

No : TA/TK/2021

**PRA-RANCANGAN PABRIK ETILEN DARI ETANOL
DENGAN PROSES DEHIDRASI KAPASITAS
85.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Wildan Denly Elnaufal

Nama : Muchsin Moh Alatas

NIM : 16521211

NIM : 16521212

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

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wildan Denly Elnaufal

Nama : Muchsin Moh Alatas

NIM : 16521211

NIM : 16521212

Yogyakarta, Januari 2021

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

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



Wildan Denly Elnaufal



Muchsin Moh Alatas

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA-RANCANGAN PABRIK ETILEN DARI ETANOL DENGAN
PROSES DEHIDRASI KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Wildan Denly Elnaufal

Nama : Muchsin Moh Alatas

NIM : 16521211

NIM : 16521212

Yogyakarta, 03 Januari 2021

Pembimbing I



Bachrun Sutrisno, Ir.,M.Sc.

Pembimbing II



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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA-RANCANGAN PABRIK ETILEN DARI ETANOL DENGAN PROSES DEHIDRASI KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Wildan Denly Elnaufal

Nama : Muchsin Moh Alatas

NIM : 16521211

NIM : 16521212

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

Yogyakarta, Januari 2021

Tim Penguji

Bachrun Sutrisno, Ir.,M.Sc.

Ketua

Ariany Zulkania, S.T., M.Eng

Anggota I

Lucky Wahyu Nuzulia S., S.T., M.Eng

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Tekonologi Industri



Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyusun laporan tugas akhir ini yang berjudul **“Pra-Rancangan Pabrik Etilen dari Etanol Dengan Proses Dehidrasi Kapasitas 85.000 Ton/Tahun”** tepat pada waktunya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh untuk menyelesaikan program Strata-I di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberi rahmat dan keberkahan serta penyemangat ketika penulis merasa lelah.
2. Bapak dan Ibu selaku Orangtua kami yang tiada hentinya mendoakan dan meridhoi kami.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Bachrun Sutrisno, Ir., M.Sc. dan Ibu Umi Rofiqah, S.T., M.T selaku pembimbing tugas akhir.
6. Seluruh civitas akademik di lingkungan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Sahabat penulis yang selalu memberikan do'a, semangat dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat selesai pada waktunya.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2016 Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
9. Serta semua pihak yang telah membantu kami hingga terselesainya laporan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari masih banyak hal yang perlu diperbaiki dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Besar harapan kami semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi kami pada khususnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 01 Januari 2021

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Besar rasa syukur saya kepada mereka yang selalu memberikan do'a, kasih sayang, cinta serta motivasi yang takhenti-henti hingga kini

Kedua Orangtua, Kedua Kakek dan Nenek dan Kedua Adik Saya

Dosen Pembimbing 1 & 2 Tugas Akhir

Bapak Bachrun Sutrisno,Ir.,M.Sc. dan Ibu Umi Rofiqah,S.T.,M.T

Sahabat sekaligus partner Kerja Praktek, penelitian dan Tugas Akhir, yang banyak sekali hal yang bisa saya dapatkan dari dirinya

Muchsin Moh Alatas

Sahabat sekaligus keluarga selama saya tinggal dijogja, tak henti memberikan *support* dan teman obrolan malam

Agiel, Arnam, alfan, Abai, gopal, dan semua yang pernah menjadi bagian dari Kontrakan Keluarga Cemara

Wanita Baik hati yang selalu memberikan *support* dan doa dalam pengerjaan tugas akhir ini

Bella Asmara Sakti

Teman seperjuangan yang membantu saya selama kuliah

Ipong, Fakhri, Dikma, Bimmo, Muhajir, dan semua angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu

-apa kau usahakan itulah yang akan kau dapatkan-

-Wildan Denly Elnaufal -

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I	18
PENDAHULUAN	18
1.1. Latar Belakang	18
1.1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik	18
1.2. Kapasitas Perancangan	19
1.2.1. Kebutuhan Etilen di Indonesia	19
1.2.2. Impor Etilen	21
1.2.3. Ekspor etilen	22
1.2.4. Produksi Etilen Dalam Negeri	23
1.2.5. Ketersediaan Bahan Baku	24
1.2.6. Kapasitas Produksi	24
1.3. Tinjauan Pustaka	26
1.3.1. Etanol	26

1.3.2. Etilen	26
1.3.3. Pemilihan Proses	26
1.3.4. Tinjauan Termodinamika	29
BAB II	31
PERANCANGAN PRODUK	31
2.2. Spesifikasi Produk	32
2.3. Spesifikasi Katalis	33
2.4. Pengendalian kualitas	33
BAB III	38
PERANCANGAN PROSES	38
3.1. Uraian Proses	38
3.1.1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku	38
3.1.2. Tahap Persiapan Bahan Baku	38
3.1.3. Tahap Pembentukan Produk	39
4.1.2. Tahap Pemisahan Produk	40
4.1.3. Tahap Pemurnian Produk	40
4.2. Spesifikasi Alat Utama	41
3.2.1. Spesifikasi Reaktor (R-101)	41
3.2.2. Spesifikasi Menara Distilasi 01 (MD-01)	42
3.2.3. Spesifikasi Menara Distilasi 02 (MD-02)	43
4.3. Spesifikasi Alat Pendukung	44

3.3.1.	Spesifikasi Vaporizer (VP-01).....	44
3.3.2.	Spesifikasi Condenser Parsial 01 (CD-01)	45
3.3.3.	Spesifikasi Condensor Parsial 02 (CD-02)	46
3.3.4.	Spesifikasi Condensor Total 03 (CD-03).....	47
3.3.5.	Spesifikasi Condensor Total 04 (CD-04).....	48
3.3.6.	Spesifikasi Reboiler 01 (RB-01)	49
3.3.7.	Spesifikasi Reboiler 02 (RB-02)	50
3.3.8.	Spesifikasi Akumulator 01 (ACC-01).....	51
3.3.9.	Spesifikasi Akumulator 02 (ACC-02).....	52
3.3.10.	Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	53
3.3.11.	Spesifikasi Heat Exchanger.....	54
3.3.12.	Spesifikasi Expansion Valve.....	55
3.3.13.	Spesifikasi Blower & Compressor	56
3.3.14.	Spesifikasi Pompa	57
BAB IV	58
PERANCANGAN PABRIK	58
4.1.	Lokasi pabrik	58
4.2.	Tata Letak Pabrik	68
4.3.	Tata Letak Mesin/Alat (<i>Machines</i>)	73
4.4.	Tata Letak Alat Proses.....	75

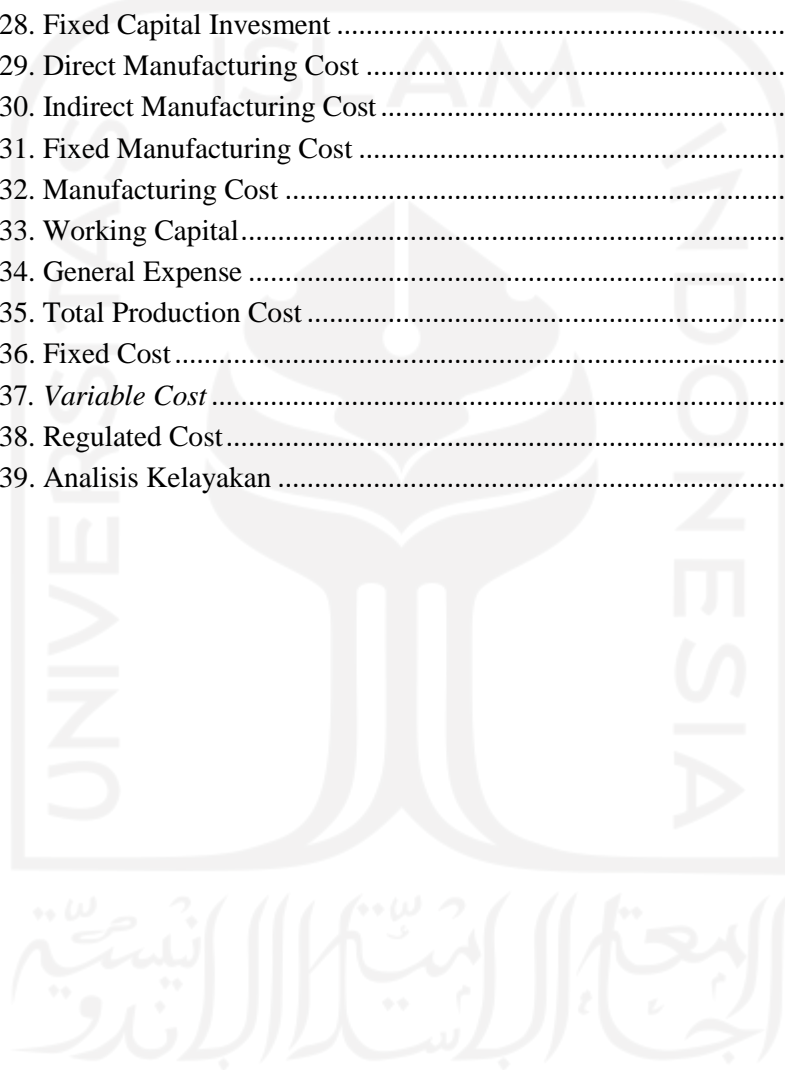
4.5. Aliran Proses dan Material	79
4.5.1. Neraca Massa Alat	79
4.5.2. Neraca Energi Alat.....	81
4.4.3. Diagram Alir Kualitatif	86
4.4.4. Diagram Alir Kuantitatif.....	87
4.5. Perawatan (<i>Maintenance</i>)	88
4.6. Pelayanana Teknik (Utilitas)	89
4.6.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	91
4.6.2. Unit Pengolahan Air	96
4.6.3. Kebutuhan Air	100
4.6.4. Unit Penyedia Dowtherm A	102
4.6.5. Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)	102
4.6.6. Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)	103
4.6.7. Unit Penyedia Udara Tekan.....	106
4.6.8. Unit Penyedia Bahan Bakar.....	107
4.6.9. Unit Pengolahan Limbah.....	107
4.7. Spesifikasi Alat – Alat Utilitas.....	109
4.8. Organisasi Perusahaan	121
4.8.1. Bentuk Organisasi Perusahaan.....	121

4.8.2. Manajemen Perusahaan	122
4.8.3. Bentuk Hukum Badan Usaha	123
4.8.4. Uraian Tugas, Wewenang, dan Tanggung Jawab.....	128
4.8.5. Struktur Tenaga Kerja.....	131
4.8.6. Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan	133
4.8.7. Keselamatan Kerja	143
4.9. Evaluasi Ekonomi.....	143
4.9.1. Penaksiran Harga Alat	144
4.9.2. Dasar Perhitungan	146
4.9.3. Analisa Kelayakan	148
4.9.4. Hasil Perhitungan	152
4.9.5. Hasil Analisa Kelayakan	158
4.9.6. Analisa Resiko Pabrik	162
BAB V	164
PENUTUP	164
5.1. Kesimpulan	164
5.2. Saran.....	165
DAFTAR PUSTAKA	166
Lampiran A	169
LAMPIRAN B	197
LAMPIRAN C	199

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data kebutuhan etilen di Indonesia.....	20
Tabel 1. 2 Data Impor Etilen di Indonesia.....	21
Tabel 1. 3 Data ekspor etilen	22
Tabel 1. 4 ketersediaan bahan baku	24
Tabel 1. 5 Data Produksi Etilen di Indonesia.....	24
Tabel 2. 1 Spesifikasi Etanol.....	31
Tabel 2. 2 Spesifikasi