

TA/TK/2020

**PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA
DENGAN PROSES HIDRASI KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN**

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



Disusun oleh:

Nama : Maulita Yuliasari

Nama : Muhammad Alif

NIM : 16521015

NIM : 16521016

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2020

**LEMBAR PERYANTAAAN KEASLIAN HASIL
TUGAS PRA RANCANGAN PABRIK**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Maulita Yuliasari	Nama : Muhammad Alif
NIM : 16521015	NIM : 16521016

Yogyakarta, 8 Oktober 2020

Dengan ini kami menyatakan bahwa hasil laporan tugas akhir Perancangan Pabrik ini adalah karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka kami siap memegang resiko dan konsekuensi apapun.

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



Maulita Yuliasari
NIM. 16521015



Muhammad Alif
NIM. 16521016

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA DENGAN
PROSES HIDRASI KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN

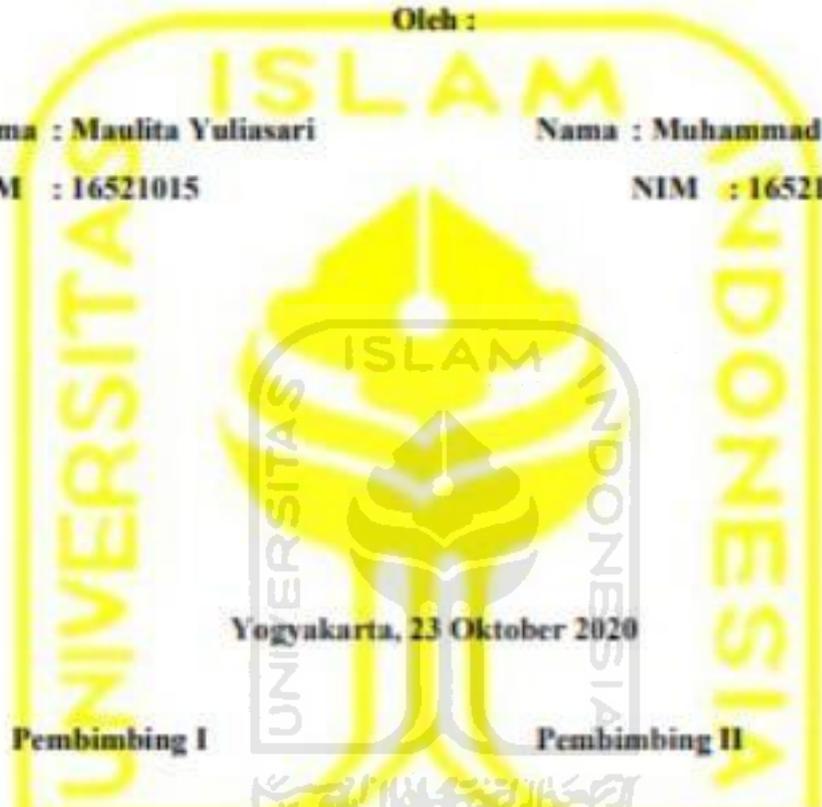
Oleh :

Nama : Maulita Yuliasari

Nama : Muhammad Alif

NIM : 16521015

NIM : 16521016



Pembimbing I

Pembimbing II

Agus Taufiq, Ir.,

NIP. 875210101

Ariany Zulkania, S.T., M. Eng

NIP. 055210503

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA
DENGAN PROSES HIDRASI KAPASITAS 70.000 TON/
TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Maulita Yuliasari

No. Mahasiswa 16521015

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu
Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, November 2020

Tim Penguji,

Ir. Agus Taufiq, M.Sc.

Ketua

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

Anggota I

Venitalitya Alethea S. A, S.T., M.Eng.

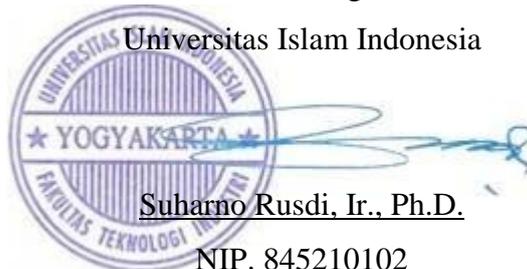
Anggota II

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia


Suharno Rusdi, Ir., Ph.D.
NIP. 845210102

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA
DENGAN PROSES HIDRASI KAPASITAS 70.000 TON/
TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Muhammad Alif

No. Mahasiswa 16521016

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu
Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, November 2020

Tim Penguji,

Ir. Agus Taufiq, M.Sc.

Ketua

6

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

Anggota I

Venitalitya Alethea S.A, S.T., M.Eng

Anggota II

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, Ir., Ph.D.

NIP. 845210102

LEMBAR MOTTO

Rahasia kesuksesan adalah mengetahui yang orang lain tidak ketahui.

(Aristotle Onassis)

Jangan pergi mengikuti kemana jalan akan berujung. Buat jalan mu sendiri dan tinggalkanlah jejak.

(Ralph Waldo Emerson)

Bencana akibat kebodohan adalah sebesar-besarnya musibah serang manusia.

(Imam Al-Ghazali)

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.

(Al-Baqarah 286)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah, rahmat dan karunianya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Teknik Kimia dengan judul Pra Rancangan Pabrik Etanol dari Etilena dengan Proses Hidrasi ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi agung kita, Nabi Muhammad SAW, beserta sahabat dan juga para pengikutnya.

Tugas Akhir Perancangan Pabrik Teknik Kimia dengan judul Pra Rancangan Pabrik Etanol dari Etilena dengan Proses Hidrasi Kapasitas 70.000 Ton/Tahun ini, disusun sebagai penerapan dari ilmu yang telah diperoleh saat mempelajari ilmu teknik kimia di bangku kuliah dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam menulis laporan Tugas Akhir Teknik Kimia ini, tentunya ada pihak-pihak yang telah membantu sehingga laporan ini dapat disusun secara lancar. Oleh karenanya, kami sebagai penyusun ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah berperan besar atas segala keridhoan-Nya dalam memperlancar penyusunan Tugas Akhir Teknik Kimia ini.

2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dorongan dan motivasi agar dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik dan lancar.

3. Bapak Agus Taufiq selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan juga pengarahan selama menyusun Laporan Tugas Akhir Teknik Kimia ini.

4. Bu Ariany Zulkania selaku Dosen Pembimbing II yang selalu membimbing dan memberi pengarahan dalam menyusun Laporan Tugas Akhir ini.

5. Teman-teman semua yang senantiasa memberi semangat, motivasi, membagi ilmu, serta mendoakan kami.

6. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang juga telah berperan dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir Teknik Kimia ini.

Kami menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karenanya, kami membutuhkan dan menerima segala kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir Teknik Kimia ini. Akhir kata, semoga laporan ini dapat menjadi salah satu sumber ilmu bagi pembaca sekalian.

Waassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 21 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERYANTAAAN KEASLIAN HASIL.....	ii
TUGAS PRA RANCANGAN PABRIK.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	v
LEMBAR MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tinjauan Pustaka.....	6
BAB II PERANCANGAN PRODUK	14
2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	14
2.2 Pengendalian Kualitas.....	14
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	15
2.2.2 Pengendalian Proses Produksi	15
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk.....	17
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	18
3.1 Uraian Proses	18
3.1.1 Persiapan Bahan Baku	18
3.1.2 Pembuatan Etanol	18

3.1.3 Tahap pemisahan	19
3.2 Spesifikasi Alat	21
3.2.1 Reaktor (R-01)	21
3.2.2 Absorber (ABS-01).....	21
3.2.3 Menara Distilasi (MD-01)	22
3.2.5 Kompresor 1 (C-01).....	24
3.2.6 Kompresor 2 (C-02).....	25
3.2.7 Heat Exchanger 1 (HE-01)	25
3.2.8 Heat Exchanger 2 (HE-02)	26
3.2.9 Heat Exchanger 3 (HE-03)	28
3.2.10 Akumulator (AC-01)	29
3.2.11 Cooler 1 (CL-01)	30
3.2.12 Cooler 2 (CL-02)	30
3.2.13 Tangki Penyimpanan (T-02).....	31
3.2.14 Pompa	32
3.2.15 Reboiler (RB-01)	33
3.3 Perencanaan Produksi	33
3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku	33
3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses	34
BAB IV PERANCANGAN PROSES.....	35
4.1 Lokasi Pabrik	35
4.2 Tata Letak Pabrik	38
4.3 Tata Letak Alat Proses	42
4.4 Aliran Proses dan Material.....	44
4.4.1 Neraca Massa.....	44
4.4.2 Neraca Panas.....	46

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)	50
4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)	50
4.6 Organisasi Perusahaan	67
BAB V PENUTUP	106
5.1 Kesimpulan	106
5.2 Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108
.....	108
LAMPIRAN	110



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kebutuhan Impor Etanol di Indonesia.....	3
Tabel 1.2 Kebutuhan Ekspor Etanol.....	4
Tabel 1.3 Kebutuhan Konsumsi Etanol.....	5
Tabel 1.4 Pabrik Etanol di Indonesia.....	6
Tabel 4. 1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik.....	41
Tabel 4.2 Neraca Massa Total	44
Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor-01 (R-01)	44
Tabel 4.4 Neraca Massa Absorber-01 (ABS-01).....	45
Tabel 4.5 Neraca Massa Menara Distilasi-01 (MD-01)	45
Tabel 4.6 Neraca Panas Reaktor-01 (R-01).....	46
Tabel 4.7 Neraca Panas Absorber-01 (ABS-01).....	46
Tabel 4.8 Neraca Panas Heat Exchanger-01 (HE-01)	46
Tabel 4.9 Neraca Panas Heat Exchanger-02 (HE-02)	46
Tabel 4.10 Neraca Panas Heat Exchanger-03 (HE-03)	47
Tabel 4.11 Neraca Panas Cooler-01 (CL-01)	47
Tabel 4.12 Neraca Panas Cooler-02 (CL-02)	47
Tabel 4.13 Jumlah Kebutuhan Air Proses	51
Tabel 4.14 Jumlah Kebutuhan Air Pendingin.....	52
Tabel 4.15 Jumlah Kebutuhan Umpan Steam	53
Tabel 4.16 Jumlah Kebutuhan Air Domestik	53
Tabel 4.17 Jumlah Kebutuhan Air.....	54
Tabel 4.18 Jabatan dan Prasyarat.....	79
Tabel 4. 19 Gaji Karyawan	82
Tabel 4.20 Indeks Harga.....	88
Tabel 4.21 Physical Plant Cost (PPC)	92
Tabel 4.22 Direct Plant Cost (DPC)	92
Tabel 4.23 Fixed Capital Investment.....	93
Tabel 4.24 Working Capital Investment.....	93
Tabel 4.25 Direct Manufacturing Cost	95
Tabel 4.26 Indirect Manufacturing Cost.....	96

Tabel 4.27 Fixed Manufacturing Cost	96
Tabel 4.28 Manufacturing Cost	97
Tabel 4.29 General Expense	97
Tabel 4.30 Total Production Cost	98
Tabel 4.31 Fixed Cost	101
Tabel 4.32 Variable Cost	101
Tabel 4.33 Regulated Cost	101
Tabel 4.34 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi	104



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Pendekatan Impor Etanol	3
Gambar 1.2 Grafik Pendekatan Ekspor Etanol.....	4
Gambar 1.3 Grafik Pendekatan Konsumsi Etanol.....	5
Gambar 4.1 Lokasi Pabrik	35
Gambar 4. 2 Layout Pabrik Etanol	40
Gambar 4. 3 Layout Alat Proses.....	43



ABSTRAK

Etanol merupakan senyawa kimia dengan rumus C_2H_5OH . Etanol sering digunakan sebagai pelarut organik dan juga bahan baku dasar dalam industri pewarna, kosmetik, bahan bakar dan obat sintetis. Pabrik Etanol dari Etilena ini direncanakan akan didirikan di Cilegon, Banten, Jawa Barat dan beroperasi selama 330 hari selama satu tahun dengan kapasitas 70.000 ton/ tahun. Bahan baku utama sebanyak 70.080 ton/tahun. Proses utama yang digunakan dalam produksi adalah proses hidrasi menggunakan katalis H_3PO_4 (Asam Fosfat). Proses hidrasi menggunakan reactor fix bed yang dioperasikan pada suhu 300^a dan tekanan 15 atm. Sebagai unit pendukung, unit utilitas menghasilkan uap pemanas sebanyak 7.105,89 .kg/jam, jumlah listrik yang dibutuhkan sebanyak 194,5747 KW dan air sebanyak 84.691,741 kg/jam. Perancangan pabrik Etanol ini dinyatakan layak untuk didirikan, hal ini dapat dibuktikan dengan hasil perhitungan evaluasi ekonomi dengan didapatkan persentase Return On Investment (ROI) sebelum pajak 39,34 % dan Return On Investment (ROI) setelah pajak 27,53 %, Pay Out Time (POT) sebelum pajak 2 tahun dan Pay Out Time (POT) setelah pajak 2,6 tahun, Break Event Point (BEP) sebesar 42,9 %, Shut Down Point (SDP) sebesar 25,59 % dan Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) sebesar 25,5 %.

Kata Kunci : Etanol, Hidrasi, Katalis

ABSTRACT

Ethanol is a chemical compound of C_2H_5OH . Ethanol has mostly been used as an organic solvent, cosmetic, fuel, and synthesis drugs. The Ethanol plant from ethylene is planned to be established in Cilegon, Banten, Weast Java and operates for 330 days for one year with 70,000 Ton/ Year of capacity. The main raw materials are 70,080 Ton/Year. The main process that is used in the production is hydration process with catalyst of H_3PO_4 (Phosphoric Acid). The hydration process uses a fixed bed reactor operates at $300\text{ }^\circ\text{C}$ and 1 atm. As a supporting unit, the utility unit produces 7.105,89 kg/jam of heating steam, the amount of electricity needed is 194.5747 kW and 84,691.741 kg/jam of water. The design of this ethanol plant is considered feasible to build, this can be proved by the result of economic evaluation calculations by obtaining the percentage of Return On Investment (ROI) before tax of 39.34% and Return On Investment (ROI) after tax of 27.53%, Pay Out Time (POT) before tax is 2 years and after tax is 2.6 years, Break Event Point (BEP) of 42.9%, Shut Down Point (SDP) of 25.59% and the last is Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) of 25.5%.

Keywords : Catalyst, Ethnol, Hydration.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki jumlah penduduk yang banyak. Bahkan, Indonesia menduduki peringkat ke-4 di dunia dalam jumlah penduduk. Dalam kehidupan sehari-hari, tidak akan lepas dari penggunaan etanol. Baik itu dalam bidang medis, kebutuhan bahan bakar, sampai dengan penggunaan dalam rumah tangga. Banyaknya kebutuhan etanol untuk keberlangsungan masyarakat sehari-hari, menjadikan kita untuk memproduksi etanol lebih banyak lagi, karena negara ini belum bisa memproduksi etanol sesuai jumlah kebutuhan masyarakat sehari-hari. Dengan kurangnya jumlah etanol di negeri ini, mengharuskan kita untuk mengimpor etanol dari negara lain. Hal ini membuat perekonomian Indonesia menjadi berdampak karena adanya permainan ekonomi dari negara-negara dengan industri yang kuat jika kita terus mengandalkan negara lain dalam memenuhi kebutuhan etanol di negara sendiri. Negara harus mengikuti pergerakan harga dollar yang dapat berubah sewaktu-waktu dan mempengaruhi harga pembelian dan penjualan etanol. Adanya isu politik dan krisis yang terjadi di negara lain akan mempengaruhi harga dan itu akan sangat berdampak kepada perekonomian Indonesia.

Jika Indonesia mampu memproduksi sendiri sebagian besar produk-produk untuk kebutuhan utama, termasuk produk-produk

industri, maka itu dapat meningkatkan kekuatan ekonomi Indonesia. Penggunaan etanol di Indonesia sangatlah banyak, salah satu bidang yang banyak menggunakan etanol adalah dalam industri kosmetik dan farmasi yang menggunakan etanol sebagai bahan pelarut. Selain itu, etanol berguna sebagai bahan disinfektan untuk peralatan kedokteran juga rumah sakit. Sehingga, perlu adanya pertimbangan untuk mendirikan pabrik etanol di Indonesia. Maka, dibangunnya pabrik etanol di Indonesia diharapkan dapat memberi keuntungan sebagai berikut :

1. Bisa mencukupi kebutuhan yang ada di dalam negeri dan mengurangi impor, sehingga dapat mengurangi devisa negara.
2. Memberikan peluang untuk mendirikan industri yang menggunakan etanol sebagai bahan baku.
3. Menciptakan lapangan kerja sehingga lebih banyak orang yang bekerja dan mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan di negeri ini.
4. Menumbuhkan perkembangan ekonomi negara.
5. Meningkatkan ekspor etanol ke luar negeri.

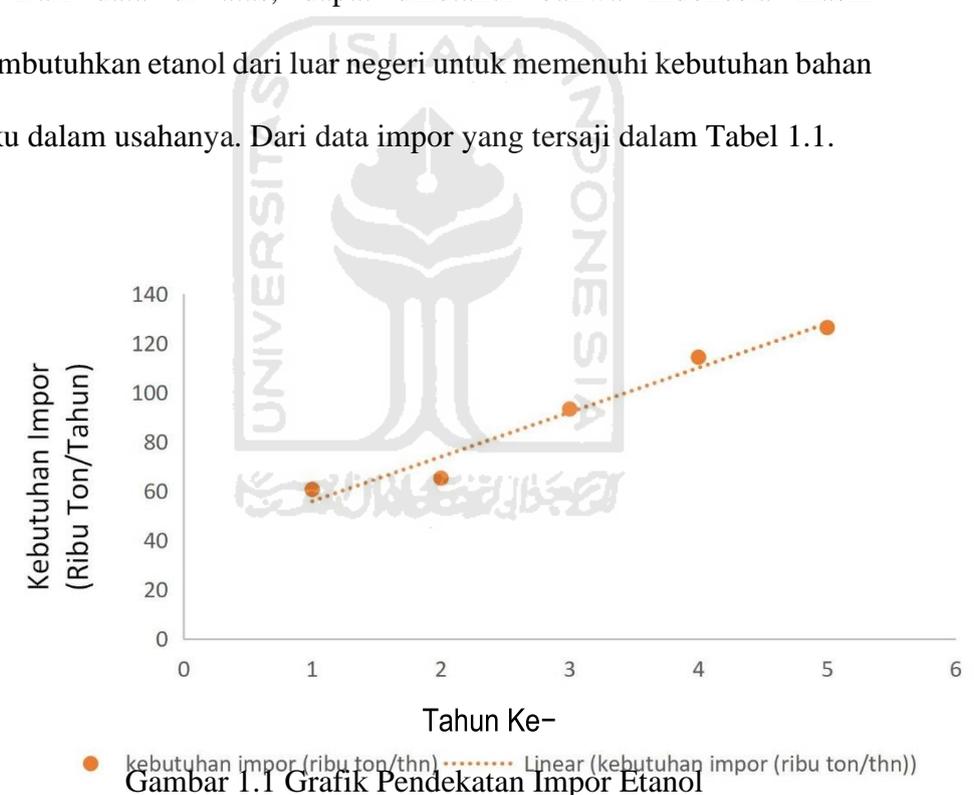
Kebutuhan etanol di Indonesia selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Berikut ini merupakan kebutuhan ekspor, impor, konsumsi dan pabrik produksi etanol di Indonesia.

Tabel 1.1 Kebutuhan Impor Etanol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)
2014	60.592
2015	65.177
2016	93.241
2017	114.248
2018	126.272

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018

Dari data di atas, dapat diketahui bahwa Indonesia masih membutuhkan etanol dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam usahanya. Dari data impor yang tersaji dalam Tabel 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Pendekatan Impor Etanol

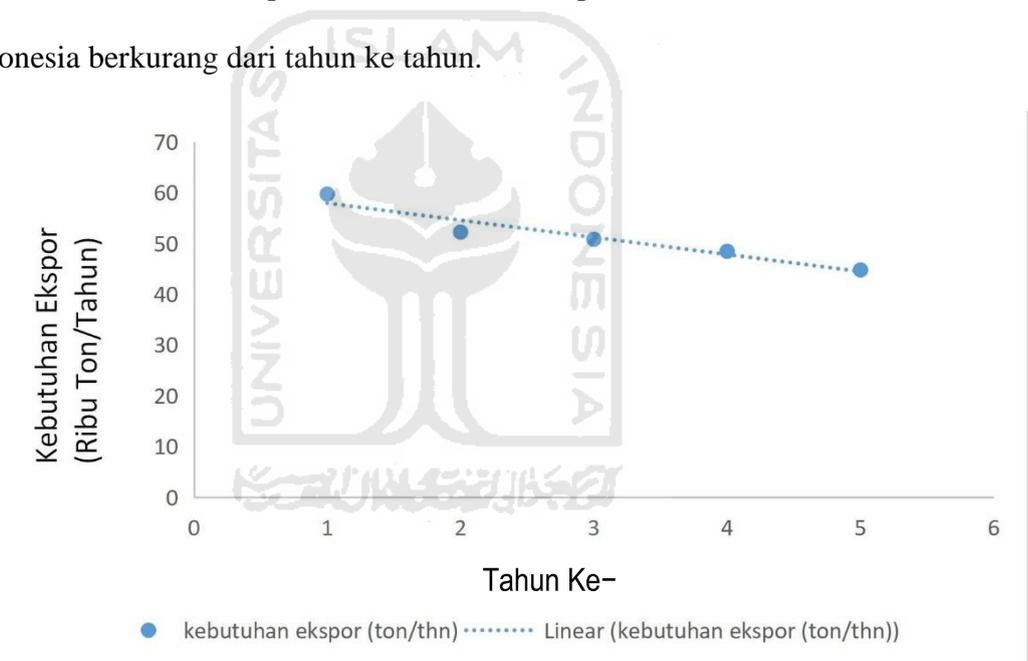
Dari grafik tersebut didapatkan persamaan garis $y = 18,043x - 36283$. dengan persamaan garis tersebut, diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan etanol di Indonesia sebesar 254.290 ton/tahun.

Tabel 1.2 Kebutuhan Ekspor Etanol

Tahun	Kebutuhan Ekspor (ton/tahun)
2014	44.778
2015	48.462
2016	50.829
2017	52.231
2018	59.726

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018

Dari data di atas, dapat diketahui bahwa ekspor etanol di Indonesia berkurang dari tahun ke tahun.



Gambar 1.2 Grafik Pendekatan Ekspor Etanol

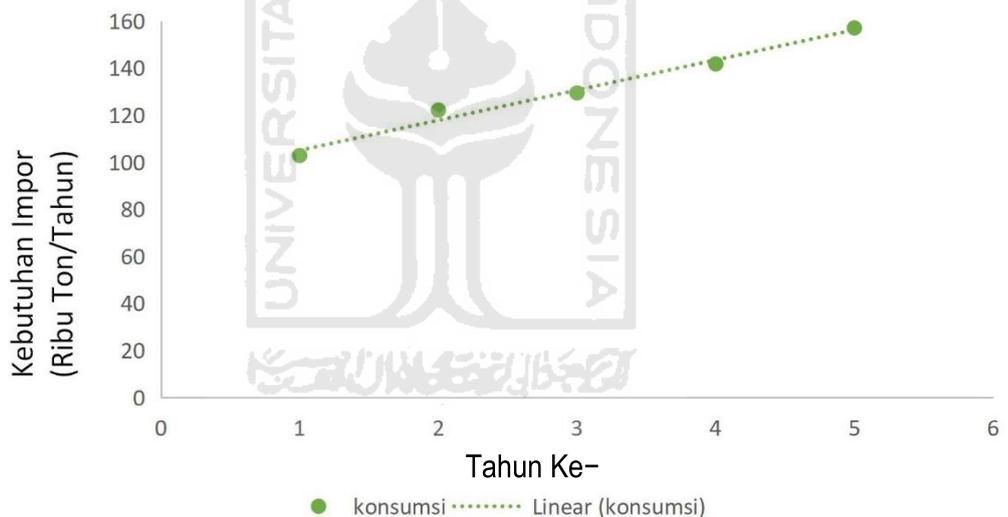
Dari data ekspor di atas didapatkan juga nilai proyeksi ekspor pada tahun 2025 dengan persamaan linier $y = -3,3665x + 6838,1$. berdasarkan data tersebut, proyeksi nilai ekspor pada tahun 2025 yaitu sebesar 20.907 ton/tahun.

Tabel 1.3 Kebutuhan Konsumsi Etanol

Tahun	Kebutuhan Konsumsi (Ton/Tahun)
2013	102.844
2014	122.151
2015	129.458
2016	141.766
2017	157.073

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa konsumsi etanol di Indonesia bertambah dari tahun ke tahun.



