

**PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILEN DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

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



Oleh:

**Nama : Naufal Charfadz F
NIM : 17521003**

**Nama : Sajid Sapta R. S
NIM : 17521070**

**TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
YOGYAKARTA
2021**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILEN DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

**Nama : Naufal Charfadz F
NIM : 17521003**

**Nama : Sajid Sapta R. S
NIM : 17521070**

Yogyakarta, 13 Desember 2021

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan 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 pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Naufal Charfadz F. A



Sajid Sapta R. S

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL

DARI ETILEN DAN AIR

DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

**Nama : Naufal Charfadz F
NIM : 17521003**

**Nama : Sajid Sapta R
NIM : 17521089**

Yogyakarta, 15 November 2021

Pembimbing I,



Ir. Dalyono, MSI., C. Text ATI

Pembimbing II,



Ariany Zulkania, S.T, M.Eng.

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILEN DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Naufal Charfadz F
No. Mahasiswa : 17521003

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

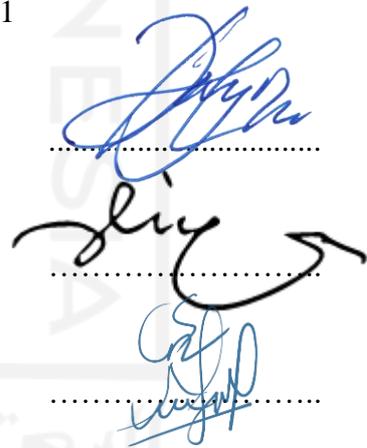
Yogyakarta, 15 November 2021

Tim Penguji,

(Ir. Dalyono, MSI., C. Text ATI)
Ketua

(Dr. Diana, S.T., M.Sc)
Anggota I

(Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.)
Anggota II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

NIP : 845210102

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK ETANOL
DARI ETILEN DAN AIR
DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Sajid Sapta R
No. Mahasiswa : 17521070

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

Yogyakarta, 15 November 2021

Tim Penguji,
(Ir. Dalyono, MSI., C. Text ATI.)
Ketua

(Dr. Diana, S.T., M.Sc.)
Anggota I

(Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.)
Anggota II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Dr. Suharno Rusdi

NIP : 845210102

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr wb.

Puji dan syukur penyusun panjatkan Ke-hadirat Allah SWT sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW

Sesuai dengan kurikulum pada program studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, salah satu kewajiban mahasiswa adalah melaksanakan Tugas Akhir yang merupakan syarat yang harus ditempuh untuk menuju kelulusan. Untuk memenuhi kewajiban tersebut, maka penyusun telah melaksanakan Tugas Akhir dengan mengambil judul *Pra rancangan Pabrik Etanol dari Etilen dan Air dengan kapasitas 40.000 ton/tahun.*

Terlaksananya Tugas Akhir ini tentu saja tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terimakasih sebesar besarnya kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T.**, Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
2. Bapak **Dr. Suharno Rusdi** selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
3. Bapak **Ir. Dalyono, MSI., C. Text ATI** selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir
4. Bapak **Ariany Zulkania, S.T, M.Eng.** selaku Dosen pembimbing 2 Tugas Akhir
5. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
6. Kedua orangtua yang telah memberikan nasehat dan bantuan moril maupun materil.
7. Teman-teman di jurusan Teknik Kimia yang telah mendukung dan memberi semangat serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis.

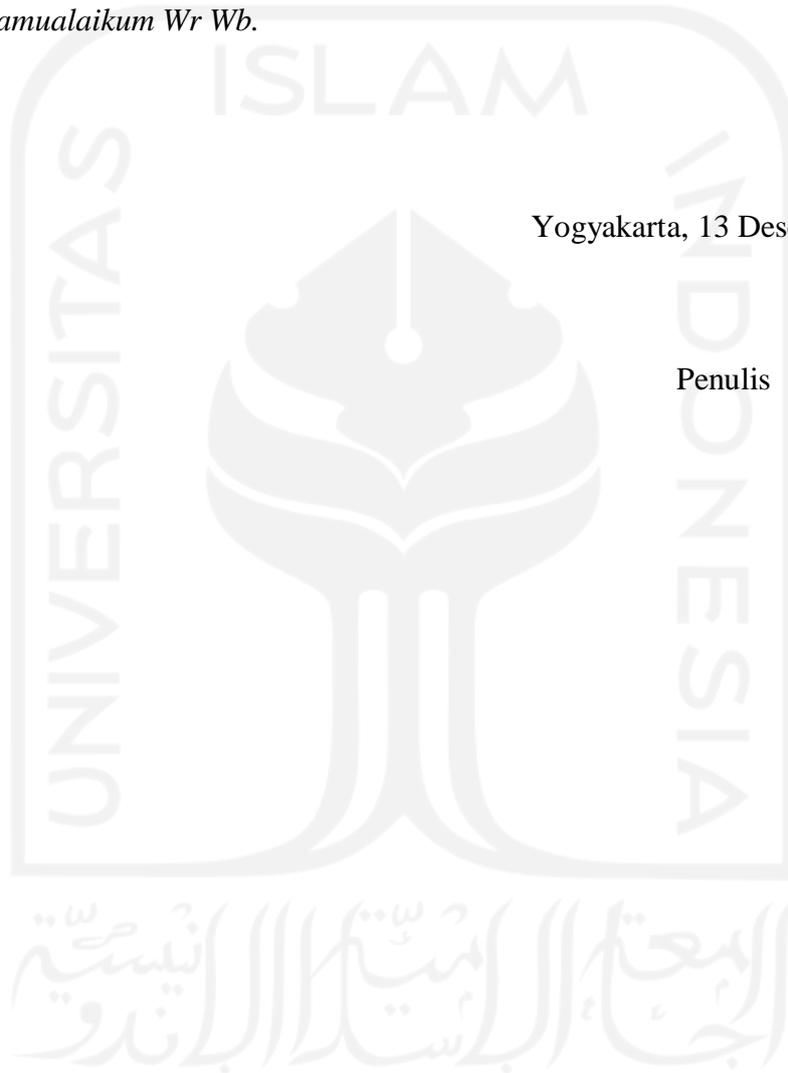
Penulis Menyadari bahwa dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhirnya penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang telah membaca.

Wassalamualaikum Wr Wb.

Yogyakarta, 13 Desember 2021

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I.....	xiv
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik.....	2
1.2.1 Produksi Dalam Negeri.....	2
1.2.2 Konsumsi Dalam Negeri.....	3
1.2.3 Impor	4
1.2.4 Ekspor.....	6
1.2.5 Peluang.....	7
1.3 Ketersediaan bahan baku	8
1.4 Tinjauan Pustaka	8
1.4.1 Mekanisme Reaksi.....	9
1.4.2 Macam-macam Proses	11
1.4.3 Pemilihan Proses	14
1.4.4 Kegunaan Produk	14
1.4.5 Tinjauan Proses Secara Umum	14
BAB II.....	16
2.1 Spesifikasi Produk	16
2.2 Spesifikasi Bahan	16

2.2.1	Bahan Baku	16
2.2.2	Bahan Pembantu (Katalis)	17
2.3	Pengendalian Kualitas	18
BAB III	.....	20
3.1	Uraian Proses	20
3.1.1	Langkah proses	20
3.1.2	Penentuan Kapasitas	22
3.2	Spesifikasi alat proses	23
3.3	Perencanaan Produksi.....	34
3.3.1	Perencanaan Bahan Baku dan Peralatan Proses	34
3.3.2	Kemampuan Pasar.....	34
3.3.3	Kemampuan pabrik	34
3.4	Neraca Massa	35
3.5	Neraca Panas	36
BAB IV	.....	39
4.1	Lokasi Unit	39
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Unit.....	40
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Unit.....	41
4.2	Tata Letak Mesin/Alat Proses.....	44
4.3	Pelayanan Teknik (Utilitas)	48
4.3.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	48
4.3.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i>	56
4.3.3	Unit Pembangkit Listrik.....	56
4.3.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	59
4.3.5	Unit Penyediaan Udara Tekan.....	59
4.3.6	Unit Pengolahan Limbah.....	59
4.3.7	Unit Penyediaan <i>Dowtherm A</i>	59
4.4	Laboratorium	60
4.4.1	Kegunaan Laboratorium.....	60
4.4.2	Program Kerja Laboratorium.....	60
4.4.3	Alat-alat Utama Laboratorium.....	62
4.5	Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	63

4.6	Organisasi Perusahaan.....	63
4.6.1	Bentuk Perusahaan.....	63
4.6.2	Struktur Organisasi	65
4.6.3	Tugas dan Wewenang	68
4.6.4	Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	76
4.6.5.	Pembagian Jam Kerja Karyawan	78
4.6.6	Karyawan non <i>Shift</i>	78
4.6.7	Karyawan <i>shift</i>	78
4.6.8	Pembagian Jabatan.....	80
4.6.9	Kesejahteraan Karyawan.....	81
4.7	Evaluasi Ekonomi.....	82
4.7.1	Penaksiran Harga Alat	83
4.7.2	Dasar Perhitungan.....	85
4.7.3	Perhitungan Biaya.....	85
4.7.4	Analisa Kelayakan	86
4.7.5	Hasil Perhitungan.....	88
BAB V	.....	96
5.1	Kesimpulan	97
DAFTAR PUSTAKA	.....	98
LAMPIRAN	.....	100

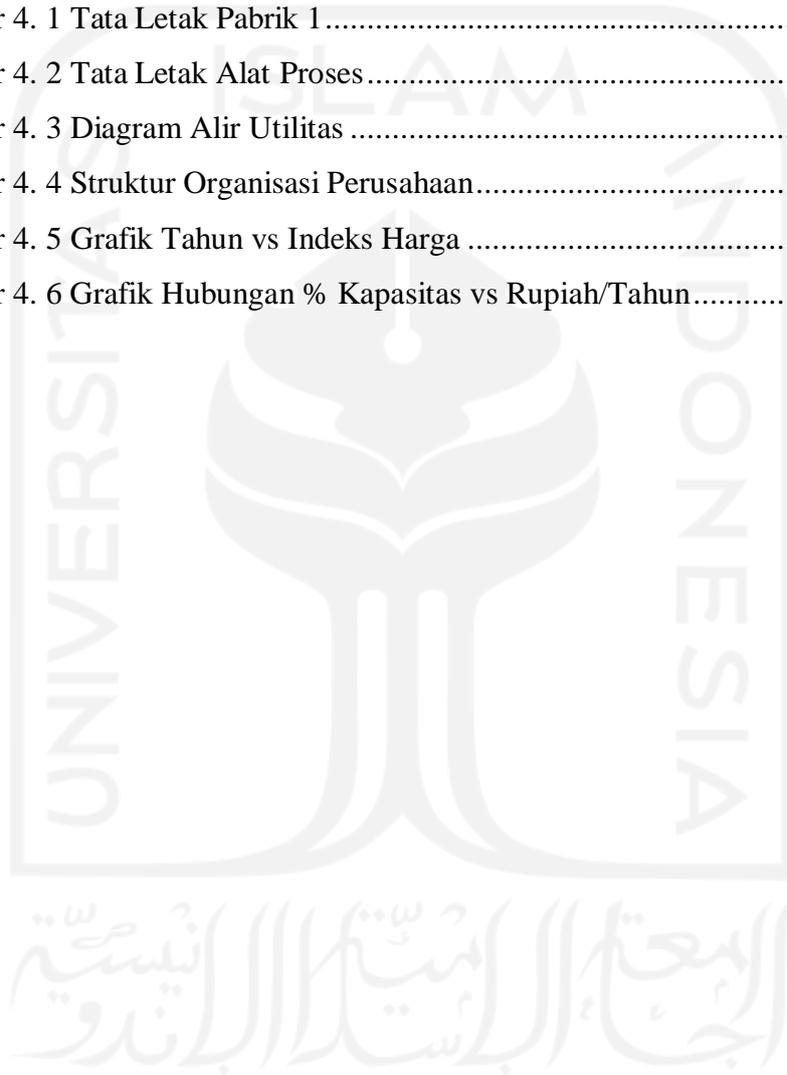
DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perkembangan Konsumsi Etanol Di Indonesia.....	3
Tabel 1. 2 Perkembangan Impor Etanol di Indonesia.....	5
Tabel 1. 3 Perkembangan export etanol di Indonesia.....	6
Tabel 1. 4 <i>Supply</i> dan <i>demand</i> tahun 2025	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi penyimpanan bahan baku dan produk	23
Tabel 3. 2 Spesifikasi reaktor.....	24
Tabel 3. 3 Spesifikasi Expander	25
Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator	25
Tabel 3. 5 Spesifikasi Expansion Valve.....	26
Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Destilasi.....	26
Tabel 3. 7 Spesifikasi Accumulator.....	28
Tabel 3. 8 Spesifikasi alat penukar panas	29
Tabel 3. 9 Spesifikasi kompresor.....	32
Tabel 3. 10 Spesifikasi pompa.....	33
Tabel 3. 11 Neraca Massa Reaktor.....	35
Tabel 3. 12 Neraca Massa Separator	35
Tabel 3. 13 Neraca Massa Menara Distilas.....	36
Tabel 3. 14 Neraca Massa Total.....	36
Tabel 3. 15 Neraca Panas Reaktor.....	36
Tabel 3. 16 Neraca Panas Condensor Partial	37
Tabel 3. 17 Neraca Panas Separator	37
Tabel 3. 18 Neraca Panas Menara Destilas	37
Tabel 3. 19 Neraca Panas Cooler 2.....	38
Tabel 4. 2 Kebutuhan air pembangkit steam.....	53
Tabel 4. 3 Kebutuhan air pendingin.....	53
Tabel 4. 4 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga	54
Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses	57
Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas.....	58

Tabel 4. 7 Gaji Karyawan Pabrik per Bulan	76
Tabel 4. 8 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	79
Tabel 4. 9 Indeks Harga Tiap Tahun	83
Tabel 4. 10 Physical Plant Cost (PPC)	88
Tabel 4. 11 Direct Plant Cost (DPC)	89
Tabel 4. 12 Fixed Capital Investment (FCI)	89
Tabel 4. 13 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	89
Tabel 4. 14 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	89
Tabel 4. 15 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	90
Tabel 4. 16 Manufacturing Cost (MC)	90
Tabel 4. 17 Working Capital (WC)	90
Tabel 4. 18 General Expense (GE).....	91
Tabel 4. 19 Total Production Cost (TPC)	91
Tabel 4. 20 Fixed Cost (Fa).....	91
Tabel 4. 21 Variable Cost (Va)	91
Tabel 4. 22 Regulated Cost (Ra)	92
Tabel 4. 23 Persyaratan Ekonomi.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik hubungan antara konsumsi ethanol dengan tahun	4
Gambar 1. 2 Grafik hubungan antara impor ethanol dengan tahun.....	5
Gambar 1. 3 Grafik Hubungan antara export ethanol dengan tahun	7
Gambar 4. 1 Tata Letak Pabrik 1.....	44
Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses.....	46
Gambar 4. 3 Diagram Alir Utilitas	55
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan.....	68
Gambar 4. 5 Grafik Tahun vs Indeks Harga	84
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan % Kapasitas vs Rupiah/Tahun.....	95



ABSTRAK

Di negara Indonesia sedang meningkatkan pembangunan di segala bidang industri khususnya bidang industri kimia. Kekuatan ekonomi akan meningkat jika mampu menghasilkan sendiri sebagian besar barang-barang kebutuhan utama, terutama didalamnya produk-produk industri. Etil alkohol atau sering disebut etanol merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting bagi industri kimia di Indonesia. Pendirian pabrik etanol perlu dipertimbangkan karena banyak sekali digunakan sebagai bahan baku pada industri asam asetat dan juga digunakan sebagai bahan pelarut dalam industri farmasi, kosmetika dan bahan baku pembuatan senyawa-senyawa lain. Selain itu juga berguna sebagai bahan desinfektan untuk peralatan kedokteran dan rumah sakit. Oleh karena kegunaan yang luas tersebut maka berdirinya pabrik etanol akan memacu berdirinya industri-industri lain. Dalam mendesain pabrik etanol dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun diperlukan lahan area industri di Cilegon-Banten, yang mencakup area 15.000 m². Dalam produksinya diperlukan operasi selama 330 hari/tahun atau 24 jam/hari dengan 110 pekerja. Bahan baku yang dibutuhkan adalah Etilen sebanyak 5.657,538 kg/jam, Air sebanyak 4.739,925 kg/jam. Proses produksi akan beroperasi pada temperatur 273°C, pada tekanan 68 atm menggunakan *Fixed bed Multitube* dengan konversi 25%. Dibutuhkan juga utilitas sebanyak 4.739,9257 kg/jam untuk air proses, 1.187,5463 kg/jam kebutuhan air rumahan, 9.493,0349 kg/jam untuk air pemanas (*steam*), dan listrik 25,91 MW berasal dari PLN. Pabrik kimia ini menggunakan *generator* yang di atur terbalik. Pada analisa ekonomi diketahui bahwa pabrik kimia dibutuhkan modal sebesar Rp. 1.160.397.967.397,39, gaji pegawai Rp. 1.293.100.000,00, dengan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 438.941.632.602,61, dibandingkan keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 285.312.061.192,70. Persentase *Return on Investment Tax* (ROI) sebelum pajak sebesar 44,06 % dibandingkan setelah pajak sebesar 28,64%. *Pay out time* (POT) sebelum pajak selama 1,85 Tahun dibandingkan dengan setelah pajak selama 2,59 Tahun. Persentase *Discounted cash Flow rate* (DCFR) sebesar 26,56 % . Nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 36,24 % dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 17,43 % . Dengan basis ekonomi ini, pabrik etanol dengan kapasitas 40.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata- kata kunci: Etanol, Etilen, Air, Reaktor *Fixed Bed Multitube*

ABSTRACT

In the country of Indonesia is increasing development in all industry, especially the chemical industry. Economic power will increase if you are able to produce most of the goods yourself primary needs, especially industrial products. Ethyl alcohol or often called ethanol is one of the chemicals that is very important for the chemical industry in Indonesia. The establishment of an ethanol plant needs to be considered because there are so many used as a raw material in the acetic acid industry and is also used as a solvent in the pharmaceutical, cosmetic and raw material industries manufacture of other compounds. In addition, it is also useful as an ingredient disinfectant for medical and hospital equipment. Therefore, with these broad uses, the establishment of an ethanol plant will spur the establishment of other industries. In designing Ethanol with a Capacity of 40,000 Tons / Year, industrial land in Tangerang-Banten is needed, which covers an area of 15.000 m². In production, operations are needed for 330 days / year or 24 hours / day with 110 workers. The raw materials needed are Ethylene 5.657,538 kg / hour, Water as much as 4.739,925 kg / hour. The production process will operate at a temperature of 273 °C, at a pressure of 68 atm using a Fixed bed MultiTube with a conversion of 25%. Utility is also needed as much as 4.739,9257 kg / hour for kg / hour of process water, 1.187,5463 kg / hour of demand for home water, 9.493,0349 kg / hour for heating water (steam), and electricity 25,91 MW comes from PLN. This chemical plant uses a generator that is set upside down. In the economic analysis it is known that the chemical plant needed a capital of Rp. 1.160.397.967.397,39, employee salaries of Rp. 1.293.100.000,00, with a profit before tax of Rp. 438.941.632.602,61, compared to the profit after tax of Rp. 285.312.061.192,70. The percentage of Return on Investment Tax (ROI) before tax of 44,06 % compared to after tax of 28,64 %. Pay out time (POT) before tax for 1,85 Years compared to after taxes for 2,59 Years. The percentage of Discounted cash Flow rate (DCFR) is 26,56 %. Break Even Point (BEP) value is 36,24 % and Shut Down Point (SDP) is 17,43 %. With an economic base like this an Ethanol plant design with a capacity of 40,000 tons / year is worthy of further study.

Key words: Ethanol, Ethylene, Water, Fixed Bed Multitube Reactor

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Krisis ekonomi dan politik yang terjadi di Indonesia, negara-negara *ASEAN*, dan Jepang telah memperburuk tata dunia baru perekonomian *internasional*. Dampak paling besar dirasakan oleh negara-negara dunia ketiga akibat permainan kekuatan ekonomi negara-negara industri kuat. Tingkat inflasi yang tinggi, pertumbuhan ekonomi yang negatif, dan depresiasi rupiah terhadap dollar yang terus memburuk menunjukkan lemahnya kekuatan ekonomi nasional dalam menghadapi persaingan regional maupun *internasional*. Merupakan kondisi syarat tidak saja bagi Indonesia, namun juga bagi seluruh dunia untuk selalu memperkuat basis politik dan ekonomi agar dapat memenangkan persaingan atau setidaknya bertahan hidup dan mempertahankan tingkat pertumbuhan pada batas yang wajar. Adalah mutlak untuk mengatasi krisis, mereduksi pesimistis sampai batas tertentu dan menangani semua permasalahan sampai batas maksimal kemampuan bangsa Indonesia. Kekuatan ekonomi Indonesia akan meningkat jika mampu menghasilkan sendiri sebagian besar barang-barang kebutuhan utama, termasuk didalamnya produk-produk industri. Pendirian pabrik etanol perlu dipertimbangkan karena banyak sekali digunakan sebagai bahan pelarut dalam industri farmasi dan kosmetika. Selain itu juga berguna sebagai bahan disinfektan untuk peralatan kedokteran dan rumah sakit. Oleh karena kegunaan yang luas tersebut maka berdirinya pabrik etanol akan memacu berdirinya industri-industri lain. Jadi dengan didirikannya pabrik etanol di Indonesia diharapkan bisa memberikan keuntungan sebagai berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga mengurangi beban impor yang pada akhirnya menghemat devisa negara
2. Membuka peluang bagi didirikannya industri yang menggunakan etanol

sebagai bahan baku.

3. Menciptakan lapangan kerja dalam rangka mengurangi pengangguran dan kemiskinan.
4. Mendorong tumbuhnya perkembangan sektor ekonomi pada umumnya dan di sekitar lokasi pabrik pada khususnya.

Pada pemilihan kapasitas perancangan pabrik etanol ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain:

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik.

Terdapat beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas produksi, antara lain adalah kebutuhan konsumsi produk, produksi produk, serta ekspor dan impor. Pabrik direncanakan akan didirikan pada tahun 2025 dengan kapasitas produksi sebesar 40.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas produksi tersebut dilakukan dengan menentukan peluang menggunakan analisis *demand* dan *supply*, dimana *demand* terdiri dari konsumsi dalam negeri dan ekspor sedangkan *supply* terdiri dari produksi dalam negeri dan impor. Untuk setiap data dari BPS, diambil data dengan jenjang 5 tahun lalu diproyeksikan untuk tahun 2025. Proyeksi data dilakukan dengan cara *regresi linear* atau *polinomial* ordo n dengan menggunakan *MS.Excel*.

1.2.1 Produksi Dalam Negeri

Di Indonesia sendiri terdapat beberapa pabrik produksi etanol yang telah berdiri cukup lama dan diantaranya memiliki angka produksi pertahun yang berkisar dari yang terkecil 4.000 ton/tahun dan yang terbesar diangka 64.000 ton/tahun.

Berikut data produksi etanol berdasarkan pabrik yang telah berdiri di Indonesia pada Tabel 1.2 di bawah :

Tabel 1.1 Perkembangan Produksi Etanol di Indonesia

Pabrik etanol di Indonesia	Produksi (Ton/Tahun)
PT Molindo Raya Industrial	28.000
PT Energi Agro Nusantara (Enero)	12.000
PT Medco	64.000
Etanol Ceria Abadi	4.000
PG. Rajawali II	10.000
Total	118.000

Sumber : Indonetwork.co.id

Berdasarkan data produksi etanol di atas didapatkan data total produksi etanol di Indonesia mencapai 118.000 ton/tahun. Dengan perkiraan penambahan kapasitas beberapa pabrik yang didapat dari berbagai sumber, maka perkiraan produksi di tahun 2025 mencapai 135.000 ton/tahun.

