.2	Pengendalian Kualitas Produksi	19
2.3.3	Pengendalian Kualitas Produk	20
BAB III PERANCANGAN ALAT PROSES.....		21
3.1	Diagram Alir dan Material	21
3.2	Uraian Proses	23
3.3	Spesifikasi Alat	26
3.3.1	Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	26
3.3.2	Reaktor	28
3.3.3	Spesifikasi Alat Pemisah.....	29
3.3.4	Kompresor.....	31
3.3.5	Expander	32
3.3.6	Expansion Valve.....	33
3.3.7	Accumulator.....	34
3.3.8	Alat Penukar Panas	35
3.3.9	Alat Transportasi Bahan.....	42
3.4	Neraca Massa	45
3.5	Neraca Panas	47
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....		50
4.1	Lokasi Pabrik	50
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>).....	54
4.3	Tata Letak Mesin / Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	56
4.4	Organisasi Perusahaan	58
4.4.1	Bentuk Perusahaan.....	58
4.4.2	Struktur Organisasi	60
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	63
4.4.4	Pembagian Jam Kerja Pegawai	69

4.4.5	Jabatan dan Keahlian	71
4.4.6	Sistem Kepegawaian dan Gaji	72
4.4.7	Kesejahteraan Pegawai	75
BAB V UTILITAS		77
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	77
5.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i>	84
5.3	Unit Penyediaan Listrik	85
5.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	86
5.5	Unit Penyediaan <i>Dowtherm A</i>	87
5.6	Unit Pengolahan Limbah	87
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....		88
6.1	Definisi Evaluasi Ekonomi	88
6.2	Penaksiran Harga Alat.....	89
6.3	Landasan Perhitungan	91
6.3.1	Perhitungan Biaya	91
6.4	Analisa Kelayakan	93
6.4.1	Return on Investment (ROI)	93
6.4.2	Pay Out Time (POT)	93
6.4.3	Discounted Cash Flow rate of Return (DCFR).....	94
6.4.4	Break Even Point (BEP)	94
6.4.5	Shut Down Point (SDP).....	95
6.5	Hasil Perhitungan Ekonomi Pabrik.....	96
6.5.1	Penentuan Capital Investment.....	96
6.5.2	Penentuan Total Production Cost (TPC).....	98
6.5.3	Penentuan Fixed Cost (Fa).....	100
6.5.4	Penentuan Variable Cost (Va)	101
6.5.5	Penentuan Regulated Cost (Ra)	101
6.5.6	Penentuan Annual Sales (Sa)	101
6.5.7	Keuntungan (Profit)	102
6.5.8	Analisa Kelayakan	102

6.5.9	Hasil Perhitungan Evaluasi Ekonomi	104
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		106
7.1	Kesimpulan	106
7.2	Saran	107
DAFTAR PUSTAKA.....		109
LAMPIRAN A		113
LAMPIRAN B		137
LAMPIRAN C		138
LAMPIRAN D		146

DAFTAR TABEL

Tabel 1.2.1 Kebutuhan Impor Etanol di Indonesia	3
Tabel 1.2.2 Kebutuhan Ekspor Etanol di Indonesia	4
Tabel 1.2.3 Kebutuhan Konsumsi Etanol di Indonesia	5
Tabel 1.2.4 Pabrik Etanol di Indonesia	6
Tabel 1.2.5 Pabrik Etanol di Luar Negeri	6
Tabel 3.3.1 Spesifikasi Penyimpanan Bahan Baku Etilena (C_2H_4)	26
Tabel 3.3.2 Spesifikasi Penyimpanan Produk Etanol (C_2H_5OH)	27
Tabel 3.3.3 Spesifikasi Reaktor	28
Tabel 3.3.4 Spesifikasi Separator	29
Tabel 3.3.5 Spesifikasi Menara Distilasi	30
Tabel 3.3.6 Spesifikasi Kompresor 1	31
Tabel 3.3.7 Spesifikasi Kompresor 2	31
Tabel 3.3.8 Spesifikasi Expander	32
Tabel 3.3.9 Spesifikasi Expansion Valve	33
Tabel 3.3.10 Spesifikasi Accumulator	34
Tabel 3.3.11 Spesifikasi Heat Exchanger	35
Tabel 3.3.12 Spesifikasi Cooler 1	36
Tabel 3.3.13 Spesifikasi Cooler 2	37
Tabel 3.3.14 Spesifikasi Vaporizer	38
Tabel 3.3.15 Spesifikasi Reboiler	39
Tabel 3.3.16 Spesifikasi Condenser 1	40
Tabel 3.3.17 Spesifikasi Condenser 2	41
Tabel 3.3.18 Spesifikasi Pompa 1 dan 2	42
Tabel 3.3.19 Spesifikasi Pompa 3 dan 4	43
Tabel 3.3.20 Spesifikasi Pompa 5 dan 6	44
Tabel 3.4.1 Neraca Massa Reaktor	45
Tabel 3.4.2 Neraca Massa Separator	45
Tabel 3.4.3 Neraca Massa Menara Distilasi	46
Tabel 3.4.4 Neraca Massa Total	46
Tabel 3.5.1 Neraca Panas Reaktor	47
Tabel 3.5.2 Neraca Panas Separator	47
Tabel 3.5.3 Neraca Panas Menara Distilasi	48
Tabel 3.5.4 Neraca Panas Heat Exchanger	48
Tabel 3.5.5 Neraca Panas Cooler 1	49
Tabel 3.5.6 Neraca Panas Cooler 2	49
Tabel 3.5.7 Neraca Panas Total	49
Tabel 4.2.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	55
Tabel 4.4.1 Jabatan dan Kualifikasi Persyaratan	71

Tabel 4.4.2 Jabatan dan Gaji	73
Tabel 5.1.1 Kebutuhan Air Steam	82
Tabel 5.1.2 Kebutuhan Air Pendingin	82
Tabel 5.1.3 Kebutuhan Air Rumah Tangga dan Lainnya	83
Tabel 5.3.1 Penggunaan Listrik Alat Proses	86
Tabel 6.2.1 Indeks Harga	89
Tabel 6.5.1 Purchased Equipment Delivered Cost.....	96
Tabel 6.5.2 Direct Cost	96
Tabel 6.5.3 Indirect Cost	97
Tabel 6.5.4 Fixed Capital Investment	97
Tabel 6.5.5 Working Capital	97
Tabel 6.5.6 Total Capital Investment	98
Tabel 6.5.7 Direct Manufacturing Cost.....	98
Tabel 6.5.8 Indirect Manufacturing Cost	99
Tabel 6.5.9 Fixed Manufacturing Cost.....	99
Tabel 6.5.10 Manufacturing Cost.....	99
Tabel 6.5.11 General Expenses	100
Tabel 6.5.12 Total Production Cost.....	100
Tabel 6.5.13 Fixed Cost (Fa).....	100
Tabel 6.5.14 Variable Cost (Va)	101
Tabel 6.5.15 Regulated Cost (Ra)	101
Tabel 6.5.16 Hasil Evaluasi Ekonomi	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.2.1 Grafik Pendekatan Impor Etanol di Indonesia	3
Gambar 1.2.2 Grafik Pendekatan Ekspor Etanol di Indonesia	4
Gambar 1.2.3 Grafik Pendekatan Konsumsi Etanol di Indonesia.....	5
Gambar 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif	21
Gambar 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif	22
Gambar 4.1.1 Lokasi Pendirian Pabrik (Satelit)	50
Gambar 4.1.2 Lokasi Pendirian Pabrik	51
Gambar 4.2.1 Tata Letak Pabrik	54
Gambar 4.3.1 Tata Letak Alat Proses.....	57
Gambar 4.4.1 Struktur Organisasi Perusahaan	62
Gambar 5.1.1 Diagram Alir Utilitas.....	84
Gambar 6.2.1 Grafik Tahun vs Indeks Harga	90
Gambar 6.5.1 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	105

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu negara dengan populasi terbanyak di dunia. Peluang Indonesia terhadap industri khususnya industri kimia cukup menjanjikan. Salah satu industri kimia yang banyak digunakan di Indonesia adalah industri pembuatan etanol. Etanol sering digunakan dalam industri-industri khususnya sebagai bahan baku maupun pendukung dalam bidang farmasi, kosmetik, medis, kebutuhan rumah tangga, dan lainnya. Kebutuhan etanol yang tinggi mendorong untuk didirikannya pabrik pembuatan etanol dengan kapasitas 63.000 ton/tahun. Pabrik ini didirikan di kawasan industri di *Java Integrated industrial and Ports Estate (JIPE)* di Desa Manyar, Kec. Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pabrik beroperasi selama 330 hari atau 24 jam/hari dengan jumlah pekerja sebanyak 174 orang. Bahan baku yang digunakan adalah etilena sebanyak 3.972,2725 kg/jam dan air sebanyak 3.982,22725 kg/jam. Proses pembuatan etanol menggunakan fixed bed multitube reactor dengan kondisi operasi pada suhu 280°C dan tekanan 68 atm. Reaksi yang digunakan dalam pembuatan etanol adalah reaksi hidrasi dengan katalis asam fosfat. Kebutuhan air untuk utilitas sebanyak 3.982,2725 kg/jam untuk air proses, untuk steam sebanyak 8.584,0485 kg/jam serta 1.392,5 kg/jam untuk kebutuhan air rumah tangga dan lainnya. Penggunaan listrik untuk kegiatan produksi sebesar 5.216,596 kW. Perhitungan analisa ekonomi dibutuhkan modal sebesar Rp.962.512.386.760,97 dengan keuntungan yang didapatkan sebelum pajak sejumlah Rp. 145.882.076.340,59 dan sesudah pajak sejumlah Rp. 113.741.219.545,66. Persentase Return On Investment (ROI) sebelum pajak dan sesudah pajak berturut-turut adalah 18,18% dan 14%. Pay Out Time (POT) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut adalah 4 tahun dan 4,77 tahun. Produksi akan mencapai Break Even Point (BEP) pada 44,15% dan Shut Down Point (SDP) pada 21%. Nilai Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) sebesar 13,79%. Sesuai dengan hasil evaluasi dan analisa ekonomi, maka pendirian pabrik etanol dari etilena dengan kapasitas 63.000 ton/tahun layak untuk ditinjau lebih lanjut dan dapat dijadikan sebagai investasi di masa depan.

Kata kunci : Etanol, Etilena, Hidrasi, Katalis

ABSTRACT

Indonesia is one of the most populous countries in the world, offering promising opportunities in various industries, particularly the chemical sector. One of the widely utilized chemical industries in Indonesia is ethanol production. Ethanol is commonly used as a raw material or supporting agent in pharmaceuticals, cosmetics, medical applications, household products, and more. The high demand for ethanol has driven the establishment of an ethanol production plant with a capacity of 63,000 tons per year. The plant is located in the Java Integrated Industrial and Ports Estate (JIPE), in Manyar Village, Manyar District, Gresik Regency, East Java. It operates 330 days per year, 24 hours per day, and employs 174 workers. The raw materials used are ethylene at 3.972,2725 kg/hour and water at 3.982,22725 kg/hour. Ethanol is produced using a fixed-bed multitube reactor operating at 280°C and 68 atm. The reaction involved is a hydration process catalyzed by phosphoric acid. Utility water requirements include 3,982.2725 kg/hour for process water, 8.584,0485 kg/hour for steam, and 1.392,5 kg/hour for domestic and miscellaneous uses. Electricity consumption for production activities is 5.216,596 kW. Economic analysis indicates that the required capital investment is Rp.962.512.386.760,97, with a pre-tax profit of Rp. 145.882.076.340,59, and a post-tax profit of Rp. 113.741.219.545,66. The Return on Investment (ROI) before and after tax is 18,18% and 14%. The Pay Out Time (POT) before and after tax is 4,00 years and 4,77 years. The production will reach Break Even Point (BEP) at 44,15% and Shut Down Point (SDP) at 21%. The Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) is 13,79%. Based on the evaluation and economic analysis, the establishment of an ethanol plant from ethylene with a capacity of 63,000 tons/year is feasible for further review and presents a viable investment opportunity for the future.

Keywords: Ethanol, Ethylene, Hydration, Catalyst

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki populasi terbanyak di dunia. Saat ini Indonesia menduduki peringkat ke-4 dunia dibawah India, China, dan Amerika Serikat. Peluang industri di Indonesia cukup menjanjikan khususnya dalam bidang industri kimia. Dalam penerapan dan kebutuhan kehidupan sehari-hari tentunya tidak lepas dari salah satu bahan kimia yaitu Etanol. Etanol merupakan salah satu alkohol paling sederhana dan paling banyak digunakan, baik dalam industri, maupun kehidupan sehari-hari etanol merupakan cairan yang tidak mudah menguap, dan mudah terbakar (Anggraini, Yuniningsih, & Sota, 2017). Etanol sering digunakan dalam berbagai bidang di kehidupan kita seperti dalam bidang farmasi, bidang medis, pemakaian dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar, hingga kehidupan rumah tangga. Kebutuhan etanol dalam kehidupan sehari-hari menjadikannya sebagai salah satu barang dalam skala besar untuk pemenuhan kehidupan khususnya dalam dunia industri. Produksi etanol di Indonesia sendiri belum mencakup seluruh kebutuhan rakyat Indonesia dengan total penduduk hampir 300 juta jiwa. Hal ini yang menjadi salah satu dasar untuk pemenuhan kebutuhan etanol di Indonesia sendiri dengan cara melakukan impor dari negara lain. Hal ini tentunya menjadi strategi negara luar untuk memainkan peran-peran jitu dalam strategi industri dunia. Pengaruh nilai tukar dollar ke rupiah yang tidak menentu memengaruhi harga pembelian dan penjualan etanol.

Indonesia harus mampu menjadi salah satu negara dengan kemandirian dalam hal pemenuhan kebutuhan industri dalam negeri. Hal ini tentunya tidak terlepas dari penggunaan etanol dalam jumlah yang banyak khususnya dalam bidang kesehatan. Etanol sering digunakan dalam bidang farmasi sebagai salah satu pelarut. Dalam bidang lain seperti medis, etanol digunakan sebagai bahan disinfektan peralatan rumah sakit. Selain itu, etanol dalam penggunaan bahan bakar juga sering digunakan untuk pencampuran dan lain-lain. Berdasarkan beberapa penggunaan diatas.

Pendirian pabrik etanol di Indonesia memiliki keunggulan sebagai berikut :

1. Peluang bagi industri-industri yang menjadikan etanol sebagai salah satu bahan baku.
2. Mencukupi pemenuhan kebutuhan etanol khususnya pasar domestik dan dapat meminimalisir impor serta meningkatkan keuntungan dalam negeri.
3. Menumbuhkan roda perekonomian negara.
4. Membuat lapangan kerja, mengentaskan kemiskinan, serta mengurangi pengangguran.
5. Meningkatkan nilai ekspor etanol ke luar negeri yang dapat meningkatkan devisa.

Proyeksi penggunaan dan kebutuhan etanol di Indonesia meningkat seiring bertambahnya industri-industri baru khususnya pada zaman sekarang yang serba maju dan cepat. Dengan demikian pendirian pabrik etanol di Indonesia perlu dipertimbangkan. Hal ini karena pabrik etanol di Indonesia secara angka belum cukup memenuhi permintaan etanol domestik untuk pemenuhan kebutuhan rakyat Indonesia.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

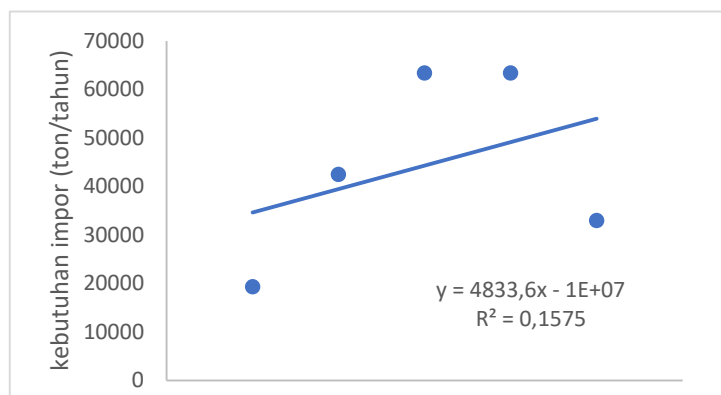
Kebutuhan etanol di Indonesia mengalami perubahan seiring perkembangan zaman dan kebutuhan industri dunia. Penggunaan etanol di Indonesia memiliki volume yang besar sehingga dibutuhkan pabrik etanol yang dapat memberikan pasokan bagi industri dalam negeri. Berikut adalah data impor, ekspor, konsumsi dan pabrik produksi etanol di Indonesia.

Tabel 1.2.1 Kebutuhan Impor Etanol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan impor (ton/tahun)
2020	19.300
2021	42.431
2022	63.371
2023	63.371
2024	32.998

(Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan data, dapat diketahui bahwa Indonesia saat ini belum memenuhi permintaan etanol dari dalam negeri sehingga harus melakukan impor dari luar.



Gambar 1.2.1 Grafik Pendekatan Impor Etanol di Indonesia

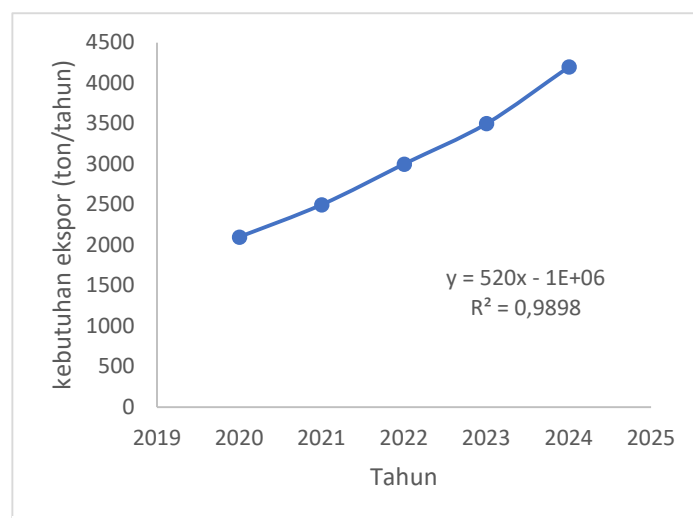
Berdasarkan grafik diatas, dihasilkan persamaan garis $y = 4833,6x - 1E+07$. Dari perhitungan, didapatkan proyeksi kebutuhan impor etanol di Indonesia di tahun 2030 yaitu 183.812 ton/tahun.

Tabel 1.2.2 Kebutuhan Ekspor Etanol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan ekspor (ton/tahun)
2020	2.100
2021	2.500
2022	3.000
2023	3.500
2024	4.200

(Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan data, dapat diketahui bahwa Indonesia saat ini dalam kurun waktu ke waktu ekspor etanol Indonesia ke luar negeri masih tergolong rendah.



Gambar 1.2.2 Grafik Pendekatan Ekspor Etanol di Indonesia

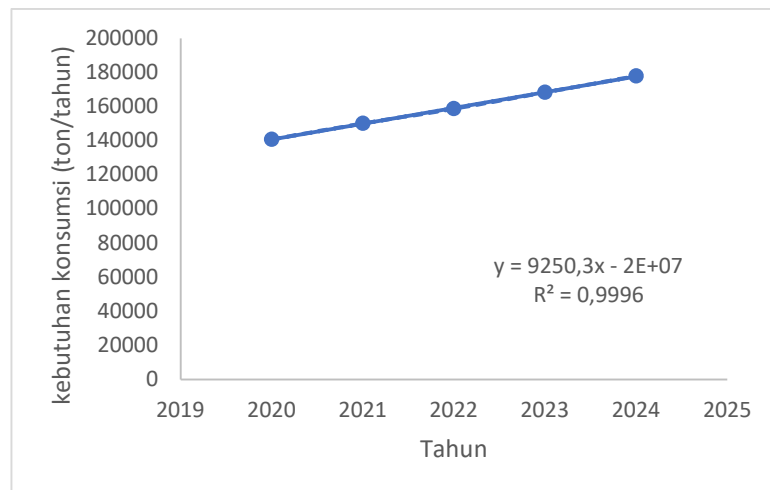
Berdasarkan grafik diatas, dihasilkan persamaan garis $y = 520x - 1E+06$. Dari perhitungan, didapatkan proyeksi kebutuhan ekspor etanol di Indonesia di tahun 2030 yaitu 55.600 ton/tahun.

Tabel 1.2.3 Kebutuhan Konsumsi Etanol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan konsumsi (ton/tahun)
2020	140.768
2021	150.073
2022	158.715
2023	168.308
2024	177.902

(Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan data kebutuhan konsumsi etanol di Indonesia diatas, Indonesia masih membutuhkan kebutuhan etanol dalam jumlah besar untuk penggunaan dalam usaha dan industri di Indonesia.



Gambar 1.2.3 Grafik Pendekatan Konsumsi Etanol di Indonesia

Berdasarkan grafik diatas, dihasilkan persaaan garis $y = 9250,3x - 2E+07$. Dari perhitungan persamaan tersebut, didapatkan kebutuhan konsumsi etanol di Indonesia di tahun 2030 yaitu 1.222.891 ton/tahun.

Tabel 1.2.4 Pabrik Etanol di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	PT Molindo Raya Industrial	Lawang, Jawa Timur	62.640
2	PT Indo Acidatama Tbk	Karanganyar, Jawa Tengah	49.200
3	PT Indo Lampung Distillery	Lampung	49.200
4	PT Energi Agro Nusantara (Enero)	Mojokerto, Jawa Timur	36.000
(CNBC Indonesia, 2025)			

Tabel 1.2.5 Pabrik Etanol di Luar Negeri

No.	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	POET Biorefining	South Dakota, USA	450.000
2	Raizen	Piracicaba, Brazil	800.000
3	Indian Oil Corporation	Bahali, India	100.000
(POET Biofuels, 2025; Raizen, 2023; IOCL, 2023)			

Berdasarkan data diatas, pendirian pabrik etanol di Indonesia di tahun 2030 kapasitas 63.000 ton/tahun, hasil tersebut didapatkan dari 50% proyeksi perhitungan probabilitas. Bahan baku untuk pendirian pabrik didapatkan dari suplai melalui PT. Lotte Chemical Indonesia (LCI) Cilegon, Banten yang menghasilkan

produksi etilena sebanyak 1.000.000 ton/tahun (Times, 2025). Perhitungan peluang pendirian pabrik didasarkan pada selisih permintaan dan penawaran. Perhitungan dalam penentuan kapasitas pabrik dapat dilakukan dengan menentukan selisih permintaan dan penawaran sebagai berikut :

- Permintaan terdiri atas jumlah konsumsi dan ekspor yakni 1.406.703 ton/tahun.
- Penawaran terdiri atas jumlah kebutuhan konsumsi dan impor yakni 1.278.491 ton/tahun.

Peluang kapasitas pabrik secara matematis adalah sebagai berikut :

$$Peluang = \sum Permintaan - \sum Penawaran \quad (1.1)$$

$$Peluang = (1.406.703 \text{ ton/tahun} - 1.278.491 \text{ ton/tahun})$$

$$= 128.212 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitngan tersebut, pendirian pabrik etanol di Indonesia dengan menggunakan 49,14% atau mendekati 50% perhitungan peluang kapasitas pabrik yakni 63.000 ton/tahun layak untuk didirikan dan beroperasi demi mencukupi kebutuhan etanol di Indonesia.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Etanol

Etanol merupakan salah satu dari senyawa kimia yang memiliki rumus molekul C_2H_5OH . Etanol adalah senyawa yang mudah menguap, mudah terbakar, tidak memiliki warna dan merupakan salah satu alkohol yang paling sering digunakan di kehidupan sehari-hari. Etanol adalah golongan alkohol rantai tunggal. Etanol digunakan sebagai pelarut bahan kimia untuk kebutuhan konsumsi kehidupan manusia sehari-hari. Dalam kimia industri, etanol dapat dibedakan menjadi etanol sintetik dan bioetanol. Etanol sintetik dihasilkan melalui hidrasi etilena dengan air pada tekanan tinggi menggunakan katalis asam, sedangkan bioetanol dihasilkan dengan fermentasi bahan baku yang mengandung karbohidrat seperti jagung, jerami padi, ubi kayu dan lainnya.

Produksi pembuatan etanol dilakukan melalui reaksi hidrasi katalitik etilena. Reaksi dalam produksi pembuatan etanol terdiri atas reaksi utama.



Salah satu faktor penting dalam pembuatan etanol adalah kondisi operasi serta jenis katalis yang digunakan. Reaksi pembuatan etanol terjadi pada suhu 250-310 °C dan tekanan 68 atm, serta menggunakan katalis asam fosfat dengan silika gel (Kirk & Othmer, 1985).

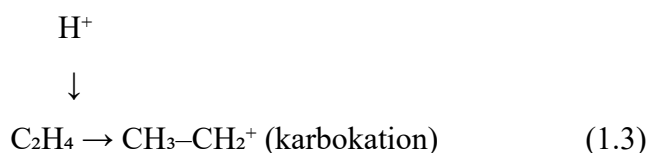
1.3.2 Mekanisme Reaksi Hidrasi Etilena

Reaksi hidrasi etilena adalah suatu proses kimia di mana etilena (C_2H_4) bereaksi dengan air (H_2O) untuk menghasilkan etanol (C_2H_5OH). Reaksi ini termasuk dalam kategori reaksi adisi elektrofilik dan berlangsung dengan bantuan katalis asam, seperti asam fosfat (H_3PO_4) dengan silika gel.

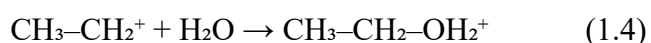
Mekanisme reaksi hidrasi etilena terdiri dari protonasi etilena, serangan nukleofilik oleh air, dan deprotonasi. Protonasi etilena terjadi ketika katalis asam

memprotonasi ikatan rangkap pada etilena membentuk karbokation. Serangan nukleofilik oleh air terjadi pada saat molekul air menyerang karbokation dan membentuk ion oksonium. Deprotonasi terjadi ketika ion oksonium kehilangan proton sehingga menghasilkan etanol. Berikut adalah diagram mekanisme reaksi seperti penjelasan diatas.

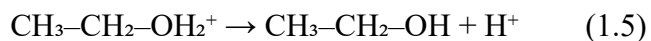
Tahap 1: Protonasi



Tahap 2: Serangan air



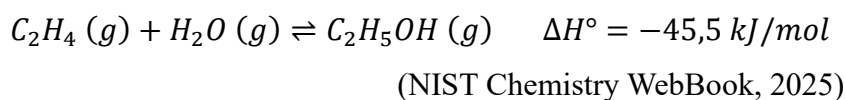
Tahap 3: Deprotonasi



1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika pada proses pembuatan etanol menggunakan persamaan sebagai berikut:



- Reaksi bersifat eksotermis
- Reaksi *reversible*, artinya dipengaruhi oleh kesetimbangan kimia
- a. Entalpi (ΔH)
 - Reaksi melepaskan panas sehingga nilai ΔH negatif.

- Nilai entalpi (ΔH) digunakan dalam persamaan Van't Hoff untuk menentukan pengaruh suhu terhadap K dengan persamaan :

$$- \frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (1.6)$$

(Smith, Van Ness, Abbott, & Swihart, 2018)

b. Entropi (ΔS)

- Nilai entropi negatif karena jumlah mol gas berkurang sehingga sistem dapat berjalan lebih teratur.
- Nilai $\Delta S^\circ \approx -120 \text{ J/mol.K}$ berarti penurunan entropi karena jumlah mol gas berkurang.
- Pengaruh ΔS terhadap energi gibbs (ΔG) :

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1.7)$$
- Pada suhu 280°C , nilai $-T\Delta S$ menjadi signifikan karena reaksi berlangsung pada suhu tinggi.

(Smith, Van Ness, Abbott, & Swihart, 2018)

c. Energi Gibbs (ΔG)

- ΔG untuk menentukan apakah reaksi terjadi secara spontan pada suhu tertentu atau sebaliknya.
- Dari nilai entalpi dan entropi dengan menghitung nilai ΔG , didapatkan nilai dari ΔG positif yakni $20,86 \text{ kJ/mol}$. Artinya reaksi tidak berlangsung secara spontan berdasarkan tinjauan termodinamika dengan reaksi pada suhu 280°C .

(Smith, Van Ness, Abbott, & Swihart, 2018)

d. Pengaruh Suhu

- Reaksi bersifat eksotermis, sehingga kenaikan suhu berpengaruh terhadap penurunan konversi kesetimbangan.
- Suhu yang tinggi diperlukan untuk mempercepat kinetika reaksi.

- Titik optimum terjadi pada suhu sekitar 250-300°C.
- Berdasarkan Van't Hoff :
- $\ln K = -\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + C$ (1.8)

Artinya, nilai konstanta kesetimbangan (K) akan menurun pada saat terjadi kenaikan suhu.

(Smith, Van Ness, Abbott, & Swihart, 2018)

e. Pengaruh Tekanan

- Reaksi hidrasi etilena mengubah 2 mol gas pada reaktan menjadi 1 mol gas pada produk, akibatnya terjadi kenaikan tekanan dan mendorong reaksi ke kanan.
- Tekanan tinggi pada reaksi hidrasi dapat meningkatkan konversi etilena yang diubah menjadi etanol.

(Smith, Van Ness, Abbott, & Swihart, 2018)

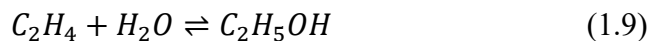
f. Keseimbangan Termodinamika

- Konstanta kesetimbangan K menurun seiring terjadinya peningkatan suhu karena nilai ΔH negatif.