Gambar 1.3 Grafik Pendekatan Konsumsi Etanol

Perkiraan konsumsi etanol di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 12,807x - 25676$. dengan persamaan tersebut diperkirakan untuk tahun 2025 kebutuhan konsumsi etanol di Indonesia sebesar 258.730 ton/tahun.

Tabel 1.4 Pabrik Etanol di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	PT. Indonesia Ethanol Industry	Lampung	35.000
2.	PT. Molindo Raya Industrial	Jawa Timur	80.000
3.	PT. Bukit Manikam Subur Persada	Lampung	40.000

Berdasarkan data di atas, maka pabrik etanol pada tahun 2025 dengan kapasitas 70.000 ton/tahun, hasil tersebut diambil dari 80% peluang keseluruhan. Memutuskan kapasitas pabrik diambil berdasar rumus peluang, yaitu selisih demand dan suplai, dimana demand terdiri atas jumlah konsumsi dan ekspor, kemudian suplai tersusun atas jumlah konsumsi dan impor. Data yang digunakan bersumber dari pengandaian seluruh data pada tahun 2025 menggunakan rumus linear $y = a + b$. Kemudian dilanjut dengan perhitungan peluang menggunakan data $(369.290 - 279.637) = 89.653$ ton/tahun. Dengan membandingkan produk dari pabrik di dalam negeri, 70.000 ton/tahun layak untuk beroperasi.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Etilena

Etilena (Nama IUPAC : Ethene) yang memiliki rumus C_2H_4 , merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang pada suhu kamar berbentuk gas. Etilena dapat dihasilkan oleh jaringan tanaman hidup pada waktu-waktu tertentu.

Etilena memiliki peranan penting pada fisiologi pasca panen produk hortikultura. Etilena dapat menguntungkan ketika meningkatkan kualitas buah dan sayuran melalui pematangan sebelum dipasarkan, tetapi etilena memberi efek merugikan dengan meningkatkan laju senesen. Etilena bisa melenyapkan warna hijau pada buah mentah dan sayuran daun, mempercepat pematangan buah selama penanganan pasca panen dan penyimpanan, serta mempersingkat masa simpan dan mempengaruhi kualitas buah, bunga dan sayur setelah panen (Winarno dan Wirakartakusumah, 1981).

1.2.2 Etanol

Etanol, atau disebut juga etil alkohol, merupakan sejenis cairan yang gampang menguap, gampang terbakar, tidak memiliki warna, dan merupakan alkohol yang paling kerap digunakan pada kehidupan manusia sehari-hari. Senyawa ini merupakan obat psikoaktif dan bisa ditemukan pada minuman beralkohol dan termometer modern. Etanol merupakan salah satu obat rekreasi yang paling tua.

Etanol merupakan alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O . Etanol merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter. Etanol kerap disingkat menjadi EtOH, dengan "Et" merupakan singkatan dari gugus etil (C_2H_5).

Fermentasi gula jadi etanol adalah salah satu reaksi organik paling awal yang pernah dilakukan manusia. Efek dari mengkonsumsi etanol yang dapat memabukkan juga sudah diketahui sejak dahulu. Pada zaman modern, etanol untuk industri sering diproduksi dari bahan baku etilena.

Etanol sering dipakai untuk pelarut dari macam-macam bahan kimia yang ditujukan untuk konsumsi dan kegunaan harian manusia. Contohnya pada parfum, pewarna makanan, perasa, dan obat-obatan. Dalam ilmu kimia, etanol merupakan pelarut yang penting dan juga sebagai stok umpan untuk sintesis senyawa kimia lain. Dalam sejarahnya, etanol digunakan untuk bahan bakar sejak dahulu.

1.2.3 Katalis

Katalis merupakan sebuah senyawa kimia yang membuat reaksi jadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi pada akhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam menurunkan energi aktivasi.

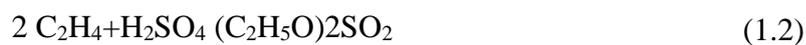
Dalam menurunkan energi aktivasi, energi minimum yang diperlukan untuk terjadinya tumbukan berkurang sehingga terjadinya reaksi berjalan cepat. Katalis pada umumnya memiliki sifat berikut : aktivasi, stabilitas, umur, kekuatan mekanik, regenerasi dan selektivitas. Secara umum, katalis memiliki 2

fungsi yaitu mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas dan meningkatkan hasil reaksi yang dimau atau fungsi selektivitas.

Katalis dapat mempercepat laju reaksi kimia yang secara termodinamika dapat berlangsung. Hal ini karena kemampuan mengadakan interaksi dengan paling sedikit satu molekul reaktan untuk menghasilkan senyawa antara yang lebih aktif. Interaksi ini bakal meningkatkan ketepatan orientasi tumbukan, meningkatkan konsentrasi akibat lokalisasi reaktan, yang kemudian meningkatkan jumlah tumbukan dan membuka alur reaksi dengan energi pengaktifan yang lebih rendah.

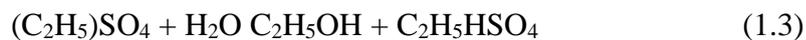
1.2.4 Reaksi Hidrasi Tidak Langsung

Reaksi proses pembuatan ethanol 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 H₂SO₄ menjadi 40 - 55 %.

Langkah ini dilakukan untuk mengurangi reaksi samping:



Ethanol yang terbentuk dipisahkan bersama eter dari kolom stripper, kemudian dicuci dengan kaustik soda sehingga bebas asam, kemudian dipisahkan dari eter dan dipekatkan dengan dua kolom distilasi. Pemekatan kembali cairan H₂SO₄ 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 ethanol dibuat dari baja ringan. Timah hitam dan batu bata yang tahan terhadap asam digunakan dalam seksi hidrolisa.

1.2.5 Reaksi Hidrasi Langsung dengan Katalis

Untuk reaksi ini, ada dalam keadaan fase gas yang memiliki rumus :



Sama seperti reaksi eksotermis yang lain, reaksi ini memerlukan katalis untuk menyesuaikan kecepatan reaksi di suhu rendah. Dikarenakan mekanisme reaksi ini melewati ion karbonium, katalis yang cocok untuk reaksi ini adalah donor proton, dan katalis yang paling sering digunakan adalah H_3PO_4 dengan pembawa seperti tanah diatome, alumina gel, bentonite, dan opoka.

Etilena beserta air bebas garam dengan rasio mol 1 : 1 dipanaskan sampai suhu reaksi sekitar 250 - 300 $^\circ\text{C}$ dan tekanan 60 - 80 bar. Karena ini merupakan reaksi eksotermis, maka gas yang keluar dari reaktor sekitar 50 $^\circ\text{C}$ lebih panas. Gas yang dipisah dari kondensat yang terbentuk, dicuci menggunakan air pada absorber untuk mengambil sebanyak mungkin etanol dari gas, lalu etilena yang tidak terkonveksi diumpankan kembali ke reaktor dengan *recycle* gas. Karena sekitar 4 - 5% dari umpan etilena ke reaktor yang terkonversi, perpindahan panas dari *recycle* gas penting untuk menghemat energi.

Cairan *crude* etanol yang terbentuk dari sebagai hasil bawah pada absorber diekspansi dan etilena terlarut pada *crude* etanol

dipisah dan dikompersi kembali. Etanol dimurnikan menggunakan distilasi seperti sistem purifikasi pada fermentasi.

(Kirk & Othmer, 1998)

1.2.5 Asam Fosfat (H_3PO_4)

Asam fosfat biasanya dikenal sebagai asam ortofosfat atau fosfat (V) asam, merupakan mineral (anorganik) asam yang mempunyai rumus kimia H_3PO_4 . Asam fosfat yang murni adalah kristal padat (titik leleh $42,35^\circ C$ atau $108,2^\circ F$). Asam fosfat bisa membentuk tiga jenis garam sesuai adanya penggantian satu, dua atau tiga dari atom hidrogennya.

Fosfat merupakan salah satu bahan kimia yang amat penting untuk makhluk hidup. Fosfat yang ada di alam dalam dua bentuk jenisnya yaitu senyawa fosfat organik dan senyawa fosfat anorganik. Senyawa fosfat organik ada pada tumbuhan dan hewan, dan untuk anorganik ada pada air dan tanah yang terlarut dalam air tanah juga air laut yang terkikis dan mengendap di sedimen. Fosfat disebut juga sebagai faktor pembatas sebab berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar terutama awal-awal pertumbuhan.

1.2.6 Pemilihan Proses

Dilihat dari perbandingan proses untuk kedua reaksi antara reaksi hidrasi langsung dan tidak langsung, dipilihlah reaksi hidrasi langsung dengan katalis asam fosfat (H_3PO_4) yang reaksinya lebih mudah, tidak ada reaksi sampingan yang terbentuk, bahan lebih mudah didapatkan (hanya menggunakan air dan etilena), proses yang terbilang lebih aman sehingga minim dari kerusakan alat akibat adanya sifat korosif dari bahan yang digunakan dan membutuhkan biaya lebih ekonomis daripada metode reaksi hidrasi tidak langsung.



BAB II
PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk, Bahan Baku dan Bahan Pendukung

	Produk	Bahan Baku Etilena	Bahan Baku Air	Bahan Pendukung
Rumus Molekul	C ₂ H ₅ OH	C ₂ H ₄	H ₂ O	H ₃ PO ₄
Fase	Cair	Gas	Gas	Padat
Kemurnian	95%	-	-	-
Berat Molekul	46,0414 gr/mol	28,05 gr/mol	18 gr/mol	-
Densitas	0,79 kg/m ³	568,65 kg/m ³	0,99823 kg/m ³	0,2 gr/cm ³
Viskositas	1,2 cp @ 20?	0,01 cp @ 20?	1,002 cp @ 20?	-
Titik Didih	78?	-104?	100?	-
Titik Beku	-114,1?	-169,2?	0?	-
Tekanan Vapor	59,300 mmHg @ 20?	8,100 mmHg @ 20?	92,5100 mmHg @ 20?	-
Diameter	-	-	-	0,3969 cm

Sumber : safetymanagementkey.com dan PT. Chandra Asri

2.2 Pengendalian Kualitas

Untuk mendirikan pabrik etanol ini, perlu dilakukan pengendalian kualitas. Pengendalian yang dilakukan antara lain pengendalian

kualitas bahan baku, pengendalian proses produksi, dan pengendalian kualitas produksi.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum proses produksi mulai dilakukan, perlu adanya pengujian terhadap kualitas bahan baku. Hal ini memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa baik kualitas bahan baku yang digunakan, apakah bahan baku sudah sesuai spesifikasi yang ditentukan untuk proses atau belum. Maka dari itu, pengujian bahan baku ini sangatlah penting agar bahan yang digunakan dapat diproses dalam pabrik dan menghasilkan kualitas produk yang baik.

2.2.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian Proses Produksi juga tidak kalah penting. Hal ini dilakukan agar kualitas etanol yang akan dihasilkan tetap terjaga dengan baik. Pengendalian produksi dilaksanakan untuk menjaga kualitas dari produk yang harus dilakukan sejak dari bahan baku hingga produk jadi.

Pengendalian juga pengawasan proses dilaksanakan menggunakan data pengendalian yang berpusat di *control room* dan dilakukan dengan otomatis memakai beberapa indikator. Bila ada penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan, baik itu flow rate bahan baku atau produk, level control, maupun suhu operasi, bisa diketahui dari isyarat yang diberi, misalnya : nyala

lampu dan bunyi alarm. Beberapa alat kontrol yang dipakai antara lain :

◆ *Level Control*

Merupakan sebuah alat yang memerintahkan *control valve* agar membuka atau menutup. Alat ini dipasang di bagian atas alat, jika belum memenuhi atau melebihi batas yang dikehendaki, maka ia akan menimbulkan isyarat berupa suara dan lampu yang menyala.

◆ *Flow Control*

Merupakan alat yang bertugas untuk mengontrol aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar proses.

◆ *Temperature Control*

Merupakan alat yang berguna untuk mengontrol suhu pada setiap alat proses. Jika ada penyimpangan pada set suhu yang diinginkan, akan timbul isyarat berupa suara dan nyala lampu.

◆ *Level Indicator*

Merupakan alat yang memiliki peran mengontrol ketinggian dari larutan pada tangki alat proses.

◆ *Pressure Control*

Merupakan kontroler yang dipasang pada alat yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer. Alat ini juga menjaga agar tekanan tidak melebihi batas tekanan suatu alat yang diatur. Biasanya ini dipakai pada alat dengan fase gas.

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Agar mendapatkan produk dengan mutu standar, maka perlu adanya bahan yang berkualitas, pengawasan dan pengendalian terhadap proses dengan cara *system control* hingga mendapatkan produk dengan kualitas bagus. Produk yang akan lolos uji yaitu produk yang sesuai dengan standar yang telah diterapkan agar produk tersebut bisa dipasarkan.



BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan yang dibeli dalam fase gas, mula-mula diubah fasenya menjadi cair terlebih dahulu agar dapat menyimpan bahan baku dengan volume lebih banyak jika di simpan dalam fase cair. Untuk itu, maka dibutuhkan alat yang dapat mengembunkan uap etilena, yaitu menggunakan kondensor (CD-01). Didalam kondensor, suhu diturunkan dari 30^o menjadi -82^o dengan tekanan sebesar 1 atm. Pada kondisi suhu -82^o dan tekanan 1 atm tersebut etilen mengalami pendinginan. Setelah etilenadidinginkan kemudian masuk kedalam kompresor(C-01) untuk dinaikkan tekanannya dari 1 atm menjadi 15 atm, dengan dinaikannya tekanan, maka suhu akan berubah dari -82^o menjadi -17^o. Sehingga terjadi pengembunan dan fase etilena berubah menjadi cair. Setelah bahan baku berubah fase menjadi cair, maka bahan baku berupa etilena kemudian di simpan dalam tangki penyimpanan bahan baku (T-01).

3.1.2 Pembuatan Etanol

Pembuatan Etanol dilakukan di dalam reaktor fixed bed (R-01). Pembuatan etanol ini dimaksudkan untuk menghidrasi

etilena dengan air yang diperoleh dari steam utilitas. Reaksi dilakukan dengan bantuan katalis Asam Fosfat (H_3PO_4) yang berupa padatan agar reaksi dapat berlangsung dengan cepat. Di dalam reaktor, reaktan melewati pipa-pipa yang berisikan katalis. Katalis ini diletakkan pada tube-tube yang disusun secara paralel. Reaksi dilakukan pada tekanan yang cukup tinggi yaitu 15 atm karena etilena memiliki titik didih yang sangatlah rendah yaitu $-104^\circ C$. Karena reaksi berlangsung secara eksotermis, maka hasil keluaran dari reaktor ini mengalami kenaikan suhu yang cukup tinggi, yaitu dari $300^\circ C$ menjadi $500^\circ C$, hal ini menyebabkan dibutuhkan pendingin dari downtherm A. Konversi pada reaksi di reaktor ini adalah 95%.

3.1.3 Tahap pemisahan

Pada tahap pemisahan ini dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan etanol dari campuran gas yang keluar dari reaktor, sehingga diperoleh produk dengan kemurnian tertentu. Setelah gas campuran antara etilena dan air tersebut keluar dari reaktor, suhunya terlalu tinggi untuk dilanjutkan ke absorber (ABS-01). Oleh karena itu, dilakukan pendinginan suhu menggunakan Cooler (CL-01) hingga suhu $100^\circ C$ dan bahan dipisahkan menggunakan absorber (ABS-01). Etilena diserap menggunakan air di absorber, kemudian gas etilena yang terserap itu dikeluarkan melalui pipa hasil samping dari absorber (ABS-01)

yang selanjutnya di *recycle* kembali ke reaktor (R-01) untuk diolah kembali. Saat di *recycle*, sebelum masuk kembali reaktor (R-01), perlu dinaikkan tekanannya agar sesuai dengan tekanan proses di reaktor yaitu 15 atm menggunakan kompresor (C-01). Hasil dari absorber (ABS-01) yang berupa Etanol (C_2H_5OH) dan air, dialirkan ke Menara Distilasi (MD-01). Di Menara Distilasi, etanol dinaikkan kemurniannya agar sesuai dengan konsentrasi yang dibutuhkan oleh pasaran. Hasil atas menara distilasi (MD-01) berupa fase cair, yaitu etanol dan air kemudian di embungkan dalam kondensor (CD-02) untuk diembungkan menjadi cairan. Kemudian ditampung dalam akumulator (AC-01), lalu dari akumulator, sebagian produk di refluks ke dalam menara distilasi dan sebagian lagi menjadi produk etanol dengan kemurnian 95% dari titik azeotrop yang sebelumnya di dinginkan terlebih dahulu di Cooler (CL-02) yang kemudian produk disimpan di dalam tangki penyimpanan produk (T-02). Sedangkan untuk hasil bawah menara distilasi yang berupa cair, dipanaskan di dalam reboiler (RB-01). Hasil atas reboiler di *recycle* akan kembali ke dalam Menara Distilasi, dan hasil bawah yang berupa cairan akan di *recycle* ke dalam UPL sebagai air bahan baku.

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Reaktor (R-01)

Fungsi : Mereaksikan Etilena (C_2H_4) dengan Air (H_2O)
dengan bantuan katalis Asam Fosfat (H_3PO_4)

Jenis : Fixed Bed Multitube

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Tekanan= 15 atm

Suhu = 500?

Katalis : H_3PO_4

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel SA-304*

Jumlah Tube : 936 buah

Jenis Head : *Eliptical Dished Head*

Dimensi :

Diameter = 1,275 m

Tinggi = 6,448 m

Tebal Shell = 7/16 in

Luas Area = 5,1045 m³

Harga : \$ 121.313

3.2.2 Absorber (ABS-01)

Fungsi : Memisahkan/menyerap Etilena dari Etanol
agar menjadi produk Etanol.

Jenis : *Packed Column*

Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Tekanan= 1 atm

Suhu = 100?

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel SA-285 Grade C*

Dimensi :

Diameter Tower = 5,9055 m

Tinggi Absorber = 5,5494 m

Tinggi Packing = 2,5966 m

Tinggi Head Packing= 1,4764 m

Tebal Dinding = 0,0389 m

Harga : \$ 30.497

3.2.3 Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan Etanol dan Air menjadi fraksi yang lebih murni

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Plate Tower (Sieve Tray)* berbentuk
Torispherical Roof

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel Grade SA-240 Type 304*

Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 atm

Suhu Feed = 93,67?

Suhu Top = 82,18?

Suhu Bottom = 99,49?

Dimensi :

Diameter Kolom = 1,42 m

Tinggi = 20,02 m

Tebal Shell = 0,005 m

Tebal Head = 0,006 m

Jumlah Plate = 37 buah

Tebal Tray = 0,003 m

Diameter Hole = 0,005 m

Jumlah Hole = 1671 buah

Harga : \$ 66.171

3.2.4 Kondensor 1 (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan uap hasil atas Menara
Destilasi

Jumlah : 1 alat

Jenis : *Shell and Tube* Exchanger

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel SA-283 Grade C*

Kondisi Operasi : Tekanan = 1 atm

Suhu Masuk = 30?

Suhu Keluar = -82?

Beban Panas : 16.898.647,358 btu/jam

Tube Layout : Jumlah Tube = 98 tube

Panjang = 6,096 m

ID = 0,017 m
 Passes = 1
 Shell Layout : IDs = 0,991 m
 B = 0,198 m
 Passes = 2
 Pitch : 0,938 in triangular pitch
 Luas Transfer Panas : 307,3756933 ft²
 Harga : \$ 46.252

3.2.5 Kompresor 1 (C-01)

Fungsi : Untuk menaikkan tekanan Etilena keluran tangki bahan baku.

Jenis : Turbo Kompresor

Jumlah Stage 3

Kondisi Operasi :

Tekanan Masuk = 1 atm

Tekanan Keluar = 15 atm

Suhu Masuk = 303 K

Suhu Keluar = 386,597 K

Power : 21 Hp

Harga : \$ 60.544

3.2.6 Kompresor 2 (C-02)

Fungsi : Untuk menaikkan tekanan Etilena keluran atas absorber yang akan *direcycle* ke reaktor.

Jenis : Sentrifugal Multi Stage

Jumlah Stage 3

Kondisi Operasi :

Tekanan Masuk = 1 atm

Tekanan Keluar = 15 atm

Suhu Masuk = 100?

Suhu Keluar = 298,364?

Power : 2,4775 Hp

Harga : \$ 60.544

3.2.7 Heat Exchanger 1 (HE-01)

Fungsi : Memanaskan Etilena dari Hasil atas Absorber *Recycle* menuju ke Reaktor.

Jumlah : 1 buah

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel*

Jenis : *Shell and Tube Heat Exchanger*

Pass 1

Kondisi Operasi :

Tekanan Fluida dingin = 15 atm

Suhu Masuk Fluida Dingin = 150?

Suhu Keluar Fluida Dingin = 300?

Suhu Masuk Fluida Panas = 310?

Suhu Keluar Fluida Panas = 310?

Massa Pemanas = 927,879 Kg/Jam

Ukuran Alat :

Beban Panas = 1304505,7352 kJ/Jam

Jumlah Pipa = 277 buah

Panjang Tube = 4,8768 m

Koefisien Perpindahan Panas :

$H_o = 6441,0607 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$H_{io} = 14062,0673 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$U_c = 3257,085 \text{ Btu/j.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$R_d \text{ hitung} = 0,0682$

$R_d \text{ min} = 0,003$

Pressure drop shell = 0,0796 psi

Pressure drop tube = 0,004 psi

Harga : \$69.772

3.2.8 Heat Exchanger 2 (HE-02)

Fungsi : Memanaskan Etilena dari Tangki menuju ke Reaktor agas sesuai dengan suhu proses.

Jumlah : 1 buah

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel*

Jenis : Double Pipe

Pass 1

Kondisi Operasi :

Tekanan Fluida dingin = 15 atm

Suhu Masuk Fluida Dingin = 100?

Suhu Keluar Fluida Dingin = 268?

Suhu Masuk Fluida Panas = 300?

Suhu Keluar Fluida Panas = 300?

Massa Pemanas = 134,247 Kg/Jam

Ukuran Alat :

Beban Panas = 188.738,293 kJ/Jam

Jumlah Pipa = 32 buah

Panjang Tube = 4,8768 m

Koefisien Perpindahan Panas :

$H_o = 1802,2591 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

$H_{io} = 14523,3004 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$

$U_c = 1575,5603 \text{ Btu/j.ft}^2.\text{°F}$

Rd hitung = 0,0921

Rd min = 0,003

Pressure drop shell = 0,1246 psi

Pressure drop tube = 0,004 psi

Harga : \$2.476

3.2.9 Heat Exchanger 3 (HE-03)

Fungsi : Memanaskan Etilena dari Tangki menuju ke Reaktor agas sesuai dengan suhu proses.

Jumlah : 1 buah

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel*

Jenis : Double Pipe

Pass 1

Kondisi Operasi :

Tekanan Fluida dingin = 15 atm

Suhu Masuk Fluida Dingin = 50?

Suhu Keluar Fluida Dingin = 93?

Suhu Masuk Fluida Panas = 300?

Suhu Keluar Fluida Panas = 300?

Massa Pemanas = 559,474 Kg/Jam

Ukuran Alat :

Beban Panas = 1262622,6918 kJ/Jam

Jumlah Pipa = 553 buah

Panjang Tube = 4,8768 m

Koefisien Perpindahan Panas :

$H_o = 4554,365 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$H_{io} = 42,9384 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$U_c = 20,0707 \text{ Btu/j.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$R_d \text{ hitung} = 0,0073$

$R_d \text{ min} = 0,003$

Pressure drop shell = 0,3060 psi

Pressure drop tube = 0,004 psi

Harga : \$198.962

3.2.10 Akumulator (AC-01)

Fungsi : Sebagai penampung arus keluaran kondensor pada menara distilasi untuk menjaga kontinuitas kesetabilan aliran keluar.

Jumlah : 1 buah

Jenis : Tangki silinder horizontal

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA-283 Grade C*

Kondisi Operasi :

Tekanan= 1 atm

Suhu = 80,33?