1.2.2 Konsumsi Dalam Negeri

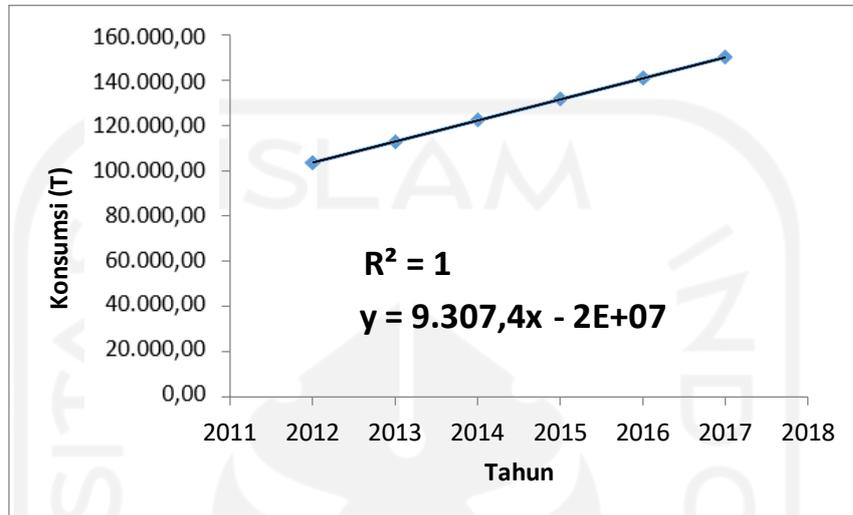
Angka Konsumsi etanol di Indonesia memiliki kecenderungan meningkat di tiap tahunnya. Sebagai gambaran bahwa konsumsi etanol meningkat, terlihat dari *supply*-nya yang berasal dari produksi dalam negeri dikurangi oleh ekspor. Atas dasar tersebut, maka diperkirakan konsumsi etanol di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Berikut data konsumsi etanol pada Tabel 1.2 :

Tabel 1. 2 Perkembangan Konsumsi Etanol Di Indonesia

Tahun	Kapasitas, Ton/Tahun
2012	103.536
2013	112.844
2014	122.151
2015	131.458
2016	140.766
2017	150.073

Sumber : Buletin Badan Pusat Statistik, 2017

Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh grafik hubungan antara konsumsi etanol di Indonesia dengan tahun, grafik dapat dilihat pada Gambar 1. 1 berikut :



Gambar 1. 1 Grafik hubungan antara konsumsi etanol dengan tahun

Dari data BPS diatas konsumsi etanol mengalami kenaikan setiap tahunnya. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode pendekatan linier dapat diperoleh nilai konsumsi etanol untuk tahun 2025 dengan menggunakan persamaan:

$$y = ax + b$$

$$y = 9.307,3x - 2E+07$$

Maka konsumsi etanol pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 225.635,764 ton/tahun.

1.2.3 Impor

Angka impor etanol di Indonesia cenderung mengalami naik turun ditiap tahunnya, bahkan dapat menyentuh angka tertingginya 3.000 ton/tahun pada tahun 2015.

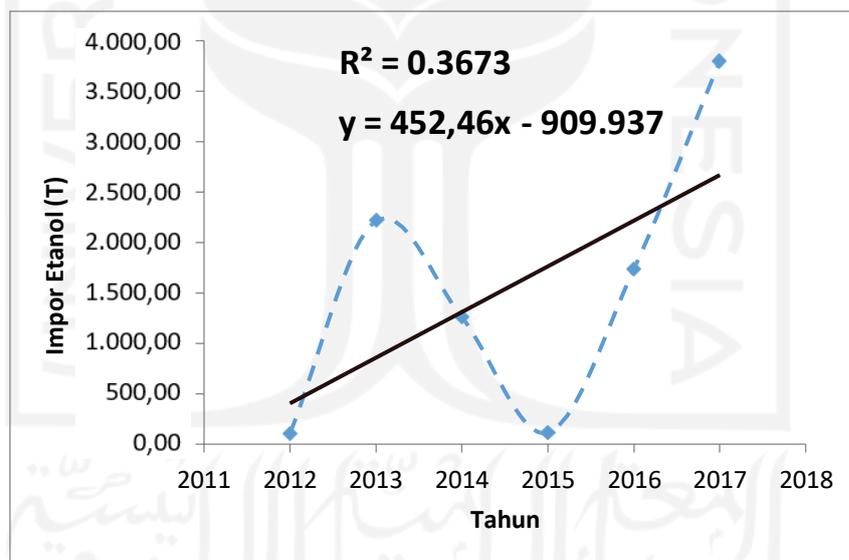
Berikut data impor dari data BPS (Badan Pusat Statistik) yang dapat dilihat pada Tabel 1. 2 di bawah :

Tabel 1. 1 Perkembangan Impor Etanol di Indonesia

Tahun	Impor, ton/tahun
2012	106
2013	2.219
2014	1.261
2015	113,453
2016	1.732
2017	3.795

Sumber : Buletin Badan Pusat Statistik, 2017

Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh grafik hubungan antara impor etanol di Indonesia dengan tahun, grafik dapat dilihat pada Gambar 1. 2 berikut :



Gambar 1. 2 Grafik hubungan antara impor etanol dengan tahun

Dari data BPS diatas impor etanol mengalami kenaikan dan penurunan setiap tahunnya. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode pendekatan linier dapat diperoleh nilai impor etanol untuk tahun 2025 dengan menggunakan persamaan:

$$y = ax + b$$

$$y = 452,46x - 909.937$$

Maka impor etanol pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 6.294,5 ton/tahun.

1.2.4 Ekspor

Angka ekspor etanol di Indonesia cenderung sangat kecil ditiap tahunnya, ini dikarenakan tingginya konsumsi dalam negeri dan produksi dalam negeri yang kurang.

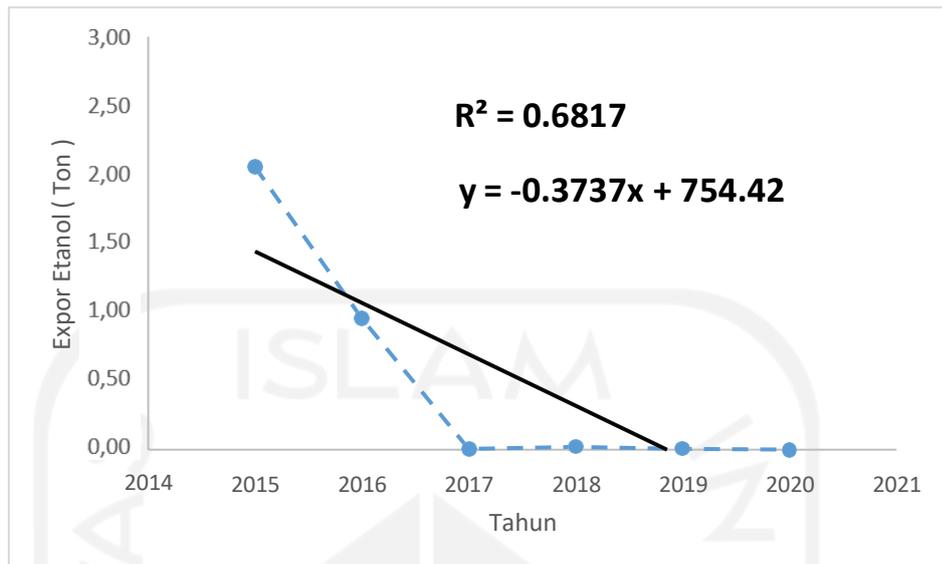
Berikut data ekspor dari data BPS (Badan Pusat Statistik) yang dapat dilihat pada Tabel 1. 3 di bawah :

Tabel 1. 3 Perkembangan export etanol di Indonesia

Tahun	Kapasitas, Ton/Tahun
2015	2,05
2016	0,95
2017	0,53
2018	0,02
2019	0,85

Sumber : Buletin Badan Pusat Statistik, 2017

Berdasarkan data tersebut, maka diperoleh grafik hubungan antara ekspor etanol di Indonesia dengan tahun, grafik dapat dilihat pada Gambar 1. 3 berikut :



Gambar 1. 3 Grafik Hubungan antara ekspor etanol dengan tahun

Dari data BPS diatas ekspor etanol mengalami penurunan setiap tahunnya. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode pendekatan linier dapat diperoleh nilai ekspor etanol untuk tahun 2025 dengan menggunakan persamaan:

$$y = ax + b$$

$$y = -0,3737x + 754,42$$

Maka ekspor etanol pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 0 ton/tahun.

1.2.5 Peluang

Peluang kapasitas produksi ditentukan dengan menggunakan analisis *demand* dan *supply*. Analisis dilakukan dengan menggunakan data seperti yang ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Peluang} = (\text{Konsumsi Produk} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi Produk} + \text{Impor})$$

Tabel 1. 4 Supply dan demand tahun 2025

<i>Supply (ton/tahun)</i>		<i>Demand (ton/tahun)</i>	
Produksi	135.000	Konsumsi	225.635
Impor	6.294	Ekspor	0
Total	141.294	Total	225.635

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai peluang sebesar 84.341 ton/tahun. Dari nilai peluang yang didapatkan, maka diambil kapasitas produksi sebesar 50% dari nilai peluang dengan pertimbangan semakin meningkatnya konsumsi etanol dan juga untuk menutupi angka impor etanol. Maka kapasitas dari perancangan pabrik etanol pada tahun 2025 ditetapkan sebesar 40.000 ton/tahun.

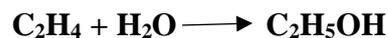
1.3 Ketersediaan bahan baku

Bahan baku merupakan hal utama dalam pengoperasian pabrik. Karena pabrik beroperasi atau tidak tergantung pada ketersediaan bahan baku. Pabrik etanol ini direncanakan dengan kapasitas 40.000 ton/tahun dan untuk memenuhi produksi tersebut maka dibutuhkan bahan baku etilen sebesar 5.657,5385 kg/jam, bila dikonversi ke dalam ton/tahun menjadi 44.024 ton/tahun. Bahan baku etilen diperoleh dari PT. Chandra Asri yang memiliki kapasitas 900.000 ton/tahun. Dari perbandingan kebutuhan bahan baku dan kapasitas produksi PT. Chandra Asri, maka bahan baku dalam perancangan pabrik ini dapat terpenuhi.

1.4 TINJAUAN PUSTAKA

Etanol atau yang sering disebut sebagai Etil Alkohol mempunyai rumus molekul C_2H_5OH . Etanol diproduksi melalui reaksi hidrasi katalitik etilen. Reaksi yang terjadi pada proses pembuatan etanol terdiri dari reaksi utama.

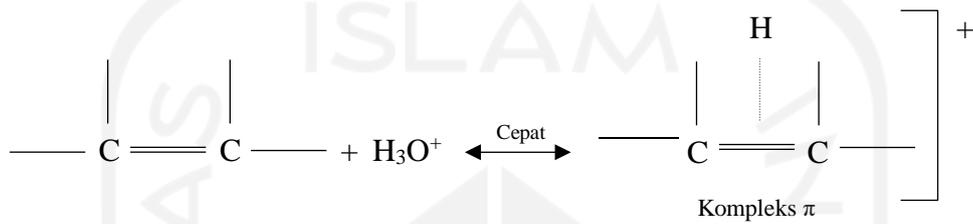
Reaksi pada proses pembuatan etanol:



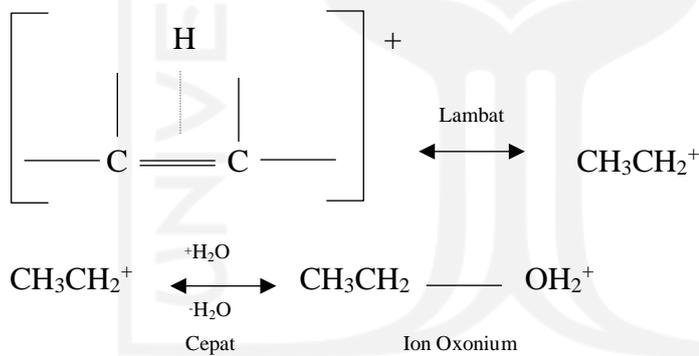
1.4.1 Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi dari proses hidrasi dari etilen dalam larutan asam adalah sebagai berikut:

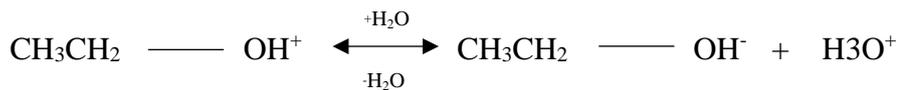
Kesetimbangan :



Penentuan Kecepatan :



Kesetimbangan :



(Sumber : Kirk & Othmer, 1985 vol 9 hal 347)

Dari mekanisme di atas, dapat disimpulkan bahwa keadaan transisi asam konjugasi dari olefin pada asam yang tidak terikat pada molekul air. Karena reaktan berupa olefin dan ion hidronium, keadaan transisi dapat terbentuk hanya dengan isomerisasi dari satu keadaan yang tidak stabil ke yang lainnya. Isomerisasi unimolekuler dari kompleks z membentuk ion carbonium memenuhi persyaratan dan menetapkan langkah penentuan kecepatan. Penambahan air pada ion carbonium akan membentuk ion oxonium yang merupakan asam konjugasi yang mempunyai satu ikatan H yang tidak berpasangan, kemudian ion oxonium tersebut akan mendonorkan HT kepada air sehingga membentuk etanol dalam keadaan kesetimbangan.

Kondisi operasi dalam pembuatan etanol dipengaruhi temperatur, tekanan dan jenis katalis yang digunakan. Juga ditentukan berdasarkan mekanisme reaksi yang terjadi tanpa melupakan aspek termodinamika dan kinetika. Reaksi pembuatan etanol berlangsung pada temperatur 250-310 °C, tekanan 68 atm, dengan katalis Asam Fosfat dengan silica gel. (*Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1985, vol 9, hal 347*).

Temperatur yang dipilih mempunyai range 250-310 °C. pemilihan ini didasarkan atas :

- Tinjauan kinetika

Menurut hukum *Arrhenius* $k = Ae^{-E/RT}$, jika temperatur dinaikkan maka harga k akan besar sehingga menaikkan kecepatan reaksi. Namun reaksi pembentukan etanol merupakan reaksi eksotermis *reversible* maka pemilihan suhu dibatasi oleh tinjauan termodinamikanya.

- Tinjauan termodinamika

Sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \text{ (Smith dan Van Ness, 1949)}$$

$$\frac{\ln K_1}{k_2} = \frac{\Delta H(1/T^2 - \frac{1}{T})}{R} \quad (\text{Smith dan Van Ness, 1949})$$

1.4.2 Macam-macam Proses

Proses pembuatan etanol terdiri dari beberapa metode yaitu :

A. Fermentasi

Bahan baku yang digunakan digolongkan menjadi 3 tipe yaitu gula: *dari sugar cane*, umbi (*sugar beets*), *molasse*, dan buah-buahan yang dapat diubah menjadi etanol secara langsung. Pati: dari padi-padian atau kentang dimana harus dihidrolisa terlebih dahulu untuk memfermentasikan gula dengan enzim dari hasil *molds*. Bahan selulosa: dari kayu dan sisa pertanian dimana harus diubah menjadi gula dengan asam-asam mineral atau enzim khusus. Selulosa yang diperlukan untuk pembelahan enzimatik dari selulosa diusahakan dari *Trichoderma reesei*. Dalam limbah cairan sulfite dari pabrik *pulp*, gula berasal dari hidrolisa selulosa dan hemiselulosa selama proses pembuatan kertas. Setelah gula paling sederhana terbentuk, enzim dari yeast dapat memfermentasikan menjadi etanol. Enzim untuk fermentasi etanol mengikuti reaksi :



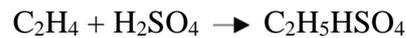
Langkah fermentasi ditunjukkan oleh EMP. Monoksida (hexoses) juga untuk fermentasi. Hexoses dari molasses digunakan untuk membuat etanol, tetapi lebih ekonomis untuk memproduksi gula dari tebu dan memfermentasikan bagian yang tersisa sebagai cairan encer secara rafinasi.

Molasses mengandung 50 - 55 % gula. Terjadi persaingan untuk molasses sebagai bahan baku untuk fermentasi etanol dan sebagai umpan untuk persediaan hidup, sehingga harganya bervariasi, tergantung dari ketersediaan bahan baku lain dan ini berpengaruh pada jumlah yang akan difermentasikan menjadi etanol.

Bahan selulosa seperti limbah tongkol jagung, kulit kapas, kulit kacang, dan bubuk gergaji dapat digunakan sebagai bahan baku etanol. Tetapi lebih ekonomis untuk membakarnya daripada mengolahnya untuk menjadi etanol.

B. Hidrasi Tidak Langsung

Reaksi proses pembuatan etanol dengan hidrasi tidak langsung adalah sebagai berikut:



Etilen diabsorpsi dalam H_2SO_4 dengan kadar 95 - 98 % dalam kolom absorber. Sekitar 1,4 mol etilen per mol H_2SO_4 diserap dalam reaksi ini. Karena reaksi eksotermis, diperlukan pendingin pada menara *absorber*. Konsentrasi etilen umpan kira-kira 35 %, tetapi harus tidak mengandung apa-apa kecuali inert seperti metana, etana, propana dan selebihnya tidak boleh ada karena akan membentuk resin. Absorpsi etilen tergantung dari tekanan, sehingga tekanan reaksi antara 10-35 bar dipilih tergantung dari konsentrasi etilen umpan. Suhu reaksi berkisar antara 68 - 85 °C. Suhu tinggi akan membentuk resin. Gas yang melewati menara absorber kemudian masuk ke *scrubber* yang mengandung kaustik. Hidrolisa dari etil sulfat dapat dilihat pada reaksi berikut:



Biasanya terjadi dalam dua langkah, pertama terjadi pada suhu 70 °C dan yang kedua pada suhu 100 °C. Banyak air yang ditambahkan sehingga konsentrasi H_2SO_4 menjadi 40 - 55 %. Langkah ini dilakukan untuk mengurangi reaksi samping:



Etanol yang terbentuk dipisahkan bersama eter dari kolom *stripper*, kemudian dicuci dengan kaustik soda sehingga bebas asam, kemudian dipisahkan dari eter dan dipisahkan dengan dua kolom distilasi. Pemekatan kembali cairan H_2SO_4 adalah operasi paling mahal dalam proses ini. Langkah ini membutuhkan panas tinggi dan karena adanya sifat korosif yang tinggi.

Silumin, tantalum, dan timah hitam digunakan dalam proses ini. Alat absorpsi dan distilasi etanol dibuat dari baja ringan. Timah hitam dan batu bata yang tahan terhadap asam digunakan dalam seksi hidrolisa.

(*Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No. 3, Hal. 163–169, 2013*)

C. Hidrasi Langsung Dengan Katalis

Reaksi hidrasi langsung dengan katalis ini berada dalam fase gas:



Seperti reaksi eksotermis lainnya, katalis diperlukan untuk menyesuaikan kecepatan reaksi pada suhu rendah. Karena mekanisme reaksi melewati ion karbonium, katalis yang cocok untuk reaksi ini adalah donor proton. Yang banyak digunakan adalah H_3PO_4 dengan pembawa seperti tanah diatomae, bentonite, alumina gel, dan opoka.

Etilen dan air bebas garam dengan rasio mol 1 : 2 dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi 250 - 300 °C dengan tekanan 60 - 80 bar. Karena reaksi eksotermis, gas keluar dari reaktor sekitar 50 °C lebih panas. Gas yang dipisahkan dari kondensat yang terbentuk dicuci dengan air dalam *absorber* untuk mengambil sebanyak mungkin etanol dari gas kemudian etilen yang tidak terkonveksi diumpankan kembali ke reaktor dengan *recycle* gas dari kompresor. Karena sekitar 4 - 5 % dari umpan etilen ke reaktor yang terkonveksi, perpindahan panas dari *recycle* gas penting untuk menghemat energi. Cairan *crude* etanol yang terbentuk sebagai hasil bawah pada absorber diekspansi dan etilen yang terlarut dalam *crude* etanol dipisahkan dan dikompresi kembali. Etanol dimurnikan dengan distilasi seperti sistem purifikasi pada fermentasi.

(*Kirk & Othmer, 1998*)

1.4.3 Pemilihan Proses

Dari perbandingan ketiga proses di atas maka pembuatan etanol direncanakan dengan menggunakan proses reaksi antara etilen dan air dengan hidrasi langsung dengan katalis (proses 3) dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Selektivitas etanol yang dihasilkan sangat tinggi, mencapai 98,5%.
- b. Dengan menggunakan katalisator asam fosfat dapat diperoleh konversi dan tingkat kecepatan reaksi yang lebih tinggi. Dan untuk diproses hidrasi tidak langsung Pemekatan kembali cairan H_2SO_4 adalah operasi paling mahal dalam proses ini. Langkah ini membutuhkan panas tinggi dan karena adanya sifat korosif yang tinggi.
- c. Tingkat kemurnian produk etanol yang didapatkan lebih tinggi.

1.4.4 Kegunaan Produk

Kegunaan produk etanol antara lain :

1. Sebagai bahan baku dalam industri tertentu seperti minuman beralkohol, industri asam asetat, dan lain-lain.
2. Sebagai pelarut dalam industri tertentu seperti industri farmasi, kosmetika, laboratorium, dan lain-lain.
3. Sebagai disinfektan untuk peralatan kedokteran, rumah sakit, peralatan rumah tangga, dan lain-lain.

1.4.5 Tinjauan Proses Secara Umum

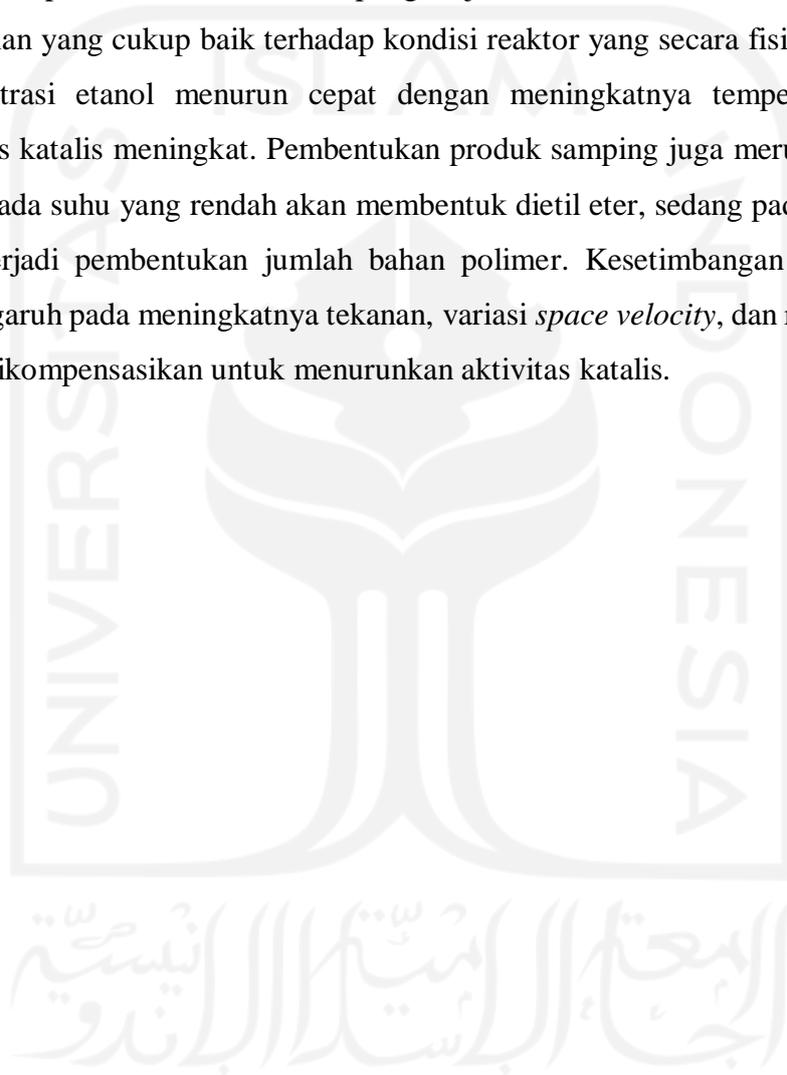
Proses pembentukan etanol secara umum:



Prinsip proses hidrasi secara langsung ini adalah reaksi dari etilen dengan air dalam fase gas. Hidrasi etilen secara langsung merupakan reaksi kesetimbangan yang dilakukan pada suhu tinggi, tekanan tinggi, dan rasio sistem etilen yang besar. Aktifitas katalis akan meningkat dengan meningkatnya suhu, menurun dengan meningkatnya tekanan karena konsentrasi menjadi lebih rendah, menurun dengan

rasio sistem etilen yang meningkat pada tekanan tinggi karena absorpsi kelembaban.