(Smith, Van Ness, Abbott, & Swihart, 2018)

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Berdasarkan hukum *Arrhenius* $k = Ae^{-E/RT}$, harga k akan besar jika nilai dari temperatur dinaikkan sehingga akan meningkatkan laju reaksi. Namun pada reaksi pembuatan etanol adalah reaksi eksotermis *reversible*, sehingga pertimbangan untuk temperatur diberikan batas pada tinjauan termodinamikanya.



• Persamaan Laju Reaksi Kimia

$$r_1 = \frac{k_1.P_E.P_W}{(1+K_E.P_E+K_W.P_W+K_E.K_W.P_E.P_W)^2} \quad (1.10)$$

$$r_2 = \frac{k_2.P_A}{(1+K_E.P_E+K_W.P_W+K_E.K_W.P_E.P_W)^2} \quad (1.11)$$

(Ismadji, Soetaredjo, & Santoso, 2021)

$$K_{C_2H_4} = 1,2328 \times 10^{-7} \exp\left(\frac{162,730}{R.T}\right) \quad (1.12)$$

$$K_{H_2O} = 2,0850 \times 10^{-6} \exp\left(\frac{35,368}{R.T}\right) \quad (1.13)$$

(Wijayanti & Kurniawati, 2019)

Keterangan :

r_1 : laju reaksi 1(kmol/m ³ .h)	P_E : tekanan parsial etilena (atm)
r_2 : laju reaksi 2(kmol/m ³ .h)	P_W : tekanan parsial air (atm)
k : konstanta laju reaksi	P_A : tekanan parsial etanol (atm)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

2.1.1 Etanol

2.1.1.1 Sifat Fisik

Nama kimia	: Etanol / Etil Alkohol
Rumus Molekul	: C_2H_5OH atau CH_3CH_2OH
Wujud pada suhu ruang	: cair
Berat Molekul (g/mol)	: 46,07
Densitas (g/cm ³)	: 0,789
Kemurnian	: 95%
Titik didih (°C)	: 78,37
Titik leleh (°C)	: -114,1
Tekanan uap (kPa)	: 5,95
Viskositas (cP)	: 1,2
Titik autoignisi (°C)	: 365

(PubChem, 2025) (NIST Chemistry WebBook, 2025)

2.1.1.2 Sifat Kimia

Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) adalah salah satu alkohol rantai pendek yang memiliki gugus fungsi hidroksil ($-\text{OH}$) pada atom karbon kedua. Etanol bersifat polar, mampu membentuk ikatan hidrogen, dan dapat melarutkan senyawa polar serta beberapa senyawa nonpolar. Etanol memiliki massa molar 46.07 g/mol dan bersifat reaktif karena dapat mengalami oksidasi menjadi asetaldehida, lalu menjadi asam asetat dalam reaksi kimia. Selain itu, etanol mudah terbakar dengan titik nyala sekitar 13°C . pKa etanol sekitar 16, menunjukkan bahwa sifat asamnya sangat lemah dan praktis tidak terionisasi dalam air (PubChem, 2025) (Lide, 2005)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung

2.2.1 Etilena

2.2.1.1 Sifat Fisik

Nama kimia	: Etilena / <i>Ethylene</i> / Etena
Rumus Molekul	: C_2H_4
Wujud pada suhu ruang	: gas (tidak berwarna)
Berat Molekul (g/mol)	: 28,05
Kepadatan (0°C , 1 atm) (g/L)	: 1,178
Panas penguapan (kJ/mol)	: 13,5
Panas pembakaran (kJ/mol)	: -1411
Titik didih ($^\circ\text{C}$)	: -103,7
Titik leleh ($^\circ\text{C}$)	: -169,4
Titik autoignisi ($^\circ\text{C}$)	: 450

(Lide, 2005) (NIOSH, 2025) (NIST Chemistry WebBook, 2025)

2.2.1.2 Sifat Kimia

Etilena (C_2H_4) atau etena adalah senyawa hidrokarbon tak jenuh paling sederhana dalam kelompok alkena. Secara kimia, etilena bersifat nonpolar karena tidak memiliki atom hidrogen yang bersifat asam dan stabil pada suhu ruang serta tekanan ruang. Etilena memiliki ikatan rangkap dua karbon dengan struktur $H_2C=CH_2$. Ikatan rangkap dua ini terdiri dari atas satu ikatan sigma dan satu ikatan pi, sehingga membuat etilena bersifat reaktif terhadap reaksi adisi hidrofilik seperti hidrogenasi (menjadi etana), halogenasi (menjadi 1,2-dihalida), hidrohalogenasi (menjadi haloalkana), serta hidrasi (menjadi etanol). Etilena dapat melakukan polimerisasi melalui reaksi radikal bebas atau katalis Ziegler-Natta untuk menghasilkan polietilena. Polietilena merupakan salah satu jenis polimer plastik yang paling banyak diproduksi di dunia. Dalam industri kimia, etilena dioksidasi menjadi etilen oksida dan dihidrolisis kembali menjadi etilen glikol. Etilena mudah terbakar, menghasilkan CO_2 dan H_2O dengan reaksi pembakaran eksotermik (Ullmann, 2002) (McMurry, 2016) (PubChem, 2025)

2.2.2 Air

2.2.2.1 Sifat Fisik

Nama kimia	: Air
Rumus Molekul	: H_2O
Wujud pada suhu ruang	: cair (bening, tidak berwarna)
Berat Molekul (g/mol)	: 18,015
Kepadatan (kg/m^3)	: 997
Panas laten penguapan (kJ/kg)	: 2257

Panas jenis (kJ/kg.K)	: 4,18
Titik didih (°C)	: 100
Titik leleh (°C)	: 0
Viskositas (mPa.s)	: 0.890

(NIST Chemistry WebBook, 2025) (PubChem, 2025) (Lide, 2005)

2.2.2.2 Sifat Kimia

Air (H_2O) adalah senyawa yang terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Air memiliki sifat polar yang membuatnya menghasilkan kemampuan membentuk ikatan hidrogen yang kuat antarmolekul air. Hal ini membuat air memiliki titik didih dan titik leleh yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan senyawa lain yang memiliki berat molekul yang hampir sama. Secara kimia, air dapat digunakan sebagai asam lemah atau basa lemah (amfiprotik) karena dapat mendonorkan atau menerima proton (H^+), ditunjukkan pada reaksi autoprotolisis menjadi ion hidronium (H_3O^+) dan hidroksida (OH^-) dengan ketetapan ionisasi air (K_w) pada 25°C sebesar $1,0 \times 10^{-14}$. Air terlibat dalam berbagai reaksi kimia penting seperti hidrolisis, hidrasi, serta reaksi kondensasi di mana air dapat digunakan sebagai reaktan maupun produk (McMurry, *Organic Chemistry*). Air merupakan pelarut universal untuk senyawa polar dan ionik karena memiliki konstanta dielektrik tinggi yaitu 78,5 pada suhu 25°C yang dapat memungkinkan stabilisasi ion dalam larutan. (PubChem, 2025)

2.2.3 Asam Fosfat

2.2.3.1 Sifat Fisik

Nama kimia	: Asam Fosfat / <i>Phosphoric acid</i>
Rumus Molekul	: H_3PO_4
Wujud pada suhu ruang	: padatan kristal putih atau cair
Kelarutan dalam air	: Sangat larut
Berat Molekul (g/mol)	: 98,00
Kepadatan (85% w/w, g/cm ³)	: 1,685
Tekanan uap (kPa)	: < 0,03
Panas pembakaran (kJ/mol)	: -1411
Titik didih (°C)	: 158
Titik leleh (°C)	: 42,35

(PubChem, 2025) (NIST Chemistry WebBook, 2025)

2.2.3.2 Sifat Kimia

Asam fosfat (H_3PO_4) adalah asam mineral triprotic yang memiliki 3 atom hidrogen asam dan dapat melepaskan protonnya secara bertahap, dengan nilai $\text{pK}_{\text{a}1} = 2,12$, $\text{pK}_{\text{a}2} = 7,21$, dan $\text{pK}_{\text{a}3} = 12,67$ pada suhu 25°C. Asam fosfat adalah asam sedang pada ionisasi pertama dan sangat lemah pada ionisasi kedua dan ketiga. Dalam larutan air, asam fosfat mengalami ionisasi membentuk berbagai jenis seperti dihidrogen fosfat (H_2PO_4^-), hidrogen fosfat (HPO_4^{2-}), dan fosfat (PO_4^{3-}), sehingga bersifat penting sebagai buffer dalam sistem biologis dan industri. Asam fosfat bersifat non-oksidator

pada kondisi normal, tidak menunjukkan sifat oksidasi kuat seperti asam sulfat atau asam nitrat, namun dapat bereaksi dengan basa membentuk garam fosfat, serta mengalami kondensasi pada pemanasan menghasilkan pirofosfat ($H_4P_2O_7$) atau polifosfat. Dalam kondisi pekat, asam fosfat bersifat korosif dan dapat menyebabkan iritasi kulit serta kerusakan jaringan jika kontak langsung. Reaktivitasnya yang khas meliputi reaksi esterifikasi dengan alkohol membentuk ester fosfat memiliki peranan penting dalam bidang biokimia seperti pembentukan ATP dan fosfolipid. (Ullmann, 2002) (Lide, 2005) (NIST Chemistry WebBook, 2025)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah bagian dari hal vital dalam pendirian pabrik kimia. Pengendalian kualitas adalah suatu aktivitas mempertahankan segala aspek agar kualitas produk yang dihasilkan dapat dipertahankan sebagaimana mestinya. (Lawi & dkk., 2020) Hal ini harus dilakukan sejak awal untuk memastikan kualitas bahan baku sampai menjadi produk. Pengawasan mutu air juga merupakan hal penting dalam menunjang mutu serta kualitas produk yang keluar dari pabrik. Aspek ini dapat dilakukan melalui analisa di dalam laboratorium ataupun penggunaan alat kontrol. Dalam pendirian pabrik etanol, aspek-aspek yang menjadi fokus utama adalah pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses produksi, serta pengendalian kualitas produksi.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku adalah aspek penting dalam menjaga kualitas produk yang akan dibuat. Sebelum melakukan proses produksi, hal yang penting perlu dilakukan adalah memastikan bahan baku yang digunakan dalam keadaan baik dan layak. Pengujian bahan baku harus dilakukan agar dalam proses produksi di dalam pabrik mendapatkan produk dengan kualitas yang baik sehingga memiliki nilai pasar yang tinggi.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produksi

Pengendalian proses produksi dilaksanakan demi mempertahankan kualitas pembuatan produk. Pengendalian ini untuk memastikan kualitas etanol yang baik sehingga dapat meningkatkan keuntungan.

Pengendalian proses juga dilaksanakan dengan menggunakan data pengendalian yang memiliki pusat di ruang kontrol serta dilakukan secara otomatis dengan menggunakan indikator. Bila ditemukan terjadi hal yang mencurigakan dari indikator, baik itu laju alir bahan baku maupun produk, suhu operasi, *level control*, bisa diketahui dengan cepat dengan isyarat pada indikator yang telah dibuat. Misalnya pada bunyi alarm dan nyala lampu. Alat kontrol yang digunakan adalah sebagai berikut :

- *Level Control*

Adalah alat yang digunakan untuk memberikan perintah pada *control valve* untuk dibuka maupun ditutup. Pemasangan dilakukan di bagian atas alat, jika belum dapat memenuhi maupun melewati batas yang telah ditentukan, dapat memunculkan isyarat berupa lampu yang menyala serta suara.

- *Flow Control*

Adalah bagian penting dari sistem instrumentasi dan kontrol proses. Alat ini digunakan untuk mengontrol aliran masuk bahan baku maupun bahan pendukung serta aliran keluaran proses. Tujuannya adalah menjaga agar aliran bahan (cair, gas, atau campuran) tetap berada dalam batas operasi yang aman dan efisien.

- *Temperature Control*

Adalah alat yang digunakan untuk mengendalikan suhu agar operasi di dalam pabrik berlangsung secara optimal dan aman. Tujuannya menjaga kualitas produk, efisiensi energi, dan keselamatan proses. Jika terjadi sesuatu pada

temperatur yang telah ditentukan, maka akan timbul isyarat berupa nyala lampu dan suara.

- *Level Indicator*

Adalah alat penting yang digunakan untuk mengukur dan memantau tinggi atau volume fluida (cairan atau padatan) dalam suatu peralatan proses, seperti tangki, kolom distilasi, atau reaktor.

- *Pressure Control*

Adalah alat yang digunakan untuk mengendalikan tekanan. Pengendalian tekanan adalah sistem yang sangat penting untuk menjaga keselamatan proses, stabilitas operasi, dan kualitas produk. Sistem ini memastikan bahwa tekanan dalam peralatan seperti reaktor, kolom distilasi, dan tangki tetap berada dalam batas yang aman dan sesuai dengan spesifikasi desain.

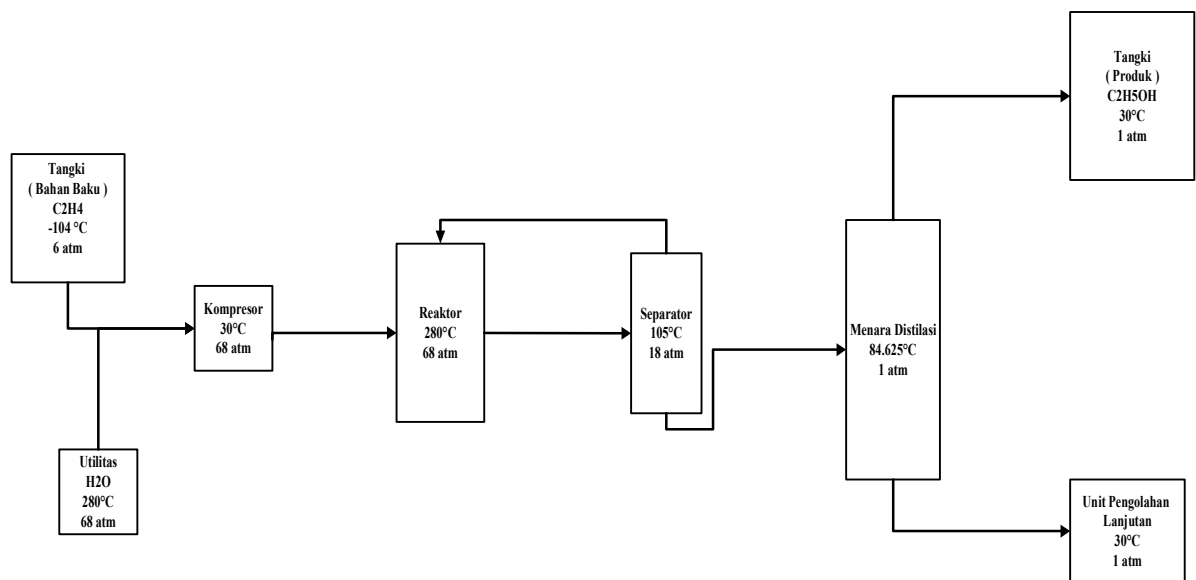
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk adalah proses sistematis untuk memastikan produk dengan mutu standar, maka perlu adanya kualitas bahan yang baik dan memenuhi standar mutu yang telah ditentukan demi menghasilkan produk yang bagus dan memiliki nilai jual tinggi. Tujuan pengendalian kualitas produk adalah menjamin kepuasan konsumen dengan produk yang bagus dan konsisten, mengurangi cacat produk dan biaya produksi, serta meningkatkan efisiensi operasional.

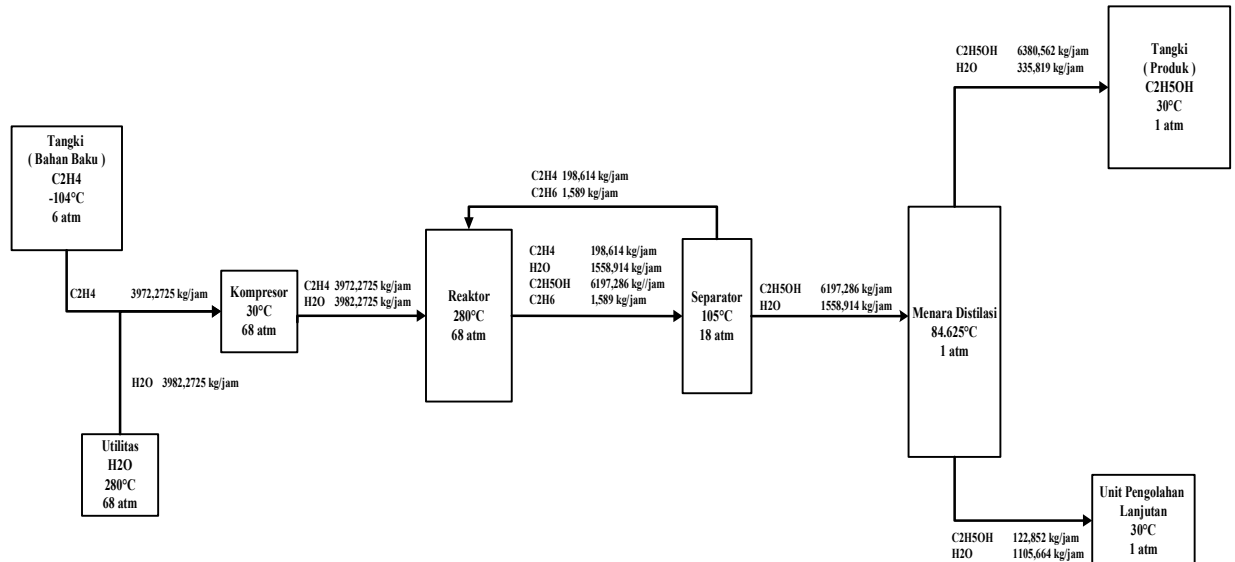
BAB III

PERANCANGAN ALAT PROSES

3.1 Diagram Alir dan Material



Gambar 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Proses pembuatan etanol dari etilena dengan menggunakan proses hidrasi etilena pada fase gas dapat dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu :

1. Persiapan bahan baku
2. Pembentukan etanol
3. Pemisahan etanol

1. Persiapan Bahan Baku

Proses awal dalam persiapan bahan baku pembuatan etanol adalah bahan baku berupa etilena yang disimpan pada suhu -104°C dengan tekanan 6 atm didalam tangki (T-01) dialirkan dengan tujuan untuk diuapkan sebelum dimasukkan kedalam tahap selanjutnya menggunakan *vaporizer*. Umpan berupa air juga dialirkan ke dalam kompresor. Air dipanaskan dari unit utilitas hingga suhu 553,15 K atau 280°C menggunakan *heat exchanger* sebelum dialirkan menuju reaktor. Setelah etilena diuapkan, kemudian dialirkan ke kompresor (C-01) untuk menaikkan tekanan etilena sebelum masuk ke dalam reaktor. Pada tahap ini, etilena beroperasi pada suhu 30°C dan menaikkan tekanannya dari sebelumnya 6 atm menjadi 68 atm. Setelah tekanan etilena dinaikkan, selanjutnya etilena dialirkan ke dalam Reaktor (R-01). Di dalam reaktor, etilena beroperasi pada suhu 280°C dengan tekanan 68 atm. Katalis yang digunakan tidak dilakukan persiapan karena langsung diletakkan pada tube yang berada di dalam reaktor. Katalis yang dipakai pada reaktor ini adalah asam fosfat. Umpan berupa etilena dan air masuk ke dalam reaktor untuk dilakukan tahapan berikutnya yakni pembuatan produk etanol.

2. Pembuatan Etanol

Tahap pembuatan etanol dilakukan reaksi hidrasi etilena dengan air sehingga akan didapatkan etanol dalam reaktor. Reaktor yang digunakan pada tahap ini adalah *fixed bed multitube reactor* (R-01). Reaktor bereaksi pada suhu operasi 280°C atau 553,15 K dengan tekanan 68 atm. Hasil yang didapatkan di dalam reaktor berupa campuran gas yang mengandung etanol, air, dan etilena sisa serta impuritas berupa etana. Di dalam reaktor, reaktan dialirkan melalui pipa yang memuat katalis asam fosfat. Katalis diletakkan disekitar *tube-tube* yang disusun secara parallel. Pada tahapan ini, reaksi yang berlangsung adalah reaksi secara eksotermis. Dengan demikian perlunya mempertahankan temperatur operasi didalam reaktor dengan memakai pendingin. Pendingin yang dipakai yaitu *dowtherm A*. Pendinginan dan kondensasi dimaksudkan untuk dilakukan pendinginan terhadap keluaran reaktor yang berupa campuran gas dengan menggunakan *expansion valve* dan kondensor parsial. Selanjutnya keluaran reaktor akan dialirkan menuju separator. Tujuannya adalah untuk memisahkan fase gas dan cair. Gas yang tidak terkondensasi, seperti etilena dan etana akan dilakukan *recycle* di dalam reaktor, sedangkan fase cair selanjutnya akan dilakukan pemisahan.

3. Pemisahan Etanol

Pemisahan etanol bertujuan untuk pemisahan etanol dari campuran gas hasil keluaran reaktor dan mendapatkan hasil etanol dengan kemurnian yang telah ditentukan. Sebelum campuran gas keluaran reaktor dipisahkan, suhu dan tekanannya diturunkan menggunakan *expander* / turbin. Gas yang keluar dari *expander* atau turbin memiliki suhu 573,15 K / 300°C tekanan 18 atm. Selanjutnya gas yang telah diturunkan suhu dan tekanan tersebut dimasukkan kedalam *condenser 1* (CD-01) untuk dilakukan pengembunan terhadap etanol dari suhu keluar *expander* / turbin yakni 573,15 K / 300°C menjadi 378,15 K / 105°C. Hasil pengembunan etanol kemudian dialirkan ke separator yang berfungsi sebagai tempat pemisahan berdasarkan fase yakni fase

uap/gas dan fase cair. Hasil pemisahan atas berupa fase uap/gas yakni berupa etilena dan etana dimana diasumsikan etilena dan etana adalah *Uncondensated gas*, maka selanjutnya akan dilakukan *recycle* di dalam reaktor dan sebagian akan dibuang ke udara melalui proses *purging* (*purging gas*). Hasil bawah dari pemisahan tersebut berupa fase cair berupa etanol dan air yang akan dilakukan pemisahan kembali berdasarkan titik didih di dalam menara distilasi. Produk keluaran atas menara distilasi berupa fase cair yakni etanol dan air. Etanol dan air diembunkan menjadi cairan di dalam *condenser 2*(CD-02) . Kemudian hasil pengembunan disimpan pada *accumulator* (ACC-01) , dimana dari *accumulator* sebagian produk akan dilakukan refluks ke dalam menara distilasi dan sebagian menjadi produk etanol dengan kemurnian 95% dari titik azeotrop yang sebelumnya dilakukan pendinginan di dalam *condenser 2* (CD-02) dan selanjutnya akan disimpan di dalam tangki penyimpanan (T-02). Sedangkan produk keluaran bawah dari menara distilasi berupa cairan yang akan dipanaskan menggunakan *reboiler* (RB-01). Produk atas dari *reboiler* akan dilakukan *recycle* ke dalam menara distilasi, serta produk bawah yang berupa cairan akan di *recycle* ke dalam Unit Pengolahan Lanjutan (UPL). Perancangan proses ini dirancang untuk efisiensi tinggi serta mempertimbangkan *recycle steam*, pemulihan energi, dan pengolahan limbah.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3.3.1 Spesifikasi Penyimpanan Bahan Baku Etilena (C₂H₄)

Nama		Tangki Penyimpanan C ₂ H ₄
Kode	T-01	
Jumlah	1 unit	
Fungsi	Tempat penyimpanan bahan baku etilena (C ₂ H ₄)	
Jenis	<i>Spherical Storage Tank</i>	
Kondisi Operasi		
a. Suhu	-104°C	
b. Tekanan	6 atm	
Waktu tinggal	5 hari	
Tipe Head	<i>Hemispherical</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 240 C</i>	
Kapasitas	930,9673 m ³	
Dimensi		
a. Tinggi	12,1167 m	
b. Diameter	12,1167 m	
c. Tebal Shell	0,0299 m	
Harga	\$2.052.541,17	

Tabel 3.3.2 Spesifikasi Penyimpanan Produk Etanol (C₂H₅OH)

Nama	Tangki Penyimpanan C ₂ H ₅ OH
Kode	T-02
Jumlah	1 unit
Fungsi	Tempat penyimpanan produk etanol (C ₂ H ₅ OH)
Jenis	Silinder tegak
Kondisi Operasi	
a. Suhu	30°C
b. Tekanan	1atm
Waktu tinggal	30 hari
Tipe <i>Head</i>	<i>Torispherical</i>
Bahan	
Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	4.835.794,399 kg
Dimensi	
a. Tinggi	20,9438 m
b. Diameter	36,5760 m
c. Tebal Shell	0,0254 m
Harga	\$793.609,15

3.3.2 Reaktor

Tabel 3.3.3 Spesifikasi Reaktor

Nama	Reaktor
Kode	R-01
Jumlah	1
Fungsi	Menghidrasi etilena dengan air menggunakan katalis asam fosfat
Jenis	<i>Fixed Bed Multitube</i>
Kondisi Operasi	
a. Suhu	280°C
b. Tekanan	68 atm
Tipe <i>Head</i>	<i>Elliptical Dished Head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-316 C</i>
Kapasitas	930,9673 m ³
Dimensi	
a. Tinggi	21,1325 m
b. Diameter	0,9263 m
c. Volume	13,808 m ³
d. Tebal <i>Shell</i>	1,656 in
e. Tebal <i>Head</i>	1,5625 in
Jumlah tube	280
<i>Tube side</i>	
a. Panjang <i>Tube</i>	20,5 m
b. Diameter Dalam	1,38 in
c. Diameter Luar	1,66 in
Harga	\$403.626,50

3.3.3 Spesifikasi Alat Pemisah

3.3.3.1 *Separator*

Tabel 3.3.4 Spesifikasi Separator

Nama		Separator
Kode		SP-01
Jumlah		1 unit
Fungsi		Memisahkan etanol dan gas impuritas setelah keluar dari CD-01
Jenis		<i>Vertical Separator Single Stage</i>
Kondisi Operasi		
a. Suhu		105°C
b. Tekanan		18 atm
Tipe <i>Head</i>		<i>Elliptical Dished Head</i>
Bahan Konstruksi		<i>Stainless Steel SA-316 C</i>
Dimensi		
a. Tinggi		2,8029 m
b. Diameter		0,6096 m
c. Tebal <i>Shell</i>		1/4 in
d. Tebal <i>Head</i>		3/8 in
Harga		\$18.232,16

3.3.3.2 Menara Distilasi

Tabel 3.3.5 Spesifikasi Menara Distilasi

Nama		Menara Distilasi
Kode		MD-01
Jumlah		1 unit
Fungsi		Memisahkan hasil keluaran SP-01 menjadi hasil atas dan hasil bawah (C_2H_5OH dan H_2O)
Jenis		<i>Plate tower (sieve tray)</i>
Kondisi Operasi		
a. Suhu umpan		84,265°C
b. Suhu atas		82,045°C
c. Suhu bawah		98,648°C
d. Tekanan		18 atm
Tipe Head		<i>torispherical roof</i>
Bahan Konstruksi		<i>Stainless Steel SA-240</i>
Dimensi		
a. Tinggi		16,03 m
b. Diameter		1,95 m
c. Tebal <i>Shell</i>		0,19 in
d. Tebal <i>Head</i>		0,23in
e. Jumlah <i>plate</i>		32
f. Tebal <i>tray</i>		0,003 m
g. Efisiensi <i>tray</i>		70%
h. Panjang <i>weir</i>		1,4838 m
i. Tinggi <i>weir</i>		45 mm
j. Diameter <i>hole</i>		5 mm
k. Jumlah <i>hole</i>		25.597
Harga		\$634.672,79

3.3.4 Kompresor

Tabel 3.3.6 Spesifikasi Kompresor 1

Nama		Kompresor 1
Kode		C-01
Jumlah		1 unit
Fungsi		Menaikkan tekanan bahan baku etilena menjadi 68 atm
Jenis		<i>Turbo Kompresor 3 stage</i>
Kondisi Operasi		
a. Suhu <i>inlet</i>		30°C
b. Suhu <i>outlet</i>		108°C
c. Tekanan <i>inlet</i>		6 atm
d. Tekanan <i>outlet</i>		68 atm
Power Kompresor		19,5750 hp
Harga		\$80.157,96

Tabel 3.3.7 Spesifikasi Kompresor 2

Nama		Kompresor 2
Kode		C-02
Jumlah		1 unit
Fungsi		Menaikkan tekanan gas <i>recycle</i> menjadi 68 atm
Jenis		<i>Turbo Kompresor 3 stage</i>
Kondisi Operasi		
a. Suhu <i>inlet</i>		105°C
b. Suhu <i>outlet</i>		149°C
c. Tekanan <i>inlet</i>		18 atm
d. Tekanan <i>outlet</i>		68 atm
Power Kompresor		0,6685 hp
Harga		\$82.240,280

3.3.5 Expander

Tabel 3.3.8 Spesifikasi *Expander*

Nama <i>Expander</i>	
Kode	EX-01
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menurunkan tekanan produk keluaran R-01 dari 68 atm menjadi 18 atm
Jenis	<i>Centrifugal</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 316</i>
Kondisi Operasi	
a. Suhu <i>inlet</i>	270°C
b. Suhu <i>outlet</i>	270°C
c. Tekanan <i>inlet</i>	68 atm
d. Tekanan <i>outlet</i>	18 atm
<i>Power</i>	431,654 hp
Harga	\$11.833,53