Dimensi :

Volume = 26,97 ft³

Diameter = 0,57 m

Panjang = 3,415 m

Tebal Shell = 0,005 m

Tebal Head = 0,005 m

Tinggi Head = 0,15 m

Panjang Total= 3,7139 m

Harga : \$ 7.877

3.2.11 Cooler 1 (CL-01)

Fungsi : Mendinginkan hasil keluaran reaktor (R-01)
menuju absorber (ABS-01)

Jenis : *Double Pipe*

Jumlah : 1 buah

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel AISI type 302*

Dimensi :

ID *Annulus* = 2,067 in

OD *Annulus* = 2,38 in

IPS *Annulus* = 2 in

ID *Inner Pipe* = 1 3/8 in

OD *Inner Pipe* = 1 2/3 in

IPS *Inner Pipe* = 1 1/4 in

Panjang *Hairpin* = 6 ft

Jumlah *Hairpin* = 6 buah

Harga : \$ 18.343

3.2.12 Cooler 2 (CL-02)

Fungsi : Mendinginkan hasil keluaran akumulator
(AC-01) menuju Tangki Penyimpanan
Produk (T-02)

Jenis : *Double Pipe*

Jumlah : 1 buah

Bahan Kontruksi : *Stainless Steel AISI type 302*

Dimensi :

ID *Annulus* = 2,07 in

OD *Annulus* = 2,38 in

IPS *Annulus* = 2 in

ID *Inner Pipe* = 1,38 in

OD *Inner Pipe* = 1,66 in

IPS *Inner Pipe* = 1,25 in

Panjang *Hairpin* = 6 ft

Jumlah *Hairpin* = 1 buah

Harga : \$18.343

3.2.13 Tangki Penyimpanan (T-02)

Fungsi : Menyimpan hasil produk berupa Etanol 95%
dengan fase cair

Jumlah : 1 buah

Kebutuhan : 1 bulan

Jenis : Tangki Silinder tegak dengan dasar *flat bottom*
dan atap berbentuk *Torispherical Roof*.

Kondisi Operasi :

Tekanan= 1 atm

Suhu = 30?

Tipe Atap : *Torispherical*

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Kapasitas : 2038165 kg

Dimensi :

Volume = 7641,7083 m³

Diameter = 30,48 m

Tinggi = 12,8016 m

Tebal Shell = 0,0254 m

Tebal Head = 0,0286 m

Tinggi Head = 5,2703 m

Tinggi Total = 18,0719 m

Harga : \$74.161

3.2.14 Pompa

Fungsi : Memompa bahan menuju ke alat selanjutnya

Jenis : *Centrifugal Pumps*

Spesifikasi	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4	Pompa 5
Head	23,5703 m	4,108 m	20,061 m	8,993 m	2,9 m
ID	6,065	3,826	3,825	3,068	3,068
Putaran	3500 rpm	3500 rpm	3500 rpm	3500 rpm	3500 rpm
Putaran Spesifik	139.214,488 rpm	98.011,542 rpm	311.164,481 rpm	238.774,847 rpm	60.988,832 rpm
Daya Motor	40 Hp	7,5 Hp	40 Hp	40 Hp	5 Hp
Jumlah	2	2	2	2	2
Harga	\$ 1.801	\$ 6.077	\$ 6.077	\$ 4.726	\$ 4.726

3.2.15 Reboiler (RB-01)

Fungsi : Menguapkan Cairan Hasil Bawah Menara Distilasi (MD-01) dengan menggunakan *Superheated Steam*.

Jenis : *Kettle Reboiler (Shell and Tube)*

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Tube Layout :

Jumlah = 16

Panjang = 20 ft

OD = 0,75 in

ID = 0,62 in

Passes = 2

Shell Layout :

IDs = 13,25 in

Passes = 1

B = 2,65 in

Pitch : 0,9375 in

Luas Transfer Panas : 450,833 ft²

Harga : \$7.990

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Bahan baku yang dipakai oleh pabrik Etanol ini adalah Etilena. Bahan baku yang diperlukan pabrik ini yaitu sebesar

4000 kg/jam. Bahan baku tersebut didapatkan dari pabrik etilena PT. Chandra Asri Petrochemical di Cilegon.

3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses ini memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya anggaran yang dibutuhkan untuk membeli ataupun perawatan peralatan proses. Ada pula beberapa analisis yang dilaksanakan, yaitu antara lain adalah kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya.



BAB IV

PERANCANGAN PROSES

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik yang akan didirikan ini merupakan salah satu hal yang paling penting untuk keberlangsungan operasional pabrik. Hal ini mempengaruhi perkembangan yang menjadi dasar dalam menentukan letak pabrik dengan sumber bahan baku dan juga bahan pembantu, tenaga kerja, transportasi, kondisi sosial dan beberapa kemungkinan pengembangan di masa yang akan datang. Ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan dan diperhatikan dalam menentukan lokasi pendirian pabrik supaya menghasilkan keuntungan yang besar. Pada perancangan pabrik etanol ini, pabrik akan didirikan di Cilegon, Banten, Jawa Barat.



Gambar 4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pendirian pabrik di atas memiliki pertimbangan sebagai berikut :

a. Pasar Utama

Penentuan lokasi pabrik yang berada di dekat pasar target dan ketersediaan infrastruktur yang memadai merupakan strategi yang juga bisa memudahkan konsumen untuk memperoleh produk atau jasa yang diinginkan. Karena produk Etanol ini akan dipasarkan ke seluruh Indonesia, maka pemilihan lokasi di dekat pelabuhan ini sangatlah baik. Agar pendistribusian dapat dilakukan secara darat maupun laut.

b. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku Etilena pada pabrik ini di beli dari PT. Chandra Asri Petrochemical yang juga berada di Cilegon. Maka dari itu, dipilihlah lokasi yang dekat dengan pabrik penjual bahan baku agar bahan baku dapat dibeli dan disalurkan ke pabrik Etanol ini menggunakan pipa dalam fase gas. Sehingga dapat menghemat biaya transportasi.

c. Persediaan Air

Pada perencanaan pendirian pabrik, air sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pada berlangsungnya proses untuk

produksi. Air ini digunakan sebagai air proses, air domestik, air pendingin dan juga umpan boiler. Kebutuhan air tersebut didapatkan dari sungai di daerah tersebut.

d. Tenaga Kerja

Tenaga Kerja adalah pelaku yang sangat penting dalam proses produksi. Tenaga kerja ini sebagian besar diambil dari penduduk sekitar. Selain itu juga, lokasi pabrik berada lumayan dekat dengan pemukiman, sehingga diharapkan dapat membantu meningkatkan taraf hidup penduduk yang berada di sekitar lokasi pabrik.

e. Infrastruktur

Pabrik Etanol ini rencananya akan didirikan di lokasi yang mudah dijangkau serta dekat dengan laut sehingga produk akan mudah untuk didistribusikan ke berbagai wilayah. Di cilegon sendiri terdapat merupakan daerah yang terkenal sebagai kawasan industri. Industri-industri tersebut antara lain industri besi, industri timah, industri bahan kimia, industri makanan, dan lain sebagainya. Maka dari itu, infrastruktur pabrik dapat diperoleh dan terpenuhi dengan mudah. Jawa barat juga memiliki penduduk yang cukup banyak, bahkan daerah ini lumayan berdekatan dengan ibu kota Indonesia, sehingga dapat menjadi peluang untuk memasarkan produk etanol ini.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan lokasi kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat peralatan, tempat bekerja untuk karyawan dan tempat penyimpanan bahan baku dan produk. Ditinjau dari segi hubungan antara satu dan yang lainnya, tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa. Sehingga, pemakaian kawasan pabrik dapat dilakukan dengan efisien dan kelancaran dalam memproduksi pun terjamin. Berikut adalah *layout* pabrik yang dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

a. Daerah Administrasi

Daerah administrasi atau perkantoran adalah pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik yang mengatur kelancaran dari operasi pabrik. Daerah administrasi ini berada di depan, dekat dengan gerbang masuk pabrik.

b. Laboratorium

Laboratorium digunakan untuk pusat pengendalian kualitas dan kuantitas dari bahan baku serta produk yang dihasilkan. Di sinilah bahan baku dan produk diuji apakah layak untuk dipakai maupun layak untuk diperjualkan kepada konsumen.

c. Daerah Proses dan Ruang Kontrol

Daerah proses ini adalah tempat di mana alat-alat proses diletakkan dengan tempat proses produksi. Sedangkan ruang kontrol atau *control room* adalah tempat untuk mengendalikan proses jika terjadi penyimpangan selama berlangsungnya proses.

d. Daerah Perdagangan, Umum, Bengkel dan Garasi

Daerah perdagangan ini adalah daerah penyimpanan bahan baku maupun produk yang dihasilkan. Sedangkan untuk bengkel, biasanya dipakai untuk memperbaiki alat-alat ataupun kendaraan yang digunakan untuk kelancaran proses produksi.

e. Daerah Utilitas dan *Power Station*

Daerah Utilitas dan *Power Station* ini merupakan daerah untuk menunjang proses produksi. Dimana kegiatan penyediaan air, listrik, bahan bakar, udara tekan dan *steam* berlangsung.

LAY OUT PABRIK ETANOL DARI ETILENA DENGAN PROSES HIDRASI
KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN



Keterangan :

- 1.Kantor
- 2.Pos Keamanan
- 3.Mess
- 4.Parkir Karyawan
- 5.Parkir Truk
- 6.Kantor Teknik dan Produksi
- 7.Klinik
- 8.Masjid
- 9.Kantin
- 10.Bengkel
- 11.Unit Pemadam Kebakaran
- 12.Gudang Alat
- 13.Laboratorium
- 14.Utilitas
- 15.Area Proses
16. *Control Room*
17. *Control Utilitas*
- 18.Jalan
- 19.Perpustakaan
- 20.Taman
- 21.Koperasi
- 22.Kantor K3
- 23.Perluasan Pabrik

Skala 1:1000

Gambar 4. 2 Layout Pabrik Etanol

Tabel 4. 1 Rincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

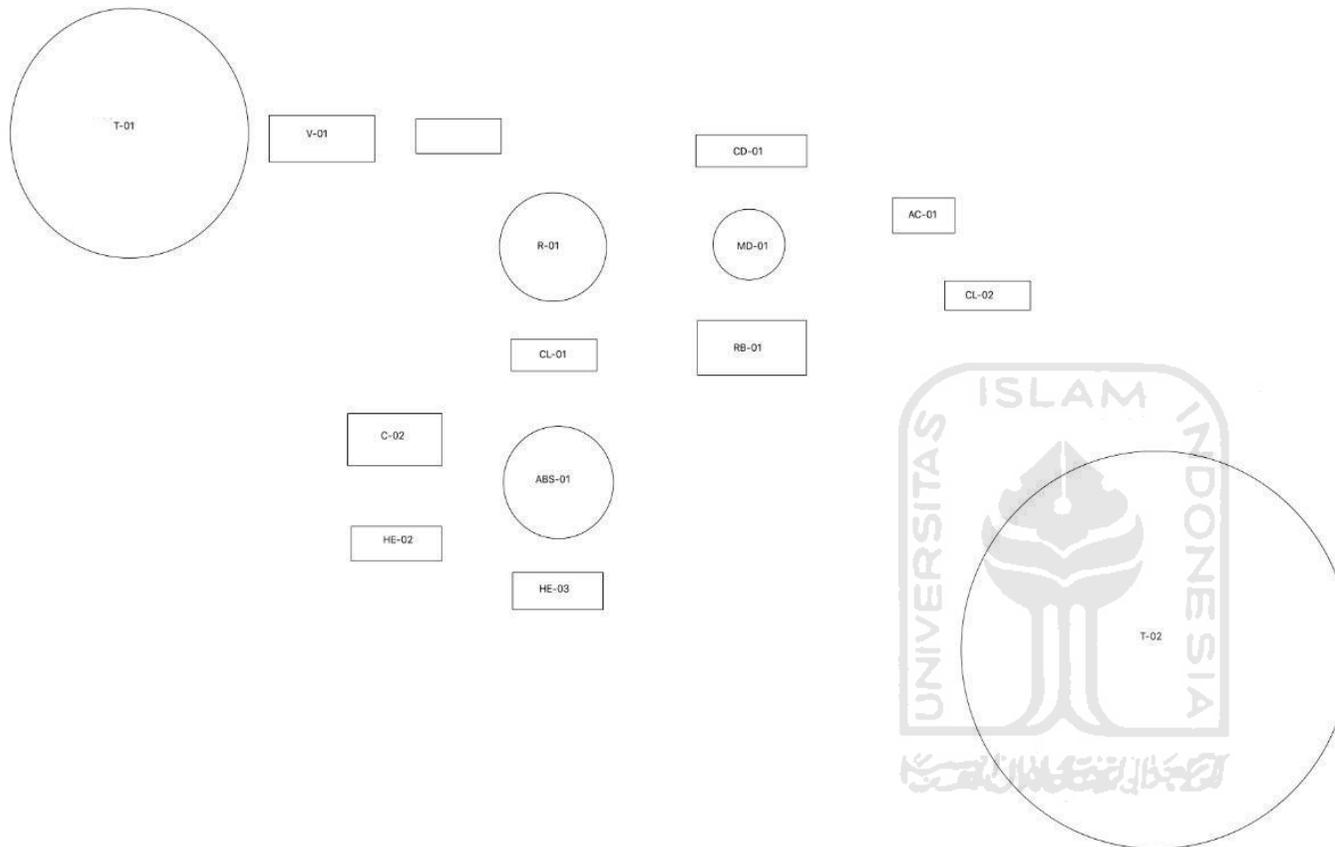
No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Kantor			686
2.	Pos Keamanan	6	8	48
3.	Mess			188
4.	Parkir Karyawan	30	26	780
5.	Parkir Truk	15	25	375
6.	Kantor Teknik			314
7.	Klinik	14	10	140
8.	Masjid	12	10	120
9.	Kantin	10	20	200
10.	Bengkel	10	25	250
11.	Unit Pemadam	30	10	300
12.	Gudang Alat	15	20	300
13.	Laboratorium	30	10	300
14.	Utilitas	20	50	1000
15.	Area Proses	85	60	5100
16.	<i>Control Room</i>	30	15	450
17.	<i>Control Utilitas</i>	10	17	170
18.	Jalan	1000	15	15000
19.	Perpus	14	10	140
20.	Taman	60	20	1200
21.	Koperasi	14	10	140
22.	Kantor K3	20	10	200
23.	Perluasan Pabrik	20	100	2000
	Luas Bangunan			9721
	Luas Tanah			28401

4.3 Tata Letak Alat Proses

Pada perancangan tata letak peralatan proses, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

- a. Peletakan alat proses harus berada pada lokasi yang memadai agar dapat memudahkan pemasangan, perbaikan dan perawatan alat.
- b. Alat-alat pabrik disusun sedemikian rupa, terutama pada alat yang memiliki resiko tinggi dapat diberi jarak yang cukup untuk memudahkan dalam mengurangi resiko bahaya, seperti halnya kebakaran atau keselamatan kerja.
- c. Peralatan proses ditaruh berdasarkan alur prosesnya, agar didapatkan efisiensi teknis maupun ekonomis, juga dapat memudahkan dalam hal pengawasan.
- d. Unit utilitas diletakkan terpisah dari unit proses supaya proses bisa berjalan dengan aman.
- e. Perlu ada penerangan yang mencukupi sehingga terjadi kendala dalam peralatan dapat segera diatasi.
- f. Alat proses ditempatkan pada lokasi yang mudah diakses oleh pekerja supaya alat proses dapat diperbaiki dengan segera bila terjadi kerusakan.

Tata Letak Alat Proses



Skala 1:100

Keterangan :

T-01 : Tangki Penyimpanan Bahan Baku Etilena T-02

: Tangki Penyimpanan Produk Etanol

CD-01 : Kondensor 1 C-

01 : Kompresor 1 C-02 :

Kompresor 2

R-01 : Reaktor 1

ABS-01 : Absorber 1

MD-01 : Menara Distilasi 1

HE-01 : *Heat Exchanger* 1

HE-02 : *Heat Exchanger* 2

HE-03 : *Heat Exchanger* 3

CL-01 : *Cooler* 1

CL-02 : *Cooler* 2

RB-01 : Reboiler 1

V-01: Vaporizer 1

AC-01 : Akumulator 1

Gambar 4. 3 Layout Alat Proses

4.4 Aliran Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

1. Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
C ₂ H ₄	3.998	-
C ₂ H ₆	2	-
H ₂ O	4.000	141,559
C ₂ H ₅ OH	-	2689,618
H ₂ O (Penyerap)	8.653,850	-
Total	16.654	16.654

2. Neraca Massa Alat

Tabel 4.3 Neraca Massa Reaktor-01 (R-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
C ₂ H ₄	4.197,9	209,895
C ₂ H ₆	4	4
H ₂ O	4.015,6096	1.454,622
C ₂ H ₅ OH	311,8690	6861,118
Total	8.529,379	8.529,379

Tabel 4.4 Neraca Massa Absorber-01 (ABS-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output Gas (Kg/Jam)	Output Cair (Kg/jam)
C ₂ H ₄	210	210	-
C ₂ H ₆	4	4	-
H ₂ O	1.453,328	14,533	1.438,791
C ₂ H ₅ OH	6.864,55	343,22	6.521,340
H ₂ O (Penyerap)	8.693,482	-	8.693,850
Total	17.226	571,762	16653,981
Total Akhir	17.226	17.226	

Tabel 4.5 Neraca Massa Menara Distilasi-01 (MD-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output Distilat (Kg/Jam)	Output <i>Bottom</i> (Kg/Jam)
C ₂ H ₅ OH	6.521,340	2.689,618	691,140
H ₂ O	10.132,641	141,559	13131,664
Total	16.654	2831,177	13.822,804
Total Akhir	16.654	16.654	

4.4.2 Neraca Panas

Tabel 4.6 Neraca Panas Reaktor-01 (R-01)

Panas Masuk(Kj/Jam)		Panas Keluar (Kj/Jam)	
Qin	36.750.464,9265	Qout	36.750.464,9265
Total	36.750.464,9265	Total	36.750.464,9265

Tabel 4.7 Neraca Panas Absorber-01 (ABS-01)

Panas Masuk(Kj/Jam)		Panas Keluar (Kj/Jam)	
Qin	495.440,1190	Qout	10.513,0218
Pemanas	-484.927,0972		
Total	10.513,0218	Total	10.513,0218

Tabel 4.8 Neraca Panas Heat Exchanger-01 (HE-01)

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
H1	873.786,1558	-
H2	-	2.178.291,8911
m x Hv	2.552.596,3992	-
m x HL	-	1.248.291,6640
Total	3.426,382.5550	3.426,382.5550

Tabel 4.9 Neraca Panas Heat Exchanger-02 (HE-02)

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
H1	68.869,3204	-
H2	-	257.571,5377
m x Hv	369.243,7585	-
m x HL	-	180.541,5411
Total	438.113,0788	438.113,0788

Tabel 4.10 Neraca Panas Heat Exchanger-03 (HE-03)

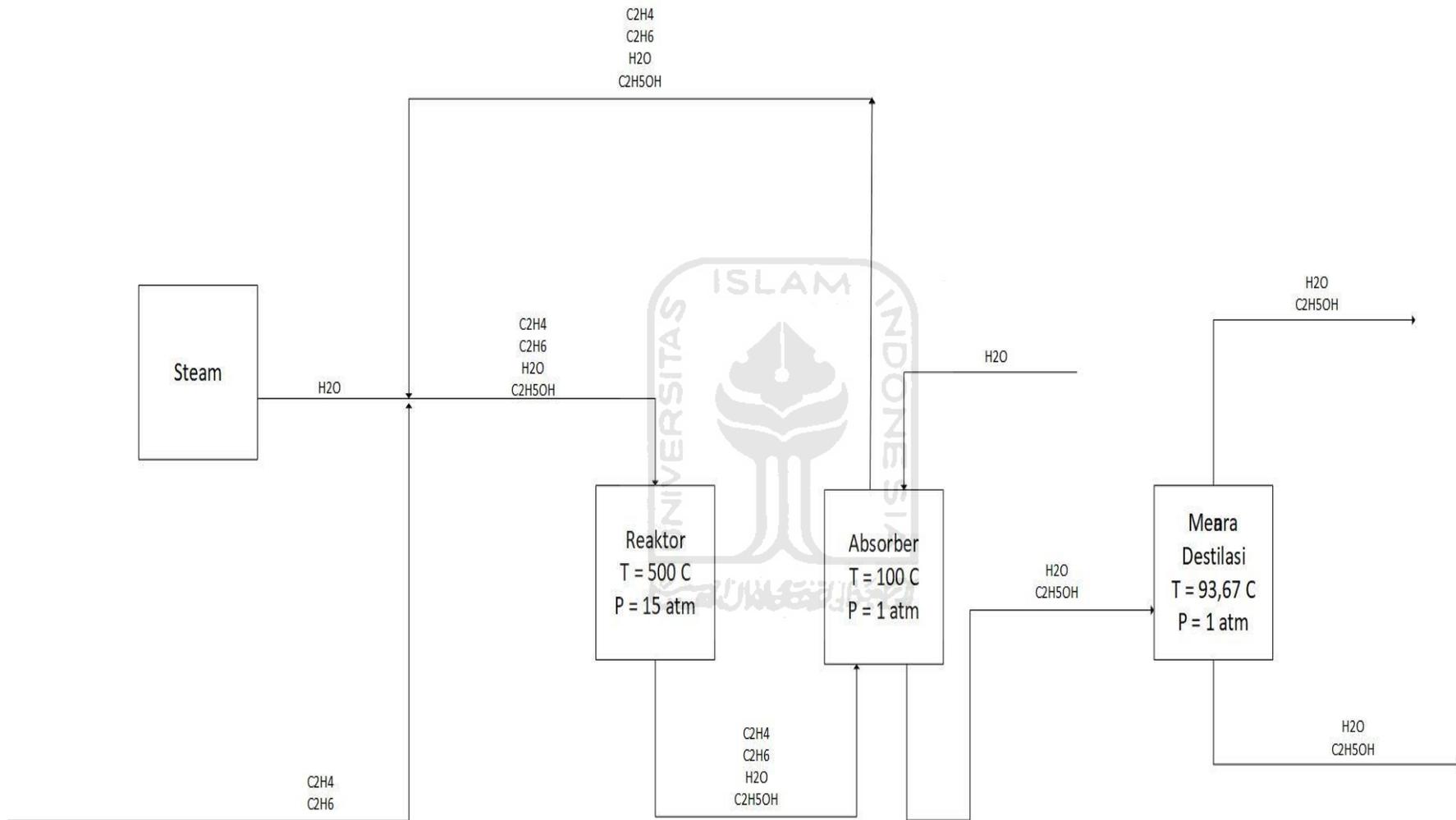
Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
H1	714,219.7719	-
H2	-	1.976.655,8213
m x Hv	1,496,910.8935	-
m x HL	-	234.474,8441
Total	2.211.130,6654	2.211.130,6654

Tabel 4.11 Neraca Panas Cooler-01 (CL-01)

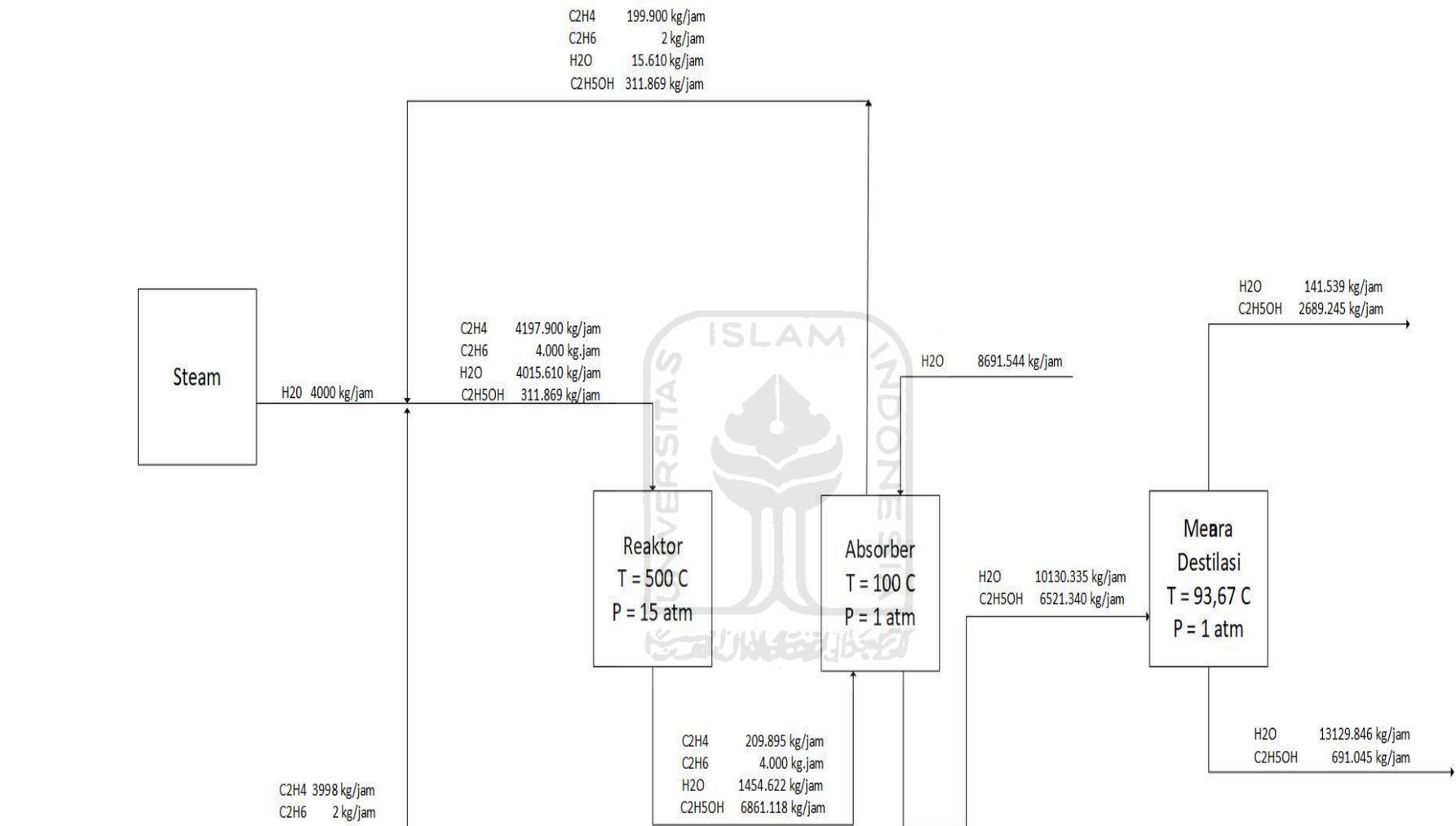
Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
H1	12.416,1899	-
H2	-	8.495,4852
Q pendingin	-	3.920,7047
Total	12.416,1899	12.416,1899

Tabel 4.12 Neraca Panas Cooler-02 (CL-02)

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
H1	4.678,5612	-
H2	-	4.231,9915
Q pendingin	-	446,5697
Total	4.678,5612	4.678,5612



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Utilitas adalah unit penunjang yang sangatlah penting dalam kelancaran proses suatu industry. Utilitas yang dibutuhkan pada pabrik etanol ini yaitu :

- 1) Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- 2) Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
- 3) Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- 4) Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
- 5) Unit Penyediaan Bahan Bakar

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

Pada perancangan pabrik Etanol ini. Kebutuhan air bersumber dari PT. Krakatau Tirta, dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Pengolahan air relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut atau sungai yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
- Dekat dengan lokasi pabrik.
- Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.