Karena alasan tersebut, kondisi operasi sangat penting dipilih berdasarkan pertimbangan ekonomis. Katalis yang digunakan harus mempunyai volume rongga yang cukup besar untuk menampung sejumlah besar asam dan mempunyai ketahanan yang cukup baik terhadap kondisi reaktor yang secara fisik cukup sulit. Konsentrasi etanol menurun cepat dengan meningkatnya temperatur dimana aktivitas katalis meningkat. Pembentukan produk samping juga merupakan fungsi suhu. Pada suhu yang rendah akan membentuk dietil eter, sedang pada suhu tinggi akan terjadi pembentukan jumlah bahan polimer. Kesetimbangan dan aktifitas berpengaruh pada meningkatnya tekanan, variasi *space velocity*, dan rasio etilen air dapat dikompensasikan untuk menurunkan aktivitas katalis.



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

1. Etanol

- Rumus Molekul : C_2H_5OH
- BM (g/mol) : 46,06
- Titik didih : 78,37 °C
- Titik Beku : - 114,1 °C
- Kemurnian : 96 %
- Impuritas : H_2O (4%)
- Bentuk : cair
- Warna : jernih
- Bau : Khas

2.2 Spesifikasi Bahan

2.2.1 Bahan Baku

1. Etilen

- Rumus Molekul : C_2H_4
- BM (g/mol) : 28,05
- Titik didih : - 103,7 °C
- Titik beku : - 169,2 °C
- Kemurnian : 99,95 %
- Impuritas : C_2H_6 (0,05 %)

- Bentuk : cair
- Warna : jernih
- Bau : Aromatis

2. *Steam*

- Rumus Molekul : H₂O
- BM (g/mol) : 18,01
- Titik didih : 100 °C
- Titik beku : 0 °C
- Kemurnian : 100%
- Impuritas : -
- Bentuk : Gas
- Warna : Jernih
- Bau : Tidak berbau

2.2.2 Bahan Pembantu (Katalis)

Bahan pembantu berupa katalis pada reaktor *fixed bed multiTube*.

Katalis yang digunakan adalah Asam Fosfat.

- Densitas : 0,2 g/cm³
- Bentuk : Bola (Sphere)

Ukuran

- D : 0,3969 cm
- L : 0,3969 cm

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk jadi, penting juga dilakukan pengawasan mutu air yang digunakan untuk menunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan atau diset terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur. Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifik, yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau set semula baik secara manual atau otomatis. Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu kontrolasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal, untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut:

1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik sehingga menyebabkan kerusakan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan.

2. Pengendalian Kualitas Proses

Mengawasi dengan mengambil contoh atau sampel produk pada jarak waktu yang sama, dan dilanjutkan dengan pengecekan statistic untuk melihat apakah proses dimulai dengan baik atau tidak. Apabila mulainya salah, maka keterangan kesalahan ini dapat diteruskan kepada pelaksana semula untuk penyesuaian kembali. Pengawasan yang dilakukan hanya terhadap sebagian dari proses, mungkin tidak ada artinya bila tidak diikuti dengan pengawasan pada bagian lain. Pengawasan terhadap proses ini termasuk pengawasan atas bahan-bahan yang akan digunakan untuk proses guna untuk meningkatkan kualitas produk itu sendiri.

3 Pengendalian Kualitas Produk

Menjaga kualitas produk yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh biaya kualitas yang dikeluarkan oleh pabrik. Biaya pabrik menjadi salah satu alat ukur yang dapat dipakai pabrik untuk mengukur keberhasilan program perbaikan kualitas. Ransun (2016) menyatakan bahwa semakin baik penentuan penggunaan biaya kualitas maka akan meningkatkan kualitas dari suatu produk yang akan dihasilkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1 Langkah proses

Pada proses pembuatan etanol dari etilen yang merupakan proses hidrasi etilen fase gas, dibagi dalam tiga tahap, yaitu :

1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan etanol
3. Tahap pemisahan

1. Tahap persiapan bahan baku

Mula-mula etilen cair disimpan pada tekanan 15 atm dan suhu -103 °C, dari tangki penyimpanan (T-01) etilen dialirkan ke *vaporizer* untuk diuapkan, kemudian gas etilen dialirkan ke compressor (C-01) yang beroperasi untuk menaikkan tekanan 15 atm ke 68 atm. Etilen yang keluar dari compressor pada suhu 380,14 K. *Steam* yang berasal dari unit *boiler* utilitas dan dialirkan dengan tekanan 68 atm, kemudian dialirkan langsung ke Reaktor (R-01) yang beroperasi pada tekanan 68 atm. Kemudian uap etilen dialirkan lagi ke aliran yang dimana terkandung uap etilen dari aliran recycle sehingga proses selanjutnya ke reaktor dapat bereaksi dengan tekanan dan suhu yang sama. Untuk katalis tidak dilakukan langkah-langkah penyiapan karena langsung dimasukkan kedalam *Tube-Tube* reaktor.

2. Tahap Pembuatan Etanol

Tahap pembuatan etanol ini dimaksudkan untuk menghidrasi etilen dengan air sehingga diperoleh etanol dalam suatu reaktor *fixed bed*

multiTube (R-01). Gas keluar pada temperatur 543 K dengan tekanan 68 atm. Dalam reaktor reaktan melewati pipa-pipa yang berisi katalis asam fosfat. Katalis ini ditempatkan pada *Tube-Tube* yang disusun secara paralel. Reaksi yang terjadi dalam reaktor ini berlangsung secara eksotermis, sehingga untuk menjaga temperaturnya diperlukan pendingin, dimana pendingin yang digunakan ialah *dowtherm A*. konversi reaksi dalam reaktor ialah 25 %.

3. Tahap Pemisahan

Tahap pemisahan dilakukan untuk memisahkan etanol dari campuran gas yang keluar dari reaktor, sehingga diperoleh produk dengan kemurnian tertentu. Campuran gas keluar reaktor diturunkan tekanan dan suhunya dengan menggunakan *expander / turbin* (T-01). Gas yang keluar dari *expander / turbin* bertekanan 18 atm dan dimasukkan dalam *condenser partial* (CP-01) untuk mengembunkan etanol dari suhu keluar *expander / turbin* (T-01) 422,43 menjadi 345,35 K. Kemudian menuju *separator* yang fungsinya untuk memisahkan fase uap dan fase cair. Hasil atas berupa fase uap yakni etilen dan etana dimana diasumsikan etilen dan etana merupakan *Uncondensated gas*, akan di *recycle* kembali ke dalam reaktor, dan sebagian lagi dibuang ke udara dengan proses *purging* (*purge gas*). Sedangkan hasil bawah separator yang berupa etilen dan air akan diumpungkan ke dalam menara distilasi untuk dipisahkan berdasarkan titik didih. Hasil atas menara distilasi berupa fase cair yakni etanol dan air akan diembunkan didalam *condenser total* (CT-01) untuk diembunkan menjadi cairan. Kemudian ditampung dalam *accumulator* (ACC-01), dari accumulator sebagian produk akan di refluks ke dalam menara distilasi dan sebagian lagi menjadi produk etanol dengan kemurnian 95% dari titik azeotrop yang sebelumnya akan didinginkan dulu di dalam *condenser total* (CT-01) kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan (T-02). Sedangkan hasil bawah menara distilasi berupa cair akan dipanaskan di dalam *reboiler*

(RB-01). Hasil atas *reboiler* di recycle kembali kedalam menara distilasi, dan hasil bawah yang berupa cairan akan di recycle ke dalam UPL.

3.1.2 Penentuan Kapasitas

Prediksi konsumsi etanol di Indonesia selalu mengalami kenaikan yang berarti. Hal ini berhubungan erat dengan perkembangan sektor industri, penggunaan etanol baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu. Kapasitas rancangan ditetapkan 40.000 ton/tahun, waktu operasi 330 hari/tahun. Dengan pertimbangan sebagian untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sebagian sebagai komoditi ekspor karena konsumsi dunia masih cukup besar dan selalu mengalami kenaikan.

3.2 Spesifikasi alat proses

3.2.1 Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3. 1 Spesifikasi penyimpanan bahan baku dan produk

Parameter	T-01	T-02
Fungsi	Sebagai penyimpan cadangan bahan baku etilen	Menyimpan produk etanol hasil atas MD
Jenis	<i>Spherical Storage Tank</i>	Silinder tegak
Kondisi operasi		
- Suhu	- 103 °C	30°C
- Tekanan	15 atm	1 atm
Kapasitas	33.351,684	36.363,645 kg
Waktu tinggal	6 hari	30 hari
Jenis Head	<i>Hemispherical</i>	<i>Torispherical</i>
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-285 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 unit	1 unit
Dimensi		
- Tinggi	10,6 m	9,144 m
- Diameter	10,6 m	18,29 m
- Tebal <i>Shell</i>	4,75 in	1 in
- Tebal <i>bottom</i>	4,80 in	1,125 in
- Tebal <i>roof</i>	4,80 in	1,125 in
Harga	\$ 1.971.398,41	\$ 762.235,54

3.2.2 Reaktor

Tabel 3. 2 Spesifikasi reaktor

Parameter	RK -01
Fungsi	Menghidrasi etilen sebanyak 12.386,304 kg/jam dengan air sebanyak 4.739,925 kg/jam dengan bantuan katalis Asam Fosfat.
Jenis	Reaktor Fixed bed MultiTube
Kondisi operasi	
- Suhu	547 K
- Tekanan	68 atm
Jenis Head	
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 316 Grade C
Jumlah	1 unit
Dimensi Reaktor	
- Diameter	1,531 m
- Tinggi	7, 371 m
- Volume	12, 161 m ³
- Tebal Shell	2 (3/4) in
- Teball Head	1 in
Jumlah Tube	766
Tube side	
- Panjang Tube	6,6 m
- Diameter dalam	1,37 in
- Diameter luar	1,5 in
Harga	\$ 387.670,00

3.2.3 Expander

Tabel 3. 3 Spesifikasi Expander

Parameter	Expander
Fungsi	Menurunkan tekanan produk gas keluaran RK -01 menjadi 18 atm
Jumlah stage	1
Kondisi operasi :	
- P masuk	68 atm
- T masuk	546 K
- P keluar	18 atm
- T keluar	422,43 K
Power	1.326,635 hp
Harga	\$ 11.365,72

3.2.4 Separator

Tabel 3. 4 Spesifikasi Separator

Parameter	SP – 01
Fungsi	Memisahkan antara gas impuritis dan cairan etanol setelah keluar dari condensor parsial
Bentuk	<i>Vertical separator single stage</i>
Kondisi operasi	
- Suhu	434,173 K
- Tekanan	18 atm
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 316 Grade C</i>
Jumlah	1 unit
Dimensi	
- Volume	4,81 m ³
- Diameter	1,38 m
- Tinggi	2,76 m
- Tebal <i>Shell</i>	7/8 in
- Tebal <i>Head</i>	7/8 in
Harga	\$ 17.511,39

3.2.5 Expansion Valve

Tabel 3. 5 Spesifikasi Expansion Valve

Parameter	Expansion valve
Fungsi	Menurunkan tekanan yang keluar dari separator 18 atm menjadi 1 atm
Jenis	Globe valve
Kondisi operasi :	
- Suhu masuk	361,980 °K
- Tekanan masuk	18 atm
- Tekanan keluar	1 atm
Spesifikasi :	
- ID	1,049 in
- OD	1,32 in
- A,t	0,86 in ²
- Le	19, 811 m
Harga	\$ 67

3.2.6 Menara Destilasi

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Destilasi

Parameter	Menara Destilasi
Fungsi	Memisahkan hasil keluar reaktor sebanyak 7.815,4617 kg/jam menjadi hasil atas sebanyak 5.050,5051 kg/jam dan hasil bawah sebanyak 2.764,9556 kg/jam
Kondisi operasi :	
- Suhu umpan	361,839 °K
- Suhu atas	354,486 °K
- Suhu bawah	372,167 °K
- Tekanan umpan	1 atm
- Tekanan atas	1 atm
- Tekanan bawah	1 atm
Jenis	tray Tower

Tabel 3. 6 Spesifikasi Menara Destilasi (lanjutan)

Parameter	Menara Destilasi
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel SA 316 Grade C</i>
Jumlah	1 unit
Dimensi Menara :	
- Diameter	1,78 m
- Tinggi	7,48 m
- Tebal <i>Shell</i>	1/4 in
- Tebal <i>Head</i>	1/4 in
Dimensi <i>tray</i> :	
- Jenis	<i>Sieve tray</i>
- Diameter <i>tray</i>	1,68 m
- Tebal <i>tray</i>	5 mm
- <i>Tray spacing</i>	0,6 m
- Jumlah <i>tray</i>	13
- <i>Hole Pitch</i>	13 mm <i>Triangular</i>
- Diameter lubang	5 mm
- Jumlah lubang	37.547
- Panjang <i>weir</i>	2,530 m
- Tinggi <i>weir</i>	50 mm
- Efisiensi <i>tray</i>	70,79 %
- <i>Pressure drop</i>	1,208 kPa
Harga	\$ 609.582,38

3.2.7 Accumulator

Tabel 3. 7 Spesifikasi Accumulator

Parameter	ACC-01
Fungsi	Menampung arus keluaran CD-01 untuk menjaga kestabilan operasi MD-01
Kondisi operasi :	
- Suhu	354,4867 °K
- Tekanan	1 atm
Jenis	<i>Horizontal drum</i> dengan <i>torispherical Head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah	1 unit
Dimensi <i>drum</i> :	
- Diameter	0,556 m
- Panjang	0,849 m
- Tebal <i>Shell</i>	3/16 in
- Tebal <i>Head</i>	3/16 in
Harga	\$ 100.657,00

3.2.8 Alat penukar panas

Tabel 3. 8 Spesifikasi alat penukar panas

Parameter	HE-01		CL-01		CL-02		V-01	
Fungsi	Memanaskan campuran etanol dan <i>steam</i> sebelum masuk RK-01		Mendinginkan etanol hasil keluaran CD-02		Mendinginkan air hasil keluaran bawah MD-01		Menguapkan umpan etilen cair	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>		<i>Double pipe</i>		<i>Double pipe</i>		<i>Shell and Tube</i>	
Fluida panas	<i>Saturated steam</i>		C ₂ H ₅ OH		H ₂ O		H ₂ O	
Fluida dingin	<i>gas etilen dan steam</i>		Air pendingin		Air pendingin		Air pendingin	
Posisi fluida	<i>Panas -> Tube ; dingin -> Shell</i>		<i>Panas -> Tube ; dingin -> annulus</i>		<i>Panas -> Tube ; dingin -> annulus</i>		<i>Panas -> Tube ; dingin -> Shell</i>	
Jumlah	1 unit		1 unit		1 unit		1 unit	
Spesifikasi :	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>annulus</i>	<i>Tube</i>	<i>annulus</i>	<i>Tube</i>	<i>shell</i>	<i>Tube</i>
- ID	15,25 in	0,62in	2,067 in	1,38 in	2,067 in	1,38 in	17,25 in	1,38 in
- OD	-	0,75 in	2,38 in	1,66 in	2,38 in	1,66 in	0,5 in	1,5 in
- Panjang	-	12 ft	20 ft	-	20 ft	-	-	8 ft
- <i>Hairpin counts</i>	-	-	1	-	1	-	-	-
- <i>Pressure drop</i>	1,5303psi	0,921 psi	2,60 psi	0,20 psi	2,60 psi	0,20 psi	0,34 psi	0,12 psi
- Bahan konstruksi	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316	SS 316
<i>Design dirt factor</i>	0,003 hr.ft ² .°F/Btu		0,003 hr.ft ² .°F/Btu		0,003 hr.ft ² .°F/Btu		0,003 hr.ft ² .°F/Btu	
<i>Calculated dirt factor</i>	0,005 hr.ft ² .°F/Btu		0,0107 hr.ft ² .°F/Btu		0,0107 hr.ft ² .°F/Btu		0,489 hr.ft ² .°F/Btu	
Luas transfer panas	587,038 ft ²		113,753 ft ²		92,118 ft ²		215,179 ft ²	
Harga	\$ 43.658,99		\$ 1.800,00		\$ 1.700,00		\$ 29.302,13	

Tabel 3. 8 Spesifikasi alat penukar panas (lanjutan)

Parameter	RB-01		CD-01		CD-02	
Fungsi	Memanaskan dan menguapkan sebagian hasil bawah MD-01		Mencairkan sebagian <i>output</i> gas dari RK-01		Mencairkan keseluruhan <i>output</i> atas MD-01	
Jenis	<i>Kettle reboiler with Shell and Tube</i>		<i>Shell and Tube</i>		<i>Shell and Tube</i>	
Fluida panas	C ₂ H ₅ OH dan H ₂ O		Gas campuran C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₅ OH dan H ₂ O		Campuran H ₂ O dan C ₂ H ₅ OH	
Fluida dingin	<i>Saturated steam</i>		Air pendingin		Air pendingin	
Posisi fluida	<i>Panas -> Tube ; dingin -> Shell</i>		<i>Panas -> Shell ; dingin -> Tube</i>		<i>Panas -> Shell ; dingin -> Tube</i>	
Jumlah	1 unit		1 unit		1 unit	
Spesifikasi :	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
- ID	13,25 in	0,62 in	10 in	0,334 in	23,25 in	1,4 in
- OD	-	0,75 in	-	0,5 in	-	1,5 in
- Panjang	-	-	-	8 ft	-	12 ft
- <i>Passes</i>	<i>2 passes</i>	<i>2 passes</i>	<i>1 pass</i>	<i>2 passes</i>	<i>1 pass</i>	<i>2 passes</i>
- <i>Tube counts</i>	-	<i>172</i>	-	<i>35 Tubes</i>	-	<i>691 Tubes</i>
- <i>Hairpin counts</i>	-	-	-	-	-	-
- <i>Pressure drop</i>	10 ⁻⁵ psi	0,031 psi	0,012 psi	0,103 psi	0,298 psi	0,008 psi
- Bahan konstruksi	<i>Inconel 625</i>	<i>Inconel 625</i>	<i>Inconel 625</i>	<i>Inconel 625</i>	<i>Inconel 625</i>	<i>Inconel 625</i>
Luas transfer panas	503,3265 ft ²		36,8371 ft ²		1.501,7644 ft ²	

Tabel 3.8 Spesifikasi alat penukar panas (lanjutan)

Parameter	RB-01	CD-01	CD-02
<i>Design dirt factor</i>	0,001 hr.ft ² .°F/Btu	0,001 hr.ft ² .°F/Btu	0,001 hr.ft ² .°F/Btu
<i>Calculated dirt factor</i>	0,006 hr.ft ² .°F/Btu	0,0015 hr.ft ² .°F/Btu	0,003 hr.ft ² .°F/Btu
Harga	\$ 102.145,57	\$ 20.829,22	\$ 79.551,57

3.2.9 Kompresor

Tabel 3. 9 Spesifikasi kompresor

Parameter	C-01	C-02
Fungsi	Menaikkan tekanan <i>feed</i> gas etilen ke 68 atm	Menaikkan tekanan gas <i>recycle</i> ke 68 atm
Jenis	<i>Centrifugal compressor</i>	<i>Centrifugal compressor</i>
Kapasitas	4.574,907 m ³ jam ⁻¹	242.437 m ³ jam ⁻¹
Suhu <i>inlet</i>	303 K	434,173 K
Suhu <i>outlet</i>	653,135 K	455,739 K
Tekanan <i>inlet</i>	1 atm	18 atm
Tekanan <i>outlet</i>	68 atm	68 atm
Diameter <i>inlet</i>	0,215 m	0,194 m
Diameter <i>outlet</i>	0,161 m	0,152 m
Power kompresor	1.495,760 Hp	13.308,368 Hp
Harga	\$ 1.271.088,89	\$ 9.288.996,76

3.2.10 Pompa

Tabel 3. 10 Spesifikasi pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan keluaran CD-01 ke SP-01	Mengalirkan keluaran bawah SP-01 ke CL-01	Mengalirkan keluaran ACC-01 ke CL-02	Mengalirkan keluaran bawah MD-01 ke RB-01	Mengalirkan Sebagian keluaran RB-01 ke CL-02
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	50,7485 gpm	50,7485 gpm	33,8226 gpm	15,3107 gpm	15,3107 gpm
Jumlah	2 unit	2 unit	2 unit	2 unit	2 unit
Bahan konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Dimensi :					
- ID	1,38 in	3,068 in	2,067 in	1,610 in	1,610 in
- OD	1,66 in	3,50 in	2,38 in	1,90 in	1,90 in
- IPS	1,25 in	3 in	2 in	1,5 in	1,5 in
- <i>Flow Area</i>	1,50 in ²	7,38 in ²	3,35 in ²	2,04 in ²	2,04 in ²
Kecepatan aliran	9,4177 ft s ⁻¹	1,9422 ft s ⁻¹	2,8104 ft s ⁻¹	2,0892 ft s ⁻¹	2,0892 ft s ⁻¹
Power pompa	0,3646 Hp	0,7291 Hp	0,085 Hp	0,062 Hp	0,078 Hp
Power motor	2 Hp	2 Hp	1,5 Hp	1 Hp	1 Hp
Harga	\$ 14.827,58	\$ 11.532,56	\$ 7.531,47	\$ 10.826,49	\$ 10.826,49

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Perencanaan Bahan Baku dan Peralatan Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu faktor eksternal dan *internal*. Yang dimaksud faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor *internal* adalah kemampuan pabrik.

3.3.2 Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun maksimal
- Kemampuan pasar lebih kecil dari kemampuan pabrik.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil:

1. Rencana produksi sesuai kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
2. Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
3. Mencari daerah pemasaran yang lain dan menggunakan fasilitas-fasilitas pemasaran yang mudah diakses seperti menggunakan *e-bussiness*.

3.3.3 Kemampuan pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

- *Material* (Bahan Baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

- Manusia (Tenaga Kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu diperlukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

- Mesin (Peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keadaan dan kemampuan mesin. Jam efektif mesin adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.