3.3.6 Expansion Valve

Tabel 3.3.9 Spesifikasi *Expansion Valve*

Nama		<i>Expansion Valve</i>
Kode	EV-01	
Jumlah	1 unit	
Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran SP-01 menjadi 1 atm	
Jenis	<i>Global Valve Open</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 316</i>	
Kondisi Operasi		
a. Suhu	105°C	
b. Tekanan <i>inlet</i>	18 atm	
c. Tekanan <i>outlet</i>	1 atm	
Dimensi		
a. ID	3,548 in	
b. OD	4 in	
c. a't	02,8385 in ²	
d. Le Total	13.184,448 m	
Harga	\$69,76	

3.3.7 Accumulator

Tabel 3.3.10 Spesifikasi *Accumulator*

Nama <i>Accumulator</i>	
Kode	ACC-01
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menampung arus keluaran CD-02 untuk menjaga kestabilan operasi
Jenis	MD-01
Bahan Konstruksi	Tangki silinder horizontal
Kondisi Operasi	<i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i>
a. Suhu	80,206°C
b. Tekanan	1 atm
Dimensi	
a. Diameter	0,76 m
b. Panjang	4,9278 m
c. Tebal <i>Shell</i>	0,19 in
d. Tebal <i>Head</i>	0,19 in
Harga	\$104.800,04

3.3.8 Alat Penukar Panas

3.3.8.1 *Heat Exchanger*

Tabel 3.3.11 Spesifikasi *Heat Exchanger*

Nama <i>Heat Exchanger</i>	
Kode	HE-01
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memanaskan campuran gas etilena dan <i>steam</i> sebelum masuk ke R-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-316</i>
Kondisi Operasi	
a. Fluida panas	<i>Saturated steam</i>
- Suhu <i>inlet</i>	310°C
- Suhu <i>outlet</i>	310°C
- Posisi fluida	<i>Tube</i>
b. Fluida dingin	Gas etilena dan <i>steam</i>
- Suhu <i>inlet</i>	108°C
- Suhu <i>outlet</i>	280°C
- Posisi fluida	<i>Shell</i>
Tekanan	68 atm
Dimensi	
a. <i>Shell side</i>	
- ID	13,25 in
- OD	-
- Panjang	-
- <i>Pressure drop</i>	0,5198 psi
b. <i>Tube side</i>	
- ID	0,62 in
- OD	0,75 in
- Panjang	16 ft
- <i>Pressure drop</i>	0,0040 psi
ΔP allowable	10 psi
<i>Dirt factor (designed)</i>	0,003 hr.ft ² .° F/Btu
<i>Dirt factor (calculated)</i>	0,0516 hr.ft ² .° F/Btu
Harga	\$45.455,99

3.3.8.2 Cooler

Tabel 3.3.12 Spesifikasi *Cooler 1*

Nama	<i>Cooler 1</i>
Kode	CL-01
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mendinginkan etanol hasil keluaran <i>Accumulator</i>
Jenis	<i>Double Pipe</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-316</i>
Kondisi Operasi	
a. Fluida panas	Etanol (C_2H_5OH)
- Suhu <i>inlet</i>	80,2060°C
- Suhu <i>outlet</i>	30°C
- Posisi fluida	<i>Inner pipe</i>
b. Fluida dingin	Air pendingin
- Suhu <i>inlet</i>	20°C
- Suhu <i>outlet</i>	30°C
- Posisi fluida	<i>annulus</i>
Tekanan	1 atm
Dimensi	
a. <i>Annulus side</i>	
- ID	2,07 in
- OD	2,38 in
- <i>Pressure drop</i>	3,0688 psi
b. <i>Inner pipe side</i>	
- ID	1,38 in
- OD	1,68 in
- <i>Pressure drop</i>	0,0040 psi
ΔP Allowable	10 psi
Panjang <i>hairpin</i> , <i>L</i>	6 ft
Jumlah <i>hairpin</i> , <i>n</i>	1
<i>Dirt factor (designed)</i>	0,003 hr.ft ² .° F/Btu
<i>Dirt factor (calculated)</i>	0,0854 hr.ft ² .° F/Btu
Harga	\$1.874,09

Tabel 3.3.13 Spesifikasi *Cooler 2*

Nama	<i>Cooler 2</i>
Kode	CL-02
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mendinginkan hasil keluaran bawah dari MD-01
Jenis	<i>Double Pipe</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-316</i>
Kondisi Operasi	
a. Fluida panas	Air (H ₂ O)
- Suhu <i>inlet</i>	98,6480°C
- Suhu <i>outlet</i>	30°C
- Posisi fluida	<i>Inner pipe</i>
b. Fluida dingin	Air pendingin
- Suhu <i>inlet</i>	20°C
- Suhu <i>outlet</i>	30°C
- Posisi fluida	<i>annulus</i>
Tekanan	1 atm
Dimensi	
a. <i>Annulus side</i>	
- ID	2,07 in
- OD	2,38 in
- <i>Pressure drop</i>	0,1525 psi
b. <i>Inner pipe side</i>	
- ID	1,38 in
- OD	1,68 in
- <i>Pressure drop</i>	0,0222 psi
ΔP Allowable	10 psi
Panjang <i>hairpin</i> , <i>L</i>	6 ft
Jumlah <i>hairpin</i> , <i>n</i>	1
<i>Dirt factor (designed)</i>	0,003 hr.ft ² .° F/Btu
<i>Dirt factor (calculated)</i>	0,6249 hr.ft ² .° F/Btu
Harga	\$1.769,97

3.3.8.3 Vaporizer

Tabel 3.3.14 Spesifikasi *Vaporizer*

Nama <i>Vaporizer</i>	
Kode	V-01
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menguapkan umpan etilena cair dari T-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-316</i>
Kondisi Operasi	
a. Fluida panas	<i>Saturated steam</i>
- Suhu <i>inlet</i>	160°C
- Suhu <i>outlet</i>	160°C
- Posisi fluida	<i>Shell</i>
b. Fluida dingin	Etilena
- Suhu <i>inlet</i>	-104°C
- Suhu <i>outlet</i>	30°C
- Posisi fluida	<i>Tube</i>
Tekanan	6 atm
Dimensi	
b. <i>Tube side</i>	
- ID	0,62 in
- OD	0,75 in
- Panjang	6 ft
- Jumlah <i>tube</i>	82
- <i>Passes</i>	2
- <i>Pressure drop</i>	1,3777 psi
a. <i>Shell side</i>	
- ID	12 in
- B	2,4 in
- <i>Passes</i>	1
- <i>Pressure drop</i>	0,0001 psi
<i>Dirt factor (designed)</i>	0,003 hr.ft ² .° F/Btu
<i>Dirt factor(calculated)</i>	0,0613 hr.ft ² .°F/Btu
Harga	\$30.508,21

3.3.8.4 Reboiler

Tabel 3.3.15 Spesifikasi *Reboiler*

Nama	<i>Reboiler</i>
Kode	RB-01
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memanaskan dan menguapkan hasil bawah MD-01
Jenis	<i>Kettle Reboiler (Shell and Tube)</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Suhu <i>inlet</i>	98,6480°C
Suhu <i>outlet</i>	99,3740°C
a. Fluida panas	Etanol (C ₂ H ₅ OH) dan Air (H ₂ O)
- Posisi fluida	<i>Tube</i>
b. Fluida dingin	Air pendingin
- Posisi fluida	<i>Shell</i>
Tekanan	1 atm
Dimensi	
a. <i>Tube side</i>	
- ID	0,62 in
- OD	0,75 in
- Panjang	6,096 m
- Jumlah <i>tube</i>	160
- <i>Passes</i>	2
- <i>Pressure drop</i>	0,000033 psi
b. <i>Shell side</i>	
- ID	15,25 in
- B	3,05 in
- <i>Passes</i>	2
- <i>Pressure drop</i>	0,0200 psi
ΔP allowable	2 psi (<i>shell</i>) dan 10 psi (<i>tube</i>)
<i>Dirt factor (designed)</i>	0,001 hr.ft ² .° F/Btu
<i>Dirt factor (calculated)</i>	0,00093 hr.ft ² .°F/Btu
Harga	\$106.349,88

3.3.8.5 Condenser

Tabel 3.3.16 *Spesifikasi Condenser 1*

Nama		Condenser 1
Kode		CD-01
Jumlah		1 unit
Fungsi		Mengembunkan hasil keluaran R-01
Jenis		<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi		<i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi		
Suhu <i>inlet</i>		270°C
Suhu <i>outlet</i>		105°C
a. Fluida panas		Gas campuran etilena, air, etanol dan etana
- Posisi fluida		<i>Tube</i>
b. Fluida dingin		Air pendingin
- Posisi fluida		<i>Shell</i>
Tekanan		18 atm
Dimensi		
a. <i>Tube side</i>		
- ID		0,652 in
- OD		0,75 in
- Panjang		10,9098 ft
- Jumlah <i>tube</i>		127
- <i>Passes</i>		1
- <i>Pressure drop</i>		0,7764 psi
b. <i>Shell side</i>		
- ID		13,25 in
- B		2,65 in
- <i>Passes</i>		1
- <i>Pressure drop</i>		0,3827 psi
ΔP allowable		10 psi (<i>tube</i>) dan 5 psi (<i>shell</i>)
<i>Dirt factor (designed)</i>		0,003 hr.ft ² .° F/Btu
<i>Dirt factor (calculated)</i>		0,0041 hr.ft ² .°F/Btu
Harga		\$21.686,55

Tabel 3.3.17 Spesifikasi *Condenser 2*

Nama	<i>Condenser 2</i>
Kode	CD-02
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mencairkan seluruh hasil atas MD-01
Jenis	<i>Shell and Tube</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Suhu <i>inlet</i>	82,045°C
Suhu <i>outlet</i>	80,206°C
a. Fluida panas	Etanol dan Air
- Posisi fluida	<i>Tube</i>
b. Fluida dingin	Air pendingin
- Posisi fluida	<i>Shell</i>
Tekanan	1 atm
Dimensi	
a. <i>Tube side</i>	
- ID	0,652 in
- OD	0,75 in
- Panjang	20 ft
- Jumlah <i>tube</i>	109
- <i>Passes</i>	1
- <i>Pressure drop</i>	2,3713 psi
b. <i>Shell side</i>	
- ID	12 in
- B	2,4 in
- <i>Passes</i>	1
- <i>Pressure drop</i>	0,7071 psi
ΔP allowable	10 psi (<i>tube</i>) dan 5 psi (<i>shell</i>)
<i>Dirt factor (designed)</i>	0,003 hr.ft ² .° F/Btu
<i>Dirt factor (calculated)</i>	0,0017 hr.ft ² .° F/Btu
Harga	\$82.825,91

3.3.9 Alat Transportasi Bahan

3.3.9.1 Pompa

Tabel 3.3.18 Spesifikasi Pompa 1 dan 2

Nama	Pompa 1	Pompa 2
Kode :	P-01	P-02
Fungsi :	Mengalirkan keluaran CD-01 ke SP-01	Mengalirkan keluaran bawah SP-01 ke MD-01
Jenis :	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah :	2 unit	2 unit
Bahan Konstruksi :	<i>Stainless Steel 316</i>	<i>Stainless Steel 316</i>
Kapasitas :	52,0036 gpm	40,4328 gpm
Dimensi :		
IPS	1,5 in	1,5 in
ID	1,61 in	1,61 in
OD	1,9 in	1,9 in
Flow area	0,01414 ft ²	0,01414 ft ²
Kecepatan aliran	2,4975 m/s	1,9418 m/s
Daya pompa	0,2727 hp	0,6100 hp
Daya motor	0,5 hp	1 hp
Harga	\$15.437,88	\$12.007,28

Tabel 3.3.19 Spesifikasi Pompa 3 dan 4

Nama	Pompa 3	Pompa 4
Kode :	P-03	P-04
Fungsi :	Mengalirkan keluaran ACC ke CL-01	Mengalirkan keluaran CL-01 ke T-02
Jenis :	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah :	2 unit	2 unit
Bahan Konstruksi :	<i>Stainless Steel 316</i>	<i>Stainless Steel 316</i>
Kapasitas :	43,3733 gpm	43,3733 gpm
Dimensi :		
IPS	1,5 in	1,5 in
ID	1,61 in	1,61 in
OD	1,9 in	1,9 in
Flow area	0,01414 ft ²	0,01414 ft ²
Kecepatan aliran	2,0831 m/s	2,0831 m/s
Daya pompa	0,2183 hp	0,1788 hp
Daya motor	0,5 hp	0,5 hp
Harga	\$7.841,47	\$11.272,11

Tabel 3.3.20 Spesifikasi Pompa 5 dan 6

Nama	Pompa 5	Pompa 6
Kode :	P-05	P-06
Fungsi :	Mengalirkan keluaran MD-01 ke RB	Mengalirkan sebagian keluaran RB ke CL-02
Jenis :	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah :	2 unit	2 unit
Bahan Konstruksi :	<i>Stainless Steel 316</i>	<i>Stainless Steel 316</i>
Kapasitas :	7,0670 gpm	7,0670 gpm
Dimensi :		
IPS	0,75 in	0,75 in
ID	0,824 in	0,824 in
OD	1,05 in	1,05 in
Flow area	0,0037 ft ²	0,0037 ft ²
Kecepatan aliran	1,2936 m/s	1,2936 m/s
Daya pompa	0,0105 hp	0,0194 hp
Daya motor	0,25 hp	0,25 hp
Harga	\$11.272,11	\$11.272,11

3.4 Neraca Massa

Kapasitas: 63.000 ton/tahun

Waktu Operasi : 330 hari

Basis : 1 jam

Tabel 3.4.1 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	(kg/jam)	(kg/jam)
	F3	F4
C ₂ H ₄	3.972,2725	198,6136
H ₂ O	3.982,2725	1.558,9144
C ₂ H ₅ OH	-	6.197,2860
C ₂ H ₆	1,5889	1,5889
Total	7.956,4029	7.956,4029

Tabel 3.4.2 Neraca Massa Separator

Komponen	Masuk	Keluar	
	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)
	F4	F5	F6
C ₂ H ₄	198,6140	198,6140	-
H ₂ O	1.558,9140	-	1.558,9140
C ₂ H ₅ OH	6.197,2860	-	6.197,2860
C ₂ H ₆	1,5890	1,5890	-
Total	7.956,4030	7.956,4030	

Tabel 3.4.3 Neraca Massa Menara Distilasi

Komponen	Masuk	Keluar	
	(kg/jam)	(kg/jam)	
	F6	F7 (D)	F8 (B)
C ₂ H ₅ OH	6.507,1510	6.380,5621	122,8516
H ₂ O	1.437,7460	335,8191	1.105,6643
Total	7.944,8970	7.944,8970	

Tabel 3.4.4 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk	Keluar
	(kg/jam)	(kg/jam)
C ₂ H ₄	4.170,8865	397,2276
H ₂ O	6.978,9325	4.559,3118
C ₂ H ₅ OH	12.704,4370	18.897,9857
C ₂ H ₆	3,1779	3,1779
Total	23.857,4339	23.857,4339

3.5 Neraca Panas

Suhu referensi = 25°C

Tabel 3.5.1 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk	Keluar
	(kJ/jam)	(kJ/jam)
C ₂ H ₄	1.268.766,7325	64.732,2045
H ₂ O	1.841.220,1122	720.028,3573
C ₂ H ₅ OH	-	2.111.853,6776
C ₂ H ₆	610,7264	612,5718
Q _{reaksi}	-213.370,7600	
Q _{pendingin}		213.370,7600
Total	2.897.226,8112	2.897.226,8112

Tabel 3.5.2 Neraca Panas Separator

Komponen	Masuk	Keluar
	(kJ/jam)	(kJ/jam)
C ₂ H ₄	79.132,6303	79.132,6303
H ₂ O	1.019.228,7781	1.019.228,7781
C ₂ H ₅ OH	1.722.564,1311	1.722.564,1311
C ₂ H ₆	600,8302	600,8302
Total	2.821.526,3696	2.821.526,3696

Tabel 3.5.3 Neraca Panas Menara Distilasi

Komponen	Masuk		Keluar
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
C ₂ H ₅ OH	588.777,4098	Distilat	554.467,8465
H ₂ O	159.896,2952		35.941,1648
C ₂ H ₅ OH		Bottom	14.011,3409
H ₂ O			153.013,9069
Q _{reboiler}	14.620.009,3681		
Q _{condenser}			14.611.248,8140
Total	15.368.683,0731		15.368.683,0731

Tabel 3.5.4 Neraca Panas *Heat Exchanger*

Komponen	Masuk		Keluar
	(kJ/jam)		(kJ/jam)
C ₂ H ₄	555.338,1499		1.974.070,4772
C ₂ H ₆	254,4207		916,5748
Q _{steam}	2.777.405,3762		1.358.010,8948
Total	3.332.997,9468		3.332.997,9468

Tabel 3.5.5 Neraca Panas *Cooler 1*

Komponen	Masuk	Keluar
	(kJ/jam)	(kJ/jam)
C ₂ H ₅ OH	473.707,9964	418.219,9965
H ₂ O	83.474,3590	85.894,1706
Q _{pendingin}	-	53.068,1884
Total	557.182,3555	557.182,3555

Tabel 3.5.6 Neraca Panas *Cooler 2*

Komponen	Masuk	Keluar
	(kJ/jam)	(kJ/jam)
C ₂ H ₅ OH	13.009,9692	11.010,2937
H ₂ O	372.201,6072	386.681,9587
Q _{pendingin}	12.480,6759	-
Total	397.692,2523	397.692,2523

Tabel 3.5.7 Neraca Panas Total

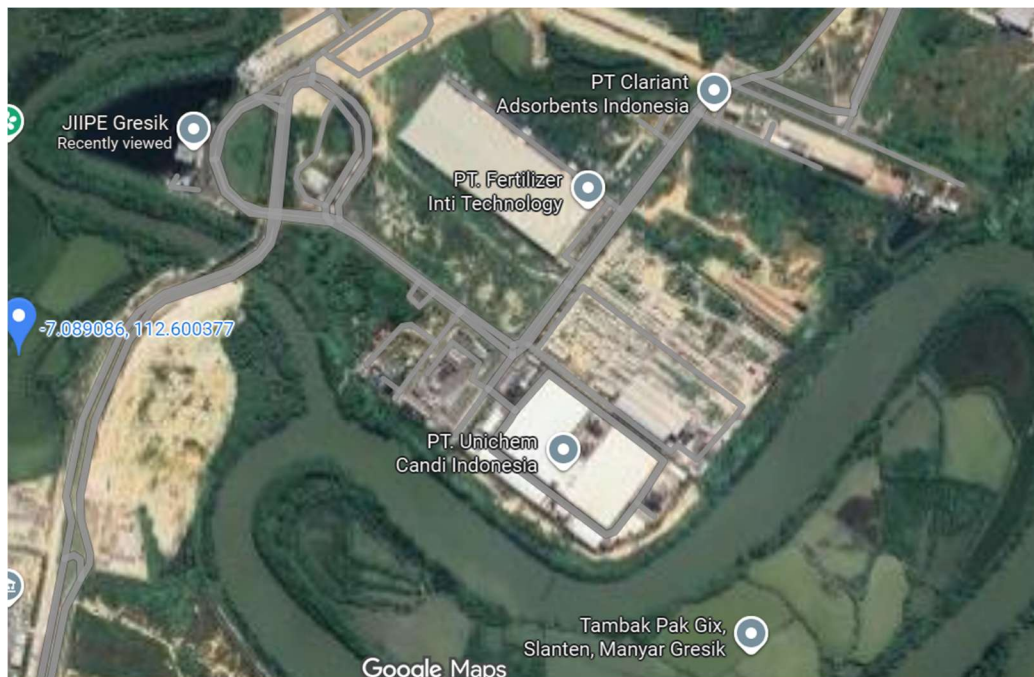
Alat	Masuk	Keluar
	(kJ/jam)	(kJ/jam)
Reaktor	2.897.226,8112	2.897.226,8112
Separator	2.821.526,3696	2.821.526,3696
Menara Distilasi	15.368.683,0731	15.368.683,0731
<i>Heat Exchanger</i>	3.332.997,9468	3.332.997,9468
<i>Cooler 1</i>	557.182,3555	557.182,3555
<i>Cooler 2</i>	397.692,2523	397.692,2523
Total	25.375.308,8085	25.375.308,8085

BAB IV

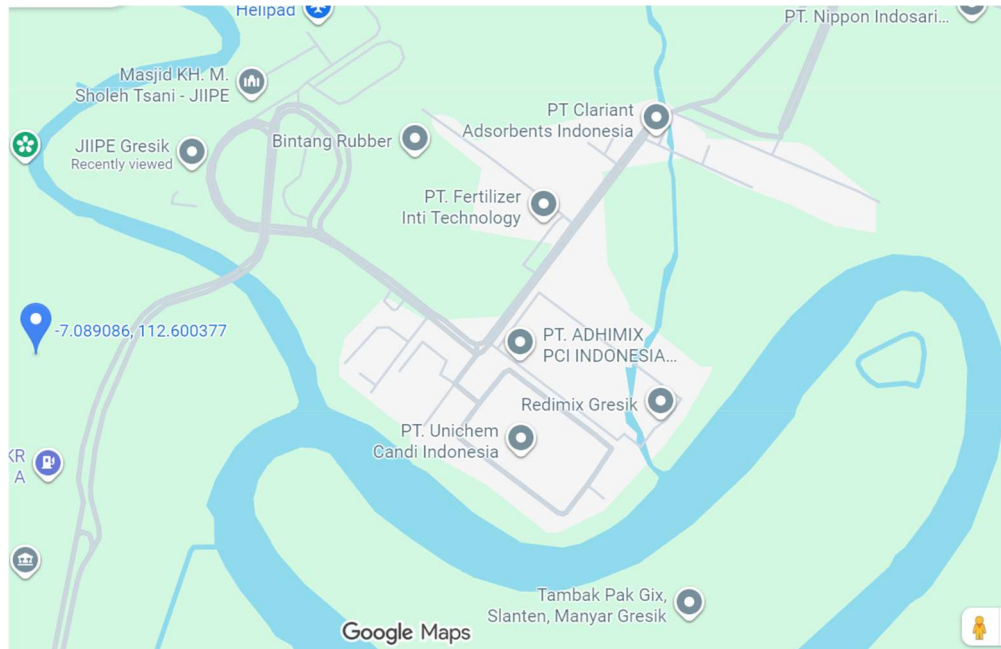
PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik adalah bagian dari hal vital dalam perancangan suatu pabrik. Perancangan pabrik perlu pemilihan lokasi yang strategis untuk memaksimalkan peluang dan potensi. Pembuatan pabrik etanol dari etilena kapasitas 63.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di sekitar kawasan *Java Integrated Industrial and Ports Estate (JIPE)* JIPE Gresik di Desa Manyar, Kec. Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.



Gambar 4.1.1 Lokasi Pendirian Pabrik (Satelit)



Gambar 4.1.2 Lokasi Pendirian Pabrik

Dari gambar diatas, terdapat beberapa pertimbangan dan alasan dalam penentuan lokasi pendirian pabrik yang dirancang secara teknis serta dapat memberikan benefit dari sisi ekonomi. Adapun pertimbangan tersebut sebagai berikut :

1) Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang dipakai adalah etilena dan air. Bahan baku berupa etilena akan diambil dari PT. Lotte Chemical Indonesia (LCI) dan Chandra Asri Petrochemical (CAP) yang berlokasi di Cilegon, Banten. Bahan baku etilena ini akan didistribusikan dari Cilegon ke Gresik menggunakan jalur laut. Hal ini tentunya dapat membuat pengiriman lebih ekonomis dibandingkan dengan transportasi darat jarak jauh.

2) Pasar Utama

Etanol merupakan salah satu bahan kimia yang banyak dibutuhkan di Indonesia khususnya di bidang industri farmasi, minuman yang mengandung alkohol, kosmetika, kebutuhan laboratorium, dan lainnya. Selain itu terdapat pabrik pembuatan etanol terkemuka di Jawa Timur, yakni PT. Molindo Raya Industrial. Penentuan lokasi ini dapat menjadi faktor penting dalam menjalankan perusahaan. Kebutuhan etanol di Indonesia cukup tinggi sehingga diperlukan adanya pemasok bahan baku tersebut untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan menjadikannya sebagai pasar utama etanol di Indonesia.

3) Lokasi dan Infrastruktur

Lokasi pendirian pabrik ini terletak di sekitar kawasan *Java Integrated Industrial and Ports Estate (JIPE)* Gresik. Kawasan ini merupakan kawasan industri yang maju dan terintegrasi dengan pelabuhan serta fasilitas pendukung lainnya. Adanya integrasi ini dapat memudahkan dalam pengiriman bahan baku dan produk melalui jalur darat dan dapat mengurangi biaya pengiriman logistik. Selain itu, lokasi ini memiliki infrastruktur yang lengkap seperti pelabuhan laut dalam yang memiliki dermaga yang panjang dan dapat mengakomodasi kapal-kapal besar. Pasokan gas industri/gas bumi ke kawasan industri yang dapat membantu dalam proses kimia berat serta mampu meningkatkan produksi pembuatan produk etanol. Kawasan ini juga sudah ditetapkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK).

4) Persediaan Air

Air merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik. Air merupakan salah satu bahan pendukung pada produksi etanol ini. Kebutuhan air untuk proses ini didapatkan dari Sungai Brantas melalui PDAM Surya Sembada (Surabaya) dan PDAM Gresik. Terdapat juga Sungai Bengawan Solo dialirkan melalui irigasi dan pengolahan air industri. Kedua sungai tersebut memiliki debit air besar dan kontinu, terutama Sungai Brantas merupakan

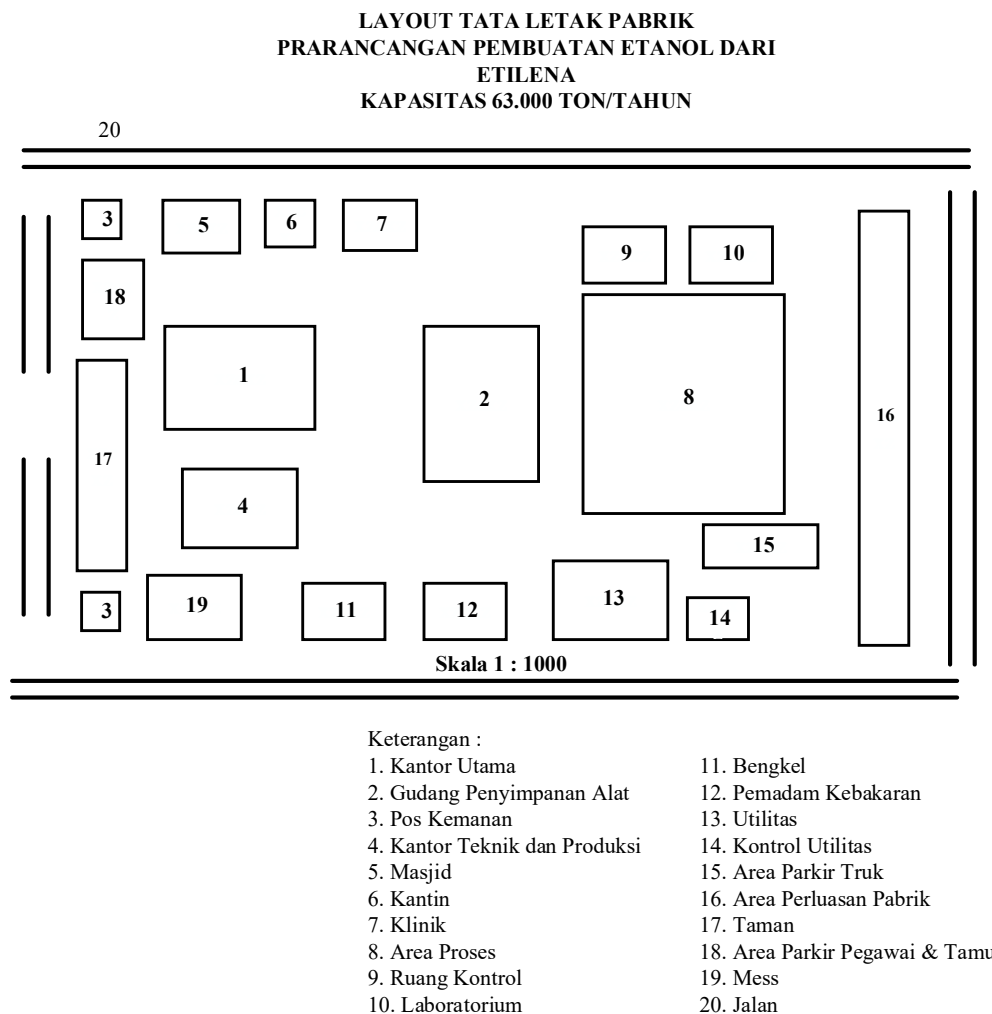
sungai utama di Jawa Timur yang memiliki banyak bendungan. Selain itu, sumber air juga bisa didapatkan di JIPE *Water Treatment Plant (WTP)*. Kapasitas suplai air industri bisa mencapai sekitar 1.000 liter/detik. JIPE juga sedang dalam proses pengembangan sistem daur ulang air demi memaksimalkan keberlanjutan industri. (JIPE, 2025)

5) Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan salah satu komponen penting dalam proses pendirian suatu pabrik. Gresik merupakan salah satu bagian dari kawasan industri besar di Jawa Timur yang lokasinya berdekatan dengan Surabaya, Sidoarjo, dan Lamongan. Gresik memiliki populasi sekitar 1,3 juta jiwa dengan pembagian struktur ekonomi 40% di bidang industri pengolahan, 20% perdagangan, dan lainnya di pertanian dan jasa. Hal ini menandakan bahwa tenaga kerja industri banyak tersedia dengan berbagai pengalaman di bidang kimia, petrokimia, dan lainnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Selain itu tenaga kerja juga dapat berasal dari lulusan-lulusan perguruan tinggi di Jawa Timur seperti Universitas Airlangga, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Universitas Brawijaya, Politeknik Negeri Gresik dan berbagai perguruan tinggi lainnya di luar Jawa Timur.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik adalah bagian-bagian dari penempatan area kerja di pabrik yang memuat tempat peralatan proses, tempat pegawai, tempat penyimpanan bahan baku, laboratorium, tempat ibadah dan lainnya. Perancangan ini dilakukan untuk memudahkan pemakaian kawasan pabrik sehingga dapat melakukan kegiatan operasi di pabrik dengan terstruktur dan efisien. Berikut adalah layout pabrik pada perancangan pembuatan etanol dari etilena.