Kebutuhan air pada pabrik etanol ini yaitu :

1. Air Proses

Air Proses adalah air yang dibutuhkan dalam proses produksi. Air proses yang dipakai harus memiliki tingkat kesadahan yang rendah untuk menghindari terjadinya kerak pada peralatan proses dan tidak mengandung logam yang larut pada air yang bias menimbulkan korosi. Peralatan yang memerlukan air selama proses berlangsung yaitu Absorber.

Tabel 4.13 Jumlah Kebutuhan Air Proses

Alat Proses	Air yang dibutuhkan (Kg/jam)
Absorber	8.693,85
Total	8.693,85

Sehingga kebutuhan air proses setelah *overdesign* 20% adalah sebesar 10.432,62 Kg/Jam.

2. Air Pendingin

Air pendingin adalah air yang diperlukan sebagai kebutuhan pendingin seperti *Cooler*. 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 jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.

Tabel 4.14 Jumlah Kebutuhan Air Pendingin

Alat Proses	Pendingin dibutuhkan (Kg/Jam)
Cooler-01	12.416,1899
Cooler-02	446,5697
Kondensor-01	20.693,1159
Kondensor-02	15.273,1717
Reaktor-01	1.560,9600
Total	50.390,007

Air Pendingin dilakukan *Recycle* sebanyak 80% dari kebutuhan untuk menghemat kebutuhan air, sehingga kebutuhan *make up* sebanyak 20% dari kebutuhan yaitu 3.700,6421 Kg/Jam. Sedangkan untuk kebutuhan air pendingin setelah *overdesign* 20% adalah sebesar 60.468,009 Kg/Jam.

3. Air Umpan *Steam*

Air umpan *Steam* digunakan untuk alat proses yang memerlukan *steam* seperti *heater* dan *reboiler*.

Tabel 4.15 Jumlah Kebutuhan Umpan Steam

Alat Proses	Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
Reaktor	4.000
Heater-01	927,879
Heater-02	134,222
Heater-03	559,474
Reboiler	300
Total	5921,575

Steam dilakukan *Recycle* sebanyak 80% dari kebutuhan untuk menghemat kebutuhan air, sehingga kebutuhan *make up steam* sebanyak 20% dari kebutuhan yaitu 1.705,4136 Kg/Jam. Sedangkan untuk kebutuhan *steam* setelah *overdesign* sebesar 7.105,89 Kg/ Jam.

4. Air Domestik

Air domestic adalah air yang digunakan untuk keperluan perkantoran, laboratorium, kantin, taman, pemadam kebakaran dan klinik dalam kehidupan sehari-hari. Air domestik harus tidak berbau, tidak berasa, warna jernih, tidak mengandung bakteri dan tidak beracun.

Tabel 4.16 Jumlah Kebutuhan Air Domestik

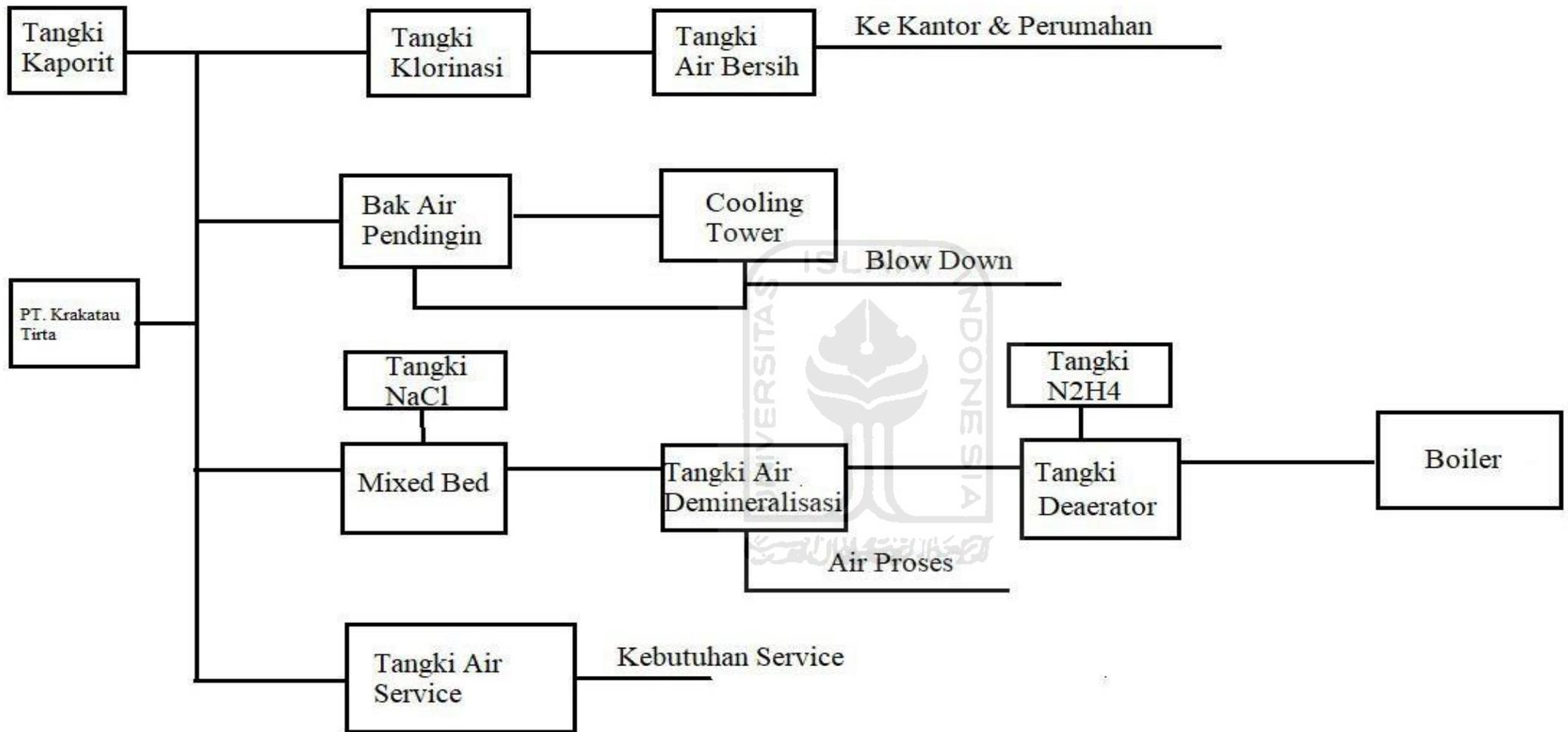
Kebuthan	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Air Domestik	1.112,5
Laboratorium	500

Kebuthan	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Klinik	300
Bengkel	200
Pemadam Kebakaran	1000
Kantin dan Tempat Ibadah	2000
Total	1.279,167

Tabel 4.17 Jumlah Kebutuhan Air

Kebutuhan	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Air Domestik	1.279,167
Air Umpan <i>Steam</i>	17.141,8212
Air Pendingin	60.468,009
Air Proses	10.432,62
Air <i>make up steam</i>	1.705,4136
Air Pendingin <i>make up</i>	3.700,6421
Total	84.691,741

Sehingga jumlah air yang dibutuhkan setelah *overdesign* 20% yaitu 101.630,089 Kg/Jam.



Gambar 4. 6 Diagram Alir Utilitas

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut :

1. Klorinisasi

Air yang telah dikirim PT.Krakatau Tirta melalui proses klorinisasi sebelum dialirkan untuk keperluan air domestik. Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi.

2. Demineralisasi

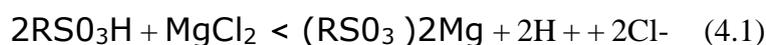
Untuk umpan ketel (boiler) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam - garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada filtered water sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silika lebih kecil dari 0,02 ppm.

Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut :

a. Cation Exchanger

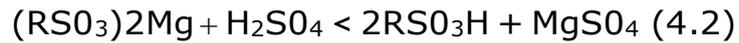
Cation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H⁺ sehingga air yang akan keluar dari cation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺. Sehingga air yang keluar dari cation tower adalah air yang mengandung anion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

Reaksi:



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

Reaksi:



b. Anion Exchanger

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

Reaksi:



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

Reaksi:



c. Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (polish water) dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan hidrazin (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada tube boiler.

Reaksi:



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

4.5.2 Unit Pengadaan Steam

Kebutuhan steam keseluruhan sebesar 17.141,8212 Kg/Jam yang akan dipenuhi oleh *boiler*. Air yang masuk ke *boiler* adalah air yang mempunyai kesadahan rendah. Karena, apabila memiliki kesadahan yang tinggi akan menimbulkan kerak di dalam *boiler* tersebut. Oleh karenanya, sebelum air masuk ke dalam *boiler*, air akan diolah ke dalam *deaerator* yang fungsinya untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti oksigen. Selanjutnya, air akan diumpan ke tangki denim yang digunakan *boiler* untuk menghasilkan *steam*.

4.5.3 Unit Pengadaan Listrik

Liastrik adalah kebutuhan pokok proses dalam industry. Pabrik etanol ini membutuhkan listrik sebagai penggerak alat-alat proses, utilitas, instrument, bengkel, ruang control, penerangan dn keperluan perkantoran. Kebutuhan listrik total sebesar 430,932 kW. Semua kebutuhan listrik akan dipenuhi oleh PLN. Pabrik etanol ini juga menggunakan cadangan generator diesel apabila PLN melakukan pemadaman listrik.

4.5.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Pabrik ini menggunakan peralatan yang menggunakan bahan bakar, yaitu generator diesel dan *boiler*. *Boiler* memakai bahan bakar *fuel oil* sebesar 1.531,05 Kg/jam, sedangkan untuk generator diesel memakai bahan bakar solar sebesar 157,32 Kg/jam yang dibeli dari PT. Pertamina.

4.5.5 Unit Penyediaan Udara Instrumen

Unit penyedia udara tekan ini dibutuhkan untuk menggerakkan instrument pengendali yang bekerja secara pneumatic. Udara tekan yang digunakan pada pabrik etanol ini sebesar 3,73824 m³/jam.

4.5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pada pabrik etanol ini menghasilkan limbah berupa limbah cair. Limbah cair ini berasal dari hasil *bottom* Menara Distilasi. Limbah ini kemudian akan diolah lebih lanjut di Unit Pengolahan Limbah (UPL).

4.5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Tangki Klorinasi / Karbon aktif (TU-01)

Fungsi : Mencampurkan klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga

Volume : 32,0401 m³

Tinggi : 3,4430 m

Diameter : 3,4430 m

Harga : \$ 43.326

2. Tangki kaporit (TU-03)

Fungsi : Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan boiler

Volume : 0,0705766 m³

Diameter : 0,4480 m

Tinggi : 0,4480 m

Harga : \$ 5.064

3. Tangki Air Bersih (T-02)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga

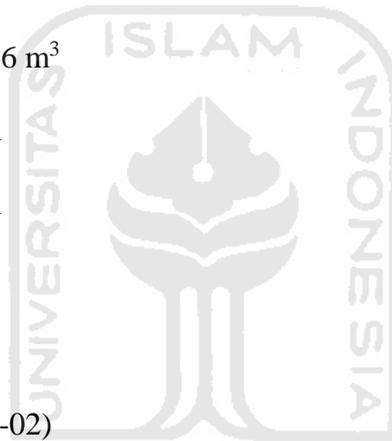
Bentuk : Silinder tegak

Volume : 768,96 m³

Tinggi : 9,9314 m

Diameter : 9,9314 m

Harga : \$ 57.731



4. Bak air pendingin (BU-03)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin

Bentuk : Persegi panjang

Volume : 1741,4786 m³

Tinggi : 7,5791 m

Panjang : 15,1583 m

Lebar : 15,1583 m

Harga : \$ 34.436

5. Cooling Tower (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan

Luas : 7,1254 m²

Panjang : 2,6693 m

Lebar : 2,6693 m

Tinggi : 3,5717 m

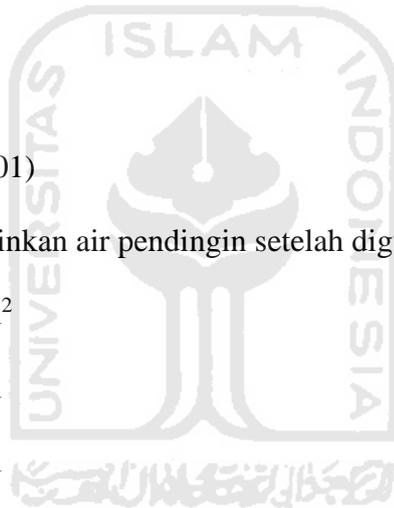
Velositi cair : 1738,1245 lb/jam.ft²

Harga : \$ 134.255

6. Blower Cooling Tower (BL-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan

Power : 7 Hp



Harga : \$ 15.080

7. Mixed Bed (TU-05)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO₄, dan NO₃

Diameter : 1,5115 m

Tinggi : 1,3970 m

Volume : 2,5055 m³

Tebal : 3/16 in

Harga : \$ 562.677

8. Tangki NaCl (T-02)

Fungsi : Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi Kation Exchanger

Volume : 10,0335 m³

Diameter : 2,338 m

Tinggi : 2,338 m

Harga : \$ 28.246

9. Tangki NaOH (T-07)

Fungsi : Menampung NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi Anion Exchanger

Bentuk : Silinder

Volume : 5,0772 m³

Diameter : 1,863 m

Tinggi : 1,863 m

Harga : \$ 22.282

10. Tangki Deaerator (De)

Fungsi : Menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler

Bentuk : Silinder tegak

Volume : 21,0462 m³

Diameter : 2,993 m

Tinggi : 2,993 m

Harga : \$ 36.574

11. Tangki N₂H₄ (T-08)

Fungsi : Menyimpan larutan N₂H₄

Bentuk : Silinder tegak

Volume : 21,3929 m³

Diameter : 3,0093 m

Tinggi : 3,0093 m

Harga : \$ 36.799

12. Tangki Umpan Boiler (T-05)

Fungsi : Mencampur kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai steam alam boiler

Volume : 21,0462 m³

Diameter : 2,993 m

Tinggi : 2,993 m

Harga : \$ 36.574

13. Tangki Air Demin (TU-09)

Fungsi : Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan boiler

Bentuk : Silinder tegak

Volume : 505,1091 m³

Diameter : 8,6332 m

Tinggi : 8,6332 m

Harga : \$ 111.410

14. Tangki Service Water (TU-04)

Fungsi : Menampung Air Service untuk keperluan layanan umum

Bentuk : Silinder tegak

Volume : 4,8 m³

Diameter : 1,8286 m

Tinggi : 1,8286 m

Harga : \$ 21.832

15. Pompa Utilitas

Fungsi : Mengalirkan air menuju alat selanjutnya

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan Kontruksi : *Commercial Steel*

Spesifikasi	ID	Putaran Spesifik	Daya Motor	Jumlah	Harga
Pompa 1	0,193675 m	437,6677 rpm	5 Hp	2	\$ 42.988
Pompa 2	0,005375 m	0,0010 rpm	1/20 Hp	2	\$ 13.054
Pompa 3	0,10226 m	137,9796 rpm	5 Hp	2	\$ 30.610
Pompa 4	0,10226 m	137,9796 rpm	2 Hp	2	\$ 30.610
Pompa 5	0,146329 m	312,485 rpm	3 Hp	2	\$ 53.111
Pompa 6	0,146329 m	312,485 rpm	3 HP	2	\$ 53.111
Pompa 7	0,16789 m	90,635 rpm	3/4 Hp	2	\$ 39.162
Pompa 8	0,16789 m	90,635 rpm	2 Hp	2	\$ 39.162
Pompa 9	0,16789 m	90,635 rpm	1 Hp	2	\$ 39.162

Spesifikasi	ID	Putaran Spesifik	Daya Motor	Jumlah	Harga
Pompa 10	0,16789 m	90,635 rpm	1 Hp	2	\$ 39.162
Pompa 11	0,16789 m	90,635 rpm	1 Hp	2	\$ 39.162
Pompa 12	0,010744 m	0,8613 rpm	1/2 Hp	2	\$ 13.054
Pompa 13	1,04925 m	53,9134 rpm	1 1/2 Hp	2	\$ 20.031

28. Boiler (BO-01)

Fungsi : Membuat saturated steam

Bahan : *Carbon Steel*

Kondisi :

✓ Suhu : 300^oC

✓ Tekanan : 15 atm

✓ A : 45,8451 m²

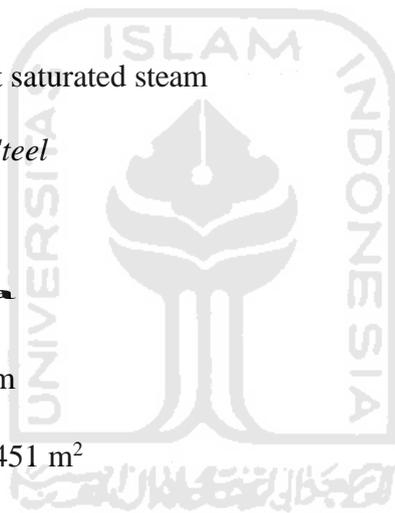
Kebutuhan : 547,5936 Kg/Jam

Diameter : 4,7953 m

Tinggi : 9,5907 m

Jumlah 1

Harga : \$ 26.221



29. Tangki Bahan Bakar

Fungsi : Sebagai tempat menampung bahan bakar solar

Kebutuhan : 157,32 Kg/jam

Volume : 27,078 m³

Diameter : 3,255 m

Tinggi : 3,255 m

Harga : \$ 6.189

4.6 Organisasi Perusahaan

4.6.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Pabrik Etanol ini akan didirikan dalam bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) yang berada di Cilegon, Banten, Jawa Barat. Alasan dipilihnya pabrik yang didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas adalah :

1. Kelancaran dalam produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
2. Bisa memperluas usaha dari modal masyarakat.
3. Modal usaha diperoleh dengan menjual saham perusahaan
4. Bias meminjam modal dari bank dengan jaminan perusahaan.
5. Keberlangsungan perusahaan tidak terpengaruh oleh pemegang saham, karyawan dan direksi, sehingga lebih terjamin.

Perseroan Terbatas memiliki cirri-ciri berikut :

1. Perusahaan yang dibangun dalam bentuk Perseroan Terbatas didirikan dengan akta notaris.
2. Direksi merupakan pimpinan dari suatu perusahaan dan biasanya dipilih oleh pemegang saham.
3. Pemilik pemegang saham disebut pemilik perusahaan.

4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi adalah factor penunjang kemajuan sebuah perusahaan. Komunitas sebuah perusahaan bisa mempengaruhi kelancaran perusahaan. Adapun beberapa pedoman untuk memperoleh suatu system yang baik, antara lain :

- a. Tujuan dari perusahaan dirumuskan secara jelas.
- b. Wewenang dan pembagian tugas kerja didelegasikan dengan jelas.
- c. Adanya organisasi perusahaan yang fleksibel.
- d. Adanya kesatuan perintah juga tanggung jawab.
- e. Adanya system pengontrol atas pekerjaan yang dilakukan.

Agar mendapatkan struktur organisasi yang baik, maka hal-hal tadi bisa dijadikan sebagai pedoman perusahaan. Salah satunya adalah *Line System and Staff*. Sistem ini mempunyai garis kekuasaan yang praktis dan sederhana. Dan juga, sistem ini memiliki pembagian tugas kerja seperti yang ada dalam sistem organisasi fungsional. Sehingga, karyawan hanya bertanggung jawab

pada atasan saja. Ada dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi dan staff, anatar lain :

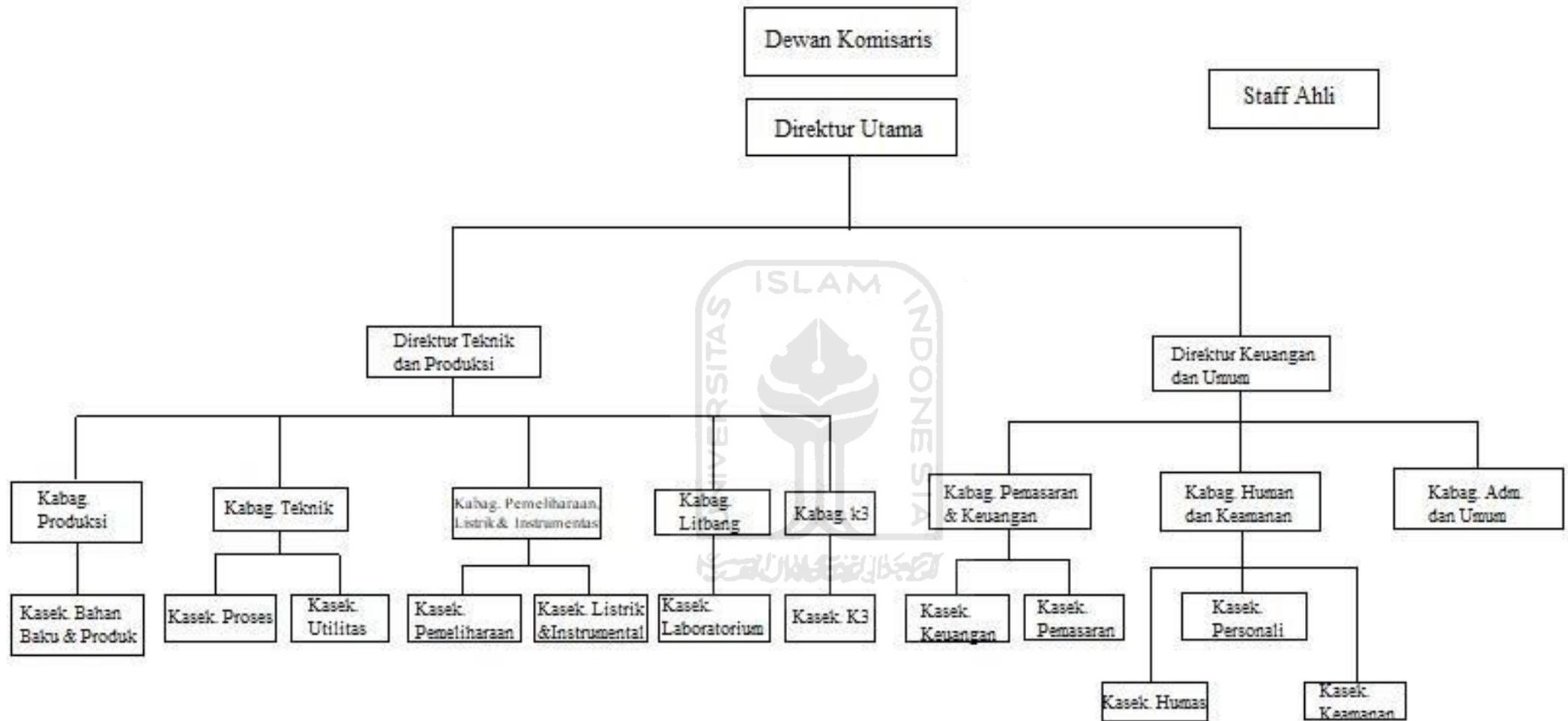
1. Sebagai garis atau ahli, yaitu orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staff, yaitu orang yang melaksanakan tugas sesuai dengan keahliannya, sehingga dapat memberikan berbagai saran kepada unit operasional.