3.4 Neraca Massa

Kapasitas : 40.000 ton/tahun

Operasi : 330 hari/tahun

Basis : 1 jam

Tabel 3. 11 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)
	F3	F4
Etilen	12.386,3040	9.226,6080
Air	4.739,9257	2.710,9116
Etanol	-	5.188,7100
Etana	380,4787	380,4787
Total	17.506,7084	17.506,7084

Tabel 3. 12 Neraca Massa Separator

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	F4	F6	F5
Etilen	9.226,6080	-	9.226,6080
Air	2.710,9116	2.710,9116	-
Etanol	5.188,7100	5.188,7100	-
Etana	9.226,6080	-	380,4787
Sub Total	17.506,7083	7.899,6216	9.607,0867
Total	17.506,7083	17.506,7083	

Tabel 3. 13 Neraca Massa Menara Distilas

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	F6	F7 (D)	F8 (B)
Air	2.710,9116	202,0202	2.508,8914
Etanol	5.188,7100	4.848,4848	340,2252
Sub Total	7.899,6216	5.050,5051	2.849,1166
Total	7.899,6216	7.899,6216	

Tabel 3. 14 Neraca Massa Total

NM Total	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)
Etilen	5.558,6140	2.398,9181
Air	4.739,9257	2.710,9116
Etanol	-	5.188,7100
Etana	98,9245	98,9245
Total	19.938,3715	19.938,3715

3.5 Neraca Panas

Suhu Referensi = 25°C

Tabel 3. 15 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Etilen	6.929.997,0397	4.787.013,6886
Etana	246.870,7859	228.698,6043
Air	2.633.698,7859	1.413.336,2269
Etanol	-	2.504.039,7358
Q reaksi	-53.813,2679	-
Q pendingin	-	823.665,0890
Total	9.756.753,3419	9.756.753,3419

Tabel 3. 16 Neraca Panas Condensor Partial

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Etilen	2.302.478,2649	2.919.292,06
Etana	109.396,7922	1.267.809,54
Air	722.097,3899	-
Etanol	1.205.487,1201	-
Q pendingin	-	152.357,9621
Total	4.339.459,5671	433.9459,5671

Tabel 3. 17 Neraca Panas Separator

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Etilen	1.445.783,2210	1.445.783,2210
Etana	886,2123	886,2123
Air	401.649,2397	401.649,2397
Etanol	1.157.955,0681	1.157.955,0681
Total	3.006.273,7410	3.006.273,7410

Tabel 3. 18 Neraca Panas Menara Destilas

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Distilat		
Air	647.050,4049	31.640,7727
Etanol	716.693,1539	1.036.777,9445
Bottom		
Air	-	787.662,1546
Etanol	-	62.612,1290
Q reaksi	9.735.882,2067	-
Q Pendingin	-	9.180.932,7647
Total	11.099.625,7656	11.099.625,7656

Tabel 3.19 Neraca Panas Cooler 1

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Etanol	575.290,5337	275.561,8539
Air	30.269,92559	15.073,22548
Q pendingin	-	314.925,3799
Total	605.560,4593	605.560,4593

Tabel 3. 19 Neraca Panas Cooler 2

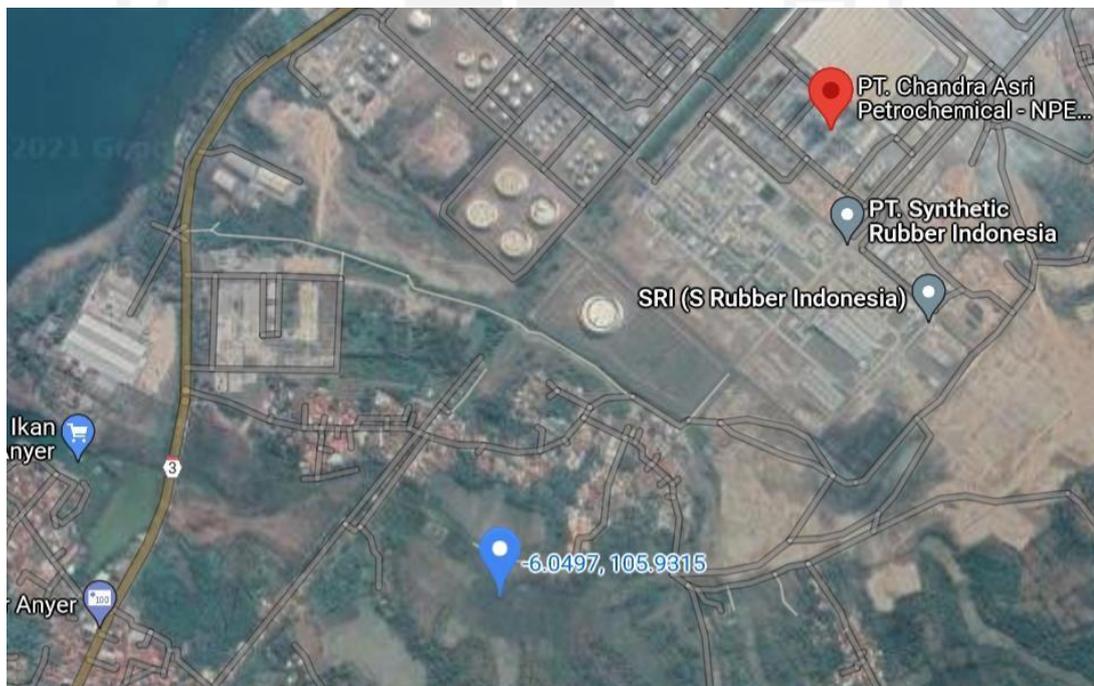
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Etanol	726.516,1799	275.561,8539
Air	37.556,29931	15.073,2254
Q pendingin		473.437,3999
Total	764.072,4792	764.072,4792

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Unit

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Pabrik Etanol dari Etilen dan Air dengan kapasitas 40.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Jalan Anyar Km 123, Kec. Ciwandan, Kota Cilegon, Banten.





Adapun pertimbangan - pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik yang dirancang secara teknis dan menguntungkan secara ekonomis. Faktor-faktor tersebut antara lain :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Unit

Faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku yang digunakan adalah etilen dan air. Gas etilen direncanakan diambil dari PT.Chandra Asri, sedangkan untuk bahan baku air direncanakan didapat dari laut dengan cara diolah terlebih dahulu.

2. Pemasaran

Etanol banyak dibutuhkan pada industri farmasi, kosmetika, minuman beralkohol dan kebutuhan laboratorium. Industri- industri yang membutuhkan etanol baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan pembantu banyak pulau jawa yang memiliki pelabuhan alam yang sangat menunjang. Daerah Tangerang baik darat dan sekitarnya telah direncanakan oleh Pemerintah sebagai pusat

pengembangan produksi untuk wilayah Banten. Penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting yang akan menentukan kelancaran perusahaan dalam menjalankan operasinya. Dan pertimbangan tersebut maka dengan adanya area tanah yang tersedia dan memenuhi persyaratan untuk pembangunan sebuah pabrik.

3. Pembuangan Limbah

Limbah yang sudah diolah berada dibawah ambang batas yang telah ditentukan, sehingga dapat langsung dibuang ke sungai.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Unit

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi:

A. Perluasan Areal unit

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan pengembangan produksi Tangerang untuk kawasan Banten, sehingga memungkinkan adanya perluasan areal pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

B. Perijinan

Lokasi unit dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pendirian pabrik.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak unit adalah :

1. Daerah Proses

Daerah proses adalah daerah yang digunakan untuk menempatkan alat-alat yang berhubungan dengan proses produksi.

2. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap, atau gas beracun harus benar-benar diperhatikan di dalam menentukan tata letak unit. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hidran, penampung air yang cukup, dan penahan ledakan. Tangki penyimpanan bahan baku dan produk yang berbahaya diletakkan di area khusus dan perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan lainnya.

3. Luas Area yang Tersedia

Harga tanah menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah amat tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain, ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

- Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, *steam*, dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses di tata sedemikian rupa sehingga petugas dapat dengan mudah menjangkaunya dan dapat terjalin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya. Secara garis besar tata letak unit dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

- a) Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol

Merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses serta produk.

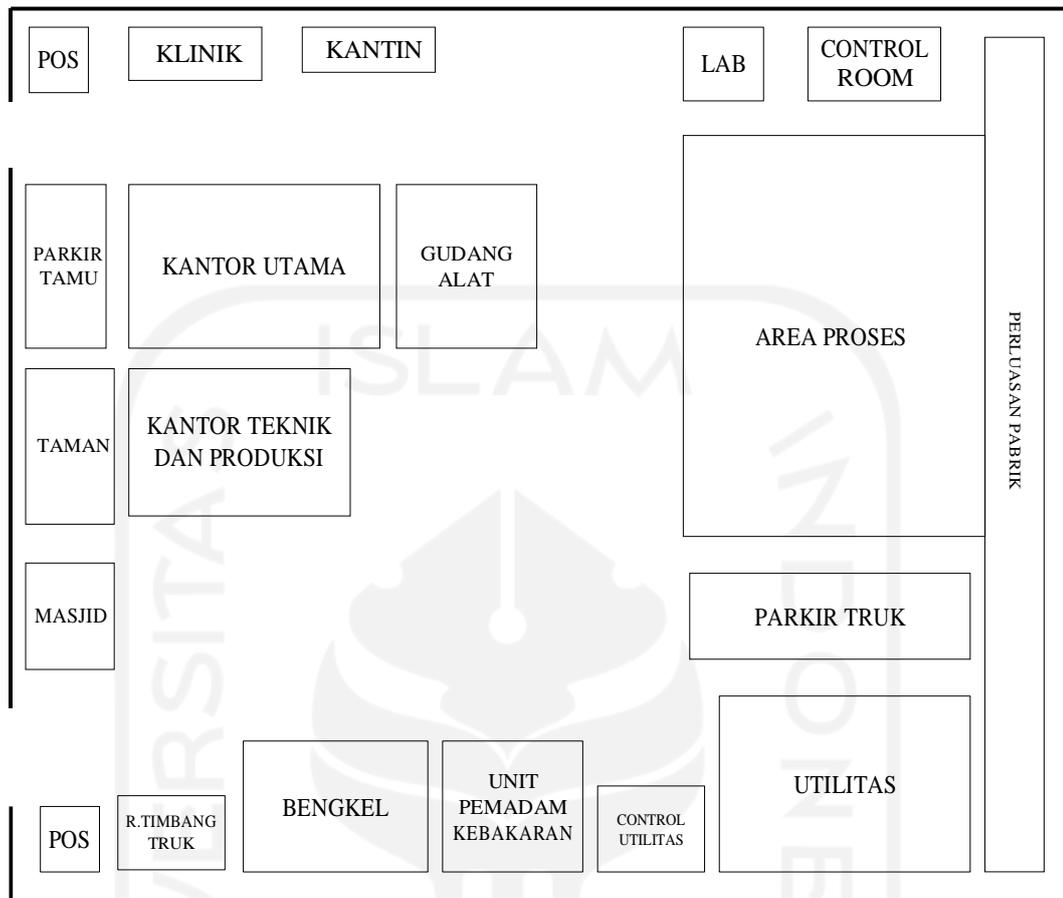
- b) Daerah proses

Daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung

- c) Daerah pergudangan umum, bengkel dan garasi
- d) Daerah utilitas

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah berguna

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m²
Kantor utama	30	20	600
Pos Keamanan/satpam	8	8	64
Parkir Tamu	20	10	200
Parkir Truk	35	10	350
Ruang timbang truk	15	10	150
Kantor teknik dan produksi	27	18	486
Klinik	15	6	90
Masjid	15	10	150
Kantin	15	5	75
Bengkel	24	15	360
Unit pemadam kebakaran	15	15	225
Gudang alat	19	17	323
Laboratorium	9	9	81
Utilitas	30	21	630
Area proses	50	35	1.750
Control Room	17	10	170
Control Utilitas	15	11	165
Taman	19	10	190
Perluasan pabrik	100	8	800
Total Luas Tanah			14.365
Total Luas Bangunan			6.859



SKALA 1 : 1.000

Gambar 4. 1 Tata Letak Pabrik 1

4.2 Tata Letak Mesin/Alat Proses

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

1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.

2. Aliran udara

Kelancaran aliran udara didalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja.

3. Cahaya

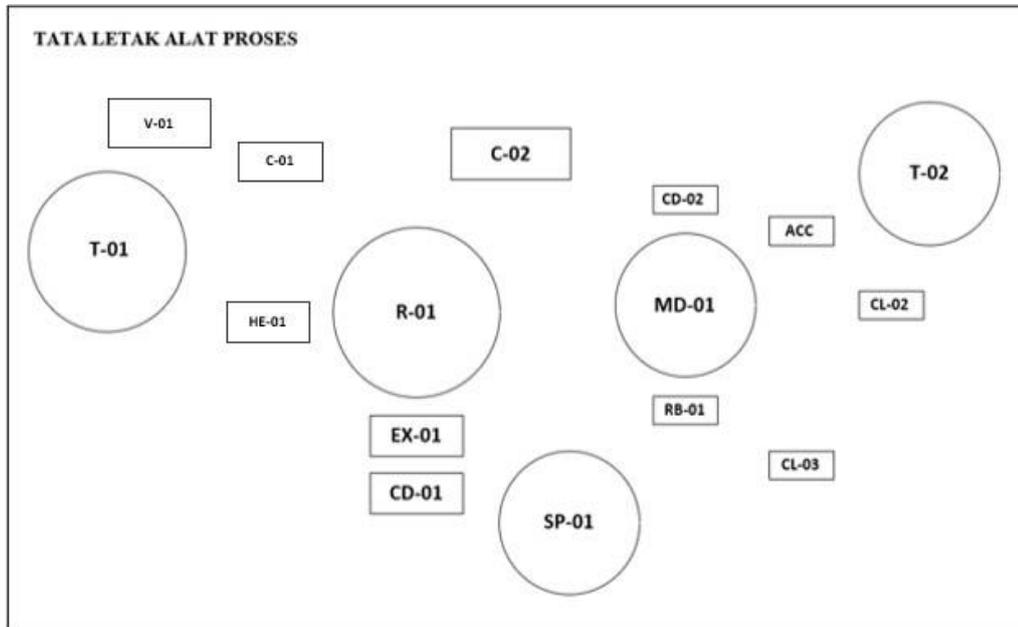
Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

4. Lalu lintas manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, keamanan pekerja dalam menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Tata letak alat proses

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dengan tetap menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.



SKALA 1 : 440

Gambar 4. 2 Tata Letak Alat Proses

6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan pada alat-alat proses lainnya.

7. Maintenance

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

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan alat

dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan tiap alat meliputi :

a. *Over Head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang rusak, kemudian dikembalikan seperti kondisi semula.

b. *Repairing*

Merupakan kegiatan maintenance yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* adalah:

- Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

- Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat.

Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin

b. Biaya material dikendalikan lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya faktor yang tidak penting.

c. Jika tata letak peralatan proses sudah benar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal.

4.3 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik adalah penyediaan utilitas dalam pabrik etanol ini. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Adapun penyediaan utilitas ini meliputi:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pembangkit *Steam*
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Penyediaan Bahan Bakar
5. Unit Penyedia *Dowtherm A*

4.3.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya.

Dalam perancangan pabrik ini, untuk mencukupi kebutuhan air proses yaitu untuk pendingin alat-alat penukar panas (HE) digunakan air tawar untuk pompa dan minum diperoleh dari sungai Cisadane yang terletak tidak jauh dari pabrik. Air yang diperlukan di lingkungan pabrik yang berasal dari air laut digunakan untuk :

1. Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor faktor berikut:

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
 - b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
 - c. Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi.
 - d. Tidak mudah menyusut dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
 - e. Tidak terdekomposisi.
2. Sebagai pemadam kebakaran dan alat pemadam lain

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik yang berasal dari air tawar digunakan untuk :

a. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut:

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

- Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan akan menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi

- a) Air sanitasi.

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

- Syarat fisika, meliputi:
 - Suhu : dibawah suhu udara
 - Warna : jernih
 - Rasa : tidak berasa
 - Bau : tidak berbau
- Syarat kimia, meliputi:
 - Tidak mengandung zat actor dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - Tidak mengandung bakteri.

b) Air minum

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air meliputi:

1. *Clarifier*

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

1. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
2. Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), *koagulan acid* sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overFlow*, sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*-nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

2. Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/menyaring partikel-partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*). Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi.

c) *Cation Exchanger*

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

Reaksi:



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

d) *Anion Exchanger*

Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion anion (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi :



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

Reaksi :



e) *Deaerasi*

Dearasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan kedalam *deaerator* dan diinjeksikan Hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air

sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *Tube boiler*.

Reaksi :



Ke dalam *deaerator* juga dimasukan *low steam* kondensat yang berfungsi sebagai media pemanas. Air yang keluar dari *deaerator* ini di dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

3. Kebutuhan Air

- Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4. 2 Kebutuhan air pembangkit steam

Total kebutuhan steam :		
<i>Heater-01</i>	2.716,3029	kg/jam
<i>Reboiler - 01</i>	4.195,9332	kg/jam
<i>Vaporizer-01</i>	2.580,7988	Kg/jam
Total kebutuhan steam :	9.493,0349	kg/jam

- Air pendingin

Tabel 4. 3 Kebutuhan air pendingin

Total kebutuhan air pendingin :		
<i>CD-01</i>	14.862,9478	kg/jam
<i>CD-02</i>	12.297,9791	kg/jam
<i>Cooler-01</i>	833,7548	kg/jam
<i>Cooler -02</i>	1.253,4103	kg/jam
Total kebutuhan air pendingin	29.248,0921	kg/jam

- Air Proses

Pabrik proses etanol ini membutuhkan saturated *steam* dengan kebutuhan air proses sebanyak 4.739,9257 kg/jam. Air ini digunakan untuk reaksi pada RK-01 dalam pembuatan C₂H₅OH.

Jumlah air *make up* sebesar 10% dari air pendingin yang dibutuhkan oleh proses

$$= 10\% \times 29.248,0921 \text{ kg/jam}$$

$$= 2.924,8092 \text{ kg/jam}$$

Blowdown pada boiler sebesar 10%, sehingga

$$= 10\% \times 9.493,0349 \text{ kg/jam}$$

$$= 949,3034 \text{ kg/jam}$$

Jumlah air *make up* = (2.924,8092 + 949,3034) kg/jam

$$= 3.874,1126 \text{ kg/jam}$$

Air untuk perkantoran dan rumah tangga

- Dianggap 1 orang membutuhkan air = 100 kg/hari

- Jumlah karyawan = 130 orang

Tabel 4. 4 Kebutuhan air untuk perkantoran dan rumah tangga

Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
Karyawan	11.000
Perumahan	12.000
Laboratorium	500
Bengkel	200
Poliklinik	300
Kantin, musholla, dan kebun	1.500
Pemadam kebakaran	1.000
Jumlah	28.500
Jumlah (kg/jam)	1.187,5463

Kebutuhan air total awal pengisian pabrik

$$= 9.493,0349 + 29.248,0921 + 4.739,9257 + 1.187,5463$$

$$= 44.668,599 \text{ kg/jam}$$

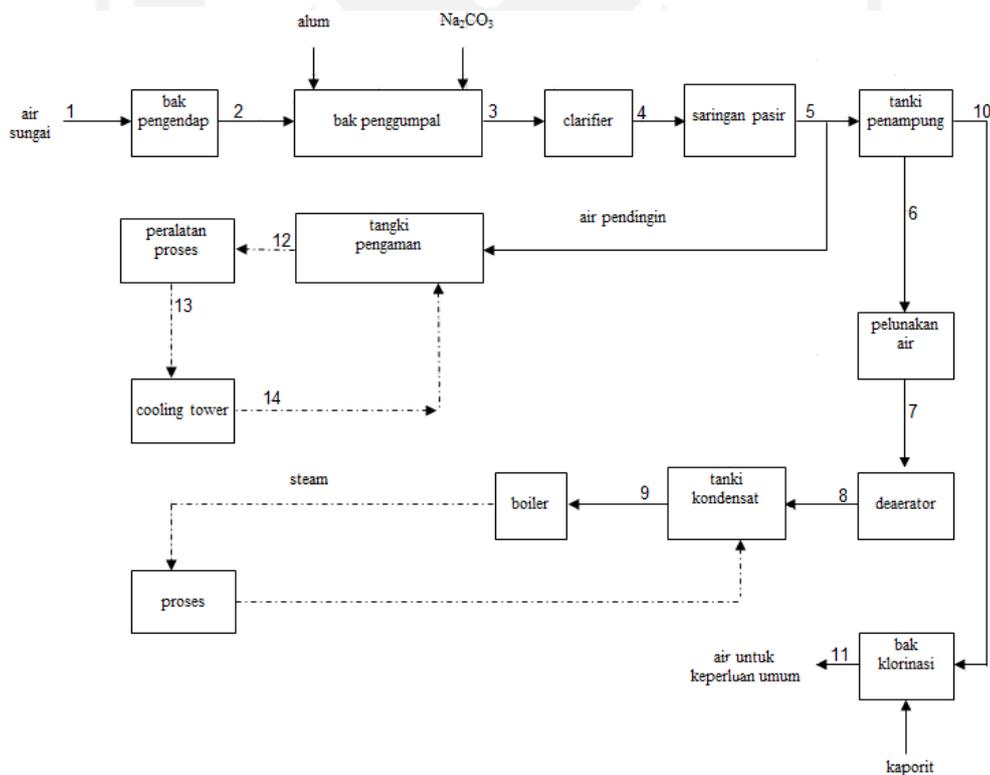
Diambil angka keamanan 10%

$$= 1,1 \times 44.668,599 \text{ kg/jam} = 49.135,4589 \text{ kg/jam}$$

Kebutuhan air lanjutan setelah pengisian pertama

$$= 3.874,1126 + 1.187,5463 + 4.739,9257$$

$$= 9.801,5846 \text{ kg/jam}$$



Gambar 4. 3 Diagram Alir Utilitas

4.3.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas : 9.493,0349 kg/jam

Tekanan : 68 atm

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

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

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silica, O₂, Ca, Mg yang mungkin masih terbawa, dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5 - 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 100 -102°C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam Header* untuk didistribusikan ke area-area proses

4.3.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan akan tenaga listrik dipabrik ini sebesar KW. Sudah termasuk penerangan, laboratorium, rumah tangga, perkantoran, pendingin ruangan (AC) dan kebutuhan lainnya. Untuk mencukupi kebutuhan tersebut unit TDH menggunakan

listrik dari PLN, dan untuk cadangan listrik digunakan *generator* diesel dengan kapasitas 2000 kW jika pasokan listrik kurang. Spesifikasi *generator* diesel yang digunakan adalah:

- Kapasitas : 2.000 kW
- Jenis : *Generator Diesel*
- Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari *generator* diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan *generator* yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan tenaga listrik 50% dan diesel 50%. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

Kebutuhan listrik dapat dibagi menjadi:

- Listrik untuk peralatan proses

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		HP	KW
Pompa-01	P-01	2	1,492
Pompa-02	P-02	1,5	1,119
Pompa-03	P-03	1	0,746
Pompa-04	P-04	1	0,746
Compressor 1	C-01	1.495,760	1.115,837
Compressor 2	C-02	13.308,368	9.921,800
Total		14.801,26	11.041,740

- Listrik untuk keperluan utilitas

Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		HP	KW
Pompa air sungai	PU-01	1,25	0,933
Pompa bak pengendap awal	PU-02	1,25	0,933
Pompa bak penggumpalan	PU-03	1,08	0,806
Pompa <i>clarifier</i>	PU-04	1,13	0,843
Pompa <i>sand filter</i>	PU-05	1,13	0,843
Pompa air sanitasi	PU-06	1,08	0,806
Pompa air <i>hydrant</i>	PU-07	1,05	0,783
Pompa air proses	PU-08	2,00	1,492
Pompa cooling tower	PU-09	2,00	1,492
Pompa tangki penampung	PU-10	1,13	0,843
Pompa ion <i>exchanger</i>	PU-11	1,05	0,783
Pompa <i>deaerator</i>	PU-12	1,17	0,873
Pompa tangki alum	PU-13	1,50	1,119
Pompa tangki soda abu	PU-14	1,08	0,806
Pompa bahan bakar	PU-15	2,05	1,529
Pengaduk tangki penggumpalan		1,13	0,097
Pengaduk tangki alum		1,05	0,843
Pengaduk tangki soda abu		1,05	0,783
Pengaduk <i>clarifier</i>		20,00	14,920
Total		43,18	32,212

- Listrik untuk instrumentasi dan kontrol = 2,564 kW
- Listrik untuk keperluan kantor dan rumah tangga = 3.322,18 kW

Total kebutuhan listrik adalah 17.275,36 kWh dan dengan faktor keamanan sebesar 20% untuk proses dan utilitas, 5% untuk instrumen, dan 25% untuk kebutuhan rumah tangga. Maka total kebutuhan listrik dengan safety 20% dari total adalah 20.730,44 kWh. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN

4.3.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada *generator* dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan untuk *generator* adalah *fuel oil* yang diperoleh dari PT. Pertamina, Balongan. Sedangkan bahan bakar yang dipakai pada *boiler* adalah *Medium Furnace Oil* yang juga diperoleh dari PT. Pertamina, Balongan dengan kebutuhan 90,920 kg/jam

4.3.5 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 214,817 m³/jam.