Gambar 4.2.1 Tata Letak Pabrik

Tabel 4.2.1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

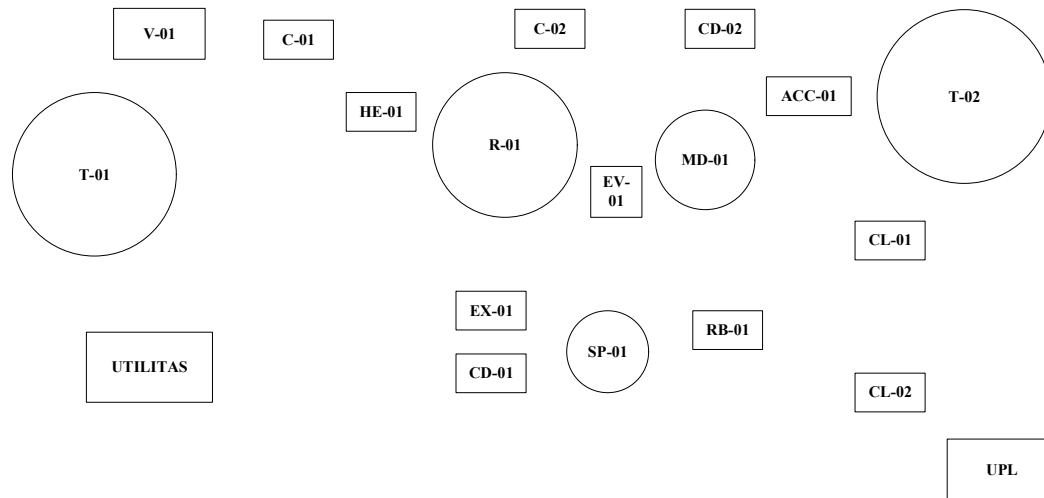
No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Kantor Utama	30	23	690
2.	Gudang Penyimpanan Alat	16	20	320
3.	Pos Keamanan	6,5	8	52
4.	Kantor Teknik dan Produksi	27	17	459
5.	Masjid	14	10	140
6.	Kantin	12	8	96
7.	Klinik	14	7	98
8.	Area Proses	65	40	2.600
9.	Ruang Kontrol	18	10	180
10.	Laboratorium	20	10	200
11.	Bengkel	10	23	230
12.	Pemadam Kebakaran	25	10	250
13.	Utilitas	30	24	720
14.	Kontrol Utilitas	17	12	204
15.	Area Parkir Truk	16	27	432
16.	Area Perluasan Pabrik	110	25	2.750
17.	Taman	65	24	1.560
18.	Area Parkir Pegawai & Tamu	28	24	672
19.	Mess	19	11	209
20.	Jalan	850	15	12.750
Total Luas Bangunan				7.552
Total Luas Tanah				24.612

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

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan tata letak mesin atau alat proses, diantaranya sebagai berikut :

- a. Alat-alat proses diletakkan sesuai dengan alur proses di dalam pabrik. Hal ini untuk mempertahankan kerja alat proses agar efisien dan ekonomis serta dapat memudahkan dalam pengawasan di area pabrik.
- b. Alat-alat proses diletakkan di lokasi yang telah ditentukan sehingga lebih mudah dalam pemasangan, perawatan, serta reparasi alat apabila terjadi kendala di alat.
- c. Alat-alat tersebut ditaruh di lokasi yang terjangkau dan mudah diakses sehingga dapat memudahkan bagi pekerja untuk memantau kinerja alat.
- d. Peletakkan unit utilitas dilakukan secara terpisah dengan unit proses untuk memudahkan dalam proses operasi pabrik.
- e. Mencukupi kebutuhan cahaya maupun penerangan terhadap alat-alat proses sehingga memudahkan untuk menjaga dan memperbaiki apabila terdapat alat yang mengalami kerusakan sehingga dapat diatasi sesegera mungkin.

TATA LETAK ALAT PROSES



Skala 1 : 100

Keterangan :

T-01 : Tangki Penyimpanan Bahan Baku Etilena
 V-01 : Vaporizer
 C-01 : Compressor 1
 HE-01 : Heat Exchanger 1
 R-01 : Reaktor
 EX-01 : Expander
 CD-01 : Condenser 1
 C-02 : Compressor 2

SP-01 : Separator
 EV-01 : Expansion Valve
 MD-01 : Menara Distilasi
 CD-02 : Condenser 2
 ACC-01 : Accumulator
 RB-01 : Reboiler
 CL-01 : Cooler 1
 CL-02 : Cooler 2

T-02 : Tangki Penyimpanan Produk Etanol
 UPL : Unit Pengolahan Lanjutan

Gambar 4.3.1 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Berdasarkan penerapan sistem hukum di Indonesia, bentuk perusahaan dapat diklasifikasikan status badan hukumnya, yakni apakah Perusahaan tersebut memenuhi kedudukan di mata hukum sebagai badan hukum atau tidak. Berikut adalah beberapa bentuk perusahaan.

1) Perusahaan Perseorangan

Merupakan bentuk usaha yang dijalankan dan dimiliki oleh satu orang.

Bentuk ini tidak memiliki status badan hukum. Hal ini menyebabkan segala bentuk aktivitas perusahaan baik dari tanggung jawab secara hukum maupun persoalan terkait finansial menjadi kewenangan dari pemilik.

2) Firma

Merupakan bentuk perseketuan antara dua orang atau lebih yang mengelola usaha bersama dengan nama bersama. Pendirian firma dan segala bentuk tanggung jawab usaha ditanggung secara pribadi dan kolektif bersama anggota firma. Firma diatur dalam Kitab Undang-Undang Hukum Perdata (KUHPerdata) Pasal 1618-1652.

3) Persekutuan Komanditer (CV)

Merupakan bentuk persekutuan yang terdiri dari sekutu aktif yakni menjalankan usaha dan bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan, sedangkan sekutu pasif sebagai pemberi modal dan memiliki tanggung jawab yang bersifat terbatas. Persekutuan Komanditer diatur dalam Kitab Undang-Undang Hukum Dagang (KUHD) Pasal 19-21.

4) Perseroan Terbatas (PT)

Merupakan bentuk perusahaan yang memiliki badan hukum dengan modal terbagi dalam saham. Pemilik saham memiliki peranan sesuai dengan jumlah saham/ modal yang disetorkan ke dalam PT. Perseroan Terbatas memiliki kedudukan hukum yang terpisah dari pemiliknya sehingga memiliki perlindungan hukum dan pengelolaan usaha yang lebih fleksibel. Perseroan Terbatas diatur dalam Undang-Undang No.40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas.

5) Koperasi

Merupakan badan usaha yang beranggotakan orang-orang atau badan hukum koperasi. Tujuan pembentukan koperasi untuk meningkatkan kesejahteraan anggota berdasarkan prinsip ekonomi kerakyatan. Koperasi diatur dalam Undang-Undang No. 25 Tahun 1992 tentang Perkoperasian.

6) Badan Usaha Milik Negara (BUMN)

Merupakan perusahaan yang sebagian maupun seluruh sahamnya dimiliki oleh negara. Bentuk BUMN dapat berupa Persero (PT) atau Perusahaan Umum (Perum). Badan Usaha Milik Negara memiliki status badan hukum dan diatur dalam Undang-Undang No. 19 Tahun 2003 tentang BUMN.

Bentuk perusahaan pada prarancangan pembuatan pabrik etanol dari etilena adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah perusahaan yang untuk memperoleh *capital*, dapat dilakukan melalui proses jual saham dan masing-masing pemilik saham dapat menarik saham sesuai dengan jumlah yang dimiliki. Kepemilikan saham di suatu PT, menandakan pemilik melakukan penanaman modal yang secara tidak langsung juga memiliki perusahaan tersebut. Pemilihan bentuk PT dalam pendirian pabrik ini didasarkan pada beberapa faktor, antara lain :

- 1) Pemegang saham memiliki tanggung jawab terbatas, sehingga aktivitas dan kegiatan produksi dalam perusahaan hanya dapat dipegang oleh pimpinan perusahaan.

- 2) Mudah dalam memperoleh pendanaaan. Perseroan Terbatas dapat menerbitkan saham kepada public maupun investor swasta, yang memungkinkan untuk perusahaan dapat mendapatkan dana/modal dalam jumlah besar.
- 3) Perseroan Terbatas (PT) memiliki fleksibilitas dalam pengalihan saham sehingga pemilik dapat melakukan transaksi jual beli dalam perusahaan tanpa perlu membubarkan perusahaan.
- 4) Dari sisi eksternal, PT dianggap lebih profesional dan kredibel baik dari pandangan publik maupun lembaga keuangan serta mitra bisnis. Hal ini memudahkan perusahaan untuk menjalin kerja sama strategis dan proyek-proyek lainnya.

4.4.2 Struktur Organisasi

Salah satu faktor penting untuk kemajuan dan keberlangsungan sebuah perusahaan adalah memiliki struktur organisasi yang baik. Struktur ini berkaitan dengan jalannya operasi perusahaan secara keseluruhan baik dari sisi lapisan paling atas seperti level direktur, komisaris, dan lainnya hingga level bawah seperti staff. Hal ini juga berkaitan dengan terjalannya komunikasi yang efektif diantara pegawai dalam perusahaan sehingga tercapainya tujuan yang diinginkan.

Beberapa jenis struktur organisasi antara lain :

1) Struktur Organisasi *Line*

Struktur ini minimal mempunyai tiga fungsi dasar dalam menjalankan sebuah perusahaan, yaitu pemasaran, produksi, serta keuangan. Pelaksanaan fungsi dalam struktur ini memiliki arah dan rantai tugas yang jelas dialirkan ke bawah melalui jenjang level manajerial. Tiap-tiap orang melaksanakan tugas dalam departemen demi berlangsungnya kegiatan usaha di perusahaan. Setiap orang memiliki hubungan yang erat dalam tiap pelaporan kegiatan yang dilakukan sesuai standar operasi kepada atasan sehingga dapat menjaga kesatuan perintah dalam organisasi.

2) Struktur Organisasi Fungsional

Struktur ini mempunyai kausalitas yang erat dengan bagian *line*. Jika diberikan tugas oleh tingkatan manajemen yang berada diatas, staf fungsional memiliki hak memberikan perintah kepada bagian *line* berdasarkan kegiatan fungsional.

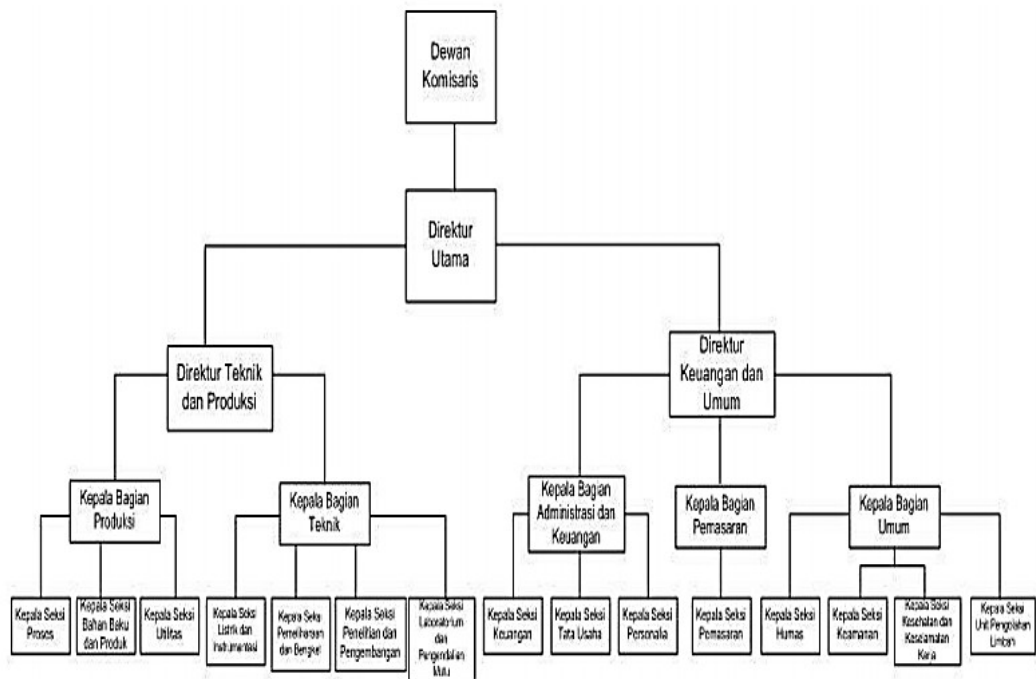
3) Struktur Organisasi *Line* dan Staf

Staf adalah bagian dari perorangan atau kelompok pada ranah struktur organisasi yang memiliki fungsi utama dalam hal kritik, saran serta memberikan saran fungsi *line*. Keterlibatan staf dalam kegiatan utama organisasi tidak secara langsung karena posisi staf memberikan pelayanan dan saran kepada departemen *line* sehingga dapat membantu tujuan organisasi yang lebih efektif dan efisien. Struktur yang dipilih dalam hal ini adalah struktur organisasi yang baik, yakni *line* dan staff dikarenakan memiliki perintah garis kekuasaan yang lebih sederhana dan praktis. Penggunaan struktur ini juga memudahkan dalam pembagian tugas kerja. Sehingga seorang pegawai hanya memiliki tanggung jawab kepada atasan sedangkan dalam hal-hal tugas yang terkait dengan produksi dan bidang lainnnya diperlukan staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang memiliki keahlian di bidang tertentu.

Manfaat terdapat struktur organisasi adalah sebagai berikut

1. Pemberian arahan serta pengelompokkan tugas, kewajiban, dan lainnya lebih jelas sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.
2. Penyusunan program-program pengembangan di lingkungan organisasi menjadi lebih terstruktur dan terarah.
3. Dapat menempatkan pegawai sesuai dengan fungsi dan peran yang dimiliki.
4. Langkah kerja dan prosedur kerja yang dinilai kurang baik dapat diatur kembali.
5. Memudahkan dalam pelaksanaan pelatihan-pelatihan dalam menunjang peningkatan kualitas pegawai.

Struktur organisasi merupakan hal penting dalam menjalankan suatu perusahaan. Pemegang saham dalam perusahaan memiliki kedudukan sebagai pemilik perusahaan. Untuk melakukan tugas harian, diwakili oleh dewan komisaris, sedangkan dalam proses berlangsungnya perusahaan secara operasional dilaksanakan oleh direktur utama dan dibantu oleh direktur produksi serta direktur keuangan dan umum. Direktur produksi membawahi bagian produksi, teknik, dan pemasaran. Sedangkan direktur keuangan dan umum membawahi aspek terkait keuangan dan umum. Direktur memiliki peran dalam membawahi serta pengawasan terhadap pegawai perusahaan dalam bidangnya masing-masing. Pegawai perusahaan terbagi atas kelompok yang dipimpin oleh kepala kelompok dan tiap kepala kelompok tersebut mempunyai tanggung jawab kepada supervisor di seksi sesuai posisinya,



Gambar 4.4.1 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan kumpulan orang yang menanamkan *capital* pada suatu usaha/perusahaan untuk pendirian, pengembangan, serta operasional perusahaan. Rapat Umum Pemegang Saham atau biasa dikenal dengan RUPS adalah kedudukan tertinggi dalam suatu perusahaan yang biasanya dilakukan secara terjadwal dalam agenda tahunan. Rapat tersebut biasanya dilakukan setahun sekali. Dalam RUPS, biasanya pemegang saham mempunyai tugas antara lain :

- Mempunyai hak suara untuk pengangkatan dan pemberhentian pimpinan perusahaan seperti dewan komisaris dan dewan direktur.
- Melakukan pengesahan terhadap hasil usaha dan laporan keuangan tahunan.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris adalah pelaksana dari pemilik saham yang pengangkatan dan pemberhentiannya dilakukan dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Tugas dewan komisaris antara lain :

- Melakukan pengawasan terhadap tugas-tugas dari dewan direksi.
- Memberikan bantuan ke direksi yang berhubungan aspek penting terkait perusahaan.
- Melakukan persetujuan dan penilaian terhadap rencana dewan direksi tentang kebijakan umum perusahaan, target profit maupun laba perusahaan, alokasi anggaran dan pendanaan, serta pemasaran.
- Sebagai penanggung jawab perusahaan terhadap pemegang saham.

3. Dewan Direksi

Dewan direksi adalah kumpulan para direktur dalam menjalankan perusahaan. Direktur utama adalah posisi tertinggi pada suatu perusahaan yang memiliki tanggung jawab secara penuh terhadap keberlangsungan perusahaan. Dalam melaksanakan tugasnya, direktur utama bertanggung jawab terhadap dewan komisaris terkait aspek vital perusahaan. Dewan direksi terdiri atas direktur utama, direktur produksi serta direktur keuangan dan umum. Para direktur tersebut harus memenuhi kualifikasi minimal strata satu dan memiliki pengalaman di bidangnya. Direktur utama memiliki kedudukan tertinggi dalam perusahaan yang membawahi direktur teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum. Tugas-tugas direktur antara lain :

a. Direktur Utama

- Menjalankan kewajiban operasi perusahaan serta bertanggung jawab dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).
- Melakukan koordinasi kepada direktur produksi serta direktur keuangan dan umum.
- Mengangkat dan memberhentikan para kepala bagian sesuai persetujuan Rapat Umum Pemegang Saham.
- Menjaga hubungan dan stabilitas organisasi antara pemilik saham, pimpinan, pegawai serta konsumen.

b. Direktur Produksi

- Bertanggung jawab terhadap segala bentuk proses produksi dan teknik kepada direktur utama.
- Mengatur dan mengawasi pekerjaan produksi dan teknik kepada bagian yang menjadi bawahannya.

c. Direktur Keuangan dan Umum

- Bertanggung jawab terhadap hal-hal yang berkaitan dengan keuangan, pelayanan umum, dan pemasaran kepada direktur utama.
- Mengatur dan mengawasi pekerjaan terkait keuangan, pelayanan umum, dan pemasaran kepada bagian yang menjadi bawahannya.

4. Staf Ahli

Staf ahli adalah staf yang membantu dewan direksi dalam melaksanakan tugasnya sesuai keahlian yang dimiliki. Tugas-tugasnya adalah sebagai berikut:

- Memberikan masukan berupa kritik dan saran yang berkaitan dengan *planning* serta *development* perusahaan.
- Melakukan pengadaan terhadap evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan
- Memberikan saran pada bidang-bidang tertentu seperti bidang hukum dan lainnya.

5. Kepala Bagian

Tugasnya yaitu melakukan fungsi kontrol, koordinasi, serta pengawasan terkait pelaksanaan segala aktivitas dalam lingkup bagiannya sesuai dengan garis-garis yang telah ditentukan.. Selain itu, juga dapat bertindak sebagai staf direktur dan staf ahli. Kepala bagian bertanggung jawab secara langsung kepada direktur dalam penanganan kegiatan yang berkaitan dengan bidang tersebut.

Kepala bagian terdiri atas :

1) Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian ini memiliki tanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam hal mutu, kualitas, serta kelancaran produksi. Kepala bagian produksi juga membawahi seksi-seksi antara lain :

a. Seksi pengendalian

Memiliki tugas dalam penanganan hal-hal yang berkaitan dengan keselamatan serta potensi bahaya yang dapat terjadi kepada para pekerja.

b. Seksi proses

Memiliki tugas dalam pengawasan seluruh proses yang berkaitan dengan produksi serta menjalankan tindakan yang dinilai perlu pada alat-alat produksi yang telah mengalami kerusakan sebelum dilakukan perbaikan.

c. Seksi laboratorium

Memiliki tugas dalam hal analisa dan pengawasan mutu serta kualitas bahan baku dan bahan pendukung lainnya. Selain itu juga mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan hasil limbah dari proses produksi untuk menjaga lingkungan serta membuat laporan secara berkala kepada kepala bagian produksi.

2) Kepala Bagian Teknik

Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam hal-hal yang berkaitan dengan alat-alat proses dan utilitas. Selain itu juga membawahi kepala seksi-seksi antara lain :

a. Seksi utilitas

Seksi ini bertugas melaksanakan dan mengatur segala sarana utilitas agar dapat memenuhi kebutuhan air, kebutuhan uap air, kebutuhan proses dan kebutuhan tenaga listrik

b. Seksi pemeliharaan

Seksi ini bertugas melakukan pemeliharaan terhadap fasilitas-fasilitas umum seperti peralatan pabrik dan gedung serta memperbaiki alat-alat pabrik yang mengalami kerusakan.

3) Kepala Bagian Pemasaran

Kepala bagian ini memiliki tanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam hal penyediaan bahan baku serta pemasaran terkait hasil produksi. Kepala bagian ini juga membawahi seksi-seksi antara lain :

a. Seksi perencanaan

Seksi ini bertugas untuk merencanakan jumlah besaran produksi yang akan dibuat dan dicapai pabrik serta kebutuhan bahan baku dan bahan pendukung yang dibeli untuk kebutuhan produksi.

b. Seksi pembelian

Seksi ini bertugas untuk melakukan pembelian barang-barang dan kebutuhan lainnya yang dibutuhkan perusahaan serta mengetahui mutu bahan baku yang keluar dan masuk. Selain itu juga dapat mengetahui harga pasaran bahan baku untuk menjaga keseimbangan.

c. Seksi pemasaran

Seksi ini bertugas untuk melakukan perencanaan dan strategi dalam penjualan hasil produksi guna mendapatkan keuntungan yang maksimal. Selain itu juga mengatur proses distribusi hasil produk dari gudang untuk penjualan kepada konsumen.

4) Kepala Bagian Keuangan dan Administrasi

Kepala bagian ini memiliki tanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam hal yang berkaitan dengan keuangan dan administrasi. Selain itu, kepala bagian ini membawahi seksi-seksi dibawahnya antara lain :

a. Seksi kas

Seksi ini bertugas untuk menghitung kas yang dipakai perusahaan untuk kebutuhan produksi dan membuat anggaran terkait keuntungan perusahaan di masa depan. Selain itu juga melakukan pengadaan tentang perhitungan gaji dan insentif pegawai.

b. Seksi administrasi

Seksi ini bertugas untuk melakukan pencatatan hutang piutang, pembukuan perusahaan, perpajakan serta hal yang berkaitan dengan administrasi perusahaan.

5) Kepala Bagian Umum

Kepala bagian ini memiliki tanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum yang berkaitan dengan keamanan, personalia, serta hubungan masyarakat. Selain itu, kepala bagian ini juga membawahi seksi-seksi antara lain :

a. Seksi keamanan

Seksi ini bertugas untuk melakukan penjagaan terhadap bangunan pabrik serta fasilitas perusahaan. Selain itu, seksi ini melakukan pengawasan terhadap keluar masuknya orang-orang di lingkungan pabrik baik pegawai maupun non pegawai.

b. Seksi komunikasi

Seksi ini melaksanakan semua sistem komunikasi yang terjadi di area pabrik serta menjalin hubungan dengan telekomunikasi pihak lain.

c. Seksi personalia

Seksi ini bertugas untuk melakukan pembinaan terhadap tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang baik dan nyaman. Selain itu juga melakukan pendisiplinan terhadap para pekerja guna menciptakan kondisi kerja yang baik, serta membina karier para pekerja dan menciptakan kesejahteraan pekerja.

d. Seksi hubungan masyarakat (humas)

Seksi ini bertugas untuk menjalin hubungan dengan masyarakat serta sebagai jembatan bagi perusahaan untuk berkomunikasi dengan pihak eksternal.

6. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah penanggung jawab suatu tugas dalam lingkup bidangnya. Kepala ini bertanggung jawab ke kepala bagian dalam hal efektivitas serta hasil yang sesuai prosedur perusahaan.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja Pegawai

Pembagian jam kerja merupakan salah satu hal penting dalam mengatur operasi perusahaan. Jam kerja ini dapat membantu perusahaan dalam mencapai kebutuhan kerja pegawai untuk meraih tujuan yang ditargetkan. Pabrik etanol ini direncanakan akan dioperasikan dalam 330 hari per tahun selama 24 jam. Hari-hari kerja yang tidak termasuk dalam kategori libur dimanfaatkan untuk kegiatan pemeliharaan, perbaikan, maupun penghentian sementara operasional pabrik. Untuk pengaturan waktu kerja pegawai, sistem pembagian jam kerja dapat diterapkan dalam dua kelompok, yaitu :

1) Pegawai *shift*

Pegawai *shift* adalah pegawai yang langsung menangani hal-hal yang berkaitan dengan proses produksi maupun bagian tertentu yang berkaitan dengan keamanan produksi di dalam pabrik. Beberapa pegawai yang bekerja dalam sistem *shift* mencakup unit-unit seperti logistik, pengamanan, operator lini produksi, tim teknis, serta pegawai yang bertanggung jawab atas kesiapsiagaan operasional demi menjamin keselamatan dan stabilitas pabrik. Pola kerja pegawai diatur secara bergiliran dalam siklus 24 jam sehingga pegawai dapat menjalankan tugas sesuai jadwal yang telah ditentukan.

Pembagian pegawai *shift* terbagi atas :

Pegawai operasi

- Jadwal pagi dimulai pukul 07.30 hingga 15.30
- Jadwal sore dimulai pukul 15.30 hingga 23.30
- Jadwal malam dimulai pukul 23.30 hingga 07.30

Jam kerja pegawai *shift* dalam perusahaan adalah selama 8 jam kerja per hari.

2) Pegawai non *Shift*

Pegawai non *shift* yaitu pegawai yang tidak terlibat secara langsung dalam aktivitas produksi dikategorikan sebagai pegawai non-*shift*. Beberapa yang termasuk dalam kelompok ini adalah direktur, kepala bagian, staf ahli, kepala seksi serta staf administrasi. Waktu kerja mereka mengikuti sistem reguler dengan total durasi 40 jam per minggu dengan perincian sebagai berikut :

- Hari Senin – Kamis: Pukul 08.00 - 12.00
Pukul 12.00 - 13.00 (istirahat)
Pukul 13.00 - 16.00
- Hari Jum'at: Pukul 08.00 - 11.00
Pukul 11.00 -13.00 (istirahat)
Pukul 13.00 - 16.00
- Hari Sabtu & Minggu: Libur

4.4.5 Jabatan dan Keahlian

Tabel 4.4.1 Jabatan dan Kualifikasi Persyaratan

Jabatan	Prasyarat
Direktur Utama	Magister Ekonomi / Magister Manajemen/ Magister Teknik/ Magister Sejenisnya
Direktur Teknik dan Produksi	Magister Teknik Kimia (Pengalaman min. 4 tahun)
Direktur Keuangan dan Umum	Magister Ekonomi (Pengalaman min. 3 tahun)
Staff Ahli	Sarjana Teknik / Sarjana Ekonomi (Pengalaman min. 3 tahun)
Ka. Bagian Teknik	Sarjana Teknik (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Produksi	Sarjana (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Litbang	Sarjana Teknik (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Instrumentasi, Pemeliharaan, dan Listrik	Sarjana Teknik (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian K3	Sarjana Teknik (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Pemasaran dan Keuangan	Sarjana Ekonomi / Manajemen (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Humas dan Keamanan	Sarjana (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Administrasi dan Umum	Sarjana (Pengalaman min. 2 tahun)
Kepala Seksi	Sarjana
Pegawai / Staf	SMA/SMK/ Sederajat
Operator	SMA/SMK/ Sederajat
Medis	Dokter/Keperawatan dan Sejenisnya
Keamanan	SMA/SMK/ Sederajat
Supir	SMA/SMK/ Sederajat
Kebersihan	SMA/SMK/ Sederajat

4.4.6 Sistem Kepegawaian dan Gaji

Sistem kepegawaian dalam pabrik etanol ini dapat menentukan seberapa besar upah/gaji yang akan didapatkan oleh pegawai. Pembagian gaji pegawai berbeda-beda antarsatu dengan lainnya sesuai dengan status pegawai, tanggung jawab serta keahlian. Pembagian jenis pegawai terbagi atas dua jenis diantaranya :

1) Pegawai tetap

Pengangkatan serta pemberhentian pegawai dilakukan berdasarkan Surat Keputusan (SK) yang dikeluarkan oleh direksi / pimpinan perusahaan serta akan mendapatkan gaji serta tunjangan tiap bulan sesuai dengan kesepakatan kontrak serta masa kerja dan keahlian.

2) Pegawai harian dan borongan

Pegawai harian adalah pegawai yang diangkat dan diberhentikan tanpa adanya Surat Keputusan (SK) dari direksi / pimpinan perusahaan serta akan mendapatkan upah/haji yang pembayarannya dilakukan per minggu. Sedangkan pegawai borongan adalah pegawai yang dipekerjakan oleh perusahaan pada saat diperlukan saja sesuai dengan kebutuhan perusahaan saat itu. Upah yang didapatkan adalah upah pada saat melakukan pekerjaan tersebut.

Berikut adalah lampiran tabel gaji pegawai perusahaan pabrik etanol per bulan sesuai dengan posisi jabatan.