Pada pelaksanaan tugas sehari-hari, dewan komisaris mewakili para pemegang saham. Direktur utama memiliki tugas untuk menjalankan perusahaan yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur Teknik dan Produksi membawahi bagian operasional dan teknik, sedangkan untuk Direktur Keuangan dan Umum membawahi pemasaran dan kelancaran produksi. Direktur membawahi kepala bagian, sedang untuk kepala bagian membawahi kepala seksi, lalu kepala seksi membawahi serta mengawasi karyawan perusahaan.

Agar mencapai kelancaran produksi, diperlukan adanya staf ahli dari orang yang ahli pada bidangnya. Staf ahli bertugas memberikan bantuan ide dan nasihat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan dari perusahaan.

- Ada beberapa manfaat adanya struktur organisasi pada suatu perusahaan, antara lain :
- a. Bisa menjelaskan soal pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang dan hal lainnya.
 - b. Adanya penempatan pegawai yang tepat.
 - c. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
 - d. Penyusunan program pengembangan manajemen.
 - e. Dapat mengatur kembali langkah kerja yang berlaku apabila terbukti kurang lancar.





Gambar 4.7 Struktur Organisasi

4.6.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan kumpulan dari beberapa orang yang mengumpulakna modal untuk keperluan pendirian suatu perusahaan dan beroperasinya perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi dari sebuah perusahaan yang terbentuk di Perseroan Terbatas (PT) yaitu Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang bewenang untuk :

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan beberapa hasil usaha juga neraca perhitungan untung dan rugi tahunan sebuah perusahaan.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan seseorang yang melaksanakan tugas sehari-hari dari pemilik saham. Oleh karenanya, Dewan Komisaris akan bertanggung jawab pada pemilik saham. Tugas dari Dewan Komisaris di antaranya :

- a. Menilai dan me nyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas dari Direktur.

c. Membantu Direktur dalam tugas yang penting.

3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan yang tertinggi pada perusahaan dan mempunyai tanggung jawab sepenuhnya pada kemajuan dan kemunduran suatu perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diputuskan sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi dan juga Direktur Keuangan dan Umum. Berikut adalah tugas Direktur Utama, antara lain :

- a. Mengkoordinasikan kerjasama dengan Manajer Produksi dan Manajer Umum.
- b. Melakukan kebijakan perusahaan dan bertanggungjawabkan pekerjaan pada pemegang saham pada akhir masa jabatan.
- c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat.
- d. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan.
- e. Merangkai kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, konsumen, pimpinan dan karyawan.

4. Direktur

Direktur merupakan orang yang membantu Direktur Utama dalam melaksanakan tugas operasional perusahaan

dan bertanggung jawab pada Direktur Utama. Posisi direktur dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu :

a. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi mempunyai tugas sebagai berikut :

1. Bertanggungjawab pada Direktur Utama dalam hal operasi dan teknik.
2. Mengkoordinasi, mengawasi, dan mengatur.
3. Menjadi pelaksana kerja kepala-kepala yang berada di bawahnya.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur Keuangan dan Umum mempunyai tugas sebagai berikut :

1. Bertanggungjawab pada Direktur Utama dalam hal keuangan, pelayanan umum juga pemasaran.
2. Mengkoordinasi, mengawasi, dan mengatur pelaksanaan kerja kepala-kepala bagian bawahannya.

5. Staf Ahli

Staf Ahli adalah tenaga ahli yang memiliki tugas untuk membantu Direktur Utama dalam melaksanakan tugas, baik yang berhubungan dengan teknik, administrasi, maupun hukum. Berikut tugas-tugas dari staff ahli :

- a. Memberikan nasihat dan saran pada proses perencanaan dan pengembangan perusahaan.

- b. Mengadakan evaluasi pada bidang teknik dan ekonomi perusahaan,
- c. Memberi saran pada bidang hukum.

6. Kepala Bagian

Kepala bagian mempunyai tugas untuk mengkoordinasikan, mengatur juga mengawasi pelaksanaan pekerjaan pada lingkungan bagiannya sesuai dengan garis struktur yang sudah ditentukan oleh pimpinan perusahaan. Pada sebuah perusahaan, kepala bagian dibagi menjadi 8 bagian, yaitu :

a. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertanggung jawab terhadap Direktur Teknik dan Produksi pada bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala Bagian Produksi ini membawahi Seksi Bahan Baku dan Produk.

b. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik bertanggung jawab pada Direktur Teknik dan Produksi dalam hal kelancaran proses teknik pada perusahaan. Kepala Bagian Teknik membawahi :

- 1. Seksi Utilitas
- 2. Seksi Proses
- c. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi

Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi, tugas-tugasnya antara lain :

1. Bertanggung jawab pada Direktur Teknik dan Produksi dalam hal pemeliharaan peralatan juga keperluan listrik yang dibutuhkan.

2. Mengkoordinir kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi membawahi :

1. Seksi Listrik dan Instrumentasi

2. Seksi Pemeliharaan

d. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan atau Litbang, bertanggung jawab pada Direktur Teknik dan Produksi dalam hal penelitian dan pengembangan perusahaan. Kepala Bagian Litbang ini membawahi Seksi Laboratorium.

e. Kepala Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Kepala Bagian Keselamatan dan Kesehatan Kerja bertanggung jawab pada Direktur Teknik dan Produksi dalam hal keselamatan kerja. Kepala Bagian K3 ini membawahi Seksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

f. Kepala Bagian Pemasaran dan Keuangan

Kepala Bagian Pemasaran dan Keuangan bertanggung jawab pada Direktur Keuangan dan Umum dalam hal pemasaran dan keuangan perusahaan. Kepala Bagian ini membawahi :

1. Seksi Pemasaran
2. Seksi Keuangan

g. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

Kepala Bagian Humas dan Keamanan bertanggung jawab pada Direktur Keuangan dan Umum dalam hal personalia, hubungan masyarakat dan keamanan, pada bagian ini membawahi :

1. Seksi Personalia
2. Seksi Humas
3. Seksi Keamanan

h. Kepala Bagian Administrasi dan Umum

Kepala Bagian Administrasi dan Umum bertanggung jawab pada Direktur Keuangan dan Umum dalam hal administrasi dan umum.

7. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan pada lingkup yang sesuai dengan bidangnya, dengan rencana yang sudah diatur oleh kepala bagian masing-masing supaya didapatkan hasil yang maksimal dan efektif selama proses produksi berlangsung. Setiap kepala seksi memiliki tanggung jawab

kepada kepala bidang masing-masing sesuai penjabaran tugas pada bagian struktur organisasi.

4.6.4 Status Karyawan dari Sistem Penggajian

Pabrik Etanol ini mempunyai sistem penggajian karyawan berbeda sesuai status karyawannya, kedudukannya, tanggung jawabnya, dan juga keahliannya.

1. Status Karyawan

Status karyawan dibagi menjadi 3, yaitu :

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang sudah memenuhi syarat yang telah ditentukan, diterima, dipekerjakan dan memperoleh balas serta terikat pada hubungan kerja dengan perusahaan dalam jangka waktu yang tidak terbatas.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang terikat pada hubungan kerja dengan perusahaan pada jangka waktu yang terbatas yang diatur dalam suatu perjanjian dengan berpedoman pada Peraturan Menteri Ketenaga Kerjaan No. PER02/MEN/1993. Hak dari karyawan kontrak bisa disesuaikan dengan kondisi dan dituliskan dalam kontrak.

c. Karyawan Borongan

Karyawan Borongan merupakan karyawan yang terikat oleh hubungan kerja dengan perusahaan atas dasar pekerja harian yang memiliki sifat tidak terus menerus, maksimal 3

bulan, disesuaikan dengan kondisi dan dituliskan dalam kontrak.

2. Jabatan dan Keahlian

Tabel 4.18 Jabatan dan Prasyarat

Jabatan	Prasyarat
Direktur Utama	Magister Manajemen
Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia (Pengalaman min. 3 tahun)
Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi (Pengalaman min. 3 tahun)
Staff Ahli	Sarjana Teknik (Pengalaman min. 3 tahun)
Ka. Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia (pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin (pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	Sarjana Teknik Mesin (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Litbang	Sarjana Teknik Kimia (pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian K3	Sarjana Teknik Lingkungan (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Pemasaran dan Keuangan	Sarjana Ekonomi (Pengalaman min. 2 tahun)

Jabatan	Persyaratan
Ka. Bagian Humas dan Keamanan	Sarjana FISIP (Pengalaman min. 2 tahun)
Ka. Bagian Administrasi dan Umum	Sarjana Ekonomi (Pengalaman min. 2 tahun)
Kepala Seksi	Sarjana
Karyawan	STM/SMU sederajat
Operator	STM/SMU sederajat
Sekretaris	Akademi Sekretaris
Paramedis	Dokter/Keperawatan
Keamanan	SMU sederajat
Supir dan <i>Cleaning Service</i>	SMU Sederajat

3. Pembagian Jam Kerja

Pabrik etanol ini akan beroperasi 330 har dalam 1 tahun dan 24 jam perhari. Sisa hari lainnya bisa dipakai untuk perbaikan dan *shutdown*. Pembagian kerja karyawan dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

a. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* adalah karyawan-karyawan yang tidak menangani bagian proses produksi secara langsung. Karyawan *non-shift* seperti manajer, staff ahli, kepala

bagian, kepala seksi, bagian administrasi, serta personalia dan umu. Karyawan *non-shift* dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian kerja seperti berikut :

- ✓ Hari Senin-Jumat : Pukul 08.00 - 16.00 (Waktu Istirahat : 12.00 - 13.00)
- ✓ Hari Sabtu dan Minggu : Libur

b. Karyawan Shift

Karyawan *Shift* merupakan karyawan yang menangani bagian proses produksi secara langsung ataupun mengatur bagian tertentu dari pabrik yang memiliki hubungan dengan hal keamanan dan kelancaran dalam produksi. Karyawan *Shift* seperti bagian seksi laboratorium, seksi proses, seksi utilitas, seksi pemeliharaan, seksi keamanan, serta karyawan K3. Para karyawan *Shift* bekerja bergantian sehari semalam dengan pembagian jam sebagai berikut :

Karyawan Produksi dan Teknik :

- ✓ Pagi : 07.00 - 15.00
- ✓ Sore : 15.00 - 23.00
- ✓ Malam : 23.00 - 07.00

Karyawan Keamanan :

- Pagi : 07.00 - 15.00
- Sore : 15.00 - 23.00

- Malam : 23.00 - 07.00

4. Jumlah Karyawan dan Gaji

Tabel 4. 19 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji Per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Direktur Utama	1	Rp 65.000.000,00	Rp 65.000.000,00
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 55.000.000,00	Rp 55.000.000,00
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 55.000.000,00	Rp 55.000.000,00
4	Staff Ahli	1	Rp 40.000.000,00	Rp 40.000.000,00
5	Ka. Bagian Produksi	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
6	Ka. Bagian Pemasaran dan Keuangan	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
7	Ka. Bagian Administrasi dan Umum	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
8	Ka. Bagian Litbang	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
9	Ka. Bagian Humas dan Keamanan	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
10	Ka. Bagian K3	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
11	Ka. Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi	1	Rp 35.000.000,00	Rp 35.000.000,00
12	Ka. Seksi Utilitas	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
13	Ka. Seksi Proses	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
14	Ka. Seksi Bahan Baku dan Produk	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji Per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
15	Ka. Seksi Pemeliharaan	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
16	Ka. Seksi Listrik dan Instrumentasi	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
17	Ka. Seksi Laboratorium	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
18	Ka. Seksi Keuangan	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
19	Ka. Seksi Pemasaran	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
20	Ka. Seksi Personalia	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
21	Ka. Seksi Humas	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
22	Ka. Seksi Keamanan	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
23	Ka. Seksi K3	1	Rp 30.000.000,00	Rp 30.000.000,00
24	Karyawan Personalia	4	Rp 15.000.000,00	Rp 60.000.000,00
25	Karyawan Humas	4	Rp 15.000.000,00	Rp 60.000.000,00
26	Karyawan Litbang	4	Rp 15.000.000,00	Rp 60.000.000,00
27	Karyawan Pembelian	4	Rp 15.000.000,00	Rp 60.000.000,00
28	Karyawan Pemasaran	4	Rp 15.000.000,00	Rp 60.000.000,00
29	Karyawan Administrasi	3	Rp 15.000.000,00	Rp 45.000.000,00
30	Karyawan Kas/Anggaran	3	Rp 15.000.000,00	Rp 45.000.000,00
31	Karyawan Proses	20	Rp 15.000.000,00	Rp 300.000.000,00
32	Karyawan Pengendalian	6	Rp 15.000.000,00	Rp 90.000.000,00
33	Karyawan Laboratorium	6	Rp 15.000.000,00	Rp 90.000.000,00

No	Jabatan	Jumlah	Gaji Per Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
34	Karyawan Pemeliharaan	6	Rp 15.000.000,00	Rp 90.000.000,00
35	Karyawan Utilitas	12	Rp 15.000.000,00	Rp 180.000.000,00
36	Karyawan K3	6	Rp 15.000.000,00	Rp 90.000.000,00
37	Operator Proses	20	Rp 15.000.000,00	Rp 300.000.000,00
38	Operator Utilitas	10	Rp 15.000.000,00	Rp 150.000.000,00
39	Sekretaris	6	Rp 15.000.000,00	Rp 90.000.000,00
40	Dokter	2	Rp 14.000.000,00	Rp 28.000.000,00
41	Perawat	6	Rp 8.000.000,00	Rp 48.000.000,00
42	Satpam	12	Rp 5.000.000,00	Rp 60.000.000,00
43	Supir	10	Rp 4.500.000,00	Rp 45.000.000,00
44	<i>Cleaning Service</i>	7	Rp 4.200.000,00	Rp 29.400.000,00

5. Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial diberikan pada semua karyawan di pabrik ini. Kesejahteraan sosial yang diberikan adalah :

A. Tunjangan

- ✓ Tunjangan yang diberikan berupa gaji pokok yang didapatkan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan
- ✓ Tunjangan jabatan diberikan berdasarkan posisi masing-masing orang.

- ✓ Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditentukan.

B. Cuti

- ✓ Cuti tahunan yang diberi pada masing-masing karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
- ✓ Cuti karena sakit yang diberikan pada masing-masing karyawan berdasarkan surat keterangan dari dokter.

C. Pakaian Kerja

Pakaian kerja yang diberikan ke masing-masing karyawan sejumlah tiga pasang setiap tahunnya.

D. Pengobatan

- ✓ Biaya pengobatan untuk setiap karyawan sakit yang disebabkan oleh kecelakaan kerja, akan ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- ✓ Biaya pengobatan setiap karyawan sakit yang tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja, diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

E. Asuransi Tenaga Kerja

Semua karyawan akan diberi asuransi tenaga kerja berupa BPJS Ketenagakerjaan.

F. Fasilitas

Perusahaan menyediakan fasilitas untuk semua karyawan dalam pelaksanaan aktivitas selama di pabrik. Ada pula fasilitas yang diberi oleh perusahaan yaitu berupa :

- ✓ Penyediaan mobil dan bus untuk keperluan transportasi karyawan.
- ✓ Kantin untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan.
- ✓ Fasilitas kesehatan yang dilengkapi dengan dokter dan perawat.
- ✓ Pakaian seragam untuk kerja dan berbagai peralatan keamanan seperti helm, kacamata, sepatu, sarung tangan tahan api dan *earplug*.
- ✓ Masjid sebagai tempat beribadah untuk karyawan muslim.

4.7 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonommi memiliki tujuan untuk mengetahui kelayakan dari suatu pabrik yang akan dibangun. Faktor-faktor yang ditinjau pada evaluasi ekonomi ini yaitu :

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

Sebelum pabrik dibangun, perlu ada dilaksanakan analisis ekonomi, maka dari itu perlu dilakukan perkiraan dari beberapa hal, yaitu :

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*).

Total Capital Investment terdiri atas :

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

2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

Total Production Cost terdiri atas :

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

Perlu dilakukan perkiraan beberapa hal untuk mengetahui titik impas dari sebuah pabrik. Hal tersebut diantaranya :

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)
- c. Biaya mengambang (*Ragulated Cost*)

4.7.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan akan mengalami perubahan setiap saat tergantung dengan kondisi ekonomi yang dapat mempengaruhi hal tersebut. Oleh karenanya, diperlukan sebuah metode untuk memperkirakan harga peralatan pada tahun yang diinginkan dan perlu untuk diketahui indeks harga peralatan di tahun tersebut.

Indeks harga pada tahun 2025 diperkirakan menggunakan metode garis linear menggunakan data indeks dari tahun 1987 hingga 2015 sebagai berikut :

Tabel 4.20 Indeks Harga

Tahun (X)	Index (Y)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361.3
1992	358.2
1993	359.2
1994	368.1
1995	381.1
1996	381.7
1997	386.5
1998	389.5
1999	390.6
2000	394.1
2001	394.3
2002	395.6
2003	402
2004	444.2
2005	468.2

Tahun (X)	Index (Y)
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

www.chemengonline.com/pci

dari indeks harga tersebut di atas, didapatkan persamaan metode regresi linear sebagai berikut :

$$y = 9,878x - 19325 \quad (4.6)$$

Persamaan regresi linear tadi dipakai untuk mencari perkiraan indeks harga pada tahun 2025 dengan memperkirakan harga indeks 677,95. Maka, harga peralatan di tahun 2025 bisa didapatkan dengan persamaan berikut :

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (4.7)$$

Dimana :

E_x = Harga alat pada tahun X

E_y = Harga alat pada tahun Y

N_x = Nilai indeks pada tahun X

Ny = Nilai indeks pada tahun Y

Untuk jenis alat yang sama tetapi mempunyai kapasitas berbeda, maka harga peralatan bisa diperkirakan dengan menggunakan metode *six tenths factor* sebagai berikut :

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6} \quad (4.8)$$

Dimana :

Ea = Harga alat dengan kapasitas yang diketahui

Eb = Harga alat dengan kapasitas yang dicari

Ca = Kapasitas alat A

Cb = Kapasitas alat B

4.7.2 Perhitungan Biaya

Dasar Perhitungan :

1. Kapasitas Produk : 70.000 ton/Tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari
3. Umur pabrik : 10 tahun
4. Tahun pabrik didirikan : 2025
5. Indeks harga tahun 2025 : 677,95
6. Upah buruh asing : \$ 20/man hour
7. Upah buruh Indonesia : Rp 20.000/man hour
8. Kurs dollar : Rp 14.500,00
9. Harga jual Etanol : Rp 39098,00/Kg

A. Total Capital Investment

Total Capital Investment merupakan biaya pengeluaran yang dipakai untuk membangun fasilitas dan operasi pabrik yang meliputi :

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment merupakan biaya pengeluaran yang dipakai untuk membangun fasilitas dan operasi pabrik. *Fixed capital investment* tersiri atas :

a. *Purchased Equipment Cost*

b. *Delivered Equipment Cost*

c. *Installation Cost*

d. *Piping Cost*

e. *Instrumentation Cost*

f. *Insulation Cost*

g. *Electrical Cost*

h. *Building Cost*

i. *Land and Yard Improvement*

j. *Engineering and Construction*

k. *Constructor's Fee*

l. *Contingency*

Physical Plant Cost (PPC) = a – i

Direct Plan Cost (DPC) = PPC + j

Fixed Capital Investment (FCI) = DPC + k + l



Tabel 4.21 Physical Plant Cost (PPC)

No.	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased equipment cost</i>	38.396.996.189	2.648.069
2	<i>Delivered equipment cost</i>	9.599.249.047	662.017
3	<i>Installation cost</i>	6.448.047.291	444.693
4	<i>Piping cost</i>	21.386.464.860	1.474.929
5	Instrumentasi	9.632.349.906	664.300
6	Insulasi	1.499.468.903	103.412
7	Listrik	3.839.699.619	264.807
8	Bangunan	30.717.596.951	2.118.455
9	<i>Land and Yard Improvement</i>	369.206.500.000	25.462.517
	Total	490.726.372.765	33.843.198

Tabel 4.22 Direct Plant Cost (DPC)

No.	Type of Capital Cost	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Teknik dan Konstruksi	119.515.494.331	8.460.800
	Total (DPC+PPC)	613.407.965.956	42.303.998

Tabel 4.23 Fixed Capital Investment

No.	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	613.407.965.956	42.303.998
2	<i>Contractor's Fee</i>	24.536.318.638	1.692.160
3	<i>Contingency</i>	61.340.796.596	4.230.400
	Total	699.285.081.190	48.226.557

2. Working Capital Investment

Working capital investment merupakan biaya pengeluaran untuk menjalankan pabrik secara normal, meliputi :

1. *Raw Material Inventory*
2. *Inproses Inventory*
3. *Product Inventory*
4. *Extended Credit*
5. *Available Cash*

Tabel 4.24 Working Capital Investment

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	38.988.180.000	2.688.840
2.	<i>Inproses Inventory</i>	3.806.955.313	262.549
3.	<i>Product Inventory</i>	53.297.374.382	3.675.681
4.	<i>Extended Credit</i>	73.567.541.046	5.073.624
5.	<i>Available Cash</i>	228.417.318.779	15.752.919
	Total	398.077.369.520	27.453.612

B. Total Production Cost

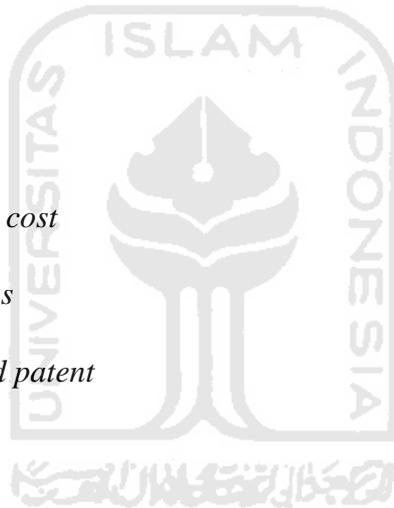
a. Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah jumlah dari *direct, indirect and fixed manufacturing cost* yang berkaitan pada pembuatan produk.

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan khusus pada pembuatan produk, meliputi :

- ✓ *Raw material*
- ✓ *Labor cost*
- ✓ *Supervisor*
- ✓ *Maintenance cost*
- ✓ *Plant supplies*
- ✓ *Royalties and patent*
- ✓ *Utilitas*



Tabel 4.25 Direct Manufacturing Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	1.838.014.200.000	126.759.600,00
2.	<i>Labor</i>	34.024.800.000	2.346.537,93
3.	<i>Supervisor</i>	3.402.480.000	234.653,79
4.	<i>Maintenance</i>	104.892.762.178	7.233.983
5.	<i>Plant supplies</i>	9.981.199.804	688.358,61
6.	<i>Royalty and patent</i>	34.681.840.779	2.391.851,09
7.	Utilitas	24.349.155.460	1.679.252
	Total	2.049.346.438.221	141.334.237

2. Indirect Manufacturing Cost

Indirect manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran sebagai akibat tidak langsung disebabkan operasional pabrik, meliputi :

- ✓ *Payroll overhead*
- ✓ *Laboratory*
- ✓ *Plant overhead*
- ✓ *Packaging and shipping*

Tabel 4.26 Indirect Manufacturing Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Payroll overhead</i>	5.103.720.000	351.981
2.	<i>Laboratory</i>	3.402.480.000	234.654
3.	<i>Plant overhead</i>	17.012.400.000	1.173.269
4.	<i>Packaging and shipping</i>	346.818.407.789	23.918.511
	Total	372.337.007.789	25.678.414

3. Fixed Manufacturing Cost

Fixed manufacturing cost merupakan biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi ataupun saat tidak, atau pengeluaran yang bersifat tetap, tidak terikat waktu maupun tingkat produksi, meliputi :

- ✓ Depresiasi
- ✓ *Property Tax*
- ✓ *Insurance*

Tabel 4.27 Fixed Manufacturing Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi	69.928.508.119	4.822.656
2.	<i>Property tax</i>	13.985.701.624	964.531
3.	Insurance	6.992.850.812	482.266
	Total (DPC+PPC)	90.907.060.555	6.269.452

Tabel 4.28 Manufacturing Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	2.049.346.438.221	141.334.237
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	372.337.007.789	25.678.414
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	90.907.060.555	6.269.452
	Total	2.512.590.506.565	173.282.104

b. *General Expenses*

General Expenses merupakan pengeluaran umum yang meliputi pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*, yaitu :

- ✓ *Administration*
- ✓ *Sales Expense*
- ✓ *Research*
- ✓ *Finance*

Tabel 4.29 General Expense

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Administration</i>	150.755.430.394	10.396.926
2.	<i>Sales expense</i>	125.629.525.328	8.664.105
3.	<i>Research</i>	201.007.240.525	13.862.568
4.	<i>Finance</i>	32.920.873.521	2.270.405
	Total	510.313.069.769	35.194.005

Tabel 4.30 Total Production Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	2.512.590.506.565	173.282.104
2.	<i>General Expense (GE)</i>	510.313.069.769	35.194.005
3.	Total	3.022.903.576.334	208.476.109

4.7.3 Analisis Ekonomi

Analisis kelayakan berguna untuk mengetahui kelayakan dari sebuah pabrik yang akan dibangun. Evaluasi kelayakan tersebut antara lain :

1. Return on Investment (ROI)

ROI adalah kecepatan pengembalian modal investasi, dinyatakan dalam presentase terhadap modal tetap.

$$ROI = \frac{\text{erofit}}{\text{fixed caeital investnent}} \times 100\%$$

Batasan minimum ROI setelah pajak untuk Industri Kimia adalah untuk *low risk* 11% dan *high risk* 44%

Profit = *sales price – total product cost*

Pajak = 30-52% (*aries and newton P. 190*)

Hasil penjualan = Rp 3.468.184.077.892

Biaya Produksi = Rp 3.022.903.576.334

Profit before tax = Rp 445.280.501.558

Profit after tax = Rp 311.696.351.091

ROI sebelum pajak :

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit before tax}}{\text{Fixed Caetal Investnent}} \times 100\%$$

$$= 63,68 \%$$

ROI setelah pajak :

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit after tax}}{\text{Fixed Caetal Investnent}} \times 100\%$$

$$= 44,57 \%$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay out time merupakan jumlah tahun yang berselang sebelum di dapatkannya sebuah penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang dibutuhkan untuk kembalinya *Fixed Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Caetal Investnent}}{\text{Profit} + 0.1\text{FCI}}$$

Batasan maksimal POT setelah pajak untuk industry kimia yaitu untuk *low risk* 5 tahun dan *high risk* 2 tahun.