4.3.6 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik etanol ini menghasilkan limbah berupa etilen dan etana yang berupa gas. Limbah yang dihasilkan akan diolah lebih lanjut sebelum dibuang atau digunakan kembali sebagai bahan baku. Oleh karena itu, di unit pengolahan limbah diperlukan treatment tertentu yaitu dengan dibuatkan cerobong asap yang tinggi sehingga limbah yang keluar tidak mencemari lingkungan.

4.3.7 Unit Penyediaan *Dowtherm A*

Unit ini bertugas menyediakan pemanas *Dowtherm A* yang dipakai sebagai pemanas. *Dowtherm A* merupakan fluida perpindahan panas yang terdiri dari campuran dua senyawa organik yang sangat stabil yaitu bifenil dan difenil oksida. Fluida ini stabil, tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau uap.

4.4 Laboratorium

4.4.1 Kegunaan Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan fungsinya yang lain adalah untuk pengendalian terhadap pencemaran lingkungan, baik pencemaran udara maupun pencemaran air. Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian mengenai bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas atas mutu produksi perusahaan. Tugas laboratorium antara lain :

=>Sebagai pengontrol kualitas bahan baku, apakah sudah memenuhi persyaratan yang diperkenankan atau tidak.

=>Sebagai pengontrol kualitas produk, apakah sudah memenuhi standar yang berlaku atau belum.

=>Memeriksa kadar zat-zat pada buangan pabrik yang dapat menyebabkan pencemaran agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

4.4.2 Program Kerja Laboratorium

1. Analisa Bahan Baku dan Produk

Dalam upaya pengendalian mutu produk pabrik ini, maka akan dioptimalkan aktifitas laboratorium untuk pengujian mutu. Adapun analisa pada proses pembuatan etanol meliputi : kemurnian, warna, densitas, viskositas, titik didih, *specific gravity*, dan *impurities*.

2. Analisa Untuk Keperluan Utilitas

Adapun analisa untuk keperluan utilitas meliputi:

- A. Analisa *feed water*, yang dianalisa meliputi *Dissolved oxygen*, PH, *hardness*, *total solid*, *suspended solid* serta *oil* dan *organik matter*.

Syarat kualitas *feed water* :

- ◆ DO : lebih baik $0 < 0,007$ ppm ($< 0,005$ cc/l)

- ◆ PH :>7
 - ◆ *Hardness* : 0
 - ◆ *Temporary hardness maximum* : ppm CaCO₃
 - ◆ *Total solid* :<200 ppm (0-600 psi), <10 ppm (600-750 psi)
 - ◆ *Suspended solid* : 0
 - ◆ *Oil and organik matter* : 0
 - Penukar ion, yang dianalisa adalah kesadahan CaCO₃ dan silica sebagai SiO₂.
 - Air bebas mineral, analisisnya sama dengan penukar ion.
 - Analisa *cooling water*, yang dianalisa PH jenuh CaCO₃ dan indeks *Langelier*.
- Syarat kualitas air pada *cooling water* :
- ◆ PH jenuh CaCO₃ : $11,207 - 0,916 \log Ca + \log Mg - 0,991 \log \text{total alkalinitas} + 0,032 \log SC_4$.
 - ◆ Indeks *Langelier* : PH jenuh CaCO₃ (0,6-10)
- B. Analisa air umpan *boiler*, yang dianalisa meliputi alkalinitas total, sodium fosfat, *chloride*, PH, *oil* dan *organik matter*, total solid serta konsentrasi silica.
- C. Air minum yang dihasilkan dianalisa meliputi PH, kadar kalor dan kekeruhan.
- D. Air bebas mineral, yang dianalisa meliputi PH, kesadahan, jumlah O₂ terlarut, dan kadar Fe.

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi 3 bagian :

1. Laboratorium Pengamatan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua arus yang berasal dari proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan "*Certificate of Quality*" untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir.

2. Laboratorium Analisa/Analitik

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku, produk akhir, kadar air, dan bahan kimia yang digunakan (*additive*, bahan-bahan injeksi, dan lain-lain).

3. Laboratorium Penelitian, Pengembangan dan Perlindungan Lingkungan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap kualitas material terkait dalam proses yang digunakan untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan. Termasuk didalamnya adalah kemungkinan penggantian, penambahan, dan pengurangan alat proses.

4.4.3 Alat-alat Utama Laboratorium

Alat-alat utama yang digunakan di laboratorium antara lain :

- *Water Content Tester*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kadar air dalam produk.

- *Viscosimeter Bath*

Alat ini digunakan untuk mengukur viskositas produk keluar dari reaktor.

- *Hydrometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur *spesifik gravity*.

- *Gas Chromatography*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kadar Etilen dalam bahan baku etanol dalam produk.

4.5 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Bahan-bahan yang digunakan dalam pabrik cukup berbahaya, oleh karena itu diperlukan disiplin kerja yang baik. Kesalahan akan dapat mengakibatkan kecelakaan bagi manusia dan peralatan pabrik, misal kesakitan, kematian, kebakaran, keracunan dan ledakan. Untuk itu setiap karyawan pabrik diberikan perlengkapan pakaian seperti helm, sarung tangan, masker dan lain-lain.

Penanganan keselamatan kerja tidak lepas dari rancangan dan pelaksanaan konstruksi. Untuk itu semua peralatan harus memenuhi standar rancang bangun. Keamanan kerja berkaitan erat dengan aktifitas suatu industri, maka perlu dipikirkan suatu sistem keamanan yang memadai, karena menyangkut keselamatan manusia, bahan baku, produk dan peralatan pabrik. Sistem keamanan dapat terwujud karena beberapa hal seperti pemilihan lokasi, tidak ada dampak lingkungan negatif, tata letak peralatan pabrik dan kepatuhan karyawan terhadap semua peraturan di dalam pabrik. Keamanan suatu pabrik kimia sangat tergantung dari penanganan, pengendalian dan usaha untuk mencegah bahaya yang mungkin timbul. Fasilitas pemadam kebakaran seperti *fire hydrant* perlu ditempatkan pada tempat-tempat yang strategis, disamping itu disediakan pula *portable fire fighting equipment* pada setiap ruangan dan tempat-tempat yang mudah dicapai.

4.6 Organisasi Perusahaan

4.6.1 Bentuk Perusahaan

Ditinjau dari badan hukum, bentuk perusahaan digolongkan menjadi empat, yaitu:

- 1). Perusahaan perorangan, modal dimiliki oleh satu orang yang bertanggung jawab penuh terhadap maju mundurnya perusahaan.
- 2). Persekutuan firma, modal dikumpulkan dari dua orang atau lebih, tanggung jawab yang sama menurut perjanjian, didirikan dengan akte notaris.
- 3). Persekutuan Komanditer (*CV / Commanditaire Veenootshaps*) terdiri dari dua orang atau lebih yang masing-masing berperan sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya menyertakan modalnya dan bertanggung jawab sebatas modal yang dimasukkan saja).
- 4). Perseroan Terbatas, persekutuan untuk mendirikan perusahaan dengan modal diperoleh dari penjualan saham, pemegang saham bertanggung jawab sebesar modal yang dimiliki.

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada prarancangan pabrik etanol dari etilen dan air adalah perseroan terbatas (PT). PT merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modal dari penjualan sahamnya dan tiap pemegang saham mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan perusahaan atau PT tersebut. Orang yang memiliki saham berarti telah menyertakan modal ke perusahaan dan berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam PT, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyertakan penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap- tiap saham. Alasan dipilihnya bentuk PT ini berdasarkan pada beberapa faktor, antara lain:

- 1). Mudah mendapat modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- 2). Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

- 3) Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah parapemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta *staff* yang diawasi oleh dewan komisaris.
- 4) Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta *staff*nya dan karyawan perusahaan.
- 5) Efisiensi manajemen

Para pemegang saham duduk dalam dewan komisaris dan dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi, seperti direktur utama.

- 6) Lapangan usaha lebih luas

Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

Ciri—ciri PT adalah:

1. Perusahaan didirikan dengan akta dari notaris berdasarkan Kitab Undang- Undang Hukum Dagang.
2. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
3. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
4. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

4.6.2 Struktur Organisasi

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang digunakan dalam perusahaan tersebut. Hal ini berhubungan dengan komunikasi yang terjadi di dalam perusahaan, demi tercapainya keselamatan kerja antar karyawan.

Terdapat beberapa macam struktur organisasi antara lain :

a. Struktur Organisasi *Line*

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

b. Struktur Organisasi Fungsional

Staff fungsional memiliki hubungan terkuat dengan saluran-saluran *line*. Bila dilimpahkan wewenang fungsional oleh manajemen puncak, seorang *staff* fungsional mempunyai hak untuk memerintah saluran *line* sesuai kegiatan fungsional.

c. Struktur Organisasi *Line* dan *Staff*

Staff merupakan individu atau kelompok dalam struktur organisasi yang fungsi utamanya memberikan saran dan pelayanan kepada fungsi *line*. *Staff* tidak secara langsung terlibat dalam kegiatan utama organisasi, posisi *staff* untuk memberikan saran dan pelayanan departemen *line* dan membantu mencapai tujuan organisasi dengan lebih efektif. Maka struktur organisasi yang dipilih adalah struktur organisasi yang baik, yaitu sistem *line* dan *staff* pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional sangat jelas. Sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk *staff* ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidang tertentu. *Staff* ahli akan memberikan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawasan demi tercapainya tujuan perusahaan.

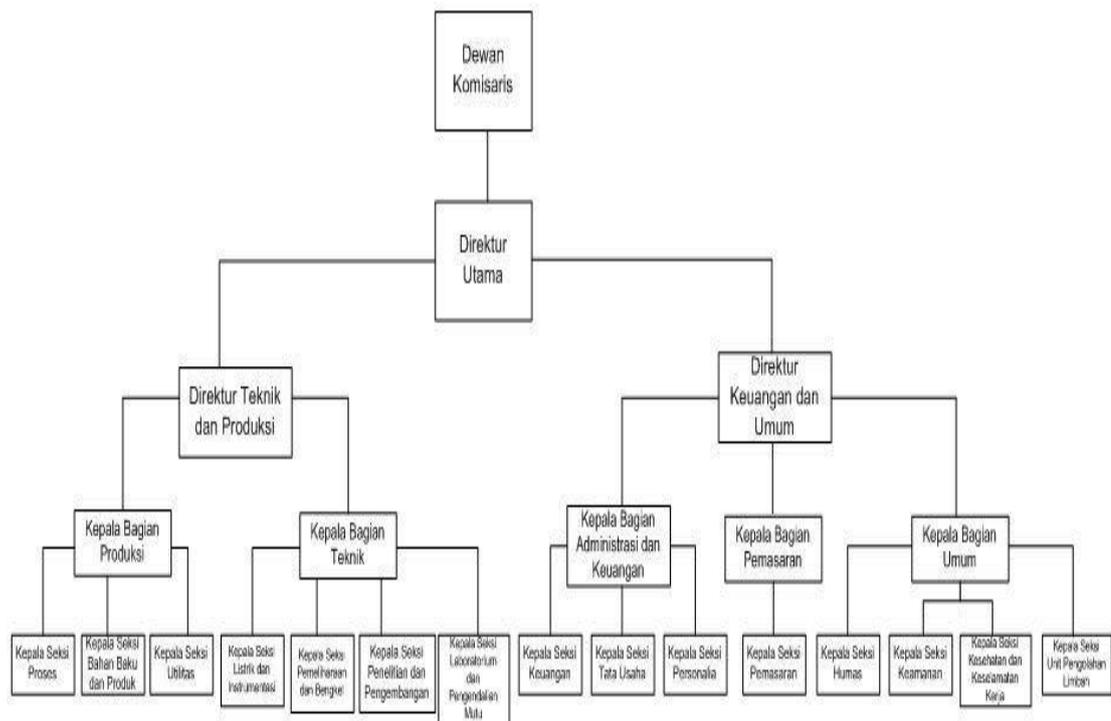
Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi sistem *line* dan *staff* ini, yaitu:

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

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam melaksanakan tugas sehari-harinya diwakili oleh dewan komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh direksi utama yang dibantu oleh direksi produksi serta direksi keuangan dan umum. Direksi produksi membawahi bidang pemasaran, teknik dan produksi. Sedangkan direksi keuangan dan umum membawahi bidang keuangan dan umum. Direksi ini membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu dan setiap kepala regu akan bertanggung jawab kepada kepala pengawas pada masing-masing seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi adalah:

1. Persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang dan lain-lain lebih jelas.
2. Penempatan pegawai lebih tepat.
3. Penyusunan program pengembangan lebih terarah.
4. Turut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada.
5. Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.6.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Pemegang saham ini adalah pemilik perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang berbentuk PT adalah Rapat Umum Pemegang Saham yang biasanya dilakukan setahun sekali. Pada rapat tersebut, para pemegang saham bertugas untuk:

- Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
- Mengangkat dan memberhentikan dewan direktur.

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

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris diangkat pemegang saham dalam Rapat Umum. Dewan komisaris yang dipimpin komisaris utama merupakan pelaksana dari pemilik saham dan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas dewan komisaris:

1. Menilai dan menyetujui rencana dewan direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya.
2. Mengawasi tugas-tugas dewan direksi.
3. Membantu dewan direksi dalam hal-hal yang penting.
4. Mempertanggungjawabkan perusahaan kepada pemegang saham.

3. Dewan Direksi

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap kemajuan perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab pada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Dewan direksi yang terdiri direktur utama, direktur produksi dan direktur keuangan dan umum minimal lulusan sarjana yang telah berpengalaman dibidangnya. Direktur utama membawahi direktur teknik dan produksi serta direktur keuangan dan umum. Tugas masing-masing direktur adalah sebagai berikut:

Tugas direktur utama antara lain:

- Melaksanakan kebijakan perusahaan dan bertanggung jawab pada Rapat Umum Pemegang Saham.

- Menjaga kestabilan organisasi dan membuat hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan dan konsumen.
- Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan Rapat Umum Pemegang Saham.
- Mengkoordinasi kerja sama dengan direktur produksi serta direktur keuangan dan umum.

Tugas direktur produksi antara lain:

- Bertanggung jawab pada direktur utama dalam bidang produksi dan teknik.
- Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepada bagian yang menjadi bawahannya.
- Tugas direktur keuangan dan umum antara lain:
 - Bertanggungjawab pada direktur utama dalam bidang keuangan, pelayanan umum dan pemasaran.
 - Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala bagian yang menjadi bawahannya.
 -

4. *Staff Ahli*

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu dewan direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. *Staff ahli* bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing- masing.

Tugas dan wewenang *staff ahli*:

- Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan.
- Memberikan saran dalam bidang hukum.

5. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai *staff* direktur bersama-sama dengan *staff* ahli. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur yang menangani bidang tersebut.

Kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala bagian produksi membawahi:

a. Seksi proses

Tugas seksi Proses:

- Mengawasi jalannya proses dan produksi
- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

b. Seksi pengendalian

Tugas seksi pengendalian:

- Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

c. Seksi pengembangan proses

d. Seksi laboratorium

Tugas seksi laboratorium antara lain:

- Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
- Mengawasi dan menganalisa mutu produk.
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan produk.
- Membuat laporan berkala pada kepala bagian produksi.

2. Kepala Bagian Teknik

Tugas kepala bagian teknik antara lain:

- Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang peralatan proses dan utilitas.
- Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian teknik membawahi:

A. Seksi Pemeliharaan

Tugas seksi pemeliharaan:

- Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
- Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

B. Seksi utilitas

Tugas seksi utilitas:

- Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air, dan tenaga listrik.

3. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang penyediaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Kepala bagian pemasaran membawahi:

a. Seksi perencanaan

Tugas seksi perencanaan:

- Merencanakan besarnya produksi yang akan dicapai pabrik.
- Merencanakan kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu yang akan dibeli.

b. Seksi pembelian

Tugas seksi pembelian:

- Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- Mengetahui harga pasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

c. Seksi pemasaran

Tugas seksi pemasaran:

- Merencanakan strategi penjualan hasil produksi
- Mengatur distribusi hasil produksi dari gudang

4. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang administrasi dan keuangan. Kepala bagian administrasi dan keuangan membawahi:

a. Seksi administrasi

Tugas seksi administrasi:

- Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah perpajakan.

b. Seksi kas

Tugas seksi kas:

- Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan membuat anggaran tentang keuntungan masa depan.
- Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.

5. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat, dan keamanan.

Kepala bagian umum membawahi:

A. Seksi personalia

Tugas seksi personalia :

- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja sebaik mungkin antara pekerjaan serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dan menciptakan kondisi kerja tenang dan dinamis.
- Membina karier para karyawan dan melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

B. Seksi humas

Tugas seksi humas:

- Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

C. Seksi keamanan

Tugas seksi keamanan:

- Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan.
- Mengawasi keluar masuknya orang-orang, baik karyawan maupun bukan karyawan di lingkungan pabrik dan perusahaan.
- Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan *intern* perusahaan

D. Seksi komunikasi

Tugas seksi komunikasi :

- Menyelenggarakan semua sistem komunikasi di area pabrik
- Menjalin hubungan dengan penyelenggara telekomunikasi pihak lain

6. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing masing, agar diperoleh hasil yang *maximum* dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggungjawab kepada kepala bagian sesuai dengan seksinya masing-masing.

4.6.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik etanol ini sistem gaji karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Pembagian karyawan pabrik ini dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut:

1. Karyawan tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan oleh direksi tanpa SK dan mendapat upah harian yang dibayar tiap-tiap akhir pekan.

3. Karyawan borongan

Yaitu karyawan yang dikaryakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

Tabel 4. 7 Gaji Karyawan Pabrik per Bulan

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Direktur Utama	1	95.000.000,00	95.000.000,00
Direktur Teknik dan Produksi	1	50.000.000,00	50.000.000,00
Direktur Keuangan dan Umum	1	70.000.000,00	70.000.000,00
Staff Ahli	1	35.000.000,00	35.000.000,00
Ka. Div Umum	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Div. Pemasaran	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Div. Keuangan	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Div. Teknik	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Div. Produksi	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Div. Litbang	1	25.000.000,00	25.000.000,00
Ka. Sek. Personalia	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Humas	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Keamanan	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Pembelian	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Pemasaran	1	15.000.000,00	15.000.000,00

Tabel 4.7 Gaji Karyawan Pabrik per Bulan (lanjutan)

Jabatan	Jumlah	Gaji per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
Ka. Sek. Administrasi	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Kas/Anggaran	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Proses	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Pengendalian	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Laboratorium	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Utilitas	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Pengembangan	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Ka. Sek. Penelitian	1	15.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Personalia	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Humas	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan			
Keamanan/ <i>Security</i>	5	5.000.000,00	25.000.000,00
Karyawan Pembelian	4	5.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Pemasaran	4	5.000.000,00	20.000.000,00
Karyawan Administrasi	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan			
Kas/Anggaran	3	5.000.000,00	15.000.000,00
Karyawan Proses	30	7.000.000,00	210.000.000,00
Karyawan Pengendalian	5	7.000.000,00	35.000.000,00
Karyawan Laboratorium	4	7.000.000,00	28.000.000,00
Karyawan Pemeliharaan	6	7.000.000,00	42.000.000,00
Karyawan Utilitas	10	7.000.000,00	70.000.000,00
Karyawan KKK	6	7.000.000,00	42.000.000,00
Karyawan Litbang	3	7.000.000,00	21.000.000,00
Sekretaris	6	10.000.000,00	60.000.000,00
Dokter	1	10.000.000,00	10.000.000,00
Perawat	2	8.000.000,00	16.000.000,00
Sopir	4	4.400.000,00	17.200.000,00
<i>Cleaning service</i>	5	4.300.000,00	21.500.000,00
Total	130		1.293.100.000,00

Karyawan operasi

- *Shift* pagi : pukul 08.00- 16.00
- *Shift* sore : pukul 16.00 - 24.00
- *Shift* malam : pukul 24.00- 08.00

Kegiatan perusahaan yang dijalani oleh pekerja *staff* adalah selama 8 jam per hari. Pembagian *shift* 3 kali per hari dengan jumlah tim dalam pekerja non *staff* adalah 4 tim (A, B, C, dan D). 3 tim bekerja secara bergantian dalam 1 hari sedangkan 1 tim lainnya libur. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu

Tanggal	Grup A	Grup B	Grup C	Grup D
1	III	II	I	
2		II	I	III
3		II	I	III
4	II		I	III
5	II	I		III
6	II	I		III
7	II	I	III	
8	II	I	III	
9		I	III	II
10	I		III	II
11	I		III	II
12	I	III		II
13	I	III		II
14	I	III	II	
15		III	II	I
16		III	II	I
17	III		II	I
18	III		II	I
19	III	II		I

20	III	II	I	
21	III	II	I	
22		II	I	III
23		II	I	III
24	II		I	III
25	II	I		III
26	II	I		III
27	II	I	III	
28	II	I	III	
29		I	III	II
30	I		III	II
31	I		III	II

4.6.8 Pembagian Jabatan

1. Direktur utama : Sarjana Teknik Kimia
2. Direktur teknik dan produksi : Sarjana Teknik Kimia
3. Direktur keuangan dan umum : Sarjana Ekonomi
4. Kepala bagian produksi : Sarjana Teknik Kimia
5. Kepala bagian teknik : Sarjana Teknik
6. Kepala bagian keuangan : Sarjana Ekonomi
7. Kepala bagian pemasaran : Sarjana Ekonomi
8. Kepala bagian umum : Sarjana Hukum
9. Kepala *shift* : Diploma-3
10. Pegawai *Staff* : Diploma-3
11. *Operator* : Diploma-3
12. *Security* : SLTA Sederajat

13. *Cleaning service* : SLTP Sederajat

4.6.9 Kesejahteraan Karyawan

Salah satu faktor untuk meningkatkan efektifitas kerja pada perusahaan adalah kesejahteraan dari karyawan. Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan berupa:

1. Tunjangan

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- Cuti tahunan diberikan selama 12 hari jam kerja dalam 1 tahun.
- Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3. Pakaian kerja

- Pakaian diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

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

5. Asuransi

- Bagi karyawan yang bekerja di perusahaan ini didaftarkan sebagai salah satu peserta asuransi seperti JAMSOSTEK.