Tabel 4.4.2 Jabatan dan Gaji

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	80.000.000,00	80.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	65.000.000,00	65.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	65.000.000,00	65.000.000,00
Staf Ahli	1	35.000.000,00	35.000.000,00
Kabag. Umum	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Kabag. Keuangan	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Kabag. Pemasaran	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Kabag. Produksi	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Kabag. Teknik	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Kabag. Litbang	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Kabag. K3	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Kabag. Instrumentasi	1	27.000.000,00	27.000.000,00
Ka. Sek. Humas	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Keamanan	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Personalia	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Administrasi	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Pemasaran	1	20.000.000,00	20.000.000,00

Ka. Sek. Pengendalian	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Proses	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Pembelian	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Pengembangan	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Penelitian	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Kas dan Anggaran	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Utilitas	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Ka. Sek. Laboratorium	1	20.000.000,00	20.000.000,00
Pegawai Humas	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Pegawai Litbang	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Pegawai Administrasi	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Pegawai Personalia	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Pegawai Kas dan Anggaran	3	8.000.000,00	24.000.000,00
Pegawai Proses	22	10.000.000,00	220.000.000,00
Pegawai Laboratorium	5	10.000.000,00	50.000.000,00
Pegawai Pembelian	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Pegawai Pemasaran	4	8.000.000,00	32.000.000,00
Pegawai Pengendalian	5	8.000.000,00	40.000.000,00
Pegawai K3	4	10.000.000,00	40.000.000,00
Pegawai Utilitas	4	10.000.000,00	40.000.000,00
Pegawai Instrumentasi	4	10.000.000,00	40.000.000,00

Operator Utilitas	8	8.000.000,00	64.000.000,00
Operator Proses	15	8.000.000,00	120.000.000,00
Sekretaris	5	10.000.000,00	50.000.000,00
Dokter	6	12.000.000,00	72.000.000,00
Perawat	10	9.000.000,00	90.000.000,00
Supir	12	5.500.000,00	66.000.000,00
Satpam	12	5.000.000,00	60.000.000,00
Kebersihan	10	4.500.000,00	45.000.000,00
Total	174	1.934.000.000,00	

4.4.7 Kesejahteraan Pegawai

Kesejahteraan pegawai merupakan aspek vital terkait hal dalam peningkatan produktivitas dan motivasi serta semangat kerja pegawai. Kesejahteraan bagi para pegawai dapat menjadi dorongan kuat untuk kemajuan perusahaan dan keberlangsungan perusahaan kedepan. Beberapa bentuk kesejahteraan sosial disediakan oleh perusahaan kepada pegawai meliputi :

1) Pakaian kerja

Pemberian seragam dengan jumlah 3 atau 4 pasang per tahun. Seragam ini berguna bagi pegawai serta menjadi salah satu identitas dari perusahaan.

2) Layanan Kesehatan

Layanan kesehatan menjadi salah satu faktor penting bagi tiap pegawai ketika pegawai mengalami musibah atau kecelakaan kerja. Rangkaian biaya pengobatan yang diakibatkan kecelakaan kerja ditanggung oleh perusahaan.

Sedangkan layanan kesehatan berupa pengobatan bagi kecelakaan kerja diluar pekerjaan diatur lebih lanjut sesuai kebijakan perusahaan.

3) Cuti kerja

Cuti kerja adalah hak yang harus diperoleh oleh pegawai dari perusahaan. Pemberian cuti kepada pegawai sebanyak 14 hari jam kerja dalam setahun. Pemberian cuti karena sakit dibuktikan dengan surat keterangan dokter yang diberikan kepada pegawai yang bersangkutan.

4) Asuransi

Asuransi menjadi salah satu jaminan penting di masa depan bagi pegawai. Pegawai yang menjalankan tugas di perusahaan secara otomatis tercakup sebagai peserta dalam program asuransi. Salah satu layanan asuransi seperti Badan Pengelola Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan.

5) Tunjangan

Pegawai berhak atas tunjangan-tunjangan selama bekerja di perusahaan. Beberapa tunjangan yang diberikan perusahaan kepada pegawai seperti tunjangan berupa gaji pokok yang didasarkan pada golongan serta masa kerja, tunjangan jabatan didasarkan dari posisi struktural yang sedang dijalankan, serta tunjangan lembur diperuntukkan bagi pegawai yang pekerjaannya melebihi jam kerja normal, didasarkan pada perhitungan total durasi kerja dari pegawai tersebut.

BAB V

UTILITAS

Keberadaan unit utilitas dalam lingkungan pabrik memegang peranan krusial dalam menjamin jalannya operasional produksi, khususnya pada industri etanol. Ketersediaan bahan baku dan komponen pendukung lain perlu didukung oleh adanya sarana penunjang sehingga operasi dalam menjalankan produksi sesuai sasaran yang telah ditetapkan.

Beberapa layanan penyediaan utilitas di dalam suatu pabrik terdiri atas :

- 1) Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
- 2) Unit Pembangkit *Steam*
- 3) Unit Penyediaan Listrik
- 4) Unit Penyediaan Bahan Bakar
- 5) Unit Penyediaan *Dowtherm A*
- 6) Unit Pengolahan Limbah

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Pada umumnya penyediaan kebutuhan air untuk kebutuhan produksi di dalam pabrik berasal dari air sungai, danau, sumur, hingga air laut. Pemenuhan kebutuhan air di dalam proses produksi pabrik etanol ini mencakup pendingin bagi alat-alat penukar panas (*heat exchanger*) dengan penggunaan air tawar. Penggunaan air di lingkungan pabrik agar mencukupi kebutuhan meliputi :

1) Air Pendingin

Air sebagai pendingin digunakan untuk beberapa hal diantaranya sebagai berikut :

- a. Air adalah salah satu materi yang dapat diperoleh serta penggunaan dalam jumlah besar.

- b. Air dapat menyerap panas dalam satuan volume yang tinggi.
- c. Pengolahan serta pengaturannya dilakukan dengan relatif mudah.
- d. Tidak mudah mengalami dekomposisi.
- e. Pada perubahan temperatur yang tinggi tidak cepat mengalami penyusutan.

2) Sebagai pemadam kebakaran dan pemadam lainnya

a. Air umpan *boiler*

Air umpan *boiler* memiliki faktor yang menjadi perhatian serta penanganan khusus meliputi :

- Pembentukan kerak pada sistem *boiler* umumnya dipicu oleh tingginya tingkat kesadahan air dan temperatur operasi dengan senyawa silika serta garam karbonat.
- Korosi dapat terjadi akibat adanya zat yang bersifat asam dan gas-gas terlarut dalam air meliputi karbon dioksida, oksigen, dan amonia serta dipengaruhi oleh proses aerasi atau interaksi langsung dengan udara luar.
- Pembusaan muncul ketika proses pemansan membawa kembali zat yang tidak larut terutama pada air dengan kadar alkali tinggi sehingga menghasilkan gelembung yang dapat mengganggu kestabilan sistem *boiler*.

Selain itu, ada beberapa jenis air lainnya seperti air sanitasi. Air sanitasi biasanya dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga, perkantoran, masjid, serta tempat-tempat lainnya. Kualifikasi yang harus dipenuhi agar dapat dikatakan sebagai air sanitasi adalah sebagai berikut :

- Secara fisika meliputi suhu berada dibawah suhu udara, berwarna jernih, tidak berbau dan tidak berasa.
- Secara kimia meliputi tidak mengandung bakteri dan sejenisnya serta memiliki kandungan senyawa anorganik yang terlarut dalam air.

Unit Penyediaan dan Pengelolaan Air terdiri atas :

1. *Clarifier*

Clarifier adalah salah satu unit penting dalam pengolahan air. Alat ini digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air limbah yang memiliki fungsi sebagai tempat pemisahan partikel-partikel padat yang tersuspensi melalui proses sedimentasi. Suspensi merupakan sistem dispersi yang dapat mengalami pengendapan (sedimentasi) karena memiliki ukuran partikel yang besar sehingga dapat menghasilkan terbentuknya endapan zat terlarut. (Tamjidillah & Ramadhan, 2023). Proses ini biasanya dimulai melalui tahapan koagulasi. Didalam *clarifier*, air mengalir secara perlahan agar partikel berat memiliki waktu untuk mengendap pada dasar tangki, sementara air yang telah dijernihkan dapat dialirkan keluar pada bagian atas. Koagulan yang digunakan dalam proses ini berupa koagulan *acid* yang dapat membantu pembentukan NaOH dan flok sebagai pengatur tingkat pH. Air baku kemudian dialirkan ke tengah *clarifier* sedangkan flok yang telah terbentuk akan mengalami pengendapan secara gravitasi dan berkala. Kemudian setelah proses tersebut air baku yang memiliki kekeruhan dengan rentang 42 ppm diharapkan hasil keluarannya dapat memiliki nilai yang lebih rendah dari 10 ppm.

2. Filtrasi

Setelah proses dari *clarifier* dengan keluaran *turbidity* air kurang dari 10 ppm, selanjutnya air dialirkan menuju tangki penampung. Air yang telah mengalami proses ini kemudian dapat didistribusikan menuju menara air serta bagian unit demineralisasi.

a) *Cation Exchanger*

Proses pelunakan dengan pertukaran ion melibatkan semua kation seperti tembaga, besi, timbal, dan seng. Ion kalsium dan magnesium dikenal sebagai penyebab kekerasan pada air karena ion tersebut bereaksi dengan sabun membentuk endapan sehingga air mengalami kesulitan dalam proses pencucian. Resin penukar kation memiliki sifat yang sangat asam diregenerasi dengan NaCl yang memposisikan resin dalam bentuk natrium. Resin tersebut kemudian dapat menukar ion natrium dengan ion kalsium, magnesium, dan kation lainnya dalam bahan baku. Hasil akhirnya adalah air yang secara esensial terdapat kandungan kation natrium. (Baruth, 1990)

Pelunakan Kation :



b) *Anion Exchanger*

Proses paling umum yang sering digunakan adalah dengan menggunakan resin penukar anion basa kuat yang diregenerasi dengan garam (NaCl), dan dioperasikan melalui siklus klorida. Beberapa jenis anionnya seperti SO_4^{2-} , PO_4 , dan lainnya. Zat-zat yang memiliki afinitas tinggi terhadap resin dapat memuat konsentrasi yang lebih tinggi terhadap zat lain yang sebelumnya telah dilakukan penukaran dengan afinitas yang lebih rendah. Resin basa kuat tipe gel memiliki gugus fungsional berbasis trimetilamina (dikenal tipe I) dan dimetiletanolamina (dikenal tipe II), memiliki urutan afinitas yang relatif sama terhadap ion-ion umum dalam air minum.

Resin akan mengeluarkan bau amis ketika pH resin berada atau diatas 7. Hal ini dikarenakan proses dekomposisi lambat dari gugus fungsional berbasis amina. Gugus alkanolamina pada resin tipe II cenderung mengeluarkan bau yang tidak

meyengat dibandingkan tipe I sehingga lebih disukai dalam penerapan dalam air minum . (Baruth, 1990)

Pelunakan Anion :



c) Deaerasi

Deaerasi yaitu tahapan pemrosesan air yang bertujuan untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama oksigen dan karbon dioksida, yang dapat memicu korosi pada sistem perpipaan dan peralatan industri lainnya seperti *boiler & heat exchanger* (Setiadi, 2007). Prinsip kerjanya dengan pemanasan pada air menggunakan uap dengan kontak maksimum antara uap dan air, sehingga dapat dilakukan pembuangan terhadap gas-gas terlarut yang menguap melalui saluran pembuangan maupun ventilasi.



Pada *deareator* juga terdapat kondensat uap bertekanan rendah untuk dimanfaatkan menjadi *heating medium*. Air keluaran dari *deaerator* kemudian dialirkan menggunakan pompa yang dimanfaatkan menjadi pasokan utama untuk sistem *boiler*.

3. Kebutuhan Air

a) Air Pembangkit *Steam*

Tabel 5.1.1 Kebutuhan Air *Steam*

Total Kebutuhan Air sebagai <i>Steam</i> :		
<i>Vaporizer (V-01)</i>	914,4986	kg/jam
<i>Heat Exchanger (HE-01)</i>	943,6865	kg/jam
<i>Reboiler (RB)</i>	6.725,8634	kg/jam
Total	8.584,0485	kg/jam

b) Air Pendingin

Tabel 5.1.2 Kebutuhan Air Pendingin

Total Kebutuhan Air sebagai Pendingin :		
<i>Condenser 1 (CD-01)</i>	228.033,7925	kg/jam
<i>Condenser 2 (CD-02)</i>	268.866,0679	kg/jam
<i>Cooler 1 (CL-01)</i>	1.267,2948	kg/jam
<i>Cooler 2 (CL-02)</i>	298,0448	kg/jam
Total	498.465,2000	kg/jam

c) Air Proses

Kebutuhan air proses pada prancangan pabrik etanol ini digunakan untuk reaksi pada reaktor R-01 dalam pembuatan etanol. Air yang digunakan adalah *saturated steam* dengan jumlah 3.982,2725 kg/jam.

- Jumlah air yang dibutuhkan dalam proses di *mark up* 10% dari air pendingin, sehingga didapatkan :

$$= 10\% \times 498.465,2 \text{ kg/jam}$$

$$= 49.846,5200 \text{ kg/jam}$$

- Pada *boiler (steam)* 10%, sehingga didapatkan :
 $= 10\% \times 8.584,0485 \text{ kg/jam}$
 $= 858,4049 \text{ kg/jam}$
 - Total air yang di *mark up* :
 $= 49.846,5200 \text{ kg/jam} + 858,4048 \text{ kg/jam}$
 $= 50.704,9249 \text{ kg/jam}$
- d) Kebutuhan air untuk rumah tangga, perkantoran, dan lainnya
- Asumsi kebutuhan air per orang = 80 kg/hari
 - Jumlah pegawai = 174 orang

Tabel 5.1.3 Kebutuhan Air Rumah Tangga dan Lainnya

No.	Penggunaan Air	Kebutuhan (kg/hari)
1.	Perumahan	15.000
2.	Pegawai	13.920
3.	Laboratorium	650
4.	Klinik	450
5.	Pemadam Kebakaran	1.600
6.	Tempat Ibadah	550
7.	Kantin	300
8.	Taman	700
9.	Bengkel	250
Total Penggunaan (kg/hari)		33.420
Total Penggunaan (kg/jam)		1.392,5

Total kebutuhan air awal pengisian pabrik

$$= (8.584,0485 + 498.465,2000 + 3.982,2725 + 1.392,5000) \text{ kg/jam}$$

$$= 512.424,0211 \text{ kg/jam}$$

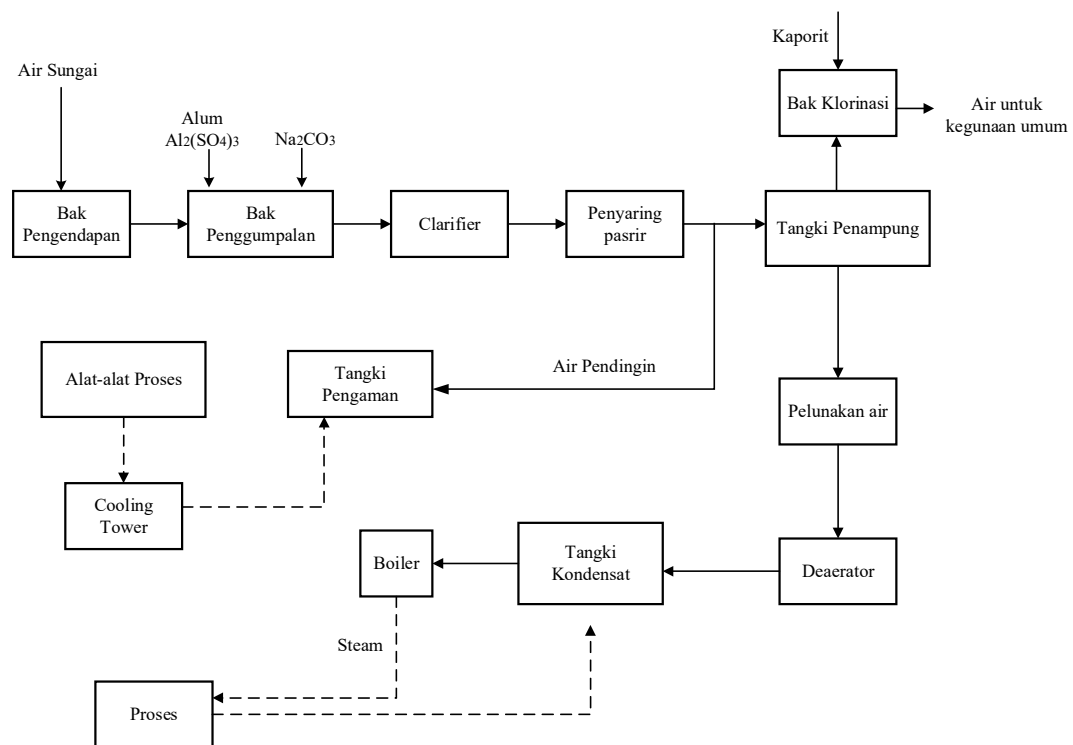
Margin keamanan 12 %

$$= 573.914,9036 \text{ kg/jam}$$

Total kebutuhan air berikutnya setelah pengisian awal

$$= (50.704,9249 + 1.392,5000 + 3.982,2725) \text{ kg/jam}$$

$$= 56.079,6974 \text{ kg/jam}$$



Gambar 5.1.1 Diagram Alir Utilitas

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Seluruh kebutuhan *steam* pada operasi pabrik dikelola oleh unit ini. Berdasarkan data, total kebutuhan steam adalah 8.584,0485 kg/jam akan dialirkan ke dalam *boiler*. Air yang masuk ke dalam *boiler* adalah air dengan tingkat kesadahan

rendah. Sebaliknya, air dengan tingkat kesadahan tinggi dapat memberi dampak buruk pada *boiler* yakni dapat timbulnya kerak didalamnya. Kemudian air akan diolah pada *deaerator* dengan tujuan agar dapat mengeluarkan gas-gas terlarut didalamnya meliputi O₂, dan lainnya. Setelah tahapan tersebut air akan menuju ke dalam tangki kondensat dan *steam* akan dialirkan ke dalam operasi proses yang dibutuhkan.

5.3 Unit Penyediaan Listrik

Listrik merupakan komponen krusial dalam mendukung operasional industri. Kegunaan listrik sangat vital terhadap jalannya operasi proses pada pabrik. Kebutuhan listrik diantaranya untuk menjalankan seluruh kegiatan proses pabrik serta penerangan di pabrik maupun di lingkungan sekitar pabrik seperti kantor, masjid, bengkel, klinik dan lainnya. Seluruh kebutuhan listrik bagi operasional pabrik akan didapatkan dari PLN. Untuk menghindari kendala jika terjadi pemadaman listrik, maka disediakan generator diesel sebagai cadangan. Jenis generator diesel yang digunakan memiliki kapasitas sebesar 2.500 kW. Tujuannya untuk cadangan listrik terhadap kegiatan operasi pabrik sehingga kegiatan pabrik tidak terkendala secara signifikan dan tetap beroperasi sebagaimana mestinya.

Tabel 5.3.1 Penggunaan Listrik Alat Proses

Nama Alat	Kode	Daya	
		kW	hp
Kompresor 1	C-01	14,397	19,575
Kompresor 2	C-02	0,492	0,669
Expander	EX-01	317,481	431,654
<i>Pump 1</i>	P-01	0,368	0,5
<i>Pump 2</i>	P-02	0,736	1
<i>Pump 3</i>	P-03	0,368	0,5
<i>Pump 4</i>	P-04	0,368	0,5
<i>Pump 5</i>	P-05	0,184	0,25
<i>Pump 6</i>	P-06	0,184	0,25
Total		334,577	454,897

Penggunaan listrik untuk alat-alat utilitas seperti pompa, pengaduk, dan lainnya. Listrik yang dibutuhkan berkisar 35,5 kW. Sementara listrik untuk kontrol dan instrumentasi sekitar 3,2 kW serta kebutuhan listrik untuk rumah tangga antara 3.800 kW. Sehingga jumlah kebutuhan listrik sebesar 4.173,277 kW. Total kebutuhan listrik dengan safety 25% dari total adalah 5.216,596 kW. Pasokan energi listrik bagi operasional proses pabrik berasal dari PLN.

5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini dibangun sebagai suplai dalam mencukupi kebutuhan bahan bakar untuk dipakai oleh alat pabrik. Alat yang dipakai adalah generator dan *boiler*. Jenis *fuel* yang dipakai solar industri yang didapatkan dari Pertamina Industrial Fuel Division, PT. Megah Anugerah Energi, Patra Niaga serta alternatif dari Perusahaan Gas Negara (PGN). Kapasitas solar yang dibutuhkan untuk generator berkisar antara 400-600 kg/jam. Sedangkan untuk *boiler* menggunakan *fuel oil* yang memiliki viskositas lebih tinggi dari solar dengan penggunaan sekitar 500-650 kg/jam.

5.5 Unit Penyediaan *Dowtherm A*

Penyediaan ini memiliki fungsi sebagai *heater Dowtherm A* yang dimanfaatkan menjadi *heater*. *Dowtherm A* adalah jenis fluida termal meliputi dua senyawa organik atau campurannya yang memiliki kestabilan yang baik seperti bifenil dan difenil oksida. Beberapa sifat fluida ini seperti ketahanan terhadap degradasi pada kondisi operasi dengan temperatur tinggi dan efisiensi yang baik dalam proses transfer panas.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit ini berfungsi sebagai pengelola serta pengolahan limbah hasil produksi pabrik etanol. Jenis limbah ini berupa cairan dari keluaran bawah/*bottom* dari proses yang terjadi pada menara distilasi. Limbah tersebut selanjutnya diproses lebih lanjut pada Unit Pengolahan Lanjutan (UPL) agar tidak mencemari lingkungan dan menjaga ekosistem di sekitar lingkungan pabrik.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

6.1 Definisi Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi menjadi komponen krusial pada perancangan pabrik. Perhitungan ekonomi dapat menentukan apakah pabrik yang akan didirikan memenuhi standar kelayakan dalam jangka panjang sebagai modal investasi serta modal lainnya untuk mendapatkan profit yang diinginkan. Beberapa hal yang dapat diperhitungkan melalui evaluasi ekonomi ini seperti kebutuhan *capital* dalam *investment*, lamanya *investment capital* dapat dikembalikan, besarnya profit yang dapat dihasilkan dari pendirian pabrik, serta titik impas untuk mengetahui biaya produksi yang keluar memiliki jumlah yang setara dengan keuntungan yang dicapai.

Faktor-faktor yang dapat ditinjau melalui evaluasi ekonomi adalah sebagai berikut.

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

Beberapa poin yang harus menjadi perhatian sebelum perhitungan dan analisis terkait data-data tersebut meliputi :

1. Total Modal Investasi (*Total Capital Investment*) berupa :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*) berupa :
 - a. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

- b. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- 3. Pendapatan Modal (*Capital Revenue*)
- 4. Penentuan titik impas (*Break Even Point*)

Dalam penentuan titik impas, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yakni:

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

6.2 Penaksiran Harga Alat

Harga alat-alat proses dalam suatu pabrik cenderung fluktuatif seiring berjalannya waktu dipengaruhi oleh dinamika kondisi perekonomian dunia. Untuk menentukan nilai investasi pada peralatan ketika pendirian pabrik, digunakan pendekatan yang didasarkan pada indeks harga tahun tersebut. Estimasi ini dapat diperoleh melalui model regresi *linear* mengacu pada indeks harga dari tahun sebelumnya.

Tabel 6.2.1 Indeks Harga

Tahun (X_i)	Indeks (Y_i)
2000	394.1
2001	394.3
2002	395.6
2003	402.0
2004	444.2
2005	468.2
2006	499.6
2007	525.4
2008	575.4
2009	521.9
2010	550.8
2011	585.7
2012	584.6
2013	567.3
2014	576.1

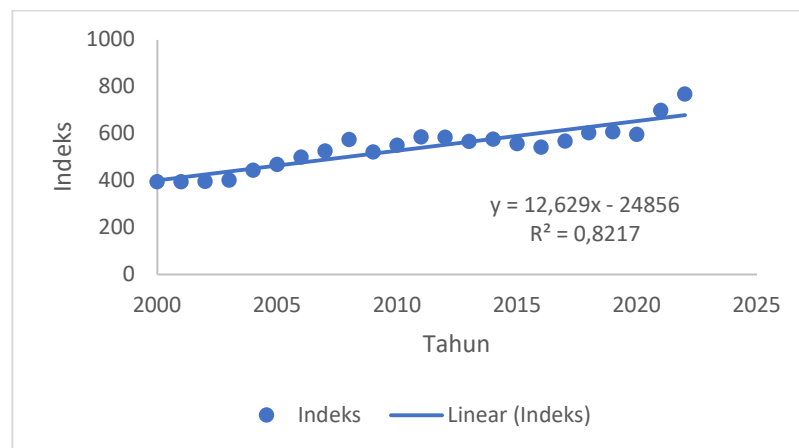
2015	556.8
2016	541.7
2017	567.5
2018	603.1
2019	607.5
2020	596.2
2021	699.0
2022	768.0

(CEPCI, 2025)

Berdasarkan data indeks harga , dihasilkan persamaan metode regresi linear sebagai berikut :

$$y = 12,629x - 24.856 \quad (6.1)$$

Prancangan pabrik etanol kapasitas 63.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada 2030. Asumsi nilai dari $x = 2030$, maka diperoleh persamaan indeks harga di tahun 2030 (y) yaitu 780,87.



Gambar 6.2.1 Grafik Tahun vs Indeks Harga

Perhitungan harga alat-alat serta komponen lain dapat dilakukan pada tahun evaluasi. Nilai tersebut dapat dihitung dan diperoleh menggunakan referensi dari Peters & Timmerhaus tahun 1990, Aries & Newton tahun 1955, dan sumber lainnya. Penentuan nilai alat dan lainnya di tahun tersebut diperoleh menggunakan *equation* :

$$EX = EY \times \frac{NK}{NY} \quad (6.2)$$

(Aries & Newton, 1955)

Keterangan :

EX: *Actual Purchased Price*

EY: *Reference Year Price*

NX: *Price Index of Purchased Year*

NY: *Price Index of Reference Year*

6.3 Landasan Perhitungan

Kapasitas produksi	= 63.000 ton/tahun
Periode operasi	= 330 hari
Tahun pendirian pabrik	= 2030
Indeks harga tahun 2030	= 780,87
<i>Exchange rate</i>	= US\$1 = Rp. 16.340,00

6.3.1 Perhitungan Biaya

6.3.1.1 *Capital Investment*

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik serta fasilitas-fasilitasnya serta pengoperasiannya.

Capital investment terdiri atas :

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment merupakan biaya untuk pendirian pabrik beserta fasilitas di dalamnya.

b. *Working Capital Investment*

Working capital Investment merujuk pada dana yang dialokasikan untuk mendukung kelangsungan operasional pabrik untuk periode yang telah ditetapkan.

6.3.1.2 *Manufacturing Cost*

Merupakan total biaya yang diperlukan untuk menjalankan proses produksi dari *raw materials*. Hal ini juga mencakup *fixed manufacturing cost*, *direct*, *indirect*, dari biaya yang terkait dengan produk.

Menurut *Aries & Newton* , *Manufacturing cost* terdiri atas :

a. *Direct Cost*

Direct cost merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan secara langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect cost merupakan biaya pengeluaran yang tidak berkaitan secara langsung terhadap operasi pabrik dalam pembuatan produk.

c. *Fixed Cost*

Fixed cost adalah biaya tertentu yang dikeluarkan oleh pabrik baik saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap dan tidak berpengaruh terhadap waktu serta tingkat produksi pabrik.

6.3.1.3 *General Expense*

General expense adalah pengeluaran umum yang berupa pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk ke dalam *manufacturing cost*.

6.4 Analisa Kelayakan

Bertujuan agar mampu menilai potensi keuntungan yang bisa dihasilkan melalui pembangunan serta pengoperasian suatu pabrik serta untuk menentukan apakah pabrik tersebut layak secara teknis dan finansial untuk direalisasikan. Penilaian ini mencakup berbagai aspek yang dihitung dan dipertimbangkan serta dianalisis secara menyeluruh meliputi :

6.4.1 *Return on Investment (ROI)*

Merupakan pergerakan seberapa cepat modal tetap dapat dipulihkan melalui keuntungan operasional yang dapat direalisasikan dengan nilai persentase pada total investasi tetap.

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

6.4.2 *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengembalian modal yang didasarkan pada jumlah keuntungan yang didapatkan. Tujuan perhitungan ini untuk mengetahui periode dalam tahun ke- berapa modal investasi yang telah diberikan dapat dikembalikan.

$$POT = \frac{FCI}{Profit\ tahunan + Depresia} \quad (6.4)$$

6.4.3 *Discounted Cash Flow rate of Return (DCFR)*

Adalah analisis arus kas dengan menggunakan perhitungan nilai saat sekarang terhadap penghasilan mendatang. Analisis ini dilakukan dengan berbagai perhitungan *Net Present Worth (NPW)* dengan variasi tingkat bunga. Tingkat bunga khusus ini juga dapat didefinisikan sebagai tingkat pengembalian bunga maksimal yang dapat diberikan dari proyek dan tetap mengalami titik impas sampai akhir pengerjaan proyek. (Sinnot, 2005)

Persamaan untuk perhitungan terhadap nilai DCFR :

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV \quad (6.5)$$

Keterangan :

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working Capital*

C = Cash Flow (profit setelah pajak + *finance* + depresiasi)

i = Nilai dari DCFR

n = Umur pabrik (10 tahun)

6.4.4 *Break Even Point (BEP)*

Titik impas atau *Break Even Point (BEP)* dapat didefinisikan sebagai titik pada saat perusahaan tidak mendapat kerugian ataupun tidak mendapatkan keuntungan. Apabila hasil perhitungan selama pabrik beroperasi dibawah BEP, maka proses operasi pabrik tersebut mengalami kerugian. Sebaliknya jika diatas BEP, maka pabrik akan mengalami keuntungan selama proses berlangsung.

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{(Sa - Va - 0,3 Ra)} \cdot 100\% \quad (6.6)$$

Keterangan :

Fa = Biaya Tetap Tahunan

Ra = Pengeluaran Rutin Tahunan

Va = Biaya Variabel Tahunan

Sa = Nilai Penjualan Tahunan

6.4.5 Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah titik dimana tingkatan produksi dalam hal *cost* untuk menjalankan pabrik lebih mahal dibandingkan *cost* untuk menutup pabrik serta pembayaran terhadap biaya tetap (*fixed cost*).

$$SDP = \frac{(0,3 Ra)}{(Sa - Va - ,7 Ra)} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

6.5 Hasil Perhitungan Ekonomi Pabrik

6.5.1 Penentuan *Capital Investment*

a. Penentuan *Purchased Equipment Delivered Cost (PEC)*

Tabel 6.5.1 Purchased Equipment Delivered Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Equipment Cost</i>	Rp 232.573.457.004,04	\$ 14.024.811,98
<i>Harbour Transportation</i>	Rp 23.257.345.700,40	\$ 1.402.481,20
<i>Location Transportation</i>	Rp 23.257.345.700,40	\$ 1.402.481,20
<i>Insurance</i>	Rp 11.628.672.850,20	\$ 701.240,60
<i>Logistics & Transport Fee</i>	Rp 34.886.018.550,61	\$ 2.103.721,80
<i>Import Tax</i>	Rp 46.514.691.400,81	\$ 2.804.962,40
<i>Provision Bank Fee</i>	Rp 9.302.938.280,16	\$ 560.992,48
Total	Rp 381.420.469.486,63	\$ 23.000.691,64

b. Perhitungan *Direct Cost (DC)*

Tabel 6.5.2 Direct Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Purchased Equipment Delivered Cost</i>	Rp 232.573.456.004,04	\$ 14.024.811,98
<i>Purchased Equipment Installation</i>	Rp 34.886.018.550,61	\$ 2.103.721,80
<i>Piping</i>	Rp 58.143.364.251,01	\$ 3.506.202,99
<i>Instrumentation and Controls</i>	Rp 25.583.080.270,44	\$ 1.542.729,32
<i>Insulation</i>	Rp 19.768.743.845,34	\$ 1.192.109,02
<i>Building</i>	Rp 34.886.018.550,61	\$ 2.103.721,80
<i>Electrical</i>	Rp 58.143.364.251,01	\$ 3.506.202,99
<i>Yard Improvements</i>	Rp 39.537.487.690,69	\$ 2.384.218,04
<i>Service Facilities</i>	Rp 81.400.709.951,41	\$ 4.908.684,19
<i>Land</i>	Rp 45.532.200.000,00	\$ 2.745.715,49
Total	Rp 630.454.444.365,16	\$ 38.018.117,61

c. Perhitungan *Indirect Cost (IC)*

Tabel 6.5.3 Indirect Cost

Komponen	Biaya (Rp)		Biaya (US\$)	
<i>Engineering and Supervision</i>	Rp	30.513.637.558,93	\$	1.840.055,33
<i>Contractor's Fee</i>	Rp	38.142.046.948,66	\$	2.300.069,16
<i>Construction Expense</i>	Rp	30.513.637.558,93	\$	1.840.055,33
<i>Legal</i>	Rp	15.256.818.779,47	\$	920.027,67
<i>Contingency</i>	Rp	57.213.070.422,99	\$	3.450.103,75
Total	Rp	171.639.211.268,98	\$	10.350.311,24

d. Perhitungan *Fixed Capital Investment (FCI)*

Tabel 6.5.4 Fixed Capital Investment

Komponen	Biaya (Rp)		Biaya (US\$)	
<i>Direct Cost</i>	Rp	630.454.444.365,16	\$	38.018.117,61
<i>Indirect Cost</i>	Rp	171.639.211.268,98	\$	10.350.311,24
Total	Rp	802.093.655.634,14	\$	48.368.428,85

e. Perhitungan *Working Capital (WC)*

Tabel 6.5.5 Working Capital

Komponen	Biaya (Rp)		Biaya (US\$)	
<i>Raw Materials Inventory</i>	Rp	40.104.682.781,71	\$	2.418.421,44
<i>Product Inventory</i>	Rp	32.083.746.225,37	\$	1.934.737,15
<i>In Process Inventory</i>	Rp	16.041.873.112,68	\$	967.368,58
<i>Account Receivable</i>	Rp	16.041.873.112,68	\$	967.368,58
<i>Cash Kept on Hand</i>	Rp	56.146.555.894,39	\$	3.385.790,02
Total	Rp	160.418.731.126,83	\$	9.673.685,77

f. Perhitungan *Total Capital Investment (TCI)*

Tabel 6.5.6 Total Capital Investment

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Fixed Capital Investment</i>	Rp 802.093.655.634,14	\$ 48.368.428,85
<i>Working Capital</i>	Rp 160.418.731.126,83	\$ 9.673.685,77
Total	Rp 962.512.386.760,97	\$ 58.042.114,62

6.5.2 Penentuan *Total Production Cost (TPC)*

Total Production Cost based on Annual Operating Cost (AOC)

Annual Operating Cost = 63% of Total Capital Investment (TCI)

Annual Operating Cost Rp 606.382.803.659,41 \$ 36.566.532,21

a. Perhitungan *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Tabel 6.5.7 Direct Manufacturing Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Raw Materials</i>	Rp 187.827.073.433,50	\$ 11.326.483,35
<i>Operating Labor</i>	Rp 63.670.194.384,24	\$ 3.839.485,88
<i>Direct Supervisory and Clerical Labor</i>	Rp 9.550.529.157,64	\$ 575.922,88
<i>Utilities</i>	Rp 76.404.233.261,09	\$ 4.607.383,06
<i>Maintenance and Repairs</i>	Rp 42.446.796.256,16	\$ 2.559.657,25
<i>Operating Supplies</i>	Rp 6.367.019.438,42	\$ 383.948,59
<i>Laboratory Charges</i>	Rp 12.734.038.876,85	\$ 767.897,18
<i>Patents and Royalties</i>	Rp 25.468.077.753,70	\$ 1.535.794,35
Total	Rp 424.467.962.561,59	\$ 25.596.572,55

b. Perhitungan *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Tabel 6.5.8 Indirect Manufacturing Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Plant Overhead</i>	Rp 15.159.570.091,49	\$ 914.163,31
<i>Laboratory</i>	Rp 4.547.871.027,45	\$ 274.248,99
<i>Payroll Overhead</i>	Rp 6.063.828.036,59	\$ 365.665,32
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 4.547.871.027,45	\$ 274.248,99
Total	Rp 30.319.140.182,97	\$ 1.828.326,61

c. Perhitungan *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Tabel 6.5.9 Fixed Manufacturing Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 54.574.452.329,35	\$ 3.290.987,90
<i>Local Property Taxes</i>	Rp 32.744.671.397,61	\$ 1.974.592,74
<i>Insurance</i>	Rp 21.829.780.931,74	\$ 1.316.395,16
Total	Rp 109.148.904.658,69	\$ 6.581.975,80

d. Perhitungan *Manufacturing Cost (MC)*

Tabel 6.5.10 Manufacturing Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 424.467.962.561,59	\$ 25.596.572,55
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 30.319.140.182,97	\$ 1.828.326,61
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 109.148.904.658,69	\$ 6.581.975,80
Total	Rp 563.936.007.403,25	\$ 34.006.874,96

e. Perhitungan *General Expenses (GE)*

Tabel 6.5.11 General Expenses

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Administrative Expenses</i>	Rp 12.734.038.876,85	\$ 767.897,18
<i>Distribution and Marketing</i>	Rp 8.489.359.251,23	\$ 511.931,45
<i>Research and Development</i>	Rp 12.734.038.876,85	\$ 767.897,18
<i>Financial Expenses</i>	Rp 8.489.359.251,23	\$ 511.931,45
Total	Rp 42.446.796.256,16	\$ 2.559.657,25

f. Hasil *Total Production Cost (TPC)*

Tabel 6.5.12 Total Production Cost

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 563.936.007.403,25	\$ 34.006.874,96
<i>General Expenses (GE)</i>	Rp 42.446.796.256,16	\$ 2.559.657,25
Total	Rp 606.382.803.659,41	\$ 36.566.532,21

6.5.3 Penentuan *Fixed Cost (Fa)*

Tabel 6.5.13 Fixed Cost (Fa)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 54.574.452.329,35	\$ 3.290.987,90
<i>Local Property Taxes</i>	Rp 32.744.671.397,61	\$ 1.974.592,74
<i>Insurance</i>	Rp 21.829.780.931,74	\$ 1.316.395,16
Total	Rp 109.148.904.658,69	\$ 6.581.975,80

6.5.4 Penentuan *Variable Cost (Va)*

Tabel 6.5.14 Variable Cost (Va)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Raw Materials</i>	Rp 187.827.073.433,50	\$ 11.326.483,35
<i>Utilities</i>	Rp 76.404.233.261,09	\$ 4.607.383,06
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 4.547.871.027,45	\$ 274.248,99
<i>Royalties and Patents</i>	Rp 25.468.077.753,70	\$ 1.535.794,35
Total	Rp 294.247.255.475,73	\$ 17.743.909,76

6.5.5 Penentuan *Regulated Cost (Ra)*

Tabel 6.5.15 Regulated Cost (Ra)

Komponen	Biaya (Rp)	Biaya (US\$)
<i>Operating Labor</i>	Rp 63.670.194.384,24	\$ 3.839.485,88
<i>Payroll Overhead</i>	Rp 6.063.828.036,59	\$ 365.665,32
<i>Direct Supervisory and Clerical Labor</i>	Rp 9.550.529.157,64	\$ 575.922,88
<i>Plant Overhead</i>	Rp 15.159.570.091,49	\$ 914.163,31
<i>Laboratory</i>	Rp 17.281.909.904,29	\$ 1.042.146,17
<i>Maintenance and Repairs</i>	Rp 54.574.452.329,35	\$ 3.290.987,90
<i>Operating Supplies</i>	Rp 6.367.019.438,42	\$ 383.948,59
<i>General Expenses (GE)</i>	Rp 42.446.796.256,16	\$ 2.559.657,25
Total	Rp 215.114.299.598,18	\$ 12.971.977,30

6.5.6 Penentuan *Annual Sales (Sa)*

Kapasitas Produksi Pabrik = 63.000 ton/tahun

Harga Etanol (P) = \$720,00 ton/tahun (Perkiraan 2030)

= Rp 11.939.760,00 ton/tahun

$$Sa = Q \times P$$

Sa = \$45.360.000,00 = Rp 752.204.880.000,00

6.5.7 Keuntungan (Profit)

$$\text{Keuntungan} = Sa \times \text{Total Production Cost}$$

Pajak PPh Badan = 22%

- Keuntungan (Sebelum Pajak) = Rp 145.822.076.340,59
- Keuntungan (Sesudah Pajak) = Rp 113.741.219.545,66

6.5.8 Analisa Kelayakan

a. *Return On Investment (ROI)*

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

- ROI Sebelum Pajak = 18,18%
- ROI Setelah Pajak = 14%

b. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{FCI}{\text{Profit tahunan} + \text{Depresiasi}}$$

- POT Sebelum Pajak = 4 tahun
- POT Setelah Pajak = 4,77 tahun

c. *Break Even Point (BEP)*

- *Fixed Cost (Fa)* = Rp 109.148.904.658,69
- *Variable Cost (Va)* = Rp 294.247.255.475,73
- *Regulated Cost (Ra)* = Rp 215.114.299.598,18
- *Annual Sales (Sa)* = Rp 752.204.880.000,00

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

$$BEP = 44,15\%$$

d. Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 21\%$$

e. Discounted Cash Flow rate of Return (DCFR)

- Umur pabrik = 10 tahun
- Fixed Capital (FC) = Rp 802.093.655.634,14
- Working Capital (WC) = Rp 160.418.731.126,83
- Salvage Value (SV) = Rp 120.314.048.345,12
- Cash Flow (C) = Rp 176.805.031.126,24
- Nilai DCFR yang dicari (i)

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

Tahun	Tanggal	Cash Flow	
0	01-01-30	-Rp 962.512.386.760,97	(-TCI)
1	01-01-31	Rp 176.805.031.126,24	
2	01-01-32	Rp 176.805.031.126,24	
3	01-01-33	Rp 176.805.031.126,24	
4	01-01-34	Rp 176.805.031.126,24	
5	01-01-35	Rp 176.805.031.126,24	
6	01-01-36	Rp 176.805.031.126,24	
7	01-01-37	Rp 176.805.031.126,24	
8	01-01-38	Rp 176.805.031.126,24	
9	01-01-39	Rp 176.805.031.126,24	
10	01-01-40	Rp 297.119.079.471,36	(C + SV)

Perhitungan untuk mencari nilai dari DCFR dilakukan dengan menggunakan rumus di excel yakni XIRR dengan menggunakan data yang tersaji sehingga nilai DCFR dapat ditentukan.

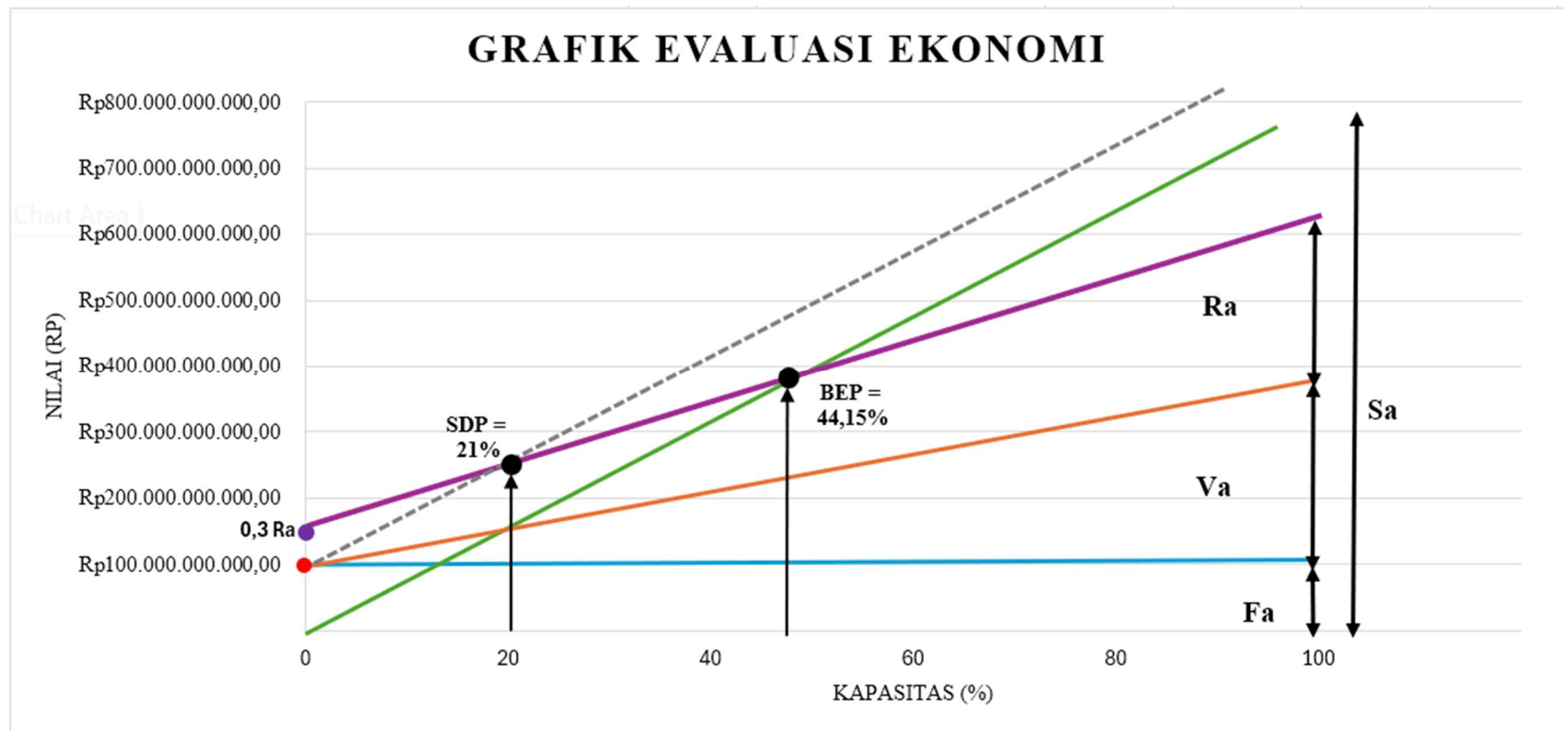
Bunga simpan bank = 4,75% (BI rate 2025)

Nilai DCFR = 13,79%

6.5.9 Hasil Perhitungan Evaluasi Ekonomi

Tabel 6.5.16 Hasil Evaluasi Ekonomi

Parameter	Hasil	Persyaratan	Keterangan
ROI (Sebelum Pajak)	18,18%	Minimal 12%	Layak
ROI (Setelah Pajak)	14%		
POT (Sebelum Pajak)	4 tahun	Maksimal 5 tahun	Layak
POT (Setelah Pajak)	4,77 tahun		
BEP	44,15%		Layak
SDP	21%	< BEP	Layak
DCFR	13,79%	Min. 1.5 x Bunga bank =7,125%	Layak



Gambar 6.5.1 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Adapun poin-poin yang dapat ditarik dari hasil perancangan pabrik ini meliputi hal-hal berikut :

1. Prarancangan pabrik etanol ini memiliki kapasitas 63.000 ton/tahun. Proses yang digunakan pada pembuatan etanol ini adalah proses hidrasi. Pabrik ini direncanakan akan dibangun pada tahun 2030. Bahan baku yang digunakan adalah etilena (C_2H_4) dan bahan pendukung berupa air (H_2O) serta menggunakan katalis asam fosfat (H_3PO_4). Kebutuhan etilena yang digunakan sebesar 3.972,2725 kg/jam sedangkan air sebanyak 3.982,2725 kg/jam. Pabrik etanol ini dapat dikategorikan sebagai pabrik beresiko tinggi (*high risk*) karena pada prosesnya melibatkan kondisi operasi yang tinggi serta berbahaya apabila tidak waspada dengan baik serta tidak menjalankannya sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan..
2. Berdasarkan hasil perhitungan terhadap utilitas terdapat beberapa kebutuhan berupa air, *steam*, dan lainnya. Jumlah kebutuhan air untuk proses sebanyak 3.982,2725 kg/jam kg/jam, air untuk *steam* sebanyak 8.584,0485 kg/jam, serta air untuk memenuhi kebutuhan domestik seperti rumah tangga dan lainnnya sebanyak 1.392 kg/jam.
3. Hasil perhitungan evaluasi ekonomi sebagai berikut :
 - a. Keuntungan sebelum pajak : Rp 145.822.076.340,59
 - b. Keuntungan setelah pajak : Rp 113.741.219.545,66
 - c. ROI sebelum pajak : 18,18%

- d. ROI setelah pajak : 14%
- e. POT sebelum pajak : 4 tahun
- f. POT setelah pajak : 4,77 tahun
- g. BEP : 44,15%
- h. SDP : 21%
- i. DCFR : 13,79%

Persyaratan telah dipenuhi dan layak secara perhitungan di mana untuk ROI minimal 12%, POT maksimal 5 tahun, BEP memiliki hasil dibawah 50% sehingga tingkat impas lebih cepat, SDP harus dibawah nilai BEP, serta untuk DCFR harus lebih besar dari satu setengah dari bunga bank di mana nilai bunga bank BI saat ini 4,75% sehingga minimal DCFR adalah 7,125%.

Berdasarkan hasil analisis ekonomi diatas dengan menggunakan berbagai parameter tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik etanol dari etilena dengan kapasitas 63.000 ton/tahun layak didirikan dan memiliki nilai investasi yang menjanjikan.

7.2 Saran

Perancangan sebuah pabrik kimia memerlukan pengetahuan lebih mendalam terkait konsep dasar sehingga dalam pendirian pabrik dapat memenuhi standar dan layak. Beberapa faktor yang dapat menjadi perhatian dalam pendirian pabrik kimia antara lain :

- a. Pengolahan limbah pada pendirian pabrik kimia perlu menjadi perhatian lebih lanjut. Hal ini berkaitan dengan ekosistem dan pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu bagi kehidupan masyarakat khususnya disekitar lingkungan pabrik. Untuk itu diharapkan dalam pengolahan limbah dilakukan dengan mengedepankan teknologi yang baik serta ramah lingkungan sehingga dapat menjaga ekosistem serta lingkungan.

- b. Perlu adanya optimasi terhadap kinerja alat-alat proses sehingga dapat digunakan secara optimal dan dapat mengurangi biaya operasi. Semakin optimal kinerja alat-alat proses tentunya dapat meningkat profit bagi perusahaan.
- c. Mengedepankan prosedur dalam menjalankan operasi pabrik kimia sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja dan selalu memperhatikan kondisi alat-alat terutama kerusakan serta perawatan alat demi optimalnya kerja alat-alat proses.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, A., Yuniningsih, S., & Sota, M. M. (2017). Pengaruh pH Terhadap Kualitas Produk Etanol Dari Molasses Melalui Proses Fermentasi. *Jurnal Reka Buana Volume 2 No. 2*, 99-105.
- Anthony, R. G., & McKetta, J. J. (2002). *Encyclopedia of Chemical Processing and Design: 69 Supplement 1*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc. Retrieved from McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Badan Pusat Statistik. (2024). Retrieved from <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/51230ea405830664d784ba0b/buletin-statistik-perdagangan-luar-negeri-impor--desember-2024.html>
- Badan Pusat Statistik. (2024). Retrieved from <https://gresikkab.bps.go.id/id/pressrelease/2025/03/03/843/pertumbuhan-ekonomi-2024.html>
- Baruth, E. E. (1990). *Water Treatment Plant Design* (4th ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.
- Brown, G. G. (1950). *Unit Operations*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- CEPCI. (2025). Retrieved from <https://www.chemengonline.com/>
- CNBC Indonesia. (2025). Retrieved from <https://www.cnbcindonesia.com/news/20241211141813-4-595082/tahun-depan-produksi-bioetanol-ri-bisa-nambah-30000-kl-ini-sumbernya>
- Evans, F. L. (1980). *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants* (2nd ed., Vol. 2). Texas: Gulf Publishing Company.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Ireksa Engineer. (2025, September). *PERANCANGAN POMPA | PERHITUNGAN PEMILIHAN POMPA | TUGAS AKHIR TEKNIK KIMIA (PRARANCANGAN PABRIK)*. Retrieved from YouTube:

<https://www.youtube.com/watch?v=BDYw-qqIfcg&list=PLnD0kliKvNNHgAdeeUpThI6vt1WfPGqKx&index=5>

Ismadji, S., Soetaredjo, F. E., & Santoso, S. P. (2021). *Adsorpsi pada Fase Cair : Kesetimbangan, Kinetika, dan Termodinamika*. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala.

JIIPE. (2025). Retrieved from <https://www.jiipe.org/>

Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer* (International Student ed.). Tokyo: McGraw-Hill Book Company Japan, Ltd.

Kirk, R. E., & Othmer, D. F. (1985). *Concise Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Kontan.co.id. (2025, July). Retrieved from <https://industri.kontan.co.id/news/banjir-produk-impor-pelaku-industri-ethanol-minta-perlindungan-kepada-pemerintah>

Lawi, A., & dkk. (2020). *Pengendalian Kualitas*. Bandung: Widina Media Utama.

Lide, D. R. (2005). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Florida: CRC Press LLC.

Matches. (2025, September). Retrieved from [matche.com: https://www.matche.com/equipcost/](https://www.matche.com/equipcost/)

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operations of Chemical Engineering* (5th ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.

McMurry, J. (2016). *Organic Chemistry* (9th ed.). Massachusetts: Cengage Learning.

NIOSH. (2025). Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0262.html>

NIST Chemistry WebBook. (2025). Retrieved from <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C64175>

Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics For Chemical Engineers* (4th ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.

PubChem. (2025). Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethanol>

PubChem. (2025). Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethylene>

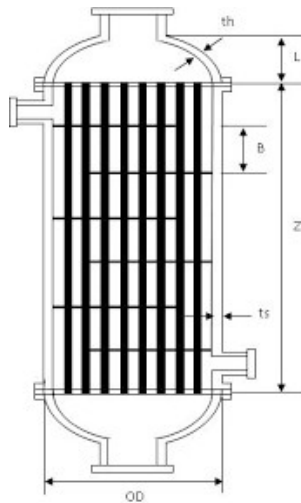
- PubChem*. (2025). Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Water>
- PubChem*. (2025). Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/water>
- PubChem*. (2025). Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Phosphoric-acid>
- Setiadi, T. (2007). *Pengolahan dan Penyediaan Air [Diktat Kuliah]*. Bandung: Insitut Teknologi Bandung.
- Sinnot, R. K. (2005). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design* (4th ed., Vol. 6). Oxford, United Kingdom: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M. (1956). *Chemical Engineering Kinetics*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., Abbott, M. M., & Swihart, M. T. (2018). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Tamjidillah, M., & Ramadhan, M. N. (2023). *Teknik Pengolahan Air Bersih*. Purwokerto: CV IRDH.
- Times, I. (2025, November). Retrieved from <https://www.idntimes.com/business/economy/profil-pabrik-lotte-chemical-indonesia-yang-diresmikan-prabowo-00-bvq5c-g3ylyb>.
- Towler, G., & Sinnot, R. (2008). *Chemical Engineering Design*. Oxford: Elsevier, Inc.
- Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., & Shaeiwitz, J. A. (2009). *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes* (3rd ed.). Massaschusetts: Pearson Education, Inc.
- Ullmann, F. (2002). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Abu Gosok Sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill, Inc.

LAMPIRAN

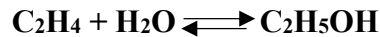
LAMPIRAN A

PERHITUNGAN REAKTOR

Kode Alat	: R-01
Jenis	: <i>Fixed Bed Multitube</i>
Fungsi	: Menghidrasi etilena dengan air menggunakan katalis asam fosfat
Kondisi Operasi	
- Suhu	: 280°C
- Tekanan	: 68 atm
Reaksi	: Eksotermis



Reaksi Hidrasi Etilena :



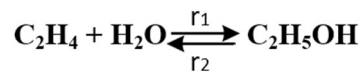
1. Menentukan Jenis Reaktor

Jenis reaktor yang dipilih adalah *fixed bed multitube reactor*. Alasan pemilihan reaktor tersebut adalah sebagai berikut :

- Zat pereaksi berupa fase gas dengan menggunakan katalis padat yaitu asam fosfat.
- Reaksi hidrasi etilena bersifat eksotermik, sehingga kontrol temperatur sangat penting.
- Desain *multitube* memungkinkan distribusi panas lebih baik melalui jaket pendingin disekitar *tube* sehingga dapat meminimalisir terjadinya *overheat*.
- Ukuran *tube* yang kecil membuat pendinginan maupun pemanasan lebih efisien karena rasio luas permukaan terhadap volume tinggi.

2. Persamaan Diferensial

a. Kinetika Reaksi



• Persamaan Laju Reaksi Kimia

$$r_1 = \frac{k_1 \cdot P_E P_W}{(1 + K_E \cdot P_E + K_W \cdot P_W + K_E \cdot K_W \cdot P_E \cdot P_W)^2}$$

$$r_2 = \frac{k_2 \cdot P_A}{(1 + K_E \cdot P_E + K_W \cdot P_W + K_E \cdot K_W \cdot P_E \cdot P_W)^2}$$

$$K_{\text{C}_2\text{H}_4} = 1,2328 \times 10^{-7} \exp\left(\frac{162,730}{R \cdot T}\right)$$

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 2,0850 \times 10^{-6} \exp\left(\frac{35,368}{R \cdot T}\right)$$

3. Data dan Sifat Fisis Bahan

a. Menentukan Umpan y_i Masuk Reaktor

Komponen	BM (kg/kmol)	F (kg/jam)	n (kmol/jam)	Y_i	BM* Y_i
C ₂ H ₄	28,053	4.170,887	148,679	0,402	11,278
H ₂ O	18,015	3.982,273	221,053	0,598	10,768
C ₂ H ₅ OH	46,07	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₂ H ₆	30,07	3,178	0,106	0,000	0,009
Total		8.156,337	369,838	1,000	22,054

b. Menentukan Volume Gas Reaktor

Diketahui :

$$P = 68 \text{ atm}$$

$$n = 369,838 \text{ kmol/jam}$$

$$R = 0,082 \text{ L.atm/mol.K}$$

$$T = 280^\circ\text{C} = 553,15 \text{ K}$$

$$PV = nRT$$

$$V = 56.905,275 \text{ cm}^3/\text{detik}$$

c. Menentukan Densitas Umpan

$$\rho = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T \cdot Z}$$

$$\rho = 0,0398 \text{ gr/cm}^3$$

d. Menentukan Viskositas Umpan

$$\mu_{gas} = A + BT + CT^2$$

Komponen	A	B	C
C ₂ H ₄	-3,985	0,38726	-0,00011227
H ₂ O	-36,825	0,429	-0,00001620
C ₂ H ₅ OH	1,499	0,30741	-0,00004448
C ₂ H ₆	0,514	0,33449	-0,00007107

Komponen	yi	η gas	μ gas	μ gas	μ gas
		mikropoise	(kg/s.m)	(kg/jam.m)	(lb/ft.jam)
C ₂ H ₄	0,4020110	175,8760645	0,0000176	0,0633154	0,0425459
H ₂ O	0,5977032	195,5195563	0,0000196	0,0703870	0,0472978
C ₂ H ₅ OH	0,0000000	157,9333829	0,0000158	0,0568560	0,0382054
C ₂ H ₆	0,0002858	163,7915058	0,0000164	0,0589649	0,0396226
Total	1,0000000	693,1205094	0,0000693	0,2495234	0,1676718

Komponen	yi. μ gas	yi. μ gas	yi. μ gas	yi. η gas
	(kg/s.m)	(kg/jam.m)	(lb/ft.jam)	mikropoise
C ₂ H ₄	7,07E-06	2,55E-02	1,71E-02	7,07E+01
H ₂ O	1,17E-05	4,21E-02	2,83E-02	1,17E+02
C ₂ H ₅ OH	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
C ₂ H ₆	4,68E-09	1,68E-05	1,13E-05	4,68E-02
Total	1,88E-05	6,75E-02	4,54E-02	1,88E+02

$$\begin{aligned}\mu_{gas} &= 0,0000188 \text{ kg/m.s} \\ &= 0,000187614 \text{ g/cm.s}\end{aligned}$$

e. Menentukan Konduktivitas Panas Umpan

(Yaws, 1999)

$$k_{gas} = A + BT + CT^2$$

Komponen	A	B	C
C ₂ H ₄	-0,00123	0,000036219	1,2459E-07
H ₂ O	0,00053	0,000047093	4,9551E-08
C ₂ H ₅ OH	-0,00556	0,00004362	8,5033E-08
C ₂ H ₆	-0,01936	0,00012547	3,8298E-08

Komponen	yi	kgas	yi.kgas
		W/m.K	W /m.K
C ₂ H ₄	0,40201	0,05693	0,02288
H ₂ O	0,59770	0,04174	0,02495
C ₂ H ₅ OH	0	0,04459	0
C ₂ H ₆	0,00029	0,06176	0,00002
Total	1	0,20502	0,04785

$$\begin{aligned}
 k_{\text{campuran}} &= 0,047851 \text{ W/m.K} \\
 &= 0,172264 \text{ kJ/jam.m.K} \\
 &= 0,041172 \text{ kkal/jam.m.K} \\
 &= 0,000114 \text{ kal/dtk.cm.K}
 \end{aligned}$$

f. Menentukan Kapasitas Panas Umpan

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$T_{ref} (25^\circ\text{C}) = 298,15 \text{ K}$$

$$T (280^\circ\text{C}) = 553,15 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	E
C ₂ H ₄	32,083	-1,48E-02	2,48E-04	-2,38E-07	6,83E-11
H ₂ O	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12
C ₂ H ₅ OH	27,091	1,11E-01	1,10E-04	-1,50E-07	4,66E-11
C ₂ H ₆	28,146	4,34E-02	1,89E-04	-1,91E-07	5,33E-11

Komponen	yi	BM	Cp	Cp	Cp	Cpi = yi.Cp
		(kg/kmol)	J/mol.K	kJ/kmol.K	kJ/kg.K	kJ/kg.K
C ₂ H ₄	0,4020	28,05	65,8494	65,8494	2,3473	0,9436
H ₂ O	0,5977	18,02	33,9056	33,9056	1,8821	1,1249
C ₂ H ₅ OH	0	46,07	100,6649	100,6649	2,1850	0
C ₂ H ₆	0,0003	30,07	81,7920	81,7920	2,7201	0,0008
Total	1	122,21	282,2118	282,2118	9,1345	2,0693

$$C_p \text{ campuran} = 46,7610 \text{ kJ/kmol.K}$$

$$= 8.422,1522 \text{ kJ/jam.K}$$

$$= 2,0693 \text{ kJ/kg.K}$$

g. Menentukan Panas Reaksi (ΔH_R)

Reaksi bersifat eksotermis = ΔH_R bernilai negatif

$$\Delta H_R = \Delta H_{R_{298,15}} + \int_{298,15}^T \Delta C_p \cdot dT$$

$$T_{ref} (25^\circ\text{C}) = 298,15 \text{ K}$$

$$T (280^\circ\text{C}) = 553,15 \text{ K}$$

Komponen	A	B	C	D	E
C ₂ H ₄	32,083	-1,48E-02	2,48E-04	-2,38E-07	6,83E-11
H ₂ O	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12
C ₂ H ₅ OH	27,091	1,11E-01	1,10E-04	-1,50E-07	4,66E-11
C ₂ H ₆	28,146	4,34E-02	1,89E-04	-1,91E-07	5,33E-11

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH (J/mol)	ΔH (kJ/kmol)
C ₂ H ₄	52,33	52.330	12.002,4785	12.002,4785
H ₂ O	-242	-242.000	7.748,5325	7.748,5325
C ₂ H ₅ OH	-234,96	-234.960	18.389,6299	18.389,6299
C ₂ H ₆	-84,74	-84.740	14.908,3455	14.908,3455
Total	-509,37	-509.370	53.048,9865	53.048,9865

$$\Delta H_{R(298,15)} = -45.290 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_{R_{total}} = -46.651,381 \text{ kJ/kmol} \quad (\text{Eksotermis})$$

4. Katalisator

- Jenis Katalis = Asam Fosfat (H_3PO_4) dengan *silica gel*
- Bentuk = Padatan
- Densitas = $1,88 \text{ g/cm}^3$
- Densitas *bulk* = $1,5 \text{ g/cm}^3$
- Diameter = $0,3969 \text{ cm}$
- Porositas = $0,384$

5. Pemilihan Pipa dan Menentukan Ukuran Tube

Pemilihan diameter reaktor didasarkan agar dapat terjadinya perpindahan panas yang baik. Pipa turbulen cocok untuk aliran dalam reaksi karena memiliki perpindahan panas yang besar dan reaksinya eksotermis.

Rasio terhadap Dp/Dt terhadap koefisien perpindahan panas di dalam pipa memuat butir-butir katalisator jika dibandingkan pipa kosong yaitu : hw/h . Hal ini sudah dilakukan penelitian oleh *Colburn's* (Smith, Chemical Engineering Kinetics, 1956).

Dp/Dt	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
hw/h	5,5	7	7,8	7,5	7	6,6

Dp/Dt yang dipilih = 0,15 karena memiliki perpindahan panas paling besar

Keterangan :

Dp = Diameter partikel (katalisator)

Dt = Diameter *tube*

hw = Koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi katalis

h = Koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Berdasarkan data tersebut, didapatkan :

- $D_p/D_t = 0,15$
- $D_p = 0,3969 \text{ cm}$
- $D_t = 2,646 \text{ cm}$

Dari perhitungan tersebut diambil ukuran pipa standar sehingga dapat menghasilkan koefisien perpindahan panas yang baik (Kern, 1965).

Berdasarkan Kern (1965), Pipa yang dipilih memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis *tube* = *Steel Pipe*
- *Nominal Pipe Size (NPS)* = 1,25 in
- *Outside Diameter* = 1,66 in
- *Inside Diameter* = 1,38 in
- *Flow area per pipa* = 1,5 in²
- *Schedule Number* = 40
- *Surface per lin.ft (Outside)* = 0,435 ft²/ft
- *Surface per lin.ft (Inside)* = 0,362 ft²/ft

$$NRe = \frac{Gt \cdot Dt}{\mu}$$

$NRe = 4.500$ (biasa dipakai di fase gas)

$\mu = 0,000187614 \text{ g/cm.dtk}$

$D_t = 3,5052 \text{ cm}$

$G_t = 8.156,337 \text{ kg/jam} = 2.265,6491 \text{ g/dtk}$

- Kecepatan massa per satuan luas

$$Gt = \frac{\mu \cdot NRe}{Dt} \quad At = \frac{G}{Gt}$$

$$Gt = 0,24086 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{dtk} \quad At = 9.406,51282 \text{ cm}^2$$

- Luas Penampang Pipa (A_0)

$$A_0 = \frac{\pi}{4} ID^2$$

$$A_0 = 9,64484 \text{ cm}^2$$

- Nt (jumlah pipa) maksimal

$$Nt_{max} = \frac{At}{A_0}$$

$$Nt_{max} = 940 \text{ buah}$$

- Katalis Asam Fosfat (H_3PO_4)

Bentuk : serbuk padat

$$Re : 4.500$$

$$Fd : 0,4$$

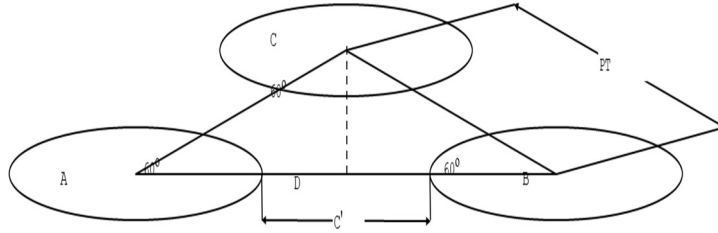
- V_{max}

$$= \sqrt{\frac{4(\rho_b - \rho_g)g \cdot Dp}{3 \cdot \rho_g \cdot f_D}}$$

$$V_{max} = 21,80604 \text{ cm}^3/\text{s}$$

- Diambil $Nt = 280$ buah

6. Menentukan Diameter Reaktor (IDs)



Susunan tube = triangular

Pitch tube (PT) = 1,25 x Odt = 2,075 in

Clearance (C) = PT-Odt = 0,415 in

$$IDs = \sqrt{\frac{4 \cdot Nt \cdot P_T^2 \cdot 0.866}{\pi}}$$

IDs = 36,469 in

7. Menentukan Cp Pendingin

- Jenis = Dowtherm A
- Suhu = 553,15 K
- Tekanan = 0,5 mPa
- Konduktivitas termal = 0,0200472 mPa.s
- Viskositas = 1,54711 kcal/g°C

Cp pendingin = 0,2997 cal/g.K

8. Menghitung Densitas, Konduktivitas Termal, dan Viskositas Pendingin

- Densitas

$$\rho_p = 1.3644 - (9.7073 \times 10^{-4} T_{in})$$

$\rho_{pendingin} = 0,82744 \text{ g/cm}^3$

- Konduktivitas Termal

$$Kp = 1,512 - (0,0010387 \cdot Tin)$$

$$Kp_{\text{pendingin}} = 0,93744 \text{ kal/cm.jam.K}$$

- Viskositas

$$\mu_p = 35.5898 - 0.04212 \cdot Tin$$

$$\mu_{\text{pendingin}} = 0,00341 \text{ g/cm.dtk}$$

9. Menentukan Kebutuhan Pendingin

- Suhu *steam* masuk = 280°C
- Suhu *steam* keluar = 300°C
- $Cp_{\text{Dowtherm A}}$ = 0,29970 kal/kg.°C
- Q_H = -69.36071,577 kkal.jam

Kebutuhan Pendingin

$$Wp = \frac{QH}{Cp \cdot \Delta T}$$

$$Wp = 32.099,02735 \text{ kg/jam}$$

10. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas *Design Overall* (U_D)

a. *Tube Side*

- $Cp = 46,76104 \text{ kJ/kmol.K}$
- $\mu = 0,000187 \text{ g/cm.s}$
- $k = 0,047851 \text{ W/m.k}$

$$PR = \frac{Cp \cdot \mu}{k}$$

$$PR = 0,81134$$

- $G_t = 0,24085 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{dtk}$
- $D_t = 3,5052 \text{ cm}$
- $Re = 4.500$
- $h_i = 3,81210 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
- $h_{i0} = 3,16910 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

b. *Shell Side*

- $C_{p_s} = 138,18761 \text{ Btu/lb} \cdot ^\circ\text{F}$
- $\mu_s = 0,82592 \text{ Btu/ft.jam}$
- $k_s = 0,96669 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

11. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas *Clean Overall* (U_C)

$$U_C = \frac{h_{i0} \cdot h_o}{h_{i0} + h_o}$$

$$= 3,16798 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

12. Menghitung *Dirty Factor* (R_d)

(Kern, 1965, p. 107)

$$R_{d \text{ shell}} = 0,001 \text{ hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu}$$

$$R_{d \text{ tube}} = 0,001 \text{ hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu}$$

$$R_d = 0,002 \text{ hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu}$$

Didapatkan nilai U_D :

$$U_D = \frac{1}{R_d + \frac{1}{U_C}}$$

$$U_D = 3,14804 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

13. Menghitung Panjang Reaktor

Diselesaikan dengan metode Euler sehingga didapatkan :

z(m)	Xa	Tg(K)	Tp(K)	P(atm)
0	0	553,15	573,15	68
0,1	0,00743	553,19482	572,92704	67,99995
0,2	0,01481	553,23969	572,70700	67,99990
0,3	0,02214	553,28461	572,48985	67,99985
0,4	0,02943	553,32958	572,27557	67,99980
0,5	0,03667	553,37459	572,06412	67,99975
0,6	0,04386	553,41965	571,85548	67,99969
0,7	0,05101	553,46475	571,64961	67,99964
0,8	0,05811	553,50991	571,44650	67,99959
0,9	0,06516	553,55511	571,24610	67,99954
1	0,07217	553,60036	571,04840	67,99949
1,1	0,07913	553,64566	570,85337	67,99944
1,2	0,08605	553,69100	570,66097	67,99939
1,3	0,09292	553,73639	570,47119	67,99934
1,4	0,09975	553,78183	570,28399	67,99929
1,5	0,10653	553,82732	570,09935	67,99923
1,6	0,11327	553,87286	569,91724	67,99918
1,7	0,11997	553,91845	569,73764	67,99913
1,8	0,12662	553,96408	569,56051	67,99908
1,9	0,13322	554,00976	569,38585	67,99903
2	0,13979	554,05549	569,21361	67,99898
2,1	0,14631	554,10127	569,04377	67,99893
2,2	0,15279	554,14710	568,87632	67,99888
2,3	0,15923	554,19298	568,71122	67,99883
2,4	0,16562	554,23891	568,54845	67,99877
2,5	0,17197	554,28488	568,38799	67,99872
2,6	0,17828	554,33091	568,22981	67,99867
2,7	0,18455	554,37699	568,07388	67,99862
2,8	0,19078	554,42311	567,92020	67,99857
2,9	0,19696	554,46928	567,76872	67,99852
3	0,20311	554,51551	567,61944	67,99847

3,1	0,20921	554,56178	567,47232	67,99842
3,2	0,21528	554,60811	567,32735	67,99837
3,3	0,22130	554,65448	567,18450	67,99831
3,4	0,22728	554,70090	567,04374	67,99826
3,5	0,23323	554,74738	566,90507	67,99821
3,6	0,23913	554,79390	566,76845	67,99816
3,7	0,24500	554,84048	566,63386	67,99811
3,8	0,25082	554,88710	566,50129	67,99806
3,9	0,25661	554,93378	566,37071	67,99801
4	0,26236	554,98051	566,24211	67,99796
4,1	0,26807	555,02729	566,11545	67,99790
4,2	0,27374	555,07412	565,99072	67,99785
4,3	0,27937	555,12100	565,86791	67,99780
4,4	0,28497	555,16793	565,74698	67,99775
4,5	0,29052	555,21491	565,62792	67,99770
4,6	0,29604	555,26195	565,51072	67,99765
4,7	0,30153	555,30903	565,39535	67,99760
4,8	0,30697	555,35617	565,28178	67,99755
4,9	0,31238	555,40336	565,17002	67,99749
5	0,31776	555,45060	565,06002	67,99744
5,1	0,32309	555,49790	564,95178	67,99739
5,2	0,32839	555,54524	564,84528	67,99734
5,3	0,33366	555,59264	564,74050	67,99729
5,4	0,33889	555,64009	564,63742	67,99724
5,5	0,34408	555,68759	564,53602	67,99719
5,6	0,34924	555,73515	564,43628	67,99713
5,7	0,35436	555,78276	564,33820	67,99708
5,8	0,35945	555,83042	564,24174	67,99703
5,9	0,36450	555,87814	564,14690	67,99698
6	0,36952	555,92590	564,05365	67,99693
6,1	0,37450	555,97373	563,96198	67,99688
6,2	0,37945	556,02160	563,87188	67,99683
6,3	0,38437	556,06953	563,78332	67,99677
6,4	0,38925	556,11751	563,69629	67,99672
6,5	0,39410	556,16555	563,61078	67,99667
6,6	0,39892	556,21364	563,52676	67,99662
6,7	0,40370	556,26178	563,44422	67,99657

6,8	0,40845	556,30998	563,36315	67,99652
6,9	0,41317	556,35823	563,28354	67,99647
7	0,41785	556,40654	563,20535	67,99641
7,1	0,42250	556,45490	563,12859	67,99636
7,2	0,42712	556,50331	563,05323	67,99631
7,3	0,43171	556,55178	562,97927	67,99626
7,4	0,43627	556,60031	562,90667	67,99621
7,5	0,44079	556,64889	562,83544	67,99616
7,6	0,44528	556,69752	562,76556	67,99611
7,7	0,44974	556,74621	562,69701	67,99605
7,8	0,45417	556,79496	562,62978	67,99600
7,9	0,45857	556,84376	562,56385	67,99595
8	0,46294	556,89262	562,49921	67,99590
8,1	0,46728	556,94153	562,43586	67,99585
8,2	0,47159	556,99050	562,37376	67,99580
8,3	0,47587	557,03953	562,31292	67,99575
8,4	0,48011	557,08861	562,25331	67,99569
8,5	0,48433	557,13774	562,19492	67,99564
8,6	0,48852	557,18694	562,13775	67,99559
8,7	0,49268	557,23619	562,08178	67,99554
8,8	0,49681	557,28550	562,02699	67,99549
8,9	0,50091	557,33486	561,97337	67,99544
9	0,50498	557,38428	561,92092	67,99538
9,1	0,50902	557,43376	561,86961	67,99533
9,2	0,51304	557,48330	561,81944	67,99528
9,3	0,51702	557,53289	561,77040	67,99523
9,4	0,52098	557,58254	561,72247	67,99518
9,5	0,52491	557,63225	561,67563	67,99513
9,6	0,52881	557,68201	561,62989	67,99507
9,7	0,53268	557,73184	561,58523	67,99502
9,8	0,53653	557,78172	561,54163	67,99497
9,9	0,54035	557,83166	561,49909	67,99492
10	0,54414	557,88166	561,45759	67,99487
10,1	0,54790	557,93172	561,41713	67,99482
10,2	0,55164	557,98183	561,37768	67,99476
10,3	0,55535	558,03201	561,33925	67,99471
10,4	0,55903	558,08224	561,30182	67,99466

10,5	0,56269	558,13254	561,26538	67,99461
10,6	0,56632	558,18289	561,22992	67,99456
10,7	0,56993	558,23330	561,19543	67,99451
10,8	0,57350	558,28377	561,16190	67,99445
10,9	0,57706	558,33430	561,12932	67,99440
11	0,58059	558,38489	561,09768	67,99435
11,1	0,58409	558,43554	561,06697	67,99430
11,2	0,58756	558,48625	561,03717	67,99425
11,3	0,59102	558,53703	561,00829	67,99420
11,4	0,59444	558,58786	560,98031	67,99414
11,5	0,59784	558,63875	560,95322	67,99409
11,6	0,60122	558,68970	560,92701	67,99404
11,7	0,60457	558,74072	560,90168	67,99399
11,8	0,60790	558,79179	560,87721	67,99394
11,9	0,61120	558,84293	560,85359	67,99388
12	0,61448	558,89413	560,83082	67,99383
12,1	0,61774	558,94539	560,80889	67,99378
12,2	0,62097	558,99671	560,78778	67,99373
12,3	0,62418	559,04809	560,76750	67,99368
12,4	0,62736	559,09953	560,74803	67,99363
12,5	0,63052	559,15104	560,72935	67,99357
12,6	0,63366	559,20261	560,71148	67,99352
12,7	0,63677	559,25424	560,69439	67,99347
12,8	0,63987	559,30594	560,67807	67,99342
12,9	0,64293	559,35769	560,66253	67,99337
13	0,64598	559,40951	560,64775	67,99331
13,1	0,64900	559,46140	560,63372	67,99326
13,2	0,65200	559,51335	560,62044	67,99321
13,3	0,65498	559,56536	560,60790	67,99316
13,4	0,65794	559,61743	560,59609	67,99311
13,5	0,66087	559,66957	560,58501	67,99305
13,6	0,66379	559,72177	560,57464	67,99300
13,7	0,66668	559,77403	560,56497	67,99295
13,8	0,66955	559,82636	560,55601	67,99290
13,9	0,67240	559,87876	560,54775	67,99285
14	0,67522	559,93122	560,54017	67,99279
14,1	0,67803	559,98374	560,53327	67,99274

14,2	0,68081	560,03633	560,52704	67,99269
15,3	0,71122	560,66275	560,46589	67,99212
17,4	0,76446	561,98460	560,51273	67,99102
20,5	0,83044	564,23820	561,02968	67,98940
24,6	0,89642	567,96690	562,51910	67,98724
29,7	0,95074	574,67434	565,65882	67,98453
35,8	0,98635	589,92667	571,84857	67,98122

Resume :

- Konversi (X) = 83,04%
- Suhu gas masuk (T_{in}) = 553,15 K
- Suhu gas keluar (T_{out}) = 573,15 K
- Panjang pipa (Z) = 20,5 m
- Tekanan masuk (P_{in}) = 68 atm
- Tekanan keluar (P_{out}) = 67,989 atm
- *Pressure drop* = 0,011 atm
- Diameter *shell* (IDs) = 36,46878 in
- Suhu pemanas masuk ($T_p \text{ in}$) = 573,15 K
- Suhu pemanas keluar ($T_p \text{ out}$) = 561,02968 K

MECHANICAL DESIGN OF REACTOR

1. Tube

- BWG = 16
- OD = 1,66 in
- ID = 1,38 in
- *Flow area per tube* = 1,5 in²
- *Surface per lin ft*
 - OD = 0,435 ft²/ft
 - ID = 0,362 ft²/ft
- *Weight per lin ft* = 2,28 lb steel
- Panjang pipa *tube* = 20,5 m
- Susunan *tube* = *triangular pitch*
- Jumlah pipa = 280 buah
- *Pitch* = 2,075 in
- *Clearance* = 0,415 in

2. Shell

a. Tekanan Desain (maksimal *over design* 20%)

- P operasi = 69 atm = 999,32451 psi
- P desain = 1.199,18942 psi

b. Bahan Konstruksi Shell

Dipilih material *Carbon Steel SA-387 Grade C* dengan pertimbangan :

- Dirancang khusus untuk *pressure vessel* suhu tinggi.
- Lebih ekonomis jika dibandingkan dengan *Stainless Steel* penuh seperti *Stainless Steel 316*.
- Tersedia luas di pasar lokal dan global sehingga memudahkan pengadaan dan fabrikasi.

- Kuat secara mekanik, stabil secara termal. Serta kompatibel dengan pelapisan anti korosi.

c. Tebal *shell*

$$ts = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + C$$

Keterangan :

ts = tebal dinding *shell* (in)

P = tekanan desain (psi)

r = radius dalam *shell* (in)

E = efisiensi sambungan

f = *allowable working stress* (psi)

c = faktor korosi (in)

Berdasarkan tabel 13.1

(Brownell & Young, 1959, p. 251)

Tekanan yang diizinkan (f) = 17.500 psi

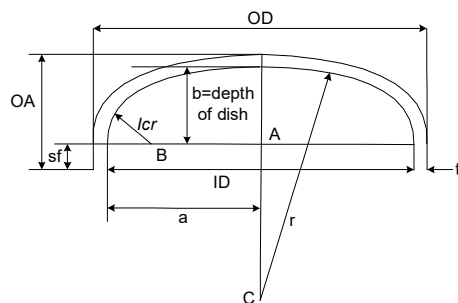
Efisiensi sambungan (E) = 0,85

Faktor korosi (c) = 0,125 in

Dengan IDs = 36,4688 in

- Tebal *shell* (t_s) = 1,66973 in
- Dipilih tebal *shell* standar = 1,656 in

3. Head Reaktor



a. Bentuk *head* = *Elliptical dished head*

b. Bahan konstruksi *head*

Dipilih *Carbon Steel SA-387 Grade C*

c. Tebal *head* (*tH*)

Tebal *head* dihitung menggunakan persamaan 13.10 (Brownell & Young, 1959)

$$tH = \frac{P.IDs}{2.f.E - 0,2P} + c$$

Keterangan :

P = Tekanan perancangan (psi)

F = Tekanan maksimum yang diizinkan (psi)

c = faktor korosi (in)

E = Efisiensi pengelasan

Tekanan yang diizinkan = 20.000 psi

Efisiensi pengelasan = 0,85

Faktor korosi = 0,125 in

- Tebal *head* reaktor (*tH*) = 1,4204 in
- Dipilih tebal *head* standar = 1,5625 in

d. Tinggi *head* (h_H)

Berdasarkan tabel 5.7

(Brownell & Young, 1959, p. 90)

- ODs = 36,469 in
- ts = 1,5625 in

Didapatkan :

- icr = 4,875 in
- r = 36 in
- a = 18,2344 in
- AB = 13,3594 in
- BC = 31,1250 in
- AC = 28,1121 in
- b = 7,8879 in

Berdasarkan tabel 5.6

(Brownell & Young, 1959, p. 88)

Didapatkan nilai $sf = 1,5$ in hingga $4,5$ in

Dipilih nilai sf pada perancangan = 3 in

Sehingga didapatkan :

- Tinggi head (h_H) = $th + b + sf$
= 12,4504 in

4. Tinggi Reaktor (H_R)

$H_R = \text{Panjang tube} + \text{tinggi head}$

$$H_R = 819,5374 \text{ in}$$

$$= 20,8163 \text{ m}$$

5. Volume Reaktor (V_R)

a. Volume *head* (V_H)

$$V_H = 0,000049 \times ID_s^3$$

(Brownell & Young, 1959, p. 88)

$$\begin{aligned} V_H &= 2,37662 \text{ in}^3 \\ &= 3,8945 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Volume *shell* (V_S)

$$V_S = \pi/4 \cdot (ID_s)^2 \cdot Z$$

$$\begin{aligned} V_S &= 842.620,983 \text{ in}^3 \\ &= 13,808 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan :

$$V_R = V_S + V_H$$

$$V_R = 13,808123 \text{ m}^3$$

Waktu tinggal (t) : V/Q

$$\text{Volume } tube = 1.206,557 \text{ in}^3 = 0,020 \text{ m}^3$$

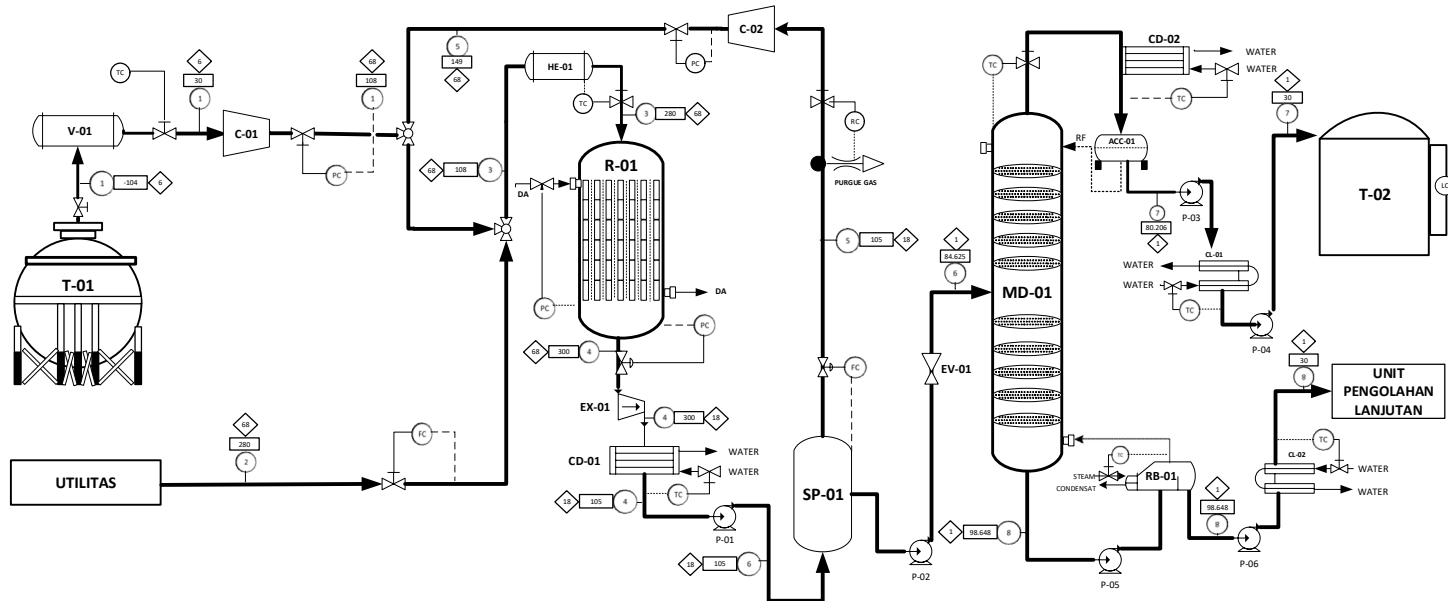
$$Q = 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga didapatkan :

$$t = 7,242 \text{ s}$$

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA
KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN



KOMPONEN	Arus (kg/jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ETHYLENE (C ₂ H ₄)	3972.273		3972.273	198.614	4170.887			
ETHANE (C ₂ H ₆)	1.589		1.589	1.589	3.178			
ETHANOL (C ₂ H ₅ OH)				6197.286		6507.151	6380.562	122.852
STEAM (H ₂ O)		3982.273	3982.273	1558.914	1437.746	335.819	1105.664	
TOTAL	3973.862	3982.273	7956.135	7956.403	4174.065	7944.897	6716.381	1228.516

Simbol	Keterangan
○	Nomer Arus
◇	Tekanan (atm)
□	Saluran FC
—	Arus Proses
----	Arus Simbol Listrik
—	Arus Utilitas
⊗	Control Valve
●	Purgas Gas
TC	Temperature Control
FC	Flow Control
RC	Ratio Control
LI	Level Indicator
BF	Reflux Ratio
DIA	Dewpoint A

Alat	Keterangan
ACC	Accumulator
C	Compressor
CD	Condenser
CL	Cooler
EV	Expansion Valve
EX	Expander
HE	Heat Exchanger
MD	Membra Distilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reboiler
SP	Separator
T	Tangki
V	Vaporizer

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN
Disusun Oleh : Aria Wira Sakti	(18521209)
Dosen Pembimbing : I. Dr. Khamdan Cahyadi, S.T., M.Sc.	

LAMPIRAN C

 Chandra Asri Petrochemical	
LEMBAR DATA KESELAMATAN (LDK)	
LDK ini mengacu pada ketentuan <i>UN GHS Purple Book</i> CAP - LDK - 01 - Etilena (Rev.01) LDK ini berlaku sejak 25 Jan 2019 dan menggantikan dokumen sebelumnya Tanggal masa berlaku: 25 Jan 2024	
BAGIAN-1. IDENTIFIKASI SENYAWA	
Produk / Bahan	: Etilena
Rekomendasi Penggunaan	: Bahan baku untuk bahan kimia dan petrokimia aplikasi, Produksi polietilena, etilen kopolimer, sintesis kimia dll
Pabrik	: PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL Tbk (CAP)
Kantor Pusat	: Wisma Barito Pacific, Tower A, lantai 7, Jl. Letjend S. Parman, Kav.62-63. Jakarta 11410, Indonesia.
Pabrik	: Jl Raya Anyer Km.123, Ciwandan, Cilegon 42447, Indonesia Telp: 62-254-601501
Kontak Darurat (24 jam)	: GROUPSHEDIVISION@capcx.com, Telp: 62-254-601829, 601501 Ext 1232
Informasi Tambahan	: GROUPPRND@capcx.com, Telp: + 62-254-601501 Ext 1309, 1616
BAGIAN-2. IDENTIFIKASI BAHAYA	
Klasifikasi GHS	: Gas mudah terbakar: kategori 1 gas didinginkan cair Target toksikan dengan organ (sistem saraf pusat, efek narkotika): kategori 3.
Pernyataan Bahaya	: Cairan mudah terbakar uap berisi gas di bawah tekanan, dapat meledak jika dipanaskan Beracun terhadap kehidupan akuatik dengan efek jangka panjang Dapat berakibat fatal bila tertelan atau memasuki saluran pernapasan Dapat menyebabkan kanker Dapat menyebabkan kerusakan genetis Dapat merusak kesuburan atau anak yang belum lahir menyebabkan gangguan mata berat menyebabkan iritasi kulit Dapat menyebabkan rasa mengantuk dan pusing Dapat menyebabkan iritasi pernafasan.
Piktogram (Simbol Bahaya)	:   
Kata Peringatan	: BAHAYA
Tingkatan Bahaya NFPA	: Kesehatan = 1 Mudah terbakar = 4 Reaktivitas = 2
Laporan Pencegahan	: Dapatkan petunjuk khusus sebelum digunakan Jangan menangani sampai semua tindakan pencegahan keselamatan telah dibaca dan dipahami Jauhkan dari panas/percikan api/lidah api/permukaan yang panas Simpan dalam wadah tertutup rapat Gunakan hanya peralatan non-pemicu api Ambil langkah pencegahan terhadap terbentuknya listrik statis Kenakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah Gunakan peralatan perlindungan pribadi sebagaimana dibutuhkan Tidak diperbolehkan makan, minum atau merokok pada saat menggunakan produk ini Cuci sampai bersih setelah menangani Hindarkan pembuangan ke lingkungan.
Lembar Data Keselamatan – 01 – Etilena (Rev.01) Hal 1 dari 8	

BAGIAN-3. KOMPOSISI / INFORMASI BAHAN PENYUSUN

Identitas Bahan Kimia	: Etilena	No CAS : 74-85-1
Nama Umum	: Etilena (C ₂ H ₄)	
Konsentrasi	: ≥ 99,95 % vol	Pengotor : ≤ 0,05% vol

BAGIAN-4. TINDAKAN PERTOLONGAN PERTAMA PADA KECELAKAAN

Umum	: BAHAYA! Sangat dingin, cairan yang mudah terbakar dan gas di bawah tekanan. Dapat meledak bila bercampur dengan udara. Dapat menyebabkan radang dingin yang parah. Dapat menyebabkan pusing dan mengantuk. Jauhkan dari panas, percikan dan nyala api. Jangan menusuk atau membakar wadahnya. Alat pernapasan mandiri dan pakaian pelindung sangat diperlukan oleh pekerja penyelamat. Mudah menguap dan membentuk kabut dingin tebal daripada udara. Kontak dengan gas cair dapat menyebabkan radang dingin udara. Dalam kasus masalah kesehatan segera dapatkan bantuan medis dan tunjukkan Lembar Data Keselamatan ini. Pastikan aktivitas organ penting berfungsi sampai kedatangan dokter (pernapasan buatan, menghirup oksigen, pijat jantung). Jika pasien tidak sadar, atau dalam kondisi berbahaya, letakkan pasien dalam posisi stabil. Dalam kasus pertama luka bakar tingkat (kemerahan menyakitkan), dan luka bakar tingkat kedua (lepuh menyakitkan), Dinginkan daerah yang terkena bahan ini dengan air dingin untuk waktu yang lama. Dalam kasus luka bakar derajat ketiga (kemerahan, retak kulit pucat, biasanya tanpa nyeri), tidak mendinginkan kulit yang terkena bahan ini, seka daerah yang terkena dengan kasa steril kering saja.
Kulit	: Individu yang terkena diletakkan di tempat dengan udara yang bersih/tidak terkontaminasi. Longgarkan pakaian yang ketat seperti kerah, dasi, atau ikat pinggang untuk memudahkan bernapas. Cari bantuan medis segera jika individu kesulitan bernapas, tidak sadar atau jika ada gejala lain. PERINGATAN: Kontak melalui mulut ke mulut dapat menimbulkan risiko sekunder untuk penyelamat. Hindari kontak mulut ke mulut dengan menggunakan perisai mulut atau penjaga untuk melakukan pernapasan buatan.
Terhirup	: Untuk kontak dengan kulit, segera cuci dengan sabun dan air. JANGAN GUNAKAN AIR PANAS. Cari bantuan medis jika gejala berkembang atau bertahan. Kompres radang dingin perlahan-lahan dengan air hangat. JANGAN seka daerah yang terkena. Jangan membuka pakaian korban. Carilah pertolongan medis segera.
Mata	: Jika bisa dilakukan dengan aman, lepaskan lensa kontak. Segera basuh mata dengan air dingin selama minimal 15 menit, sambil memegang kelopak mata terbuka. JANGAN GUNAKAN AIR PANAS. Cari bantuan medis jika gejala masih berlangsung.
Tertelan	: Tidak berlaku (gas)
Catatan untuk Dokter	: Perlakukan pingsan, radang dingin, mual, hipotensi, kejang dan aritmia jantung dengan cara konvensional. Kenakan oksigen dengan masker jika ada gangguan pernapasan. Pengobatan karena paparan lebih harus langsung mengendalikan gejala dan kondisi klinis pasien. Setelah cukup pertolongan pertama, tidak ada perawatan lebih lanjut diperlukan kecuali gejala muncul kembali.

BAGIAN-5. TINDAKAN PEMADAMAN KEBAKARAN

Sifat Mudah Terbakar	: Sangat mudah terbakar. Gas/campuran udara meledak. Dalam kasus kebocoran berisiko tinggi timbulnya api. Gas ini lebih berat daripada udara dan bisa melakukan perjalanan diatas tanah dan berpotensi terjadinya api. Uap dapat
----------------------	--

membentuk campuran eksplosif dengan udara. Jauhkan wadah dari sumber panas atau api. Ledakan hebat bisa terjadi dengan adanya percikan, api, panas dan oksidator.

Media Pemadaman

Media Pemadaman Yang Cocok : Kimia kering, busa, karbon dioksida, dan kabut air. Jangan gunakan jet air. Penutupan dengan busa dapat membantu menekan evolusi gas yang mudah terbakar. Gunakan sejumlah besar air untuk mendinginkan wadah api terbuka dan untuk melindungi personil. Jangan mencoba untuk memadamkan kebocoran api gas kecuali sumber kebocoran dapat diisolasi dan dimatikan. Biarkan api yang tidak terkendali terbakar habis.

Media Pemadaman Yang Tidak Cocok : Jangan menggunakan jet air

Bahaya spesifik di Kasus Kebakaran

Hasil Pembakaran Berbahaya : Setelah pembakaran, produk ini memancarkan karbon monoksida, karbon dioksida, dan / atau hidrokarbon berat molekul rendah.

Peralatan Pelindung Khusus dan Perhatian untuk Petugas Pemadam Kebakaran

Alat Pelindung Khusus : Alat bantu pernapasan mandiri, pakaian pelindung termal.
Tindakan pencegahan untuk Petugas Pemadam Kebakaran : Perintahkan personil yang tidak berkepentingan untuk menjauh. Jaringan pipa dan bahaya ledakan kontainer sangat hebat ketika produk ini terkena panas atau api. Meledak jika dipanaskan atau terlibat dalam kebakaran. Gunakan sejumlah besar air untuk mendinginkan pipa api terpapar atau kontainer. Segera ditarik untuk kasus kebakaran dan tangki ventilasi atau perubahan warna serta panas tangki. Uap dapat melakukan perjalanan ke beberapa sumber yang jauh dari pengapian dan sorot kembali. Hati-hati kemungkinan terjadinya penyalakan kembali. Ketika tekanan dalam wadah perlu dikontrol, Pertimbangkan pengaturan isolasi darurat dan evakuasi untuk setidaknya 800 meter. Jika tangki terlibat dalam api, isolasi sejauh 1600 meter ke segala arah. Biarkan kebakaran yang tidak terkendali mati sendiri. Petugas pemadam kebakaran harus mengenakan full-face, alat bantu pernapasan mandiri dan pakaian pelindung panas. Hindari menghirup setiap asap dan pembakaran bahan. Hapus, bersihkan atau hancurkan pakaian yang terkontaminasi. Dinginkan wadah dengan dibanjiri air sampai baik setelah api keluar. Kendalikan limpasan air untuk mencegah masuk ke selokan, saluran pembuangan limbah, tanah atau terbatas ruang dan saluran air.

BAGIAN-6. PENANGGULANGAN TUMPAHAN DAN KEBOCORAN

Tindakan Pribadi : Pakai alat bantu pernapasan saat memasuki daerah kecuali suasana terbukti aman.
Tindakan Lingkungan : Hindari masuknya produk ke saluran pembuangan, selokan, atau saluran air
Metode dan Bahan untuk Penampungan dan Pembersihan : Mengevakuasi daerah. Pastikan ventilasi udara yang memadai. Jangan menyentuh bahan yang tertumpah. Dilarang merokok atau ada api terbuka dalam penyimpanan, penggunaan atau penanganan daerah. Hilangkan sumber penyulutan. Hilangkan listrik statis selama transfer atau pengolahan dengan ground yang tepat dan ikatan kontainer dan peralatan.

BAGIAN-7. PENANGANAN DAN PENYIMPANAN

Tindakan Pencegahan untuk Penanganan Aman : Pakai alat bantu pernapasan saat memasuki daerah kecuali suasana terbukti aman. Simpan dalam tempat terkunci atau aman. Bahan ini dapat disimpan sebagai gas yang mudah terbakar atau cairan tergantung pada suhu dan tekanan.

Tangani dalam wadah tertutup sepenuhnya, dengan ground, dirancang dan disetujui system transfer dan penyimpanannya. Gunakan dengan ventilasi yang cukup. Hindari penghirupan. Jauhkan dari panas yang tidak terkendali dan bahan yang tidak kompatibel. Ground semua material yang digunakan dan transfer peralatan untuk mengusir penumpukan listrik statis. Pakai alat pelindung yang sesuai termasuk sarung tangan pelindung termal. Dilarang merokok atau penggunaan api terbuka dalam penyimpanan, penggunaan atau penanganan daerah. Jika menggunakan pendinginan, periksa saluran air yang tidak terpasang dan katup bekerja serta tidak tertutup dengan es yang terbentuk dari cairan yang menguap.

Kondisi Penyimpanan Aman, Termasuk Inkompatibilitas : Area penyimpanan harus mudah diidentifikasi, cukup penerangan, jelas obstruksi dan hanya bisa diakses oleh personel yang terlatih dan berwenang. Simpan di tempat dengan ground, di wadah bertekanan yang dirancang dan disetujui serta jauh dari bahan yang tidak kompatibel. Simpan dan gunakan jauh dari panas, percikan api, api terbuka atau sumber pengapian lain sesuai dengan kode yang berlaku atau peraturan untuk gas dicairkan dan bertekanan sebagaimana berlaku untuk: silinder, kapal, pipa, bangunan, kamar, lemari, jumlah yang diperbolehkan dan jarak penyimpanan minimum. Memiliki kemampuan pemadam yang sesuai di area penyimpanan (misalnya sprinkler sistem, alat pemadam kebakaran portable) dan detektor gas. Penyimpanan vessel bertekanan harus di atas tanah dan tanggul. Jauhkan silinder sementara aman selama penyimpanan atau transportasi.

BAGIAN-8. KONTROL PAPARAN DAN PERLINDUNGAN DIRI

Informasi Tentang Sistem Desain : Metode rekayasa termasuk ventilasi mekanik (dilusi dan pembuangan lokal) proses atau kandang pribadi, operasi remote dan otomatis, kontrol kondisi proses, deteksi kebocoran dan sistem perbaikan, dan modifikasi proses lain. Pastikan semua sistem ventilasi yang dibuang ke luar rumah, jauh dari udara intake dan sumber api. Pasokan udara pengganti yang cukup untuk menebus udara dihapus oleh sistem pembuangan. Administrasi (prosedur) kontrol dan penggunaan alat pelindung diri juga mungkin diperlukan. alat pelindung diri harus tidak dianggap sebagai solusi jangka panjang untuk kontrol eksposur. Orang di sakit di mana penyakit tersebut akan diperburuk oleh paparan produk seharusnya tidak diperbolehkan untuk bekerja dengan atau menangani produk ini.

Batas Paparan		TWA		STEL	
Nama Komponen (No CAS)	Reference	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Etilena (74-85-1)	ACGIH	200	230	-	-
Ventilasi	: Kendalikan konsentrasi udara di bawah pedoman pemaparan				
Perlindungan Pernapasan	: Bila pengontrolan teknis dan ventilasi tidak cukup untuk mencegah penumpukan aerosol atau uap dan / atau konsentrasi oksigen rendah, udara yang tepat alat bantu pernapasan yang disediakan harus digunakan.				
Perlindungan Tangan	: Gunakan sarung tangan yang dirancang tahan untuk mencegah pembekuan jaringan tubuh jika kontak dengan gas yang dicairkan. Kenakan sepatu keamanan bahan kimia tahan dengan traksi yang baik untuk mencegah tergelincir.				
Perlindungan Mata	: Memakai kacamata keselamatan. Penggunaan kacamata tahan bahan kimia di bawah perisai wajah penuh dianjurkan jika kontak dengan uap cair.				
Perlindungan Kulit	: Pakaian kerja yang cukup untuk mencegah kontak kulit dan mencegah pembekuan jaringan tubuh jika kontak dengan gas cair mungkin harus sudah dipakai, seperti baju dan/atau lengan panjang dan celana tahan api (misal: Nomex) atau pakaian				

alami (kapas atau wol) sangat dianjurkan. Pakaian sintetis dapat menghasilkan listrik statis dan tidak direkomendasikan bilamana uap yang mudah terbakar dapat terjadi.

BAGIAN-9. SIFAT FISIKA DAN KIMIA

Bentuk dan Penampakan	Gas pada kondisi ruang, cair pada bawah tekanan	Sifat Oksidasi	Dapat bereaksi dengan zat pengoksidasi kuat.
Warna	Tidak berwarna	Sifat Meledak	Meledak klas IIB
Bau	Aromatis	Tekanan uap	2124 hPa pada -90°C
Ambang Bau	270 – 600 ppm	Tingkat penguapan	Tidak berlaku
pH	Tidak berlaku	Kelarutan (air)	Diabaikan (131 mg/l at 25°C)
Titik Didih/Range Didih	-103,77°C	Relatif Density di 104°C	0,5678 (air=1)
Titik Leleh	-169,15°C	Koefisien partisi Octanol / Air Log Pow)	1,13
Flash Point	-136°C	Kelekatan	1,06 cSt at -170°C
Pembakaran sendiri	450°C	Penguapan	Segera pada 20°C
Klasifikasi Kebakaran	3F	Relatif Densitas Uap	0,975 (udara=1)
Batas Terbakar Bawah	2,7%	Sifat fisik dan kimia tambahan	Tidak ada info
Batas Terbakar Atas	36%		

BAGIAN-10. STABILITAS AND REAKTIFITAS

Stabilitas Kimia	: Produk ini cukup reaktif, dan memungkinkan terpolimerisasi, terurai, atau bereaksi sendiri dalam kondisi shock tertentu, suhu tinggi, tekanan tinggi, atau kontaminasi.
Kemungkinan Reaksi & Polimerisasi Berbahaya	: Polimerisasi berbahaya dapat terjadi pada suhu dan tekanan tinggi dengan adanya katalis
Kondisi yang dihindari	: Jauhkan dari panas, percikan, atau api terbuka.
Bahan untuk Hindari	: Produk dapat bereaksi dengan air untuk membentuk hidrat. Hindari asam kuat, zat pengoksidasi kuat, klorin, halogen, peroksida organik, ozon dan nitrogen dioksida. Banyak bahan menjadi rapuh setelah kontak dengan gas cair dan selang secara berkala untuk memastikan integritas dan kompatibilitas.
Penguraian Produk	: Setelah dekomposisi, produk ini memancarkan karbon monoksida, karbon dioksida dan/atau hidrokarbon berat molekul rendah.
Keterangan Khusus	: Uap dapat membentuk campuran eksplosif dengan udara. Polimerisasi eksplosif bila dipanaskan atau terlibat dalam kebakaran. Bereaksi keras dengan oksidator cair. gas dapat meledak pada kontak dengan air panas (45°C – 75°C).

BAGIAN-11. INFORMASI TOKSIKOLOGI

Toksitas Akut	: Produk ini belum dianggap beracun. Gas Etilena tidak menyebabkan iritasi pada kulit dan mata. Bentuk cair akan menyebabkan pembekuan luka bakar (frostbite) pada mata dan kulit. Pada paparan yang sangat tinggi, gas etilen menghasilkan efek estetika. Paparan yang berlebihan dapat menyebabkan sakit kepala, kelemahan otot, pusing, mual, kehilangan kondisi dan dalam kondisi koma yang ekstrim dan mungkin kematian. Pada konsentrasi tinggi dapat memicu penyimpangan detak jantung. jumlah yang berlebihan di udara dalam ruang tertutup akan mengurangi jumlah oksigen dan dapat menyebabkan sesak napas.
4h inhalasi-tikus LC50	: > 57.000ppm
Toksitas Dosis Terulang	: Etilena relatif tidak aktif secara biologis dan pada dasarnya tidak beracun; Oleh karena itu, bahaya utamanya adalah pengecualian pasokan oksigen yang cukup ke paru-paru. Menghirup etilen oleh tikus Sprague Dawley, dalam konsentrasi 0, 300,

	1.000, 3.000 dan 10.000 ppm , 6 jam/hari, 5 hari /minggu selama 14 minggu, tidak ditemukan menyebabkan efek toksik.
Toksisitas Kronis Karsinogenik	: ACGIH-A4-Tidak diklasifikasikan Karsinogen terhadap manusia OSHA-/IARC-Group 3–Tidak diklasifikasikan karsinogen terhadap manusia NTP - /
Keterangan khusus pada Efek toksik lainnya pada Manusia	: Etilena bisa menyebabkan sesak nafas. Kadar oksigen harus dipertahankan pada lebih dari 19,5 persen pada tekanan atmosfer normal. Konsentrasi tinggi etilen untuk mengecualikan pasokan yang cukup oksigen ke paru-paru menyebabkan pusing, bernapas lebih dalam karena kelaparan udara, mungkin mual dan akhirnya pingsan.
BAGIAN-12. INFORMASI EKOLOGI	
Eko toksisitas – Toksisitas Akut	: Fish: LC50: 126.012 mg/l 96 h Daphnia magna: LC/EC50 62.482 mg/l 48 h Green algae: EC50 30.327 mg/l 96 h
Mobilitas	: Gas pada kondisi kamar
Ketahanan dan Kemampuan Degradasi	
Udara	: Etilena (gas) terdegradasi oleh ozon, radikal nitrat, atau foto yang dihasilkan kimia radikal hidroksil. Umur etilena di atmosfer berkisar 0,4 - 4 hari, sangat tergantung pada jumlah sinar matahari. BioHCwin v1.01 memprediksi bahwa waktu paruh etilena 2,905 hari berdasar keberadaan gugus fungsional hidrogen alkenil.
Tanah	: Gas bisa meresap kedalam tanah
Air	: Etilena dapat teroksidasi menjadi etilen oksida dalam tanah dan air. Penguapan adalah proses lingkungan utama di tanah dan air. Produk ini sangat volatile dan akan terpartisi dengan cepat ke udara pada pelepasan ke tanah atau air. Produk ini sebagian besar tidak larut dalam air, dan menguap dengan cepat dari permukaan tanah dan air.
Potensi Bioakumulasi	: Bio konsentrasi potensinya rendah. Long Pow is 1.13 (etilena)
Potensi Biodegradasi	: Biodegradasi, hidrolisis, konsentrasi bio, dan adsorpsi tidak proses utama untuk etilena. Penelitian kultur murni menunjukkan bahwa etilena bisa rentan terhadap degradasi mikroba.
Efek Terhadap Lingkungan	: Tidak beracun. Produk ini dianggap tidak berbahaya bagi kehidupan air, dan memiliki keterbatasan penyerapan ke dalam tanah dan sedimen. Etilena adalah hormon tumbuhan alami yang dihasilkan oleh tanaman pada semua tahap pertumbuhan dalam jumlah yang bervariasi. Tanaman terestrial seperti buah, bunga dan pembibitan menunjukkan beragam efek dari paparan etilen. misalnya, rumput dan sayuran berumput seperti selada tahan terhadap etilen. Namun, beberapa spesies bunga (anggrek, anyelir, dll), dan sayuran seperti tomat, kentang, paprika, kacang-kacangan dan pir adalah sensitif terhadap paparan etilen. Dalam kondisi tertentu, emisi dapat berkontribusi untuk pembentukan fotokimia ozon permukaan tanah dan kemungkinan pembentukan asap.
BAGIAN-13. PERTIMBANGAN PEMBUANGAN	
Pembuangan Limbah	: Penggunaan, pencampuran atau pengolahan produk ini dapat mengubah produk ini. Wadah Sejal dikosongkan mempertahankan produk, residu bahan, ikuti aman penanganan/label peringatan bahkan setelah kontainer telah dikosongkan. <i>Lihat BAGIAN7: Penanganan dan Penyimpanan dan Bagian 8: kontrol Pemaparan / Perlindungan Pribadi untuk penanganan informasi tambahan yang mungkin berlaku untuk penanganan yang aman dan perlindungan karyawan.</i> Penghasil sampah disarankan untuk hati-hati mempertimbangkan sifat berbahaya

dan tindakan pengendalian yang diperlukan untuk bahan lain yang dapat ditemukan dalam limbah

BAGIAN-14. INFORMASI TRANSPORTASI

Nomer/Label PBB	1038	
Nama Pengiriman sesuai PBB	Etilena, Cair didinginkan	
Tingkat Bahaya Transportasi	Jalan (ADR) / Rel (RID) / Udara (ADNR)	2 (2.1 gas yang mudah terbakar)
	Kelas IMDG (Transportasi Laut)	2 (2.1 gas yang mudah terbakar)
	Kelas ICAO / IATA (Transportasi Udara)	2 (2.1 gas yang mudah terbakar)
Packing Grup	tak satupun	
Polutan Laut	tidak	

BAGIAN-15. INFORMASI REGULASI

Informasi Regulasi : KEPMENAKER 187/Men/1999 Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya
 PERMENLH RI No. 3 Year 2008: Tata Cara Pemberian Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun.
 PERMENPERIN RI No. 23/M-IND/PER/4/2013: Sistem Harmonisasi Global Klasifikasi dan Label pada Bahan kimia.

BAGIAN-16. INFORMASI LAIN

Saran Pelatihan : Personal yang menangani produk bisa mendemonstrasikan sifat berbahaya bahan kimia ini, dengan prinsip perlindungan kesehatan dan lingkungan terkait produk dan pertolongan pertama.

Rekomendasi Penggunaan : PRODUK INI DIBATASI UNTUK PENGGUNAAN PROFESIONAL. Pastikan semua peraturan nasional/lokal memantaunya. Pastikan operator memahami bahaya mudah terbakar. Bahaya sesak napas sering diabaikan dan harus ditekankan selama pelatihan operator. Lembar Data Keselamatan ini telah ditetapkan sesuai dengan arahan yang berlaku di eropa. Arahan berlaku disemua negara yang telah diterjemahkan ke petunjuk hukum nasional mereka. Rincian yang diberikan dalam dokumen ini diyakini benar pada saat diterbitkan. Sementara perawatan yang tepat telah diambil dalam penyusunan dokumen ini, tidak ada pertanggungjawaban yang dapat diterima akibat cedera atau kerusakan dari penggunaan bahan ini.

Singkatan yang dipakai dalam dokumen ini:

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienist
ADNR : European Agreement concerning the Int'l Carriage of Dangerous Goods by inland Waterways
ADR : European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
CAS : Chemical Abstract Service
EPA : Environmental Protection Agency
EU : European Union
IATA : International Air Transport Association
ICAO : International Civil Aviation Organization
IMDG : International Maritime Dangerous Goods
IMO : International Maritime Organization
LC50 : Lethal Concentration, concentration of chemical which kills 50% of a sample population
LD50 : Lethal Dose, dose of a chemical which kills 50% of a sample population
NFPA : National Fire Protection Association

NTP : National Toxicology Program
OSHA : Occupational Safety and Health Administration
RID : International Rule for Transportation of Dangerous Substance by Railway
TLV : Threshold Limit Value
TWA : Time Weighted Averages

Lembar Data Keselamatan (LDK) ini berisi riwayat perbaikan sebagai berikut:

No Rev	Tanggal Terbit	Perubahan Perbaikan	Penjelasan
00	08 Apr 2015	Dokumen asli	
01	25 Jan 2019	BAGIAN-02	NFPA dimodifikasi

INFORMASI YANG DICANTUMKAN DI SINI ADALAH BERDASARKAN PEMAHAMAN UMUM DAN PENGALAMAN YANG DIBUTUHKAN HINGGA KASUS-KASUS SAAT INI. PENGGUNA HARUS MENGETI BAHWA DATA-DATA TERSEBUT ADALAH PELENGKAP INFORMASI LAINNYA DAN HARUS MENERAPKANNYA DENGAN KESESUAIAN TIAP KASUS. PARA PEKERJA, DAN PELANGGAN HARUS MEMPERHATIKAN PERLINDUNGAN LINGKUNGAN UNTUK MENJAMIN PROSES PENGGUNAAN DAN PEMBUANGAN YANG TEPAT. TANGGUNG JAWAB PENGGUNAAN, PENYIMPANAN, PEMINDAHAN, DAN PEMBUANGAN DARI PRODUK YANG DIJELASKAN DI SINI, BAIK PENGGUNAAN TUNGGAL MAUPUN KOMBINASI DENGAN BAHAN LAINNYA MERUPAKAN TANGGUNG JAWAB PEMBELI DAN/ATAU PENGGUNA. **CAP** TIDAK BERTANGGUNG JAWAB PADA AKURASI DATA YANG TERSURAT MAUPUN TERSIRAT DALAM DOKUMEN INI DAN HASIL YANG DIDAPAT DARI PENGGUNAANNYA. **CAP** TIDAK BERTANGGUNG JAWAB TERHADAP CEDERA YANG DIDAPAT DALAM PENGGUNAANNYA.

LAMPIRAN D

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Aria Wira Sakti
No. MHS : 18521209
2. Nama Mahasiswa :
No. MHS :
- Judul Prarancangan *) : PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA KAPASITAS 63.000 TON/TAHUN
- Mulai Masa Bimbingan : 9/18/2025
- Batas Akhir Bimbingan : 3/17/2026

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	08-07-2025	PENGENALAN KEPADA DOSBING TA	
2.	15-07-2025	PENGARAHAN JUDUL DAN LAPORAN LUARAN	
3.	04-09-2025	PROGRESS TA TENTANG LUARAN	
4.	06-09-2025	PROGRES TA TENTANG SPESIFIKASI ALAT	
5.	01-10-2025	PROGRES PERBAIKAN FINAL NASKAH	
6.	20-10-2025	PEMERIKSAAN NASKAH TA	
7.	22-10-2025	PEMERIKSAAN NASKAH AKHIR DAN REVISI	
8.	29-10-2025	PEMERIKSAAN AKHIR NASKAH TA	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 29 Oktober 2025

Pembimbing,



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

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