POT sebelum pajak :

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Caetal Investnent}}{\text{Profit before tax} + 0.1\text{FCI}} \times 100\%$$

$$= 1,4 \text{ tahun}$$

POT sesudah pajak :

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Caetal Investnent}}{\text{Profit after tax} + 0.1\text{FCI}} \times 100\%$$

$$= 1,8 \text{ tahun}$$

3. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik impas (kondisi di mana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian). Kapasitas pabrik pada saat *sales value* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi bila beroperasi di bawah presentase BEP dan untung jika beroperasi di atas presentase BEP. Harga BEP pada umumnya berkisar antara 40-60% dari kapasitas.

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

Dimana :

Fa : *Fixed Manufacturing Cost*

Va : *Variable Cost*

Ra : *Regulated Cost*

Sa : *Sales Price*

Fixed Cost (Fa) merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun, baik saat pabrik melakukan produksi maupun saat pabrik tidak melakukan produksi.

Variable Cost (Va) merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun oleh pabrik yang jumlahnya dipengaruhi oleh kapasitas produksi.

Regulated Cost (Ra) merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun yang jumlahnya proporsional dengan kapasitas produksi pabrik. Biaya tersebut dapat menjadi biaya tetap dan dapat menjadi biaya variabel.

Tabel 4.31 Fixed Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Depresiasi	69.928.508.119	4.822.656
2.	Property tax	13.985.701.624	964.531
3.	Insurance	6.992.850.812	482.266
	Total	90.907.060.555	6.269.452

Tabel 4.32 Variable Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	Raw Material	1.838.014.200.000	126.759.600
2.	Packaging and shipping	346.818.407.789	23.918.511
3.	Utilitas	24.349.155.460	1.679.252
4.	Royalty and patent	34.681.840.779	2.391.851
	Total	2.243.863.604.028	154.749.214

Tabel 4.33 Regulated Cost

No.	Type of Expenses	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	General Expense	510.313.069.769	2.346.538
2.	Labor Cost	34.024.800.000	2.346.538
3.	Plant overhead	17.012.400.000	1.173.269
4.	Payroll overhead	5.103.720.000	351.981
5.	Supervisor	3.402.480.000	234.654
6.	Laboratory	3.402.480.000	234.654
7.	Maintenance	104.892.762.178	7.233.984

8.	<i>Plant Supplies</i>	9.981.199.804	688.359
	Total	688.132.911.751	12.2263.437

Sehingga diperoleh nilai BEP sebesar :

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

$$= 40,04\%$$

4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point yaitu level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$\text{SDP} = \frac{0.3\text{Ra}}{\text{Sa} - \text{Va} - 0.7\text{Ra}} \times 100\%$$

$$= 27,8 \%$$

5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

Evaluasi keuntungan dengan cara *discounted cash flow* menggunakan nilai uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik (*presentvalue*). Dihitung dengan persamaan :

$$(\text{FC} + \text{WC}) (1+i)^n = \text{CF} [(1+i)^{n-1} + (1+i)^{n-2} + \dots + (1+i)^0] + \text{SV} + \text{WC}$$

$$\text{R} = \text{S}$$

Dimana :

$$\text{FC} = \text{Fixed Capital}$$

WC = *Working Capital*

SV = *Salvage Value*

CF = *Annual Cash Flow*

I = *Discounted cash flow rate*

N = Umur pabrik

Umur pabrik = 10 tahun

Salvage value = 10% x FCI
= Rp 69.928.508.119

Cash Flow = *profit after taxes + depresiasi + finance*
= Rp 414.545.732.731

Discounted cash flow rate dihitung secara *trial and error*.

R = S

R = Rp 25.218.426.838.140,70

S = Rp 25.218.426.838.140,70

R - S = Rp 0

Dari *trial and error* diperoleh :

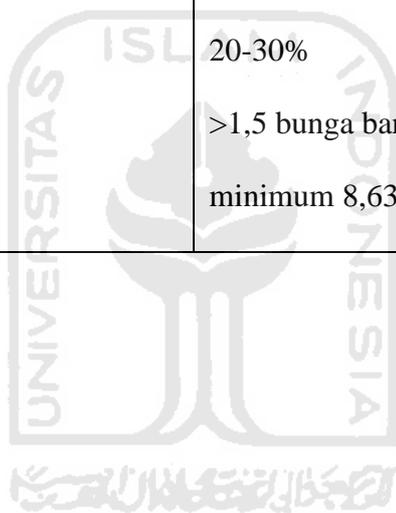
Harga I = 0,3682

Sehingga DCFRR = 36,82%

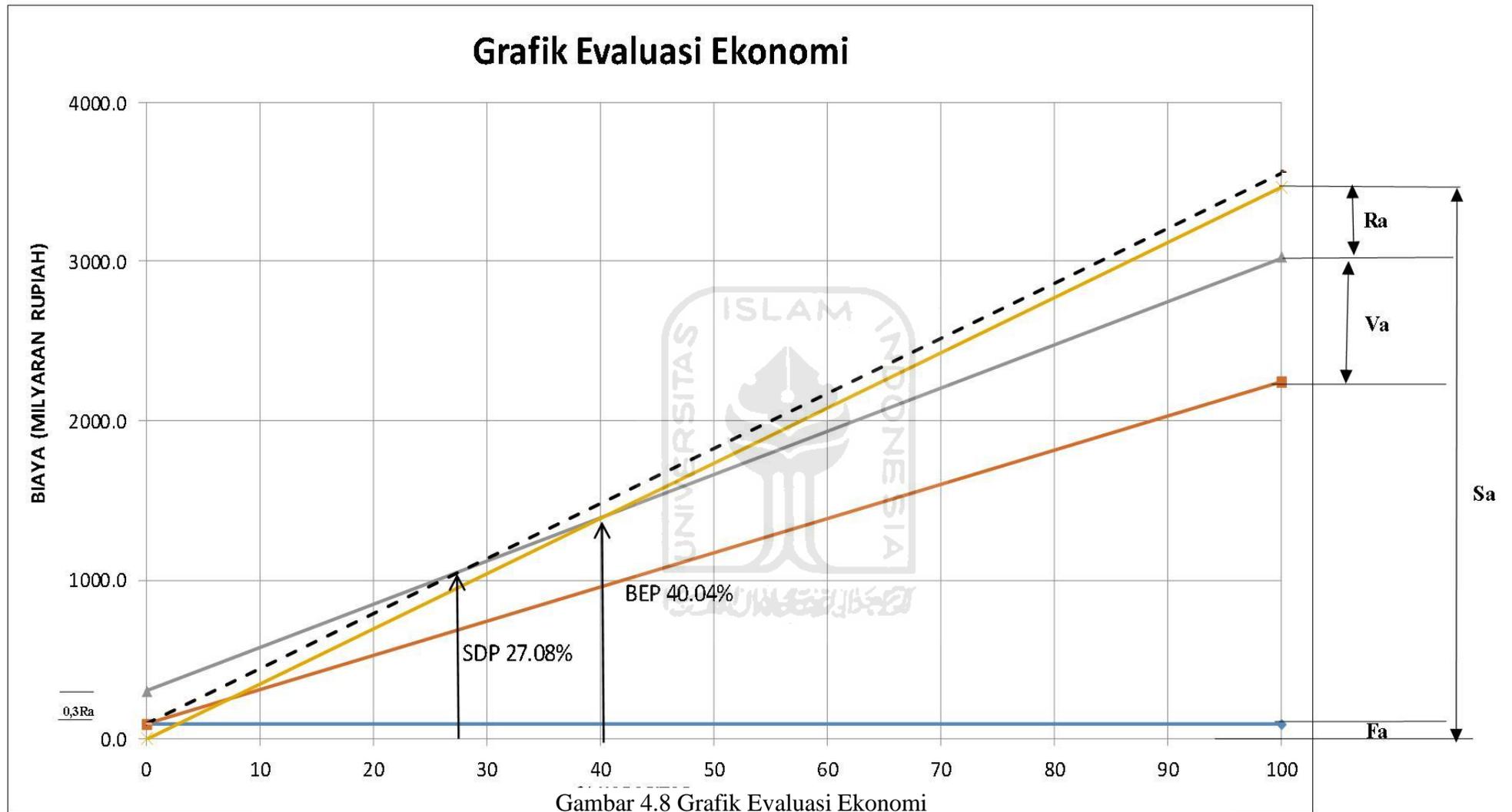
DCFRR minimum = 1,5 x suku bunga simpanan bank

Tabel 4.34 Kesimpulan Evaluasi Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Syarat Low Risk	Keterangan
ROI	Before tax = 63,68% After tax = 44,57%	ROI <i>before tax</i> <i>minimum low</i> 11%	Sesuai
POT	Before tax = 1,4 tahun After tax = 1,8 tahun	<i>high</i> 44% POT <i>before tax</i> <i>maksimum low</i> 5 th <i>high</i> 2 th	Sesuai
BEP	40,04%	Berkisar 40-60%	Sesuai
SDP	27,8%	20-30%	Sesuai
DCFRR	36,82%	>1,5 bunga bank = <i>minimum</i> 8,63%	Sesuai



Grafik Evaluasi Ekonomi



Gambar 4.8 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik Etanol dari Etilena dengan proses hidrasi ini memiliki kapasitas sebesar 70.000 ton/tahun dan direncanakan berdiri pada tahun 2025. Maka, dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan tujuan proses, kondisi operasi yang tinggi, sifat-sifat bahan baku produk dan lokasi pabrik, maka pabrik ini tergolong pabrik beresiko tinggi.
2. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi pabrik sebagai berikut :
 - a. Keuntungan sebelum pajak : Rp 445.280.501.558
 - b. Keuntungan setelah pajak : Rp 311.696.351.091
 - c. ROI : 44,57 % dengan standar high risk minimum 44%
 - d. POT : 1,8 tahun dengan standar high risk maksimum 2 tahun.
 - e. BEP : 40,04 % dengan standar 40-60%
 - f. SDP : 27,8 % dengan standar 20-30%
 - g. DCFRR : 36,82%, minimum 8,63% (>1,5 bunga bank)

Dari hasil analisis ekonomi di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik etanol dari etilena dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

5.2 Saran

Untuk merancang sebuah pabrik kimia dibutuhkan pemahaman konsep-konsep dasar untuk dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia. Hal tersebut meliputi :

1. Pendirian sebuah pabrik kimia tidak pernah lepas dari produksi limbah, limbah dapat diolah dengan sebagaimana mestinya untuk menghindari pencemaran lingkungan sekitar. Maka dari itu, diharapkan untuk mengembangkan pabrik teknik kimia yang ramah lingkungan.
2. Optimasi pemilihan meliputi alat prose dan bahan baku harus diperhatikan untuk menekan biaya operasi. Dengan demikian akan lebih optimal pula keuntungan yang akan diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1980, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", McGraw-Hill Book Company, New York.
- Walas, S.M., 1988, Chemical Process Equipment Selection and Design, Butterworth, United State of America.
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Young, E.H., and Brownell, L.E., 1959, "Process Equipment Design: Vessel Design", McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1966, "Encyclopedia of Chemical Technology", John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Winarno, F.G., dan Wirakartakusumah, M.A., 1981, "Fisiologi Pasca Panen", Sastra Hudaya, Jakarta.
- Anonim, 2020, "The Chemical Engineering Plan Cost Index", <http://Chemengonline.com/pci>, diakses 10 Oktober 2020, pukul 17.00 WIB.
- Anonim, 2019, "Product Specifications", <http://www.chandra-asri.com/our-business/product/olefins>, diakses 23 Desember 2019, pukul 23.00 WIB.
- Anonim, 2019, "Materials Safety Data Sheet", <https://www.safetymanagementkey.com>, diakses 23 Desember 2019, pukul 23.20 WIB.

Anonim, 2019, “Data Impor Etanol di Indonesia”, <https://>

www.bps.go.id, diakses 20 Desember 2019, pukul 22.30 WIB.

Anonim, 2019, “Data Ekspor Etanol di Indonesia”, <https://>

www.bps.go.id, diakses 20 Desember 2019, pukul 23.00 WIB.

Anonim, 2019, “Data Konsumsi Etanol di Indonesia”, <https://>

www.bps.go.id, diakses 20 Desember 2019, pukul 23.30 WIB.





LAMPIRAN

LAMPIRAN A

(Reaktor)



LAMPIRAN

Perhitungan Reaktor

Fungsi : Mereaksikan Etanol (C_2H_4) dan Uap Air (H_2O) dengan katalis Asam Fosfat (H_3PO_4).

Jenis : *Fixed Bed Multitube*

Kondisi Operasi :

- a. Tekanan : 15 atm
- b. Temperatur : $500^\circ C$
- c. Reaksi : Eksotermis

A. Alasan Pemilihan

1. Zat pereaksi berupa fase gas dengan menggunakan katalis padat.
2. Reaksi eksotermis sehingga diperlukan luas perpindahan panas yang besar agar kontak dengan pemanas berlangsung optimal.
3. Pengendalian suhu relative mudah karena menggunakan tipe *shell and tube*.
4. Tidak perlu adanya pemisahan katalis dari gas keluaran reactor.
5. Konstruksi reactor *fixed bed* lebih sederhana jika dibandingkan dengan reactor *fluidized bed* sehingga biaya pembuatan, operasional dan perawatannya relative murah.

(Hill, 1977)

B. Spesifikasi Katalis

Katalis yang digunakan adalah Asam Fosfat (H_3PO_4) dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Wujud : Padat
- Bentuk : Bola
- Diameter : $3,969 \text{ mm} = 0,40 \text{ cm}$
- TD : $280^\circ C = 553 \text{ K}$

- Densitas : 1,88 gr/cm³
- Densitas Bulk : 200 kg/cm³ = 0,2 gr/cm³

C. Data-data Fisis Bahan

Kondisi campuran gas yang bereaksi di dalam reaktor mengalami perubahan untuk tiap *increment* panjang reaktor. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kondisi campuran gas adalah :

1. Menghitung Berat Molekul (BM)

$$\text{BM campuran} = \sum(\text{BM}_i \cdot y_i)$$

BM_i : berat molekul komponen i, kgf/kmol

Y_i : Fraksi mol komponen i

Tabel 2. Data Berat Molekul Tiap Komponen

Komponen	BM
C ₂ H ₄	28
H ₂ O	18
C ₂ H ₆	48
C ₂ H ₅ OH	46

(Yaws, 1999)

2. Menghitung Kapasitas Panas (C_p)

Kapasitas panas gas dihitung dengan menggunakan persamaan dari Yaws (1999), sebagai berikut :

$$C_{p_i} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$C_p \text{ campuran} = \sum(C_{p_i} \cdot y_i)$$

A, B, C, D, E : konstanta (Yaws, 1999)

T : temperatur, K

C_{p_i} : kapasitas panas komponen i, kJfKmol.K

Y_i : Fraksi mol komponen i

Tabel 2 Data Konstanta Kapasitas Panas Tiap Komponen

Komponen	A	B	C	D	E
C ₂ H ₄	32,083	-0,014831	0,00024774	$-2,3766 \cdot 10^{-7}$	$6,8274 \cdot 10^{-11}$
C ₂ H ₆	28,146	0,043447	0,00018946	$-1,9082 \cdot 10^{-7}$	$5,3349 \cdot 10^{-11}$
H ₂ O	33,933	-0,0084186	0,000029906	$-1,7825 \cdot 10^{-8}$	$3,6934 \cdot 10^{-12}$
C ₂ H ₅ OH	27,091	0,11055	0,00010957	$-1,5046 \cdot 10^{-7}$	$5,3349 \cdot 10^{-11}$

3. Menghitung Viskositas

Viskositas gas juga dihitung dari persamaan Yaws (1999), yaitu :

$$\mu_i = A + BT + CT^2$$

$$\mu_{\text{campuran}} = \frac{1}{\sum X_i \mu_i}$$

A,B,C : Konstanta (Yaws, 1999)

T : Temperatur, K

μ_i : viskositas komponen i, *micropoise*

X_i : fraksi masa komponen i

Tabel 3 Data Konstanta Viskositas Tiap Komponen

Komponen	A	B	C
C ₂ H ₄	-3,985	0,38726	-0,00011227
C ₂ H ₆	0,514	0,33449	-0,000071071
H ₂ O	-36,826	0,429	-0,0000162
C ₂ H ₅ OH	1,499	0,30741	-0,000044479

(Yaws, 1999)

D. Spesifikasi Reaktor

a) Menghitung Volume Reaktor

1. Mencari nilai Z (Panjang Reaktor)

$$(-r)_A = k_0 \exp\left[\frac{-E_0}{RT}\right] P_{\text{etanol}}^n$$

Keterangan :

$(-r)_A$: Laju reaksi, kmol/(m³.cat.jam)

k_0 : $1,23 \times 10^8$ kmol/(m³.cat.jam.atm)

E_0 : kJ/kmol

T : Suhu, K

P_{etanol} : Tekanan parsial etanol, atm

R : Konstanta gas ideal = 0,08206 atm.m³/kmol.K

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{(-r)_A \cdot n \cdot D_i^2 q_B}{4 \cdot F_{A0}} + U \cdot D_o (T - T_s)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{-\frac{OH}{RT} \cdot F_{A0} \cdot \left\{ \frac{dX_A}{dz} \right\}}{\sum m_i \cdot C_{p_i}}$$

Menghitung konversi X_A hingga di dapatkan sesuai keinginan untuk mencari panjang dari reaktor.

z(m)	Xa	Tg(K)	Tp(K)	P(atm)
0	0	573	583	1
0.1	0.0247	573.1505	582.9264	0.9981
0.2	0.0489	573.3015	582.8544	0.9962
0.3	0.0726	573.4531	582.7841	0.9943
0.4	0.0958	573.6051	582.7154	0.9924
0.5	0.1184	573.7576	582.6483	0.9905
0.6	0.1406	573.9106	582.5828	0.9886
0.7	0.1623	574.0641	582.5189	0.9866
0.8	0.1835	574.2182	582.4566	0.9847
0.9	0.2042	574.3728	582.3959	0.9828
1	0.2244	574.5278	582.3368	0.9809
1.1	0.2442	574.6835	582.2793	0.9789
1.2	0.2636	574.8396	582.2233	0.9770
1.3	0.2825	574.9963	582.1689	0.9750
1.4	0.3011	575.1535	582.1161	0.9731
1.5	0.3191	575.3112	582.0647	0.9711
1.6	0.3368	575.4695	582.0150	0.9691
1.7	0.3541	575.6283	581.9667	0.9672
1.8	0.3710	575.7877	581.9200	0.9652
1.9	0.3875	575.9476	581.8748	0.9632
2	0.4036	576.1081	581.8311	0.9612
2.1	0.4193	576.2691	581.7889	0.9593
2.2	0.4347	576.4307	581.7482	0.9573
2.3	0.4497	576.5929	581.7090	0.9553
2.4	0.4644	576.7556	581.6713	0.9533
2.5	0.4787	576.9189	581.6350	0.9513
2.6	0.4927	577.0828	581.6003	0.9492
2.7	0.5064	577.2473	581.5669	0.9472
2.8	0.5197	577.4124	581.5351	0.9452
2.9	0.5328	577.5780	581.5047	0.9432
3	0.5455	577.7442	581.4757	0.9411
3.1	0.5579	577.9111	581.4482	0.9391
3.2	0.5700	578.0785	581.4221	0.9370
3.3	0.5818	578.2466	581.3974	0.9350
3.4	0.5934	578.4153	581.3742	0.9329
3.5	0.6046	578.5845	581.3524	0.9309

z(m)	Xa	Tg(K)	Tp(K)	P(atm)
3.6	0.6156	578.7544	581.3319	0.9288
3.7	0.6263	578.9250	581.3129	0.9267
3.8	0.6368	579.0961	581.2953	0.9246
3.9	0.6470	579.2679	581.2791	0.9226
4	0.6569	579.4403	581.2643	0.9205
4.1	0.6666	579.6134	581.2508	0.9184
4.2	0.6761	579.7871	581.2387	0.9163
4.3	0.6853	579.9615	581.2280	0.9141
4.4	0.6943	580.1365	581.2187	0.9120
4.5	0.7031	580.3122	581.2107	0.9099
4.6	0.7116	580.4886	581.2040	0.9078
4.7	0.7200	580.6656	581.1988	0.9057
4.8	0.7281	580.8433	581.1948	0.9035
4.9	0.7360	581.0217	581.1922	0.9014
5	0.7437	581.2008	581.1910	0.8992
5.1	0.7512	581.3805	581.1911	0.8971
5.2	0.7585	581.5610	581.1925	0.8949
5.3	0.7657	581.7422	581.1952	0.8927
5.4	0.7726	581.9241	581.1992	0.8905
5.5	0.7794	582.1067	581.2046	0.8884
5.6	0.7860	582.2900	581.2112	0.8862
5.7	0.7924	582.4740	581.2192	0.8840
5.8	0.7986	582.6588	581.2284	0.8818
5.9	0.8047	582.8443	581.2390	0.8795
6	0.8106	583.0306	581.2508	0.8773
6.1	0.8164	583.2176	581.2640	0.8751
6.2	0.8220	583.4054	581.2784	0.8729
6.3	0.8275	583.5939	581.2941	0.8706
6.4	0.8328	583.7832	581.3110	0.8684
6.5	0.8379	583.9733	581.3293	0.8661
6.6	0.8430	584.1641	581.3488	0.8639
6.7	0.8479	584.3557	581.3695	0.8616
6.8	0.8526	584.5482	581.3916	0.8593
6.9	0.8572	584.7414	581.4149	0.8571
7	0.8617	584.9355	581.4394	0.8548
7.1	0.8661	585.1303	581.4652	0.8525
7.2	0.8704	585.3260	581.4922	0.8502
7.3	0.8745	585.5225	581.5205	0.8479

z(m)	Xa	Tg(K)	 Tp(K)	P(atm)
7.4	0.8785	585.7199	581.5500	0.8455
7.5	0.8824	585.9181	581.5808	0.8432
7.6	0.8862	586.1171	581.6128	0.8409
7.7	0.8899	586.3170	581.6460	0.8385
7.8	0.8935	586.5178	581.6804	0.8362
7.9	0.8969	586.7194	581.7161	0.8338
8	0.9003	586.9220	581.7530	0.8315
8.1	0.9036	587.1254	581.7911	0.8291
8.2	0.9068	587.3297	581.8304	0.8267
8.3	0.9099	587.5349	581.8710	0.8243
8.4	0.9129	587.7411	581.9127	0.8219
8.5	0.9158	587.9482	581.9557	0.8195
8.6	0.9186	588.1562	581.9999	0.8171
8.7	0.9214	588.3651	582.0452	0.8146
8.8	0.9240	588.5750	582.0918	0.8122
8.9	0.9266	588.7859	582.1396	0.8098
9	0.9291	588.9977	582.1886	0.8073
9.1	0.9316	589.2106	582.2388	0.8049
9.2	0.9339	589.4244	582.2901	0.8024
9.3	0.9362	589.6392	582.3427	0.7999
9.4	0.9384	589.8550	582.3965	0.7974
9.5	0.9406	590.0719	582.4514	0.7949
9.6	0.9426	590.2898	582.5075	0.7924
9.7	0.9447	590.5087	582.5649	0.7899
9.8	0.9466	590.7287	582.6234	0.7874
9.9	0.9485	590.9498	582.6831	0.7848
10	0.9504	591.1719	582.7440	0.7823
10.1	0.9521	591.3951	582.8060	0.7797
10.2	0.9539	591.6195	582.8693	0.7772
10.3	0.9555	591.8449	582.9337	0.7746
10.4	0.9571	592.0715	582.9993	0.7720
10.5	0.9587	592.2992	583.0661	0.7694
10.6	0.9602	592.5281	583.1341	0.7668
10.7	0.9617	592.7582	583.2032	0.7642
10.8	0.9631	592.9894	583.2735	0.7615
10.9	0.9645	593.2218	583.3450	0.7589
11	0.9658	593.4555	583.4177	0.7563
11.1	0.9671	593.6904	583.4916	0.7536