4.7 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi dalam pra rancangan pabrik diperlukan untuk memperkirakan apakah pabrik yang akan didirikan merupakan suatu investasi yang layak dan menguntungkan atau tidak dengan memperhitungkan beberapa hal yang meliputi kebutuhan modal investasi, besarnya keuntungan yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau antara lain :

1. *Return On Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow rate Of Return*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

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

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*), meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan modal
4. Penentuan Titik Impas

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)

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

4.7.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan yang menunjang proses produksi pabrik selalu berubah setiap tahun karena dipengaruhi oleh kondisi ekonomi. Harga peralatan pada tahun rencana pabrik akan didirikan dapat ditentukan dengan menggunakan indeks harga pada tahun tersebut. Indeks harga pada tahun analisa dapat ditentukan dengan persamaan regresi *linear* terhadap indeks- indeks harga tahun sebelumnya.

Tabel 4. 9 Indeks Harga Tiap Tahun

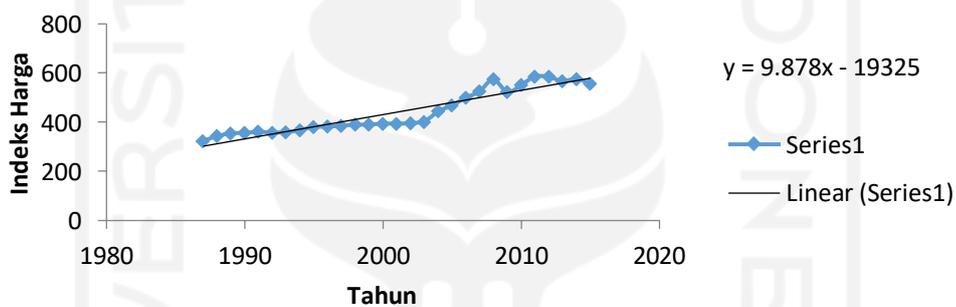
Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8

Sumber : (Petter Timmerhause, 1990)

Berdasarkan data di atas persamaan yang diperoleh adalah :

$$y = 9,878x - 19.325$$

Pabrik etanol dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun rencananya akan didirikan pada tahun 2025, maka dengan memasukan harga $x = 2025$ pada persamaan di atas diperoleh indeks harga pada tahun 2025 (y) adalah 677,950.



Gambar 4. 5 Grafik Tahun vs Indeks Harga

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi *Peters & Timmerhaus*, tahun 1990, *Aries & Newton*, tahun 1955 dan situs www.matche.com . Harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

$$EX = EY \times \frac{NX}{NY} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

EX : Harga pembelian

EY : Harga pembelian pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2007, 2014)

NX : Indeks harga pada tahun pembelian

N_y : Indeks harga pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2007, 2014)

4.7.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	= 40.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Pabrik didirikan	= 2025
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 14.331,00

4.7.3 Perhitungan Biaya

4.7.3.1 *Capital Investment*

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran–pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment meliputi :

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.7.3.2 *Manufacturing Cost*

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

Menurut *Aries & Newton* (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. Indirect Cost

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

c. Fixed Cost

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

4.7.3.3 General Expense

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

4.7.4 Analisa Kelayakan

Analisa atau evaluasi kelayakan pada suatu perancangan pabrik dilakukan untuk dapat mengetahui seberapa besar keuntungan yang diperoleh sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial untuk didirikan atau tidak. Beberapa komponen yang harus dihitung dalam menyatakan kelayakan suatu pabrik adalah :

4.7.4.1 Percent Return On Investment (%ROI)

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

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

4.7.4.2 Pay Out Time (POT)

Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

4.7.4.3 Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

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

Dimana :

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash Flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.7.4.4 Break Even Point (BEP)

Break even point adalah suatu titik impas dimana pabrik tidak mengalami untung maupun rugi. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

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

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi *maximum*

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi *maximum*

Va : *Annual Variable Value* pada produksi *maximum*

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi *maximum*

4.7.4.5 Shut Down Point (SDP)

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

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

4.7.5 Hasil Perhitungan

4.7.5.1 Penentuan *Fixed Capital Investment (FCI)*

Tabel 4. 10 *Physical Plant Cost (PPC)*

<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 255.146.735.482,00	\$ 17.803.833,00
<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 63.786.683.870,00	\$ 4.450.958,00
Instalasi cost	Rp 40.267.036.670,00	\$ 2.809.786,00
Pemipaan	Rp 59.299.984.342,00	\$ 4.137.882,00
Instrumentasi	Rp 63.522.884.472,00	\$ 4.432.551,00
Insulasi	Rp 9.560.792.028,00	\$ 667.141,00
Listrik	Rp 204.615.648.047,00	\$ 14.277.835,00
Bangunan	Rp 18.667.500.000,00	\$ 1.302.596,00
<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp 754.160.000,00	\$ 52.624,00
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	Rp 715.621.424.912	\$ 49.935.205

Tabel 4. 11 Direct Plant Cost (DPC)

<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Engineering and Construction</i>	Rp 143.124.284.982,42	\$ 9.987.041,03
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	Rp 715.621.424.912,65	\$ 49.935.205,76
<i>Total (DPC + PPC)</i>	Rp 858.745.709,894	\$ 59.922.246,17

Tabel 4. 12 Fixed Capital Investment (FCI)

<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
Total DPC + PPC	Rp 858.745.709.894,44	\$ 59.922.246,17
Kontraktor	Rp 51.524.742.593,67	\$ 3.595.334,77
Biaya tak terduga	Rp 85.874.570.989,44	\$ 5.992.224,62
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	Rp 996.145.023.478,55	\$ 69.509.805,56

4.7.5.2 Penentuan Total Production Cost (TPC)

Tabel 4. 13 Direct Manufacturing Cost (DMC)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw Material</i>	Rp 462.340.238.118,42	\$ 32.261.547,56
<i>Labor</i>	Rp 19.720.800.000,00	\$ 1.376.093,78
<i>Supervision</i>	Rp 1.972.080.000,00	\$ 137.609,38
<i>Maintenance</i>	Rp 19.922.900.469,55	\$ 1.390.196,11
<i>Plant Supplies</i>	Rp 2.988.435.070,43	\$ 208.529,42
<i>Royalty and Patents</i>	Rp 79.966.980.000,00	\$ 5.580.000,00
<i>Utilities</i>	Rp 8.740.959.797,53	\$ 609.933,70
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 595.652.393.455,94	\$ 41.563.909,95

Tabel 4. 14 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Payroll OverHead</i>	Rp 2.958.120.000,00	\$ 206.414,07
<i>Laboratory</i>	Rp 1.972.080.000,00	\$ 137.609,38
<i>Plant OverHead</i>	Rp 9.860.400.000,00	\$ 688.046,89
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 79.966.980.000,00	\$ 5.580.000,00
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 94.757.580.000,00	\$ 6.612.070,34

Tabel 4. 15 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 99.614.502.347,76	\$ 6.950.980,56
<i>Propertu taxes</i>	Rp 19.922.900.469,55	\$ 1.390.196,11
<i>Insurance</i>	Rp 9.961.450.234,78	\$ 695.098,06
Fixed Manufacturing Cost (FMC)	Rp 129.498.853.052,08	\$ 9.036.274,72

Tabel 4. 16 Manufacturing Cost (MC)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 595.652.393.455,94	\$ 41.563.909,95
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 94.757.580.000,00	\$ 6.612.070,34
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 129.498.853.052,08	\$ 9.036.274,72
Manufacturing Cost (MC)	Rp 819.908.826.508,02	\$ 57.212.255,01

Tabel 4. 17 Working Capital (WC)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 9.807.217.172,21	\$ 684.335,86
<i>In Process Inventory</i>	Rp 1.242.286.100,77	\$ 86.685,23
<i>Product Inventory</i>	Rp 17.392.055.410,78	\$ 1.213.593,29
<i>Extended Credit</i>	Rp 33.925.385.454,55	\$ 2.367.272,73
<i>Available Cash</i>	Rp 74.537.166.046,18	\$ 5.201.114,09
Working Capital (WC)	Rp 136.904.060.184,48	\$ 9.553.001,20

Tabel 4. 18 General Expense (GE)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Administration</i>	Rp 49.194.529.590,48	\$ 3.432.735,30
<i>Sales expense</i>	Rp 180.379.941.831,76	\$ 12.586.696,10
<i>Research</i>	Rp 65.592.706.120,64	\$ 4.576.980,40
<i>Finance</i>	Rp 45.321.963.346,48	\$ 3.162.512,27
General Expense (GE)	Rp 340.489.140.889,37	\$ 23.758.924,07

Tabel 4. 19 Total Production Cost (TPC)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 819.908.826.508,02	\$ 9.553.001,20
<i>General Expense (GE)</i>	Rp 340.489.140.889,37	\$ 23.758.924,07
Total Production Cost (TPC)	Rp 1.160.397.967.397,39	\$ 80.971.179,08

4.7.5.3 Penentuan Fixed Cost (Fa)

Tabel 4. 20 Fixed Cost (Fa)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Depreciation</i>	Rp 99.614.502.347,76	\$ 6.950.980,56
<i>Property taxes</i>	Rp 19.922.900.469,55	\$ 1.390.196,11
<i>Insurance</i>	Rp 9.961.450.234,78	\$ 695.098,06
Fixed Cost (Fa)	Rp 129.498.853.052,08	\$ 9.034.274,72

4.7.5.4 Penentuan Variable Cost (Va)

Tabel 4. 21 Variable Cost (Va)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Raw material</i>	Rp 462.340.238.118,42	\$ 32.261.547,56
<i>Packaging & shipping</i>	Rp 79.966.980.000,00	\$ 5.580.000,00
<i>Utilities</i>	Rp 8.740.959.797,53	\$ 609.933,70
<i>Royalties and Patents</i>	Rp 79.966.980.000,00	\$ 5.580.000,00
Variable Cost (Va)	Rp 631.015.157.915,95	\$ 44.031.481,26

4.7.5.5 Penentuan Regulated Cost (Ra)

Tabel 4. 22 Regulated Cost (Ra)

<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
<i>Labor cost</i>	Rp 19.720.800.000,00	\$ 1.376.093,78
<i>Plant overHead</i>	Rp 9.860.400.000,00	\$ 688.046,89
<i>Payroll overHead</i>	Rp 2.958.120.000,00	\$ 206.414,07
<i>Supervision</i>	Rp 1.972.080.000,00	\$ 137.609,38
<i>Laboratory</i>	Rp 1.972.080.000,00	\$ 137.609,38
<i>Maintenance</i>	Rp 19.922.900.470,00	\$ 1.390.196,00
<i>Plant supplies</i>	Rp 2.988.435.070,00	\$ 208.529,00
General Expense	Rp 340.489.140.889,37	\$ 23.758.924,07
Regulated Cost (Ra)	Rp 399.883.956.429,35	\$ 27.903.423,10

4.7.5.6 Keuntungan (Profit)

Keuntungan = Total Penjualan Produk – Total Biaya Produksi Harga
Jual Produk Seluruhnya (Sa)

Total Penjualan Produk = Rp 1.599.339.600.000,00

Total Biaya Produksi = Rp 1.160.397.967.397,39

Pajak keuntungan sebesar 35%.

Keuntungan Sebelum Pajak = Rp 438.941.632.602,61

Keuntungan Setelah Pajak = Rp 285.312.061.192,70

4.7.5.7 Analisa Kelayakan

a. *Persent Return on investment (ROI)*

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

ROI sebelum pajak = 44,06 %

ROI setelah pajak = 28,64 %

b. *Pay Out Time (POT)*

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

POT sebelum pajak = 1,85 tahun

POT setelah pajak = 2,59 tahun

c. *Break Even Point (BEP)*

Fixed Cost (Fa) = Rp 99.614.502.347,76

Variabel Cost (Va) = Rp 631.015.157.915,95

Regulated Cost (Ra) = Rp 399.883.956.429,35

Penjualan Produk (Sa) = Rp 1.599.339.600.000,00

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

BEP = 36,24 %

d. Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 17,43 \%$$

e. Discounted Cash Flow rate of Return (DCFR)

Umur Pabrik = 10 tahun

Fixed Capital (FC) = Rp 996.145.023.478,55

Working Capital (WC) = Rp 136.904.060.184,48

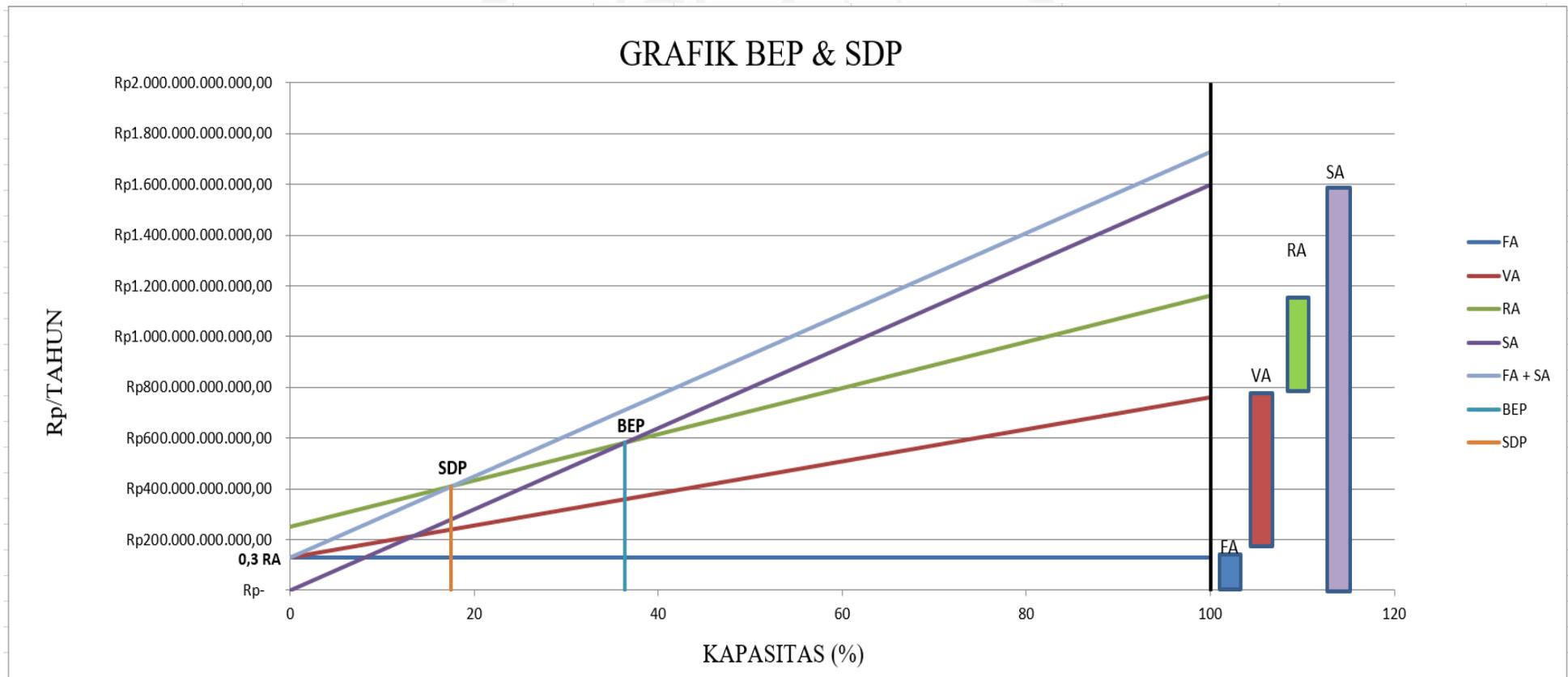
Salvage Value (SV) = Rp 99.614.502.347,76

DCFR = 26.56 %

Bunga Simpanan Bank rata-rata saat ini 5,5 %

Tabel 4. 23 Persyaratan Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak	44,06 %	ROI <i>before taxes</i>
ROI setelah pajak	28,64 %	<i>minimum</i> 44 %
POT sebelum pajak	1,85	POT <i>before taxes</i>
POT setelah pajak	2,59	<i>maximum</i> , 2 tahun
BEP	36,24 %	Berkisar 40 - 60%
SDP	17,43 %	
DCF	26,56 %	>1,5 bunga bank = <i>minimum</i> = 8.25%



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan % Kapasitas vs Rupiah/Tahun

4.7.5.8 Analisa Resiko Pabrik

Analisis risiko dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara pabrik dengan risiko besar dan kecil. Selain itu, analisis risiko dilakukan untuk mencari solusi atas segala risiko yang ditemukan. Pengendalian risiko dilakukan terhadap seluruh bahaya yang kemungkinan terjadi dan mempertimbangkan tingkat risiko untuk menentukan prioritas dalam penendaliannya.

Analisa resiko pabrik di dasarkan dari beberapa poin berikut :

1. Kondisi operasi pabrik

Berdasarkan dari kondisi operasi pabrik dengan tekanan proses tertinggi pada 68 atm, dan suhu tertinggi pada 273 °C. Maka dapat dikategorikan resiko tinggi untuk prosesnya

2. Sifat Bahan Baku dan Produk

Bahan baku etilen dan produk yang digunakan merupakan bahan – bahan yang mudah terbakar, oleh karena itu bahan baku dan produk tersebut termasuk dalam bahan baku dan produk beresiko tinggi

Berdasarkan poin analisa diatas maka dapat disimpulkan bahwa prancangan pabrik etanol dari etilen dan air dengan kapasitas 40.000 ton/tahun merupakan pabrik resiko tinggi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik etanol ini membutuhkan bahan baku berupa etilen dan air (H₂O), dimana untuk kebutuhan etilen sebesar 5.657,5385 kg per jam, sedangkan air sebesar 4.739,9257 kg per jam. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko tinggi (*high risk*) karena bahan baku maupun produknya pada proses memiliki kondisi operasi yang tinggi dan juga berbahaya jika salah dimanfaatkan.

Berdasarkan perhitungan utilitas yang telah dilakukan terhadap kebutuhan air, listrik dan *steam*, didapat bahwa kebutuhan air untuk proses sebanyak 4.739,9257 kg/jam, air untuk *steam* sebanyak 9.493,0349 kg/jam, dan kebutuhan air untuk domestik sebanyak 1.187,5463 kg/hari. Sedangkan kebutuhan listrik total baik untuk alat proses dan keperluan lainnya sebesar 25,913 MW.

Selain perhitungan secara teknis, dilakukan juga perhitungan secara ekonomi dengan hasil sebagai berikut :

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
<i>Profit</i> sebelum pajak	Rp 438.941.632.602,61	
<i>Profit</i> setelah pajak	Rp 285.312.061.192,70	
ROI sebelum pajak	43,98 %	ROI before taxes
ROI setelah pajak	28,51 %	<i>minimum</i> 44 %
POT sebelum pajak	1,9	POT before taxes
POT setelah pajak	2,61	<i>maximum</i> , 2 tahun
BEP	36,32 %	Berkisar 40 - 60%
SDP	17,45 %	
DCFR	26,56 %	>1,5 bunga bank = <i>minimum</i> = 8.25%

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. *Cost Estimate*. Diambil kembali dari Matches:
<http://www.matche.com>
- Aries, R.S. dan Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*.
New York: McGraw-Hill Book Company
- Badan Pusat Statistik. 2018. Ekspor dan Impor Diambil kembali dari Badan Pusat
Statistik: <https://www.bps.go.id>
- Brown, G.G.. 1950. *Unit Operations*. New York: John Wiley and Sons, Inc
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. New York:
John Wiley and Sons, Inc.
- Coulson, J.M., dan Richardson, J.F. 1989. *An Introduction to Chemical
Engineering Design* col 6. New York: Pergamon Press
- Cravalho, Ernest G., and Joseph L. Smith. 1981. *Engineering thermodynamics*.
Boston: Pitman
- Evans, F.L. 1980. *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical
Plants*, Vol.2, ed.2. United States of America: Gulf Publishing Co
- Froment, Gilbert F, Kenneth B Bischoff. 1979. *Chemical Reaktor Analysis and
Design*. USA :John Wiley and Sons, Inc
- Geankoplis, Christie, J. 1993. *Transport Process and Unit Operation*, Third
Edition, USA : Prentice-Hall *International*, Inc
- Ihs. 2017. *Chemical Economics Handbook*. Diambil kembali dari IHS
Markit : <https://ihsmarkit.com>

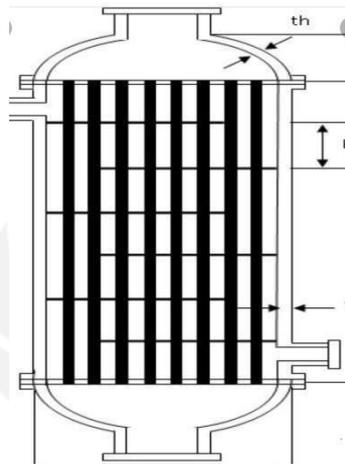
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1981, "Encyclopedia of Chemical Engineering Technology", New York: John Wiley and Sons Inc
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill.
- Lakshmanan, R dan Rouleau, D. 2007. Kinetics of the vapour-phase hydrogenation of benzene over a supported nickel catalyst in a stirred-vessel reactor. *Journal of Applied Chemistry*. 20. 312-319. 10.1002/jctb.5010201004
- Ludwig, E.E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Co., Houston
- McCabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4th ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1986, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6th ed., McGraw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (4th ed.). Singapore: McGraw-Hill.
- Smith, J.M., Ness, Van H.C., Abbott, M.M., 2001, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th Ed., McGraw-Hill Inc., Singapore.
- Ulrich, G.G. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley and Sons
- United States Patent. 1968. <https://patents.google.com/patent/US3686334/en>
- Walas, S.M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.

LAMPIRAN A

REAKTOR

Fungsi : Mereaksikan etilen dengan *steam* membentuk etanol

Jenis : *Fixed bed Multi Tube*



Kondisi Operasi : Suhu = 273 °C
Tekanan = 68 atm

Reaksi : Eksotermis

Tujuan :

- Menentukan jenis reaktor
- Menghitung *pressure drop*
- Menghitung berat katalis
- Menghitung waktu tinggal dalam reaktor
- Menentukan dimensi reaktor

Reaksi yang terjadi didalam reaktor:



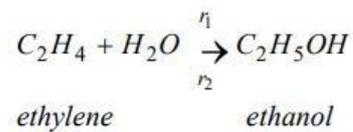
1. Menentukan jenis reaktor

Dipilih reaktor *fixed bed multiTube* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. zat pereaksi berupa fasa gas dengan katalis padat
- b. umur katalis panjang 12-15 bulan
- c. reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pendingin berlangsung optimal
- d. tidak diperlukan pemisahan katalis dari gas keluaran reaktor
- e. pengendalian suhu relatif mudah karena menggunakan tipe *Shell and Tube*

PERSAMAAN DIFFERENSIAL

1. Kinetika Reaksi



$$r_1 = \frac{k_1 p_W p_E}{(1 + K_W p_W + K_E p_E + K_A p_A + K_{DEE} p_{DEE})^2}$$

$$r_2 = \frac{k_2 p_A}{(1 + K_W p_W + K_E p_E + K_A p_A + K_{DEE} p_{DEE})^2}$$

$$k_1 [\text{kmol/m}^3 \text{cat/h/atm}^2] = 8.342 \times 10^{-13} \exp\left(\frac{121,435}{RT}\right)$$

$$k_2 [\text{kmol/m}^3 \text{cat/h/atm}^2] = 6.4062 \times 10^{-6} \exp\left(\frac{74,311}{RT}\right)$$

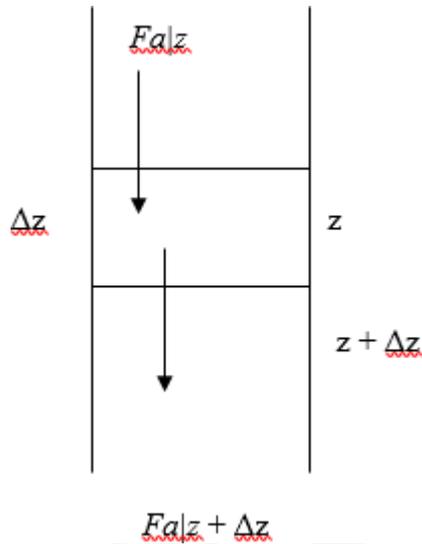
$$K_w [\text{atm}^{-1}] = 1.2328 \times 10^{-17} \exp\left(\frac{162,730}{RT}\right)$$

$$K_E [\text{atm}^{-1}] = 2.0850 \times 10^{-4} \exp\left(\frac{35,368}{RT}\right)$$

$$K_A [\text{atm}^{-1}] = 3.3685 \times 10^{-8} \exp\left(\frac{59,150}{RT}\right)$$

2. Neraca Massa pada Elemen Volume

Ditinjau untuk 1 pipa



Input – *Output* = Akumulasi

$$Fa|z - (Fa|z + \Delta z + (-r\Lambda)\Delta V \cdot \rho B) = 0$$

$$Fa|z - (Fa|z + \Delta z - (-r\Lambda)\Delta V \cdot \rho B) = 0$$

$$Fa|z - (Fa|z + \Delta z = (-r\Lambda)\Delta V \cdot \rho B) = 0$$

$$\Delta V = \frac{\pi \cdot Di^2}{4} \cdot \rho B \cdot \Delta z$$

$$Fa|z - Fa|z + \Delta z = \frac{(-r\Lambda) \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot \rho B \cdot \Delta z}{4}$$

$$Fa|z - Fa|z + \Delta z = \frac{(-r\Lambda) \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot \rho B}{4}$$

$$-\frac{\Delta F\Lambda}{\Delta z} = \frac{(-r\Lambda) \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot \rho B}{4}$$

$$F\Lambda = F\Lambda_0(1 - X\Lambda)$$

$$\Delta F\Lambda = -F\Lambda_0 \cdot \Delta X\Lambda$$

$$-\frac{\Delta F\Lambda}{\Delta Z} = \frac{(-r\Lambda) \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot \rho B}{4}$$

$$F\Lambda = F\Lambda_0(1 - X\Lambda)$$

$$\Delta F\Lambda = -F\Lambda_0 \cdot \Delta X\Lambda$$

lim $\Delta Z \rightarrow 0$

$$\frac{dX\Lambda}{dZ} = \frac{(-r\Lambda) \cdot \pi \cdot Di^2 \cdot \rho B}{4 \cdot F_{A0}}$$

Dimana :

dX_A/dz = Perubahan konversi per satuan panjang

$(-r_A)$ = Kecepatan reaksi kimia

Di = Diameter dalam pipa

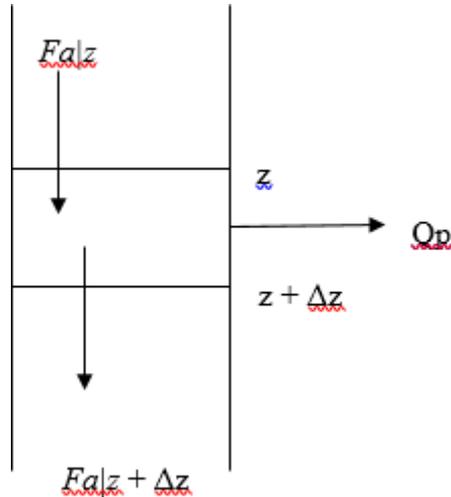
F_{A0} = Kecepatan molar A mula-mula

ρ_a = densitas *bulk*, gr/cm³

Tabel A.1 Komposisi dengan perhitungan kapasitas

Komponen	Masuk Kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₂ H ₄	12.386,30	9.226,60
C ₂ H ₆	380,47	380,47
H ₂ O	4.739,92	2.710,91
C ₂ H ₅ OH	-	5.188,71
Total	17.506,70	17.506,70

3. Neraca Panas pada Elemen Volume



Input – Output = Akumulasi

$$(\sum m. cp)(T|z - T_0) - [\sum m. cp(+ \Delta z - T_0) \Delta HR_T. F_{A0}. \Delta X_A + U. A(T - T_s)]$$

$$\sum m. cp (T|z - T_0) - \sum m. cp (T|z + \Delta z - T_0) = \Delta HR_T. F_{A0}. \Delta X_A + U. A(T - T_s)$$

$$A = \pi. D_0 \Delta z$$

Maka :

$$\sum m. cp (T|z + \Delta z) = \Delta HR_T. F_{A0}. \Delta X_A + U. \pi. D_0. \Delta z (T - T_s)$$

$$\frac{(T|z - T|z + \Delta z)}{\Delta z} = \frac{\Delta HR_T. F_{A0} \cdot \frac{\Delta X_A}{\Delta z} + U. D_0 (T - T_s)}{\sum m. cp}$$

$$-\frac{\Delta T}{\Delta z} = \frac{\Delta HR_T. F_{A0} \cdot \frac{\Delta X_A}{\Delta z} + U. D_0 (T - T_s)}{\sum m. cp}$$

lim $\Delta z \rightarrow 0$

$$-\frac{dT}{dz} = \frac{\Delta HR_T. F_{A0} \cdot \frac{dX_A}{dz} + U. D_0 (T - T_s)}{\sum m. cp}$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{-\Delta HR_T \cdot F_{A0} \cdot \frac{dX_A}{dZ} + U \cdot D_o(T - T_s)}{\sum m \cdot cp}$$

Dimana :

dT/dz = Perubahan suhu per satuan panjang

ΔHR_T = Panas reaksi

U = Overall heat transfer

D_o = Diameter luar pipa

T_s = Suhu pendingin

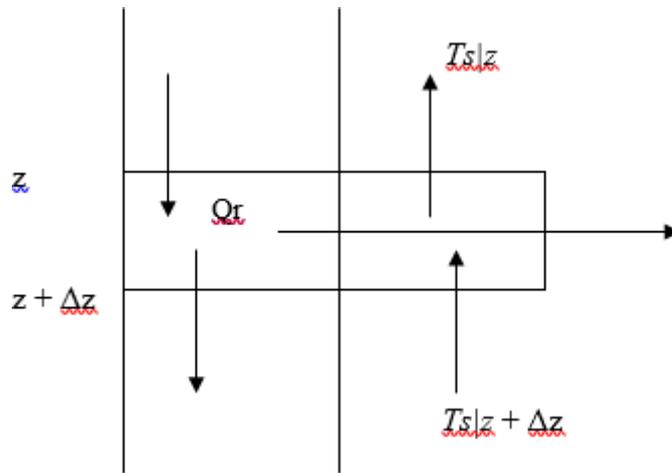
$\sum m \cdot cp$ = Kapasitas panas campuran

4. Neraca Panas pada Pendingin

Pendingin yang dipakai adalah *Dowtherm A*. Sifat-sifat fisis *Dowtherm A*:

- ◆ Komposisi *Dowtherm A* :
 - 50 % *Diphenyl oxyde*
 - 50 % *Diphenyl*
- ◆ Tidak bereaksi kimiawi dengan logam
- ◆ Tidak beracun
- ◆ Stabil pada suhu 200 - 750 °F / 93,3 - 540 °C
- ◆ $C_p = 0,11152 + 3,402 \cdot 10^{-4} T$, cal/gr.°K
- ◆ $\rho = 1,3644 - 9,7073 \cdot 10^{-4} T$, gr/cm³
- ◆ $\mu = 35,5898 - 0,04212 T$, gr/cm.jam
- ◆ $k = 0,84335 - 5,8076 \cdot 10^{-4} T$, cal/jam.cm.°K

Aliran pendingin dalam reaktor berlawanan arah dengan aliran gas



Input - Output = Akumulasi

$$(\sum m. cP)p. T|_{z+\Delta z} - T_o) + U. A(T - T_s) - (\sum m. cP)p. (T_s|_z - T_o) = 0$$

$$(\sum m. cP)p. T_s|_{z+\Delta z} - T_s|_z) = -U. A(T - T_s)$$

$$A = \pi. D_o. \Delta z$$

$$(\sum m. cP)p. T_s|_{z+\Delta z} - T_s|_z) = -U. \pi. D_o. \Delta z(T - T_s)$$

$$\frac{(T_s|_z - T_s|_{z+\Delta z})}{\Delta z} = \frac{U. \pi. D_o. (T - T_s)}{(m. cP)p}$$

$$\frac{\Delta T_s}{\Delta z} = \frac{-U. \pi. D_o. (T - T_s)}{(m. cP)p}$$

$\lim \Delta z \rightarrow 0$

$$\frac{dT_s}{dz} = \frac{U. \pi. D_o. (T - T_s)}{(m. cP)p}$$

Dimana :

dT_s/dz = Perubahan suhu pendingin per satuan panjang

$(\sum m. Cp)p$ = Kapasitas panas pendingin

5. Penurunan Tekanan (*Pressure drop*)

Penurunan tekanan dalam pipa yang berisi katalisator (*fixed bed*) dipakai rumus 11.6,11.7,11.8, B (Rase, hal. 492 “*Chemical Reaktor Design For Process Plants*”.)

sehingga :

$$\frac{gc \cdot dp}{Vs \cdot dz} = 150 \frac{(1-E)^2}{E^3} \cdot \frac{\mu}{Dp^2} + 1,75 \frac{(1-E)}{E^3} \cdot \frac{G}{Dp}$$

$$fk = 1,75 + 150 \left(\frac{1-E}{DpG/\mu} \right)$$

$$\frac{dp}{dz} = - \frac{fk \cdot Gt^2}{Dp \cdot RM \cdot gc} \left(\frac{1-E}{E} \right)$$

Dimana :

Gt = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa, gr/cm². jam

Dp = Diameter partikel katalisator, cm

Gc = Gaya gravitasi, cm/jam

E = Porositas tumbukan katalisator

μ = Viskositas gas, gr/cm. jam

6. Data – data sifat fisis bahan

a. Menentukan umpan Y_i masuk

Tabel A.2 Umpan Y_i masuk Reaktor

Komponen	BM	INPUT		y_i	Bmi x Y_i
		F_i (kg/jam)	n_i (kmol/jam)		
Etilen (C_2H_4)	28	12302,1441	439,3623	0,6142	17,1968
Etana (C_2H_6)	30	380,4787	12,6826	0,0177	0,5319
Air (H_2O)	18	4739,9257	263,3292	0,3681	6,6258
Etanol (C_2H_5OH)	40	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TOTAL		17422,5484	715,3741	1,0000	24,3545

b. Menentukan volume gas reaktor

$$PV = nRT$$

$$n = 198,71 \text{ mol/dtk}$$

$$R = 82,05 \text{ atm.cm}^3/\text{mol.}^\circ\text{KPP} = 19,74 \text{ atm}$$

$$V = 79.576,23 \text{ cm}^3/\text{detik}$$

c. Menentukan densitas umpan

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

$$= 0,0121 \text{ gr/cm}^3$$

d. Menentukan Viskositas umpan

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

Tabel A.3 Data viskositas umpan masuk reaktor

Komponen	A	B	C
Etilen (C ₂ H ₄)	-3,985	3,8726E-01	-1,1227E-04
Etana (C ₂ H ₆)	0,514	3,3449E-01	-7,1071E-05
Air (H ₂ O)	-36,826	4,2900E-01	-1,6200E-05
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	1,499	3,0741E-01	-4,4479E-05

Tabel A.4 Perhitungan viskositas umpan masuk reaktor

Komponen	y _i	η gas	μ _{gas}	μ _{gas}	μ _{gas}
		mikropoise	(kg/s.m)	(kg/jam.m)	lb/ft.jam
Etilen (C ₂ H ₄)	0,6142	173,9895	0,000017	0,062636	0,000015
Etana (C ₂ H ₆)	0,0177	161,9581	0,000016	0,058305	0,000014
Air (H ₂ O)	0,3681	192,5785	0,000019	0,069328	0,000017
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	0,0000	156,0850	0,000016	0,056191	0,000014
TOTAL	1,0000	684,6111	0,0001	0,2465	0,000060

Komponen	y _i ·μ _{gas}	y _i ·μ _{gas}	y _i ·μ _{gas}	η gas
	(kg/s.m)	(kg/jam.m)	lb/ft.jam	mikropoise
Etilen (C ₂ H ₄)	1,0686E-05	3,8469E-02	9,3096E-06	1,0686E+02
Etana (C ₂ H ₆)	2,8713E-07	1,0337E-03	2,5015E-07	2,8713E+00
Air (H ₂ O)	7,0888E-06	2,5520E-02	6,1758E-06	7,0888E+01
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
TOTAL	1,8062E-05	6,5023E-02	1,5736E-05	1,8062E+02

$$\begin{aligned} \mu_{\text{gas}} &= 0,000018 \text{ kg/m.s} \\ &= 0,000180619 \text{ g/cm.s} \end{aligned}$$

e. Menentukan konduktivitas gas umpan

(*Chemical Properties handbook, Mc Graw-hill*)

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

Tabel A.5 Data konduktivitas umpan masuk reaktor

Komponen	A	B	C
Etilen (C ₂ H ₄)	-0,00123	3,6219E-05	1,2459E-07
Etana (C ₂ H ₆)	-0,01936	1,2547E-04	3,8298E-08
Air (H ₂ O)	0,00053	4,7093E-05	4,9551E-08
Etanol (C ₂ H ₆ O)	-0,00556	4,3620E-05	8,5033E-08

Tabel A.6 Perhitungan konduktivitas umpan reaktor

Komponen	y _i	k _{gas} W/m.K	y _i .k _{gas} W/m.K
Etilen (C ₂ H ₄)	0,6142	5,5688E-02	3,4202E-02
Etana (C ₂ H ₆)	0,0177	6,0564E-02	1,0737E-03
Air (H ₂ O)	0,3681	4,1015E-02	1,5098E-02
Etanol (C ₂ H ₆ O)	0,0000	4,3606E-02	0,0000E+00
TOTAL	1,0000	0,2009	0,0504

$$\begin{aligned}
 k_{\text{campuran}} &= 0,05037 \text{ W/m.K} \\
 &= 0,1813 \text{ kJ/jam.m.K} \\
 &= 0,04331 \text{ kkal/jam.m.K} \\
 &= 0,0001 \text{ kal/cm.dtk.K}
 \end{aligned}$$

f. Menentukan kapasitas panas campuran gas

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

Tabel A.7 Data kapasitas panas umpan reaktor

Komponen	A	B	C	D	E
Etilen (C ₂ H ₄)	32,083	-1,4831E-02	2,4774E-04	-2,3766E-07	6,8274E-11
Etana (C ₂ H ₆)	28,146	4,3447E-02	1,8940E-04	-1,9082E-07	5,3349E-11
Air (H ₂ O)	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08	3,6934E-12
Etanol (C ₂ H ₆ O)	27,091	1,1055E-01	1,0957E-04	-1,5046E-07	4,6601E-11

Tabel A.8 Perhitungan kapasitas panas campuran gas reaktor

Komponen	yi	BM (kg/kmol)	Cp kjoule/kmol.K	Cp kjoule/kg.K	Cpi = yi.Cp kjoule/kg.K
Etilen (C ₂ H ₄)	0,6142	28	65,2240	2,3294	1,4307
Etana (C ₂ H ₆)	0,0177	30	82,0125	2,7337	0,0485
Air (H ₂ O)	0,3681	18	35,6787	1,9822	0,7296
Etanol (C ₂ H ₆ O)	0,0000	46	99,7669	2,1688	0,0000
Total	1,0000	122,0000	282,6821	9,2142	2,2088

Komponen	Fi (kg/jam)	Fi.Cpi Kjoule/jam.K	Cp.yi Kjoule/kmol.K
Etilen (C ₂ H ₄)	12302,1441	17600,29329	40,05873
Etana (C ₂ H ₆)	380,4787	18,44017	1,45397
Air (H ₂ O)	4739,9257	3458,39362	13,13335
Etanol (C ₂ H ₆ O)	0,0000	0,00000	0,00000
Total	17422,5484	21077,1271	54,6460

$$C_p \text{ campuran} = 1,2119 \text{ kJ/kg.K}$$

g. Menentukan panas reaksi

Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis, panas yang dikeluarkan adalah sebagai berikut:

$$\Delta H_R = \Delta H_{R298} + \int_{298}^T \Delta C_p \cdot dT$$

Tabel A.9 Data panas reaksi reaktor

Komponen	A	B	C	D	E
Etilen (C2H4)	32,083	-1,4831E-02	2,4774E-04	-2,3766E-07	6,8274E-11
Etana (C2H6)	28,146	4,3447E-02	1,8940E-04	-1,9082E-07	5,3349E-11
Air (H2O)	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08	3,6934E-12
Etanol (C2H6O)	27,091	1,1055E-01	1,0957E-04	-1,5046E-07	4,6601E-11

Tabel A.10 Perhitungan panas reaksi reaktor

Komponen	ΔH_f (kJ/mol)	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH (J/mol)	ΔH (kJ/kmol)
Etilen (C2H4)	52,3000	52300,0000	12002,4785	12002,4785
Etana (C2H6)	0,0000	0,0000	14906,0137	14906,0137
Air (H2O)	-52,6300	-52630,0000	7748,5325	7748,5325
Etanol (C2H6O)	-241,8000	-241800,0000	18389,6299	18389,6299
TOTAL	-242,1300	-242130,0000	53046,6546	53046,6546

Dari data didapat:

$$\begin{aligned} \Delta H_{R\ 298} &= -241.470 \text{ kJ/kmol} \\ \Delta H_{R\ \text{total}} &= -242.240,32 \text{ kJ/kmol} \\ &= -57.858,13 \text{ kkal/kmol} \end{aligned}$$

7. Katalisator

Jenis : Asam Fosfat dengan Silika *Gel*

Bentuk : Bola

Ukuran

$$D : 5/32 \text{ in} = 0,3969 \text{ cm}$$

$$L : 5/32 \text{ in} = 0,3969 \text{ cm}$$

$$\text{Bulk density} : 200 \text{ kg/cm}^3 = 0,2 \text{ gr/cm}^3$$

Bila dinyatakan dalam diameter ekuivalen : yaitu diameter bola yang mempunyai volume yang sama dengan silinder (partikel), maka :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot (0,3969)^2 \cdot (0,3969) \\ &= 0,0491 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$V_b = \frac{\pi}{6} (D_p)^3$$

$$0,0491 = \frac{\pi}{6} (D_p)^3$$

$$\begin{aligned} D_p &= \left(\frac{6 \cdot 0,0491}{\pi} \right)^{1/3} \\ &= 0,4543 \text{ cm} \end{aligned}$$

8. Pemilihan Pipa

Diameter reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Karena reaksinya eksotermis maka dipilih aliran gas dalam pipa *turbulen* agar perpindahan panasnya besar.

Pengaruh rasio D_p/D_t terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi butir-butir katalisator dibandingkan dengan pipa kosong yaitu : hw/h , telah diteliti oleh *Colburn's (Smith, Chemical Kinetics Engineering, hal 571)* yaitu:

D_p/D_t	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
hw/h	5,5	7,0	7,8	7,5	7,0	6,6

dipilih $D_p/D_t = 0,15$

dimana :

hw : koefisien perpindahan panas dalam pipaberisi katalis

h : koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

D_p : diameter katalisator

D_t : diameter *Tube*

Sehingga :

$$D_p/D_t = 0,15$$

$$D_p = 0,4543 \text{ cm}$$

$$D_t = \left(\frac{0,4543}{0,15} \right)$$

$$= 3,0289 \text{ cm}$$

$$= 1,1925 \text{ inch}$$

dari hasil perhitungan tersebut maka diambil ukuran pipa standar agar koefisien perpindahan panasnya baik. (*Kern*)

Dari tabel 11 *Kern, Process Heat Transfer*, hal 844 dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut:

nominal pipe side	= 1,25 inch
out side diameter	= 4.2164 cm
inside diameter	= 3.5052 cm
Flow Area per pipe	= 1.5 inch
surface per lin.ft	= 0,435 ft ² /ft
surface luar	= 0,362 ft ² /ft
sc number	= 40

9. Mencari UD (Design Overall Coefficient)

h_i untuk aliran *turbulen* dalam pipa dapat dihitung dengan rumus 6-2 *Kern, Process Heat Transfer*, hal 103 :

$$h_i = 0,027 \cdot \frac{k}{D} \cdot (RE)^{0,8} (PR)^{1/3}$$

$$RE = \frac{GT \cdot DP}{\mu_R} \quad ; \quad PR = \frac{C_{pm} \cdot \mu_R}{k}$$

dimana :

k: konduktivitas campuran gas, cal/j.m.k

$$k = \frac{\sum y_i \cdot k_i (Bmi)^{1/3}}{\sum y_i \cdot (Bmi)^{1/3}} \quad (\text{perry, 5-ed.3-249})$$

Keterangan :

B_{Mi} : berat molekul gas

y_i : fraksi mol

Re : bilangan *Reynold*

D_p : diameter partikel katalisator, cm

GT : kecepatan massa campuran gas, gr/jam²

μ_R : viskositas campuran gas, gr/dt.cm

C_p : kapasitas panas campuran gas, ml/g.mol. K

: Σ C_{pi}.y_i

p.p : viskositas pendingin, gr/dt.cm

K_p :konduktivitas pendingin, cal/j.m.K

ID : diameter dalam pipa,cm

Dari perhitungan sebelumnya untuk perbandingan D_p/D_t = 0,15 maka h_{iw}/h_i = 7,8. harga ini dari data hasil penelitian Colburn's (*Smith, Chemical Engineering Kinetics*, hal 511) sehingga:

h_i katalisator = 7,8 . h_i (tanpa katalisator)

Harga h_o dapat dihitung dengan persamaan :

$$h_o = 0,36 \frac{K_p}{D_e} (REs)^{0,55} (PRs)^{1/3}$$

dimana :

K_p : konduktivitas pendingin *Dowtherm A*. cal/j.m.⁰K

D_e : diameter *Shell*, cm

REs : bilangan *Reynolds* = DE.GS/VP

PRs : bilangan *Prandtl* = CPP.μp/Kp

$$De = \frac{4. (Ptc^2 - \pi. OD^2)/4}{\pi. OD}$$

$$Asi = \frac{ID. CL. B}{Ptc}$$

$$CL = Ptc - OD$$

$$B = 0,25 \times ID$$

$$Ptc = 1,25 \times OD$$

$$Gs = \frac{ms}{Asi}$$

Dimana :

CI : *Clearance* antar *Tube*, cm

B : *Baffle* spacing, cm

Asi: *Flow Area Shell*, cm²

ms : *Weight Flow* pendingin

Gs : Kecepatan massa dalam *Shell*. G/j.cm²

Ptc : *Pitch*

10. UC (Koefisien Overall pada Pipa Bersih)

$$UC = \frac{hio \times ho}{hio + ho}, \text{ cal / j.}^{\circ} \text{ K.cm}^2$$

$$\text{dengan } hio = \frac{hi \times ID}{OD}$$

11. Dirty factor/Fouling factor (Rd)

Dari Kern, *Process Heat Transfer*, hal 845 diperoleh

Untuk uap organik, Rd : 0,0005

Untuk cairan organik, $R_d : 0,001$

$$R_d \text{ total} = 0,0005 + 0,001 = 0,0015 \text{ ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{Btu}$$

$$= 0,00307 \text{ J cm}^2 \text{ } ^\circ\text{K}/\text{cal}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} UD &= \frac{UC}{R_d(UC+1)}, \text{ cal/jcm}^2 \text{ K} \\ &= 1 / (0,00307 + 1) \\ &= 0,9969 \text{ cal/jcm}^2 \text{ K} \end{aligned}$$

12. Menghitung Jumlah Pipa

Dari fig 2.22 Brown "Unit Operation" hal 213 berdasarkan perbandingan

$$D_p/D_t \text{ didapat porositas } (E) = 0,36$$

$$\text{Faktor Sphericity } (Y) = \frac{\text{luas permukaan bola dengan volume partikel}}{\text{luas permukaan partikel}}$$

$$Y = \frac{\pi \cdot D_p^2}{\left[\pi \cdot D \cdot L + 2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right) \right]}$$

$$= \frac{3,14 \cdot (0,4543^2)}{\left[3,14 \cdot 0,3969 \cdot 0,3969 + 2 \cdot \left(\frac{3,14}{4} \right) (0,3969)^2 \right]}$$

$$= 0,7698$$

dari fig 219 Brown hal 211 didapat $F_{RE} = 50,8$

maka :

$$Re = \frac{F_{RE} \cdot G_T \cdot DP}{\mu}, \mu \text{ camp} = 1,72 \cdot 10^{-4} \text{ gr/dt.cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang pipa (Ao)} &= \frac{\pi}{4} \cdot \text{ID}^2 \\ &= 3,14/4(3.5052)^2 = 9.6448 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Re} = 3100 \rightarrow \text{aliran turbulen (Re} \gg \gg \gg \gg)$$

$$\begin{aligned} \text{GT} &= (3100 \times \mu) / \text{Dp} \\ &= 3100 \times (0,000181 / 3.5052) = 0,1597 \text{ gr/dt.cm}^2 \end{aligned}$$

Kecepatan umpan gas (G)

$$\text{G} = \frac{17422,5484 \times 1000}{3600} = 4.839,5968 \text{ gr/dt}$$

$$\begin{aligned} \text{At} &= \text{G/Gt} \\ &= 4.839,5968 / 0,1597 = 30.296,8395 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah pipa *maximum*

$$\text{Nt}_{\text{max}} = \text{At/Ao} = 30.296,8395/9.6448 = 3141,2468 \approx 3142 \text{ pipa}$$

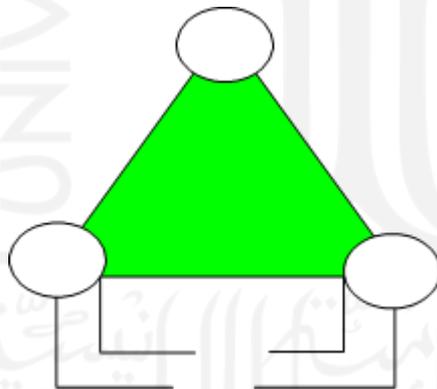
z (m)	x	T (K)	Ts (K)	$\int \Delta C_p \cdot dT$ (j/mol), reaksi 1	(-ΔHR)	P (atm)
0	0	546,0000	423,0000	14864,6033	226605,3967	68,000000
0,1000	0,1172	546,0056	443,3516	14864,9989	226605,0011	68,000003
0,2000	0,2207	546,0125	459,8885	14865,4863	226604,5137	68,000005
0,3000	0,3121	546,0199	473,4712	14866,0093	226603,9907	68,000008
0,4000	0,3927	546,0273	484,7190	14866,5361	226603,4639	68,000010
0,5000	0,4640	546,0346	494,0926	14867,0484	226602,9516	68,000013
0,6000	0,5268	546,0415	501,9435	14867,5360	226602,4640	68,000015
0,7000	0,5823	546,0480	508,5458	14867,9938	226602,0062	68,000018
0,8000	0,6314	546,0540	514,1162	14868,4192	226601,5808	68,000020
0,9000	0,6746	546,0596	518,8287	14868,8120	226601,1880	68,000023
1,0000	0,7128	546,0647	522,8244	14869,1726	226600,8274	68,000026
1,1000	0,7465	546,0693	526,2185	14869,5024	226600,4976	68,000028
1,2000	0,7763	546,0736	529,1060	14869,8031	226600,1969	68,000031

1,3000	0,8025	546,0774	531,5658	14870,0765	226599,9235	68,000033
1,4000	0,8257	546,0810	533,6636	14870,3245	226599,6755	68,000036
1,5000	0,8462	546,0841	535,4542	14870,5492	226599,4508	68,000038
1,6000	0,8642	546,0870	536,9840	14870,7525	226599,2475	68,000041
1,7000	0,8802	546,0896	538,2916	14870,9360	226599,0640	68,000043
1,8000	0,8943	546,0919	539,4101	14871,1015	226598,8985	68,000046
1,9000	0,9067	546,0941	540,3673	14871,2507	226598,7493	68,000049
2,0000	0,9176	546,0960	541,1867	14871,3850	226598,6150	68,000051
2,1000	0,9273	546,0977	541,8886	14871,5058	226598,4942	68,000054
2,2000	0,9358	546,0992	542,4898	14871,6144	226598,3856	68,000056
2,3000	0,9434	546,1006	543,0050	14871,7119	226598,2881	68,000059
2,4000	0,9500	546,1018	543,4466	14871,7994	226598,2006	68,000061
2,5000	0,9559	546,1029	543,8252	14871,8779	226598,1221	68,000064
2,6000	0,9611	546,1039	544,1498	14871,9482	226598,0518	68,000066
2,7000	0,9657	546,1048	544,4282	14872,0112	226597,9888	68,000069
2,8000	0,9697	546,1056	544,6670	14872,0676	226597,9324	68,000071
2,9000	0,9733	546,1063	544,8719	14872,1181	226597,8819	68,000074
3,0000	0,9764	546,1070	545,0476	14872,1632	226597,8368	68,000077
3,1000	0,9792	546,1075	545,1984	14872,2036	226597,7964	68,000079
3,2000	0,9816	546,1080	545,3277	14872,2396	226597,7604	68,000082
3,3000	0,9838	546,1085	545,4388	14872,2718	226597,7282	68,000084
3,4000	0,9857	546,1089	545,5340	14872,3006	226597,6994	68,000087
3,5000	0,9874	546,1093	545,6158	14872,3262	226597,6738	68,000089
3,6000	0,9888	546,1096	545,6860	14872,3491	226597,6509	68,000092
3,7000	0,9902	546,1099	545,7462	14872,3695	226597,6305	68,000094
3,8000	0,9913	546,1101	545,7980	14872,3876	226597,6124	68,000097
3,9000	0,9923	546,1104	545,8424	14872,4038	226597,5962	68,000100
4,0000	0,9932	546,1106	545,8805	14872,4183	226597,5817	68,000102
4,1000	0,9940	546,1108	545,9132	14872,4311	226597,5689	68,000105
4,2000	0,9947	546,1109	545,9413	14872,4425	226597,5575	68,000107
4,3000	0,9954	546,1111	545,9654	14872,4527	226597,5473	68,000110
4,4000	0,9959	546,1112	545,9861	14872,4618	226597,5382	68,000112
4,5000	0,9964	546,1113	546,0039	14872,4698	226597,5302	68,000115
4,6000	0,9968	546,1114	546,0192	14872,4770	226597,5230	68,000117
4,7000	0,9972	546,1115	546,0323	14872,4833	226597,5167	68,000120
4,8000	0,9975	546,1116	546,0435	14872,4890	226597,5110	68,000123
4,9000	0,9978	546,1116	546,0532	14872,4940	226597,5060	68,000125
5,0000	0,9981	546,1117	546,0615	14872,4985	226597,5015	68,000128
5,1000	0,9983	546,1118	546,0687	14872,5024	226597,4976	68,000130

5,2000	0,9985	546,1118	546,0748	14872,5060	226597,4940	68,000133
5,3000	0,9987	546,1119	546,0800	14872,5091	226597,4909	68,000135
5,4000	0,9988	546,1119	546,0846	14872,5119	226597,4881	68,000138
5,5000	0,9990	546,1119	546,0885	14872,5143	226597,4857	68,000140
5,6000	0,9991	546,1120	546,0918	14872,5165	226597,4835	68,000143
5,7000	0,9992	546,1120	546,0947	14872,5184	226597,4816	68,000146
5,8000	0,9993	546,1120	546,0971	14872,5202	226597,4798	68,000148
5,9000	0,9994	546,1120	546,0992	14872,5217	226597,4783	68,000151
6,0000	0,9994	546,1121	546,1011	14872,5230	226597,4770	68,000153
6,1000	0,9995	546,1121	546,1026	14872,5242	226597,4758	68,000156
6,2000	0,9996	546,1121	546,1040	14872,5253	226597,4747	68,000158
6,3000	0,9996	546,1121	546,1051	14872,5262	226597,4738	68,000161
6,4000	0,9997	546,1121	546,1061	14872,5271	226597,4729	68,000163
6,5000	0,9997	546,1121	546,1070	14872,5278	226597,4722	68,000166
6,6000	0,9997	546,1121	546,1077	14872,5285	226597,4715	68,000169

SPEKIFIKASI REAKTOR

1. Spefikasi *Tube*:



Susunan pipa : *Triangular Pitch*

Nominal Pipe Size (IPS) : 1 1/2 in

Outside Diameter(OD) : 1,5 in

Inside Diameter(ID) : 1.370 in

Sch No 40

Surface per lin ft

Inside : 0,393 ft²/ft

Outside : 0,359 ft²/ft

Pitch : 2.075 in

Clearance : 0.4150 in

2. Menghitung Tebal *Shell*

Dipilih material *Stainless Steel SA - 316 Grade C* karena cocok untuk tekanan

tinggi. (table 13.1 *Brownell 'n Young*)

Tekanan desain reaktor

P = 68 atm

Allowable Stress (S) = 17500 psi

Efisiensi sambungan (e) = 0,85 (double welded butt join)

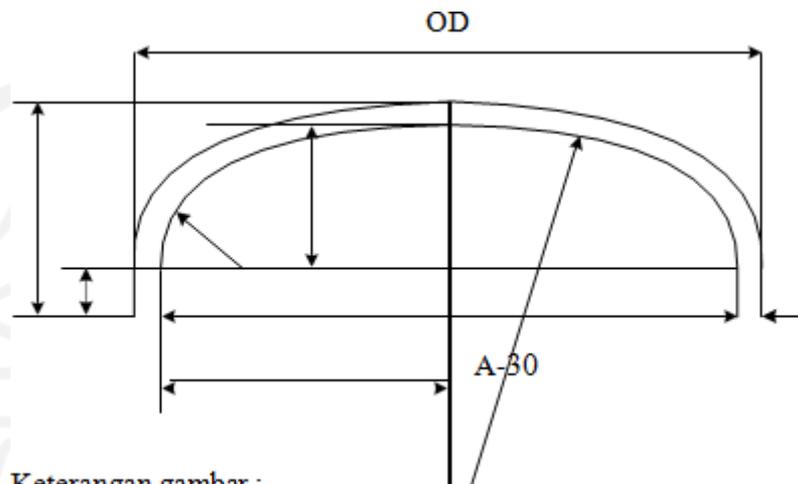
Faktor korosi (C) = 0,125 *inch*

Jari-jari tangki (ri) = 38,52935 *inch*

$$\begin{aligned} T_{shell} &= \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 P} + C \\ &= \frac{68 \times 38,52935}{17500 \times 0,85 - 0,6 \times 68} + 0,125 \\ &= 3,3900 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dipakai tebal *Shell* standar 5/8 *inch*

2. Menghitung Tebal Head



Keterangan gambar :

- ID = diameter dalam Head
- OD = diameter luar Head
- a = jari-jari dalam Head
- t = tebal Head
- r = jari-jari luar dish
- icr = jari-jari dalam sudut
- b = tinggi Head
- sf = straight flange
- OA = tinggi total Head

Bentuk Head Eliptical, *Dished Head 2 : 1(Elipzoidal)* karena cocok tekanan tinggi. Digunakan bahan *Stainless Steel SA-316 Grade C*

Tekanan reaktor (P) : 1199.5200 psi

Allowable Sambungan (e) : 0,85 (*double welded butt joint*)

Faktor Korosi (C) : 0,125 inch

Jari-jari Tangki (ri) : 38,52935 inch

$$\begin{aligned} \text{Tebal Head} &: \frac{P \cdot ID_s}{2f \cdot E - 0,2P} + C \\ &= \frac{68 \text{ atm} \times 38,52935}{2 \times 15000 \times 0,8 - 0,2 \times 68 \text{ atm}} + 0,125 \\ &= 0,9420 \text{ inch} \end{aligned}$$

Dipakai tebal *Head* standar 1 inch

4. Menentukan Tinggi Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor} &= \text{panjang Tube} + 2 \text{ tinggi Head} \\ &= 259,8427 + (2 \times 21,6774) \text{ in} \\ &= 7,1506 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Menghitung Ukuran Pipa

a. Pipa pemasukan umpan reaktor

Bahan *Carbon Steel*

$$\begin{aligned} \text{Di} &= 293 (G)^{0,53} \cdot \rho v^{-0,37} \\ &= 293 (4,8369)^{0,53} \cdot 12,1634^{-0,37} \\ &= 10,5563 \end{aligned}$$

Jadi digunakan pipa dengan ukuran = 12 in

b. Pipa Pengeluaran Hasil Reaktor

Bahan *Carbon Steel*

$$\begin{aligned} Di &= 293 (G)^{0,53} \cdot \rho v^{-0,37} \\ &= 293 (5,5373)^{0,45} \cdot 46,8205^{-0,37} \\ &= 6,8852 \text{ in} \end{aligned}$$

Jadi digunakan pipa dengan ukuran = 8 in

6. Spesifikasi *Baffle*

Jenis : Segmental *Baffle*
Baffle Space : 0,75 x diameter *Shell*
: 0,75 x 77,0587 in = 57,794 in
Jumlah *Baffle* : Panjang katalis/*Baffle space*
: 370,4724 in / 57,794 in = 6,41

Dipilih jumlah *Baffle* : 7

7. Volume Reaktor

a. Volume *Head*

$$\begin{aligned} V_h &= 0,000049 \cdot D_{Shell}^3 \\ &= 0,000049 \times (77,0587 \text{ in})^3 \\ &= 22,4213 \text{ in}^3 = 0,000367 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Volume Badan Reaktor

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{\pi \cdot D_{Shell}^2 \cdot L}{4} \\ &= \frac{3,14}{4} \times (77,0587 \text{ in})^2 \times 259,8427 \text{ in} \\ &= 1.211.220,60 \text{ in}^3 = 19,8484 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Volume Total Reaktor

$$V = V_h + V_b$$

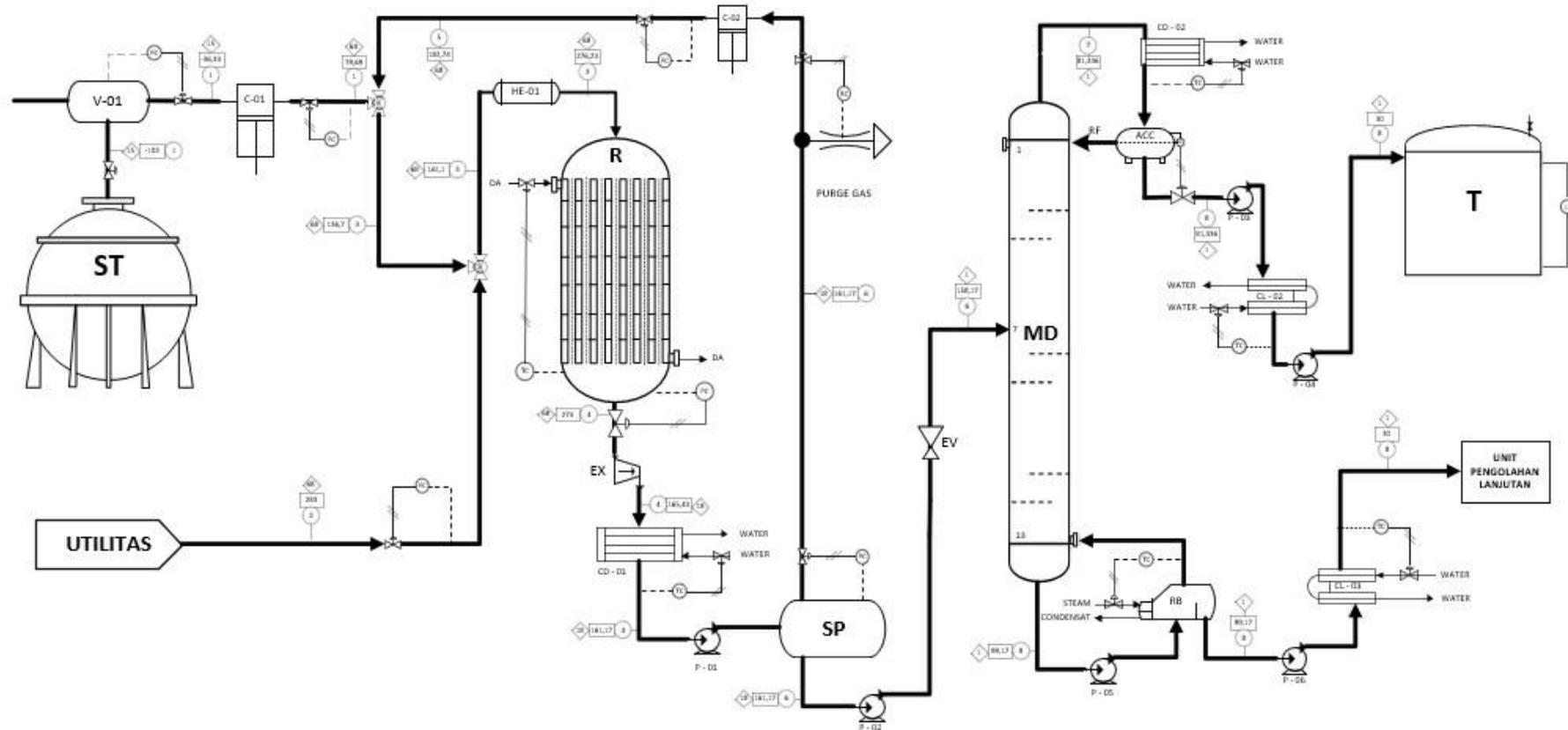
$$= (0,000367 + 19,8484) \text{ m}^3$$

$$= 19,8488 \text{ m}^3$$



LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRARANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILEN DAN AIR
 DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN



KOMPONEN	Arus (kg/jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ETHYLENE (C ₂ H ₄)	5558.61		12386.30	9226.60	6827.69			
ETHANE (C ₂ H ₆)	98.92		380.47	380.47	281.55			
STEAM (H ₂ O)		4739.92	4739.92	2710.91		2710.91	202.02	2508.89
ETHANOL (C ₂ H ₆ O)				5188.71		5188.71	4848.48	340.22
TOTAL	5657.53	4739.92	17506.70	17506.70	7109.24	7899.62	5050.50	2849.11

Simbol	Keterangan	Alat	Keterangan
○	Nomer Arus	T	Tangki
○	Suhu	EX	Expander
◊	Tekanan	SP	Separator
⊞	Control Valve	C	Kompresor
⊞	Arus Sinyal Listrik	HE	Heat Exchanger
—	Arus Proses	R	Reaktor
—	Arus Utilitas	CD	Condensor
TC	Temperature Control	MD	Menara Distilasi
LI	Level Indicator	DA	Dowtherm A
FC	Flow Control	RB	Reboiler
RC	Rasio Control	ACC	Accumulator
DA	Dowtherm A	P	Pompa
●	Purge Gas	EV	Expansion Valve

JURUSAN TEKNIK BIMA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRARANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILEN DAN AIR
 KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Dikerjakan Oleh:
 1. Nurul Chafidza Taqiy Al Khurri 17521003
 2. Sajid Septa Ramadhani Sirna 17521000

Dosen Pembimbing:
 1. Ir. Daryono, M.Si, C.Tek, AT.
 2. Ariyati Zubiana, S.T, M.Eng.

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 Rekomendasi Penggunaan Pabrik Kantor Pusat Pabrik Kontak Darurat (24 jam) Informasi Tambahan	: Etilena : Bahan baku untuk bahan kimia dan petrokimia aplikasi, Produksi polietilena, etilen kopolimer, sintesis kimia dll : PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL Tbk (CAP) : Wisma Barito Pacific, Tower A, lantai 7, Jl. Lejend S. Pamam, Kav.62-63. Jakarta 11410, Indonesia. : Jl Raya Anyer Km.123, Ciwandan, Cilegon 42447, Indonesia Telp: 62-254-601501 : GROUPSHEDIVISION@capcx.com, Telp: 62-254-601829, 601501 Ext 1232 : GROUPEPRND@capcx.com, Telp: + 62-254-601501 Ext 1309, 1616
BAGIAN-2. IDENTIFIKASI BAHAYA	
Klasifikasi GHS Pernyataan Bahaya Piktogram (Simbol Bahaya) Kata Peringatan Tingkatan Bahaya NFPA Laporan Pencegahan	: Gas mudah terbakar: kategori 1 | gas didinginkan cair | Target toksikan dengan organ (sistem saraf pusat, efek narkotika): kategori 3. : 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 pernafasan | Dapat menyebabkan kanker | Dapat menyebabkan kerusakan genetik | 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. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div> : BAHAYA : Kesehatan = 1 Mudah terbakar = 4 Reaktivitas = 2 : Dapatkan petunjuk khusus sebelum digunakan | Jangan menangani sampai semua tindakan pencegahan keselamatan telah dibaca dan dipahami | Jauhkan dari panas/percikan api/lidah api/pemukaan 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.

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 pemapasan 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 (pemapasan 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 pemapasan 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 pemapasan. 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 periklan, 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 personel. Jangan mencoba untuk memadamkan kebocoran api gas kecuali sumber kebocoran dapat disolasi 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 personel 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 penyalaan 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-8. PENANGGULANGAN TUMPAHAN DAN KEBOCORAN

Tindakan Pribadi : Pakailah 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 : Pakailah 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, perikatan 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 portabel) 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 (dilus 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

Nama Komponen (No CAS)	Reference	TWA		STEL	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Etilena (74-85-1)	ACGIH	200	230	-	-

Ventilasi : Kendalikan konsentrasi udara di bawah pedoman pemaparan

Perlindungan Pemapasan : Bila pengontrolan teknis dan ventilasi tidak cukup untuk mencegah penumpukan aerosol atau uap dan / atau konsentrasi oksigen rendah, udara yang tepat alat bantu pemapasan 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 : Pakailah 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. Pakalan sintesis 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 kelas 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	Kelekatkan	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, perdikan, 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

Toksistas 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
Toksistas Dosis Terulang	: Etilena relatif tidak aktif secara biologis dan pada dasarnya tidak beracun; Oleh karena itu, bahaya utamanya adalah pengecuialan 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.
Toksistas 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 mengecuallikan pasokan yang cukup oksigen ke paru-paru menyebabkan pusing, bempapas lebih dalam karena kelaparan udara, mungkin mual dan akhirnya pingsan.

BAGIAN-12. INFORMASI EKOLOGI

Eko toksistas – Toksistas 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 potennya 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 Sejak 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 Paparan / 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 : KEMENAKER 187/Mer/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/MHND/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 di semua 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 perubahan 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 DUELASKAN 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.