Hasil:

Konversi (X)	=	0.9510
Suhu gas masuk (T in)	=	573 K = 300°C
Suhu gas keluar (T out)	=	773 K = 500°C
Panjang reaktor (Z)	=	10.1 m
Tekanan masuk (P in)	=	1 atm
Tekanan keluar (P out)	=	0.7 atm
Pressure drop	=	0.3 atm
Suhu pemanas masuk (Tp in)	=	583 K = 309.85°C
Suhu pemanas keluar (Tp out)	=	582.8 K = 309.65°C

2. Menghitung Volume Reaktor

$$V = 1,2 \cdot \frac{n}{4} \cdot \frac{D_i^2}{Z} \quad (\text{oversize 20\%})$$

$$V = 152,22 \text{ m}^3$$

b) Menghitung jumlah tube

Dipilih ukuran pipa standart dari Table 10 hal 843 Kern sebagai berikut :

Tube OD	3/4	in
BWG	10	
Wall Thickness	0,134	in
ID	0,482	in
Flow area per tube	0,182	in ²
Surface per lin ft	Outside (a")	0,1963 ft ² /lin ft
	Inside	0,1263 ft ² /lin ft
Weight per lin ft	0,965	lb steel

Dari tabel di atas, diasumsikan panjang tube adalah 7 m, kemudian dicari volume 1 tube :

$$V_t = \frac{n}{4} \cdot d_t^2 \cdot L$$

$$V_t = 1,277 \text{ m}^3$$

Maka jumlah tube yang diperlukan :

$$n_t = \frac{\text{vol.reaktor}}{\text{vol.tube}}$$

$$N_t = 119 \text{ tube}$$

E. Jumlah Katalis yang dibutuhkan

Umpan masuk = 8530 Kg/Jam

Gas masuk kolom

Komponen	kg/jam	kmol/jam	Fraksi berat	Fraksi mol	BM(kg/kmol)
C ₂ H ₄	4197,9	142,515	0,492	0,383	28
C ₂ H ₆	4	0,067	0,0005	0,0002	30
H ₂ O	4015,696	222,904	0,471	0,599	18
C ₂ H ₅ OH	311,869	6,769	0,037	0,018	46
Total	8529,465	372,254	1,000	1,000	22,340

$$q_{\text{gas}} = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T}$$

$$T_{\text{top}} = 500 \text{ } ^\circ\text{C} = 773 \text{ K}$$

$$P_{\text{op}} = 15 \text{ atm}$$

$$R = 0,00008206 \text{ m}^3 \cdot \text{atm} / \text{K} \cdot \text{mol}$$

$$q_{\text{gas}} = 5,283 \text{ kg/m}^3 = 0,330 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Laju alir volumetrik} = 1615 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 1,8 \text{ detik} = 0,0005 \text{ jam}$$

$$\text{Volume campuran gas masuk} = 0,81 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V_{\text{alat}} = 120\% \text{ volume gas} = 0,97 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$X \text{ (void fraction)} = 0,5 \text{ (table 17.8 Walas)}$$

$$V_{\text{katalis}} = V_{\text{alat}} (1-X) = 0,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$q_{\text{katalis}} = 1880 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{\text{katalis}} = 911 \text{ kg/jam}$$

$$\text{ID tube} = 0,532 \text{ in}$$

$$L \text{ tube} = 20 \text{ ft}$$

F. Merancang Pendingin

$$Q \text{ Pendingin} = 29208272 \text{ KJfJam} = 27684097 \text{ BTUfJam}$$

Fluida Panas (Gas Produk)

$$T_1 = 500 \text{ }^\circ\text{C} = 773 \text{ K} = 931,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 500 \text{ }^\circ\text{C} = 773 \text{ K} = 931,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$W = 8530 \text{ Kg/Jam} = 18809 \text{ lb/Jam}$$

Fluida Dingin (Dowtherm A)

$$t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303 \text{ K} = 85,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 250 \text{ }^\circ\text{C} = 523 \text{ K} = 481,73 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$w = 29002 \text{ Kg/Jam} = 63938,465 \text{ lb/Jam}$$

G. Menghitung True temperature difference Ot

Fluida Panas (T)	Suhu	Fluida Dingin (t)	Selisih
1063,4	Suhu Tinggi	577,4	486
1063,4	Suhu Rendah	973,4	90

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} \quad (\text{Pers. 5.14, Kern})$$

Kern)

$$LMTD = 234,82 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$LMTD, \quad R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}, \quad S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$\Delta t = LMTD \times F_T \quad (F_T \text{ from Fig. 18}) \quad (\text{Pers. 7.42, Kern})$$

$$R = 0,0$$

$$S = 0,5$$

$$F_T = 1 \quad (\text{Fig. 21, Kern})$$

$$O_t = 627,305 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_{av} = 931,730 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_{av} = 283,730 \text{ }^\circ\text{F}$$

H. Menghitung nilai hio dan ho

Menghitung hio

Fluida Panas : di Tube, Gas Produk

1. Flow area per tube

$$a_t = 0,355 \text{ in}^2 \quad (\text{Table 10, Hal 843, Kern})$$

$$a_i = \frac{\text{No. of tubes} \times \text{flow area/tube}}{\text{No. of passes}} \\ = N_t a_t' / 144n, \text{ ft}^2 \quad \text{Eq. (7.48)} \quad (\text{Hal 151, Kern})$$

$$a_t = 0,525 \text{ ft}^2$$

2. Mass Velocity

$$G_s = \frac{W}{a_s} \text{ lb/(hr)(ft}^2\text{)} \quad (\text{Pers. 7.2, Hal 138, Kern})$$

$$G_t = 35819 \text{ lb/jam.ft}^2$$

3. Menghitung nilai jH

$$\text{Pada Tav} = 1291,730 \text{ } ^\circ\text{F} = 973 \text{ K}$$

$$\mu_{\text{C}_2\text{H}_4} = 181 \text{ micropoise} = 0,018 \text{ centipoise}$$

$$\mu_{\text{C}_2\text{H}_6} = 204 \text{ micropoise} = 0,020 \text{ centipoise}$$

$$\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 163 \text{ micropoise} = 0,016 \text{ centipoise}$$

$$\mu_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 169 \text{ micropoise} = 0,017 \text{ centipoise}$$

$$\mu_{\text{gas}} = 0,227 \text{ centipoise}$$

$$\mu_{\text{gas pada } 931,730 \text{ } ^\circ\text{F}} = \text{cp} \times 2,42 = 0,549 \text{ lb/ft.jam}$$

De didapat dari fig.28 Kern hal 838

$$D_e = 0,95 \text{ in} = 0,079 \text{ ft}$$

$$\text{Re}_t = \frac{D_e \times G_t}{\mu} \quad (\text{Pers. 7.3, Hal 138, Kern})$$

$$\text{Re}_t = 4500$$

$$jH = 17 \quad (\text{fig.28, Hal 838, Kern})$$

4. Menghitung nilai hio

$$\text{Pada Tav} = 931,73 \text{ } ^\circ\text{F} = 773 \text{ K}$$

Cari panas spesifik (c) dan Konduktivitas thermal (k)

$$\begin{aligned}
 c_{C_2H_4} &= 67,573 \text{ J/(mol.K)} \\
 c_{C_2H_6} &= 35,973 \text{ J/(mol.K)} \\
 c_{H_2O} &= 103,128 \text{ J/(mol.K)} \\
 c_{C_2H_5OH} &= 85,098 \text{ J/(mol.K)} \\
 c_{\text{gas}} &= 33,646 \text{ J/(mol.K)} \\
 &= 1052,135 \text{ J/(kg.K)} \\
 &= 0,251 \text{ BTU/(lb.}\circ\text{F)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k_{C_2H_4} &= 0,060 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{C_2H_6} &= 0,044 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{H_2O} &= 0,047 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{C_2H_5OH} &= 0,065 \text{ W/ (m.K)} \\
 k_{\text{gas}} &= 0,020 \text{ W/ (m.K)} \\
 &= 0,011 \text{ BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}\circ\text{F/ft)}
 \end{aligned}$$

$$h_o = j_H \frac{k}{D_e} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/4} \quad (\text{Pers. 6.15b, Kern})$$

$$h_i = 2,9883 \text{ BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}\circ\text{F)}$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_t} = \frac{h_i}{\phi_t} \times \frac{ID}{OD} \quad (\text{Pers. 6.5, Kern})$$

$$h_{io} = 2,5406 \text{ BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}\circ\text{F)}$$

Menghitung h_o

Fluida Dingin : di Shell, Dowtherm A

1'. Flow area per tube

$$a_s = \frac{ID \times C'B}{P_r \times 144} \quad \text{ft}^2 \quad (\text{Pers. 7.1, Hal 138, Kern})$$

$$C' = PT - OD = 0.475 \text{ in}$$

$$\text{Baffle space} = 36,1816 \text{ in}$$

$$a_s = 0,0168 \text{ ft}^2$$

2'. Mass Velocity

$$G_s = \frac{W}{a_s} \quad \text{lb}/(\text{hr})(\text{ft}^2) \quad (\text{Pers. 7.2, Hal 138, Kern})$$

$$G_s = 3798013,5070 \text{ lb/jam.ft}^2$$

3'. Menghitung nilai jH

$$\text{Pada tav} = 382,730 \text{ } ^\circ\text{F} = 468,0 \text{ K}$$

Dari table 2 Dowtherm A, diketahui data sebagai berikut

$$\text{Viskositas } (\mu) = 0,41$$

$$\text{centipoise} = 0,992 \text{ lb}/\text{ft.jam}$$

$$\text{Panas Spesifik } (c) = 0,492 \text{ BTU}/\text{lb.}^\circ\text{F}$$

$$\text{Konduktivitas Panas } (k) = 0,0641 \text{ BTU}/\text{jam.ft}^2 \text{ } (^\circ\text{F}/\text{ft})$$

$$\text{Densitas } (q) = 57,02 \text{ lb}/\text{ft}^3$$

De didapat dari fig.28 Kern hal 838

$$De = 0,95 \text{ in} = 0,079 \text{ ft}$$

$$Re_s = \frac{D_e \times G_s}{\mu} \quad (\text{Pers. 7.3, Hal 138, Kern})$$

$$Re_s = 587,2988$$

$$jH = 190 \quad (\text{fig.28, Hal 838, Kern})$$

4'. Menghitung nilai ho

$$h_o = j_H \frac{k}{D_e} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/4} \quad (\text{Pers. 6.15b, Kern})$$

$$h_o = 7501,8635 \quad \text{BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

I. Menghitung nilai UC (Clean Overall Coefficient)

$$U_C = \frac{h_{io}h_o}{h_{io} + h_o} \quad (\text{Pers. 6.38, Kern})$$

$$U_C = 2,5398 \quad \text{BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

J. Faktor Kekotoran (Rd)

$$R_d = \frac{U_C - U_D}{U_C U_D} \quad (\text{Pers. 6.13, Kern})$$

$$R_d = 0,002 \quad \text{jam.ft}^2\text{.}^\circ\text{F/BTU}$$

K. Menghitung A

Nilai UD dan dimensi tube ditrial hingga didaparka Rd hitung = Rd total, dimana,

$$R_d \text{ total} = R_d \text{ inside} + R_d \text{ outside}$$

Nilai Rdi dan Rdo dapat diketahui dari Table 12 hal 845 Kern,

Rdo = Rd dowtherm(organic liquid) a, Rdi = Rd gas produk (organic gas)

$$R_{do} = 0,001 \quad \text{BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

$$R_{di} = 0,001 \quad \text{BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

$$R_d \text{ total} = 0,002 \quad \text{BTU/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

Jika $R_d > < U_d < < A > <$ dilakukan perancangan ulang :
Memperbesar Ud atau dimensi tube diperkecil sampai diperoleh Rd mendekati nilai Rdi + Rdo

Jika $R_d < < U_d > < A < <$ dilakukan perancangan ulang :
Memperkecil Ud atau dimensi tube diperbesar sampai diperoleh Rd mendekati nilai Rdi+Rdo

Dari Table 8 hal 840 Kern diketahui nilai UD adalah 100 – 200 untuk fluida panas dan fluida dingin berupa light organics ($cp < 0,5$ dan komposisi C kecil), diasumsikan :

$$UD = 100 \text{ BTU/Jam. } \circ\text{F.ft}^2$$

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta t}$$

$A = 625,757 \text{ ft}^2$, Karena nilai $A \leq 200 \text{ ft}^2$ maka digunakan Shell and Tube

L. Koreksi koefisien UD (Design Overall Coefficient)

$$a'' = 0,3217 \text{ ft}^2/\text{lin ft}$$

$$A = Nt \times L \times a'' = 720,608 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{Q}{A \Delta t}$$

$$UD = 86,837 \text{ BTU}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(\circ\text{F})$$

M. Menghitung tebal dinding reaktor

$$t_s = \frac{P \cdot r}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C \quad \text{Brownell, Pers 13-1, P.254}$$

Digunakan bahan Carbon Steel SA 283 Grade C

$$\text{Efisiensi Pengelasan (E)} = 0,85$$

$$\text{Allowable Stress (f)} = 12650$$

$$\text{Faktor Korosi (C), in per 10 tahun} = 0,125$$

$$P \text{ (atm)} = 15$$

$$P \text{ (Psi)} = 220,4385$$

$$P \text{ 20\% overdesain (Psi)} = 264,5262$$

$$\text{Jari-jari dalam Shell (r)} = (\text{ID shell}/2)$$

$$= 11 \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 ts &= 0,42 \\
 ts \text{ standar} &= 7/16 \text{ in (table 11 Kern)} \\
 &= 1,111 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

N. Menghitung tebal head reaktor

$$th = \frac{P \cdot ID_s}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P} + C$$

$$P \text{ (over desain 20\%)} = 264,526 \text{ Psi}$$

$$ID_s = 23 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$f = 12650 \text{ Psi}$$

$$E = 0,85$$

$$C \text{ (in per 10 tahun)} = 0,125$$

$$th = 0,412 \text{ in}$$

$$th \text{ standar} = 0,438 \text{ in (table 5.7 Brownell)}$$

$$= 1,111 \text{ cm}$$

$$OD_s = ID_s + 2 \cdot ts$$

$$OD_s = 24,125 \text{ in}$$

$$OD_s \text{ standar} = 26 \text{ in (table 5.7 Brownell)}$$

$$= 66,04 \text{ cm}$$

$$sf = \text{Straight Flange}$$



LAMPIRAN

Perhitungan Absorber

Fungsi : Untuk melakukan penyerapan gas etanol dengan menggunakan air sebagai penyerapnya.

Jenis : *Packed Column*

Kondisi Operasi :

a. Tekanan : 1 atm

b. Temperatur : 89^oC

A. Alasan Pemilihan

1. *Pressure drop* aliran gas rendah.
2. Dapat lebih ekonomis dalam operasi cairan korosif karena ditahan oleh *packing cramic*.
3. Biaya perawatan lebih murah

B. Neraca Massa

1. Neraca massa komponen gas masuk absorber.

Komponen	Mr (kgfkmol)	kgfjam	kmolfjam	xi
H ₂ O	18.015	1453.328	80.67321676	0.340677752
C ₂ H ₄	30.07	210	6.983704689	0.029491731
C ₂ H ₅ OH	46.07	6864.55	149.0026047	0.629228316
C ₂ H ₆	28.05	4	0.142602496	0.000602201
Total		8531.878	236.8021287	1

2. Neraca massa komponen gas keluar absorber.

Komponen	Mr (kgfkmol)	kgfjam	kmolfjam	xi
H2O	18.015	14.533	0.806716625	0.052441525
C2H4	30.07	210	6.983704689	0.453983607
C2H5OH	46.07	343.228	7.45014109	0.484304832
C2H6	28.05	4	0.142602496	0.009270036
Total		571.761	15.3831649	1

3. Neraca massa komponen liquid keluar absorber.

Komponen	Mr (kgfkmol)	kgfjam	kmolfjam	xi
H2O	18.015	10132.641	562.4557868	0.798933073
C2H5OH	46.07	6521.34	141.5528544	0.201066927
Total		16653.981	704.0086412	1

C. Neraca Panas

1. Menentukan suhu masuk dan suhu keluar absorber dari data yang diperoleh dari Yaws (1999).

$$\log_{10} P = A + B/T + C \log_{10} T + D T + E T^2$$

$$C_p \text{ campuran} = \sum(C_{p_i} \cdot y_i)$$

A,B,C,D,E : konstanta (Yaws, 1999)

T : temperatur, K

p_i : Tekanan uap komponen, mmHg

KOMPONEN	A	B	C	D	E
C2H4	18.7964	-9.9962E+02	-4.5788E+00	9.9746E-11	6.7880E-06
H2O	29.8605	-3.1522.E+03	-7.3037.E+00	2.4247.E-09	1.8090.E-06
C2H5OH	23.8442	-2.8642.E+03	-5.0474.E+00	3.7448.E-11	2.7361.E-07
C2H6	20.6973	-1.1341E+03	-5.2514E+00	-9.8774E-11	6.7329E-06

a. Suhu masuk absorber fasa gas

Komponen	kgfkmol	kgfjam	kmolfjam	yi	Pi (mmHg)	Ki = Pi / P	xi = yi/Ki
H2O	18.015	1453.328	80.67321676	0.34	4.7102E+02	6.1976E-01	0.550
C2H4	30.07	210.000	6.983704689	0.03	1.5724E+05	2.0690E+02	0.000
C2H5OH	46.07	6864.550	149.0026047	0.63	1.0602E+03	1.3949E+00	0.451
C2H6	28.05	4.000	0.142602496	0.00	9.9416E+04	1.3081E+02	0.000
Total		8531.878	236.8021287	1.00	2.5819E+05	3.3972E+02	1.000

Dimana :

X_i = Fraksi mol uap

K_i = Nilai hubungan fasa uap-cair (P_i / P)

Y_i = n_i / n total

Pada suhu masuk absorber fasa gas ini didapatkan suhu sebesar 89^o dengan syarat tiral nilai X_i total harus sama dengan satu.

b. Suhu keluar absorber fasa gas

Komponen	kgfkmol	kgfjam	kmolfjam	yi	Pi (mmHg)	Ki = Pi / P	xi = yi/Ki
H2O	18.015	14.533	0.806716625	0.05	1.9923E+02	2.6215E-01	0.200
C2H4	30.07	210.000	6.983704689	0.45	1.1119E+05	1.4630E+02	0.003
C2H5OH	46.07	343.228	7.45014109	0.48	4.6210E+02	6.0803E-01	0.797
C2H6	28.05	4.000	0.142602496	0.01	6.9543E+04	9.1504E+01	0.000
Total		571.761	15.3831649	1.00	1.8139E+05	2.3868E+02	1.000

Dimana :

X_i = Fraksi mol uap

K_i = Nilai hubungan fasa uap-cair (P_i / P)

Y_i = n_i / n total

Pada suhu keluar absorber fasa gas ini didapatkan suhu sebesar 94^oC dengan syarat tiral nilai Xi total harus sama dengan satu.

c. Suhu keluar absorber fase cair

Komponen	kgfkmol	kgfjam	kmolfjam	xi	Pi (mmHg)	Ki = Pi / P	yi = ki*xi
H2O	18.015	10132.641	562.456	0.80	6.0931E+02	8.0173E-01	0.641
C2H5OH	46.07	6521.340	141.553	0.20	1.3586E+03	1.7876E+00	0.359
Total		16653.981	704.009	1.00	1.9679E+03	2.5893E+00	1.000

Dimana :

Yi = Fraksi mol uap

Ki = Nilai hubungan fasa uap-cair (Pi / P)

Xi = ni / n total

Pada suhu keluar absorber fasa gas ini didapatkan suhu sebesar 66^oC dengan syarat tiral nilai Yi total harus sama dengan satu.

2. Menentukan panas sensibel yang masuk dan keluar absorber

dari data kapasitas panas (Cp) gas dan cairan, Yaws 1999.

$$C_{p_i} = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$C_p \text{ campuran} = \sum(C_{p_i} \cdot y_i)$$

A,B,C,D,E : konstanta (Yaws, 1999)

T : temperatur, K

C_p_i : kapasitas panas komponen i, kJ/Kmol. K

KOMPONEN	A	B	C	D	E
C2H4	32.083	-1.4831E-02	2.4774E-04	-2.3766E-07	6.8274E-11
H2O	33.933	-8.4186.E-03	2.9906.E-05	-1.7825.E-08	3.6934.E-12
C2H5OH	27.091	1.1055.E-01	1.0957.E-04	-1.5046.E-07	4.6601.E-11
C2H6	28.146	4.3447E-02	1.8946E-04	-1.9082E-07	5.3349E-11

a. Panas sensibel yang masuk (Qin)

Komponen	n (kmol/jam)	Cp (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)	Q (J/s)
C2H6	0.133022946	4533.4887	603.0580	167.5161
C2H4	7.486631016	1686.6039	12626.9813	3507.4951
C2H5OH	149.0026047	7718.7849	1150119.0500	319477.5395
H2O	80.67321676	1638.7219	132200.9662	36722.4936
H2O pelarut	482.5895087	-2739.6717	-1322136.8198	-367260.2571
Total	719.8849842		1295550.0555	359875.0442

b. Panas sensibel yang keluar (Qout) dalam fase gas

Komponen	n (kmol/jam)	Cp (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)	Q (J/s)
H2O	0.806716625	1401.1024	1130.2926	313.9702
C2H4	7.486631016	1323.8637	9911.2788	2753.1332
C2H5OH	7.45014109	1221.4370	9099.8778	2527.7440
C2H6	0.133022946	1209.3359	160.8694	44.6860
Total	15.87651168		20302.3185	5639.5334

c. Panas sensibel yang keluar (Qout) dalam fase gas

Komponen	n (kmol/jam)	Cp (kJ/kmol)	Q (kJ/jam)	Q (J/s)
H2O	0.8067	-4551.7359	-3671.9610	-1019.9893
C2H4	7.4866	27174.4045	203444.7393	56512.4321
C2H5OH	7.4501	47651.3166	355009.0315	98613.6277
C2H6	0.1330	30456.9280	4051.4703	1125.4085
H2O Pelarut	482.5895087	-4551.7359	-2196619.9859	-610172.2671
Total	498.4660		558833.2801	-454940.7880

d. Panas total.

$$\begin{aligned}
 \text{Panas total} &= ZQ_{\text{out}} - ZQ_{\text{in}} \\
 &= 5693,5334 - 359875,0442 \\
 &= -354235,5108 \text{ J/s} \\
 &= -1275257,839 \text{ KJ/jam}
 \end{aligned}$$

e. Hasil perhitungan neraca panas dalam bentuk tabel.

	Masuk	Keluar
Q_{in}	359875.0442	
Q_{out}		5639.5334
Panas	-354235.5108	
Total	5639.5334	5639.5334

D. Perhitungan Diameter Tower

- Mencari nilai absis dengan rumus yang didapat dari Treybal 1981.

$$\frac{L}{G} x \left\{ \frac{q_g}{q_L - q_g} \right\}^{10,5}$$

Dimana :

L = Laju alir liquid, kg/jam

G = Laju alir gas, kg/jam

q_g = Densitas gas, kg/m³

q_l = Densitas liquid, kg/m³

Diperoleh nilai absis sebesar 4,48

Jenis *packing* yang digunakan adalah *cramic rasching rin 50 mm*

dengan spesifikasi sebagai berikut:

t wall = 6 mm

Cf = 65

$$S = 0.74$$

$$CD = 135,6$$

$$ap = 92$$

$$m^2/m^3 \text{ ordinat}$$

$$= 0.01$$

- Mencari nilai G dan G', dengan rumus dari Treybal 1981.

$$G' = \left[\frac{\text{ordinat} \times \rho_g \times (\rho_L - \rho_g) \times gc}{C_f \times \mu_L^{0.1} \times 1} \right]^{0.5}$$

$$G = \frac{G'}{\text{BM campuran gas}}$$

Diperoleh nilai G sebesar 0,256 kg/s.m² dan nilai G' sebesar 0.0364 gmol/s.m².

- Mencari nilai A dan Dt, dengan rumus dari Treybal 1981.

$$A = \frac{F_g}{G'}$$

$$D_t = \left(\frac{4 \times A}{\pi} \right)^{0.5}$$

Diperoleh nilai A sebesar 9,272 m² dan nilai Dt sebesar 5,9055 m.

E. Menghitung Liquid atau Gas Hold Up

- Dari tabel 6.5 Treybal 1981 halaman 206, untuk *cramis rasching* 50 mm diperoleh nilai ds sebesar 0.0725 m.
- Dari tabel Yaws 1999, untuk solvent H₂O diperoleh:

$$A = 132,674$$

$$T_c = 647,13 \text{ K}$$

$$n = 0.955$$

- Mencari nilai tensiion solvent H2O dengan rumus dari Yaws 1999.

$$\sigma = A \times \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n$$

Diperoleh nilai tensiom solvent sebesar 0.13267 N /m

- Dari tabel 8.5 Couldson & Richardson, 2005 hal:332 diperoleh:
 Difusion volume gas (Via) untuk key komponen Etanol = 50,36
 Difusion volume liquid (Vib) untuk pelarut air = 9,44
 Dari Couldson hal.333 association factor untuk H2O = 2,66
 Dari Couldson diperoleh molar volume (Vm) Etanol = 0.0592
- Mencari nilai difusitas gas (Dg) dan difusifitas liquid (Dl), dari Couldson 2005.

$$D_g = \frac{1,013 \times 10^{-7} \times T^{1,75} \times \left(\frac{1}{M_a} + \frac{1}{M_b}\right)^{0,5}}{P \times \left(V_{i_a}^{(1/3)} + V_{i_b}^{(1/3)}\right)^2}$$

$$D_l = \frac{1,173 \times 10^{-13} \times (\phi \times M)^{0,5} \times T}{\mu \times V_m^{0,6}}$$

Diproleh nilai difusitas gas (Dg) sebesar 0.000096466 m²/s² dan difusitas liquid (Dl) sebesar 0.000059059 m²/s².

- Mencari nilai L' dengan rumus dari Treybal 1981.

$$L' = \frac{L}{A}$$

Dimana:

L = Laju alir liquid, kg/jam.

A = Diameter, m².

Diperoleh nilai L' sebesar 0.499 kg/m².s.

- Mencari nilai gas hold up dengan rumus Treybal 1981.

$$S_{cg} = \frac{\mu_g}{\rho_g \times D_g}$$

Diperoleh nilai gas hold up sebesar 0,001689.

F. Menghitung Liquid Hold Up

Mengitung nilai liquid hold up dari rumus Treybal 1981.

$$S_{cl} = \frac{\mu_l}{\rho_l \times D_l}$$

Diperoleh nilai liquid hold up sebesar 1,062080.

G. Menghitung Luas Kontak Antar Muka

Dari tabel 6.4 Treybal 1981 untuk *Ceramic raschig ring 50 mm*:

$$m = 34,03$$

$$n = 0$$

$$p = 0,362$$

$$S = 0,74$$

$$a_{Aw} = m \times \left(\frac{808 \times G'}{\rho_g^{0,5}} \right)^n \times L^p$$

$$= 26,458 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

$$a_A = \frac{a_{Aw} \times \Phi L_o}{\Phi L_o W}$$

$$= 311,427$$

$$\varepsilon_{Lo} = \varepsilon \cdot \Phi_{Lt} = 0,74 \cdot$$

$$= -1,553$$

$$F_g = \frac{1,195 \times G}{S_{cg}^{2/3}} \times \left(\frac{ds \times G'}{\mu_g \times (1 - \varepsilon_{Lo})} \right)^{-0,36}$$

$$= 0,028 \text{ kgmol/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$k_l = 25,1 \times \left(\frac{ds \times L'}{\mu_l} \right)^{0,45} \times S_{cl}^{0,5} \times \frac{D_l}{ds}$$

$$= 0,0496 \text{ kgmol/m}^2 \cdot \text{s} \text{ (kgmol/m}^3\text{)}$$

$$C = \frac{P_1}{BM_{\text{liquid}}} =$$

$$= 4,763 \text{ kgmol/m}^3$$

$$F_l = k_l \times C$$

$$= 0,237 \text{ kgmol/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$F_g \times a_A = 8,527 \text{ kgmol/m}^3 \cdot \text{s}$$

$$F_l \times a_A = 73,696 \text{ kgmol/m}^4 \cdot \text{s}$$

H. Menghitung Height of Gas Transfer Unit (Htg)

Menghitung *height of gas transfer unit* menggunakan rumus Treybal 1981.

$$H_{tG} = \frac{G}{F_g \times a_A}$$

Dipoleh nilai Htg sebesar 0,00424 m.

I. Menghitung Height of Liquid Transfer Unit (Htl)

- Menghitung *height of liquid transfer unit* menggunakan rumus Treybal 1981.

$$H_{tl} = \frac{L}{F_1 \times a_A}$$

Diperoleh nilai Htl sebesar 0.0003761 m

- Menghitung rasio distribusi kesetimbangan menggunakan rumus Treybal 1981.

$$m = \frac{L}{G \times A}$$

Nilai faktor absorbs (A) didapat dari Treybal 1981 dengan berkisar mulai dari 1,2-2. Dipilih nilai A sama dengan 1,5.

Sehingga dari rumus diatas didapatkan nilai m sebesar 0,51.

Menghitung rasio distribusi kesetimbangan menggunakan rumus:

$$N_{toG} = \frac{\ln \left[\left(\frac{y_1 - mx_2}{y_2 - mx_2} \right) \times \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \left(\frac{1}{A} \right) \right]}{\left(1 - \frac{1}{A} \right)}$$

Sehingga didapatkan untuk nilai rasio distribusi kesetimbangan sebesar 564,069.

J. Menghitung Height of Transfer Unit (HtoG)

Menghitung nilai *height of transfer unit* menggunakan rumus Treybal 1981.

$$H_{toG} = H_{tg} + \frac{m \times G}{L} \times H_{tl} = H_{tg} + \frac{H_{tl}}{A} \text{ (Eq. 8.54 Treybal, 1981)}$$

Dari rumus diatas didapatkan nilai *height of transfer unit* sebesar 0.0046.

K. Menghitung Tinggi Absorber

Menghitung tinggi absorber menggunakan rumus:

$$\text{Tinggi packing (z)} = H_{toG} \times N_{toG}$$

$$\text{Tinggi head packing (h)} = \frac{1}{4} \times D_t$$

$$\text{Tinggi absorber (H}_{ab}) = z + 2h$$

Dari rumus diatas didapatkan nilai tinggi packing sebesar 2,596 meter, tinggi head packing sebesar 1,476 meter, dan tinggi absorber sebesar 5,549 meter.

L. Perhitungan Tebal Dinding

- Bahan konstruksi yang di pilih yaitu *Carbon Steal SA-285 Grade*

C. untuk pemilihan bahan konstruksi didapat dari sumber

Brownell 1959.

Alasan pemilihan :

1. Paling sering digunakan untuk tekanan rata-rata (*moderate pressure*).
2. Memiliki ketebalan yang paling bagus (*greater thickness*).
3. Tahan terhadap korosi.
4. Untuk temperature -20-650 deg F

- Dari sumber yaitu Brownel 1959 didapatkan data-data nilai *allowable stress (S)* sebesar 13750 psi, dan efisiensi pengelasan

(E_f) sebesar 80%. Dari sumber yaitu Peters & Timmerhaus 1991 didapatkan nilai *corrosion allowance* (C_c) sebesar 1,5 in dan untuk faktor keamanan tekanan sebesar 20%.

- Menghitung tekanan desain (P_d) dengan menggunakan rumus:

$$P_{design} (P_d) = (1 + 0,2) \times P_{op}$$

Dari rumus diatas didapatkan nilai P_d sebesar 17,6352 psi. Kemudian dikurangi dengan 14,696 psi (tekanan standar), didapatkan hasil sebesar 2,9392 psig.

- Menghitung tebal dinding (t) dengan menggunakan rumus Peters & Timmerhaus 1991:

$$t = \frac{P_d \times r}{(S \times E_f) - (0,6 \times P_d)} + C_c$$

Dari rumus diatas didapatkan nilai tebal dinding (t) sebesar 1,531 in atau sama dengan 3,8889 cm.



LAMPIRAN C

(Material Safety Data Sheets)



LEMBAR DATA KESELAMATAN (LDK)

LDK ini mengacu pada ketentuan *UN GHS Purple Book*

CAP - LDK - 01 - Etilena (Rev.01)

LDK ini berlaku sejak 25 Jan 2019 dan menggantikan dokumen sebelumnya | Tanggal masa berlaku: 25 Jan 2024

BAGIAN-1. IDENTIFIKASI SENYAWA

Produk / Bahan	: Etilena
Rekomendasi Penggunaan	: Bahan baku untuk bahan kimia dan petrokimia aplikasi, Produksi polietilena, etilen kopolimer, sintesis kimia dll
Pabrik	: PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL Tbk (CAP)
Kantor Pusat	: Wisma Barito Pacific, Tower A, lantai 7, Jl. Lejenid S. Parman, Kav.62-63, Jakarta 11410, Indonesia.
Pabrik	: Jl Raya Anyer Km.123, Ciwandan, Cilegon 42447, Indonesia Telp: 62-254-601501
Kontak Darurat (24 jam)	: GROUISHED/VISION@capcx.com, Telp: 62-254-601829, 601501 Ext 1232
Informasi Tambahan	: GROUIPRND@capcx.com, Telp: + 62-254-601501 Ext 1309, 1616

BAGIAN-2. IDENTIFIKASI BAHAYA

Klasifikasi GHS	: Gas mudah terbakar: kategori 1 gas didinginkan cair Target toksikan dengan organ (sistem saraf pusat, efek narkotika): kategori 3.
Pernyataan Bahaya	: Cairan mudah terbakar uap berisi gas di bawah tekanan, dapat meledak jika dipanaskan Beracun terhadap kehidupan akuatik dengan efek jangka panjang Dapat berakibat fatal bila tertelan atau memasuki saluran 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.
Piktogram (Simbol Bahaya)	
Kata Peringatan	: BAHAYA
Tingkatan Bahaya NFPA	: Kesehatan = 1 - Mudah terbakar = 4 - Reaktivitas = 2
Laporan Pencegahan	: Dapatkan petunjuk khusus sebelum digunakan Jangan menangani sampai semua tindakan pencegahan keselamatan telah dibaca dan dipahami Jauhkan dari panas/percikan api/lidah api/pemukaan yang panas Simpan dalam wadah tertutup rapat Gunakan hanya peralatan non-permisi 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 menanganinya 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, periklan dan nyala api. Jangan menusuk atau membakar wadahnya. Alat pernapasan mandiri dan pakaian pelindung sangat diperlukan oleh pekerja penyelamat. Mudah menguap dan membentuk kabut dingin tebal daripada udara. Kontak dengan gas cair dapat menyebabkan radang dingin udara. Dalam kasus masalah kesehatan segera dapatkan bantuan medis dan tunjukkan Lembar Data Keselamatan ini. Pastikan aktivitas organ penting berfungsi sampai kedatangan dokter (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 difetakkan 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 pernapasan. Pengobatan karena paparan lebih harus langsung mengendalikan gejala dan kondisi klinis pasien. Setelah cukup pertolongan pertama, tidak ada perawatan lebih lanjut diperlukan kecuali gejala muncul kembali.

BAGIAN-5. TINDAKAN PEMADAMAN KEBAKARAN

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

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

Media Pemadaman

Media Pemadaman Yang Cocok : Kimia kering, busa, karbon dioksida, dan kabut air. Jangan gunakan jet air. Penutupan dengan busa dapat membantu menekan evolusi gas yang mudah terbakar. Gunakan sejumlah besar air untuk mendinginkan wadah api terbuka dan untuk melindungi 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 dibanjin air sampai baik setelah api keluar. Kendalikan limpasan air untuk mencegah masuk ke selokan, saluran pembuangan limbah, tanah atau terbatas ruang dan saluran air.

BAGIAN-6. PENANGGULANGAN TUMPAHAN DAN KEBOCORAN

Tindakan Pribadi : Pakai alat bantu pernapasan saat memasuki daerah kecuali suasana terbukti aman.

Tindakan Lingkungan : Hindari masuknya produk ke saluran pembuangan, selokan, atau saluran air

Metode dan Bahan untuk Penampungan dan Pembersihan : Mengevakuasi daerah. Pastikan ventilasi udara yang memadai. Jangan menyentuh bahan yang tertumpah. Dilarang merokok atau ada api terbuka dalam penyimpanan, penggunaan atau penanganan daerah. Hilangkan sumber penyulutan. Hilangkan listrik statis selama transfer atau pengolahan dengan ground yang tepat dan ikatan kontainer dan peralatan.

BAGIAN-7. PENANGANAN DAN PENYIMPANAN

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

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

BAGIAN-8. KONTROL PAPARAN DAN PERLINDUNGAN DIRI

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

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 paparan
Perlindungan Pernapasan	: Bila pengontrolan teknis dan ventilasi tidak cukup untuk mencegah penumpukan aerosol atau uap dan / atau konsentrasi oksigen rendah, udara yang tepat alat bantu pernapasan yang disediakan harus digunakan.
Perlindungan Tangan	: Gunakan sarung tangan yang dirancang tahan untuk mencegah pembekuan jaringan tubuh jika kontak dengan gas yang dicairkan. Kenakan sepatu keamanan bahan kimia tahan dengan traksi yang baik untuk mencegah tergelincir.
Perlindungan Mata	: Memakai kacamata keselamatan. Penggunaan kacamata tahan bahan kimia di bawah perisai wajah penuh dianjurkan jika kontak dengan uap cair.
Perlindungan Kulit	: Pakaian kerja yang cukup untuk mencegah kontak kulit dan mencegah pembekuan jaringan tubuh jika kontak dengan gas cair mungkin harus sudah dipakai, seperti baju dan/atau lengan panjang dan celana tahan api (misal: Nomex) atau pakaian

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

BAGIAN-9. SIFAT FISIKA DAN KIMIA

Bentuk dan Penampakan	Gas pada kondisi ruang, cair pada bawah tekanan	Sifat Oksidasi	Dapat bereaksi dengan zat pengoksidasi kuat.
Warna	Tidak berwarna	Sifat Meledak	Meledak kelas IIB
Bau	Aromatis	Teakanan 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	-138°C	Kelekatatan	1,06 cSt at -170°C
Pembakaran sendiri	450°C	Penguapan	Segera pada 20°C
Klasifikasi Kebakaran	3F	Relatif Densitas Uap	0,975 (udara=1)
Batas Terbakar Bawah	2,7%	Sifat fisik dan kimia tambahan	Tidak ada info
Batas Terbakar Atas	36%		

BAGIAN-10. STABILITAS AND REAKTIFITAS

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

BAGIAN-11. INFORMASI TOKSIKOLOGI

Toksisitas 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
Toksisitas Dosis Tenulang	: Etilena relatif tidak aktif secara biologis dan pada dasarnya tidak beracun; Oleh karena itu, bahaya utamanya adalah pengecualian pasokan oksigen yang cukup ke paru-paru. Menghirup etilen oleh tikus Sprague Dawley, dalam konsentrasi 0, 300,

	1.000, 3.000 dan 10.000 ppm , 6 jam/hari, 5 hari /minggu selama 14 minggu, tidak ditemukan menyebabkan efek toksik.
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 etilena untuk mengecuilkan pasokan yang cukup oksigen ke paru-paru menyebabkan pusing, bempas 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 ke dalam tanah
Air	: Etilena dapat teroksidasi menjadi etilen oksida dalam tanah dan air. Penguapan adalah proses lingkungan utama di tanah dan air. Produk ini sangat volatile dan akan terpartisi dengan cepat ke udara pada pelepasan ke tanah atau air. Produk ini sebagian besar tidak larut dalam air, dan menguap dengan cepat dari permukaan tanah dan air.
Potensi Bioakumulasi	: Bio konsentrasi potensinya rendah. Log 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. Lihat BAGIAN7: Penanganan dan Penyimpanan dan Bagian 8: kontrol Pemaparan / Perlindungan Pribadi untuk penanganan informasi tambahan yang mungkin berlaku untuk penanganan yang aman dan perlindungan karyawan. Penghasil sampah disarankan untuk hati-hati mempertimbangkan sifat berbahaya
-------------------	--

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

BAGIAN-14. INFORMASI TRANSPORTASI

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

BAGIAN-15. INFORMASI REGULASI

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

BAGIAN-16. INFORMASI LAIN

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

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

Singkatan yang dipakai dalam dokumen ini:

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

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

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

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

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



LAMPIRAN D

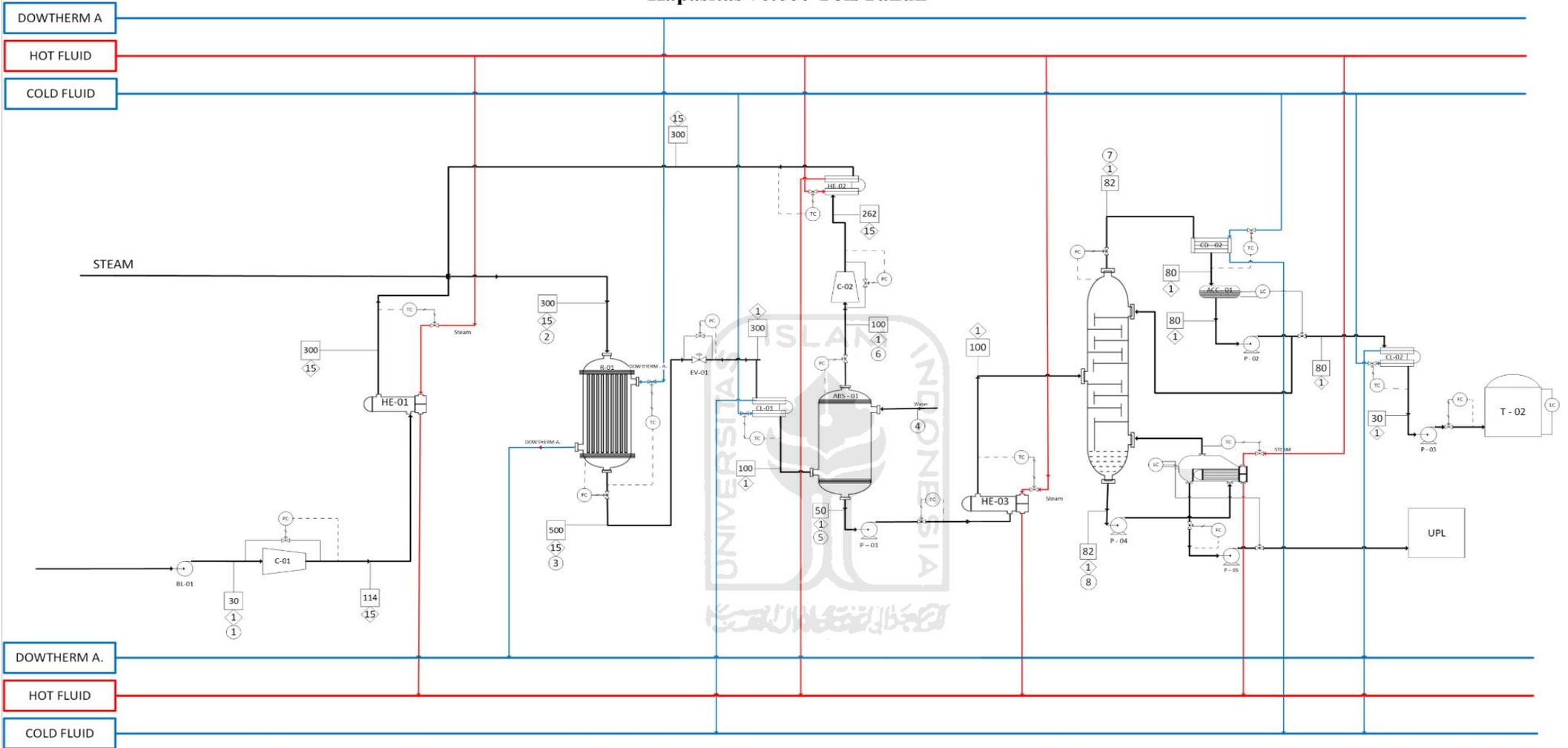
(Process Engineering Flow Diagram)



Process Engineering Flow Diagram

Pra Rancangan Pabrik Etanol Dari Eilena Dengan Proses Hidrasi

Kapasitas 70.000 Ton/Tahun



Komponen	Nomor Arus (Kg/Jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C2H4	3998	4197.900	209.895	-	-	209.895	-	-
C2H6	2	4	4	-	-	4	-	-
H2O	-	4015.610	1454.622	-	1438.791	14.533	141.539	13129.846
H2O (Absorber)	-	-	-	8691.544	8691.544	-	-	-
C2H5OH	-	311.869	6861.118	-	65241.340	343.228	2689.245	691.045
Total	4000	8529.379	8529.379	8691.544	16651.675	571.657	2830.785	13820.890

KODE	KETERANGAN
ABS	Absorber
ACC	Accumulator
C	Compressor
CD	Condensor
CL	Cooler
HE	Heat Exchanger
MD	Menara Distilasi
P	Pompa
R	Reaktor
RB	Reboiler
T	Tangki

SIMBOL	KETERANGAN
LC	Level Controller
TC	Temperature Controller
PC	Pressure Controller
○	Nomor Arus
□	Saha, C
◇	Tekanan, atm
◇	Control Valve
---	Electric Connection
—	Piping
—	Udara Tekan



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ETANOL DARI ETILEN DENGAN PROSES HIDRASI

Dikembangkan oleh:

1. MAULITA YULIASARI
2. MUHAMMAD ALIF

Dosen Pembimbing:

1. Ir. Agus Taufiq, M.Sc.
2. Ariany Zulkarnis, S.T., M.Eng.

(16 521 015)
(16 521 016)



LAMPIRAN E
(Kartu Konsultasi Bimbingan)

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Maulita Yuliasari
 No. MHS : 16521015
2. Nama Mahasiswa : Muhammad Alif
 No. MHS : 16521016
- Judul Prarancangan)* : PRA RANCANGAN PABRIK ETANOL DARI ETILENA
 DENGAN PROSES HIDRASI DENGAN KAPASITAS
 70.000 TON /TAHUN
- Mulai Masa Bimbingan : 01 Oktober 2020
 Batas Akhir Bimbingan : 30 Maret 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	15/10/2019	PEMILIHAN JUDUL TUGAS AKHIR	
2.	16/11/2019	PENENTUAN KAPASITAS PABRIK	
3.	7/4/2020	NERACA MASSA	
4.	15/6/2020	NERACA PANAS	
5.	10/8/2020	PERANCANGAN ALAT BESAR	
6.	9/9/2020	PERANCANGAN ALAT KECIL	
7.	19/10/2020	UTILITAS DAN EKONOMI	
8.	24/10/2020	NASKAH	

Disetujui Draft Penulisan.

Yogyakarta, 24 OKTOBER 2020

Pembimbing,

Agus Taufiq, Ir., M.Sc.

)* Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Maulita Yuliasari
No. MHS : 16521013
2. Nama Mahasiswa : Muhammad Alif
no. MHS : 16521016
- Judul Prarancangan)* : PRA-RANCANGAN PABRIK ETANOL DENGAN
PROSES HIDRASI DENGAN KAPASITAS
70.000 TDN / TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 01 Oktober 2020

Batas Akhir Bimbingan : 30 Maret 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	07-10-2019	PENGARAHAN MENGENAI TA	✓
2.	14-10-2019	PENGARAHAN MENGENAI JUDUL TA	✓
3.	15-11-2019	PENGARAHAN MENDIRIKAN EKSPER DARI JUDUL	✓
4.	29-11-2019	PEMENTUAN ALAT BESAR DAN DIAGRAM ALIR	✓
5.	06-12-2019	PENGARAHAN DATA UNTUK NERACA MASSA	✓
6.	04-04-2020	PENGECHEKAN NERACA MASSA	✓
7.	13-06-2020	PENGECHEKAN NERACA PANAS	✓
8.	07-08-2020	PENGECHEKAN PERANCANGAN ALAT BESAR	✓
9.	09-09-2020	PENGECHEKAN ALAT KECIL	✓
10.	08-10-2020	PENGECHEKAN UTILITAS	✓
11.	18-10-2020	EKONOMI DAN NASKAH SKRIPSI	✓
12.	23-10-2020	PENGECHEKAN NASKAH SKRIPSI DAN PGFD	✓

Disetujui Draft revisi:

Yogyakarta, 23 OKTOBER 2020

Pembimbing,

Ariany Zukania, S.T., M.Eng

)* Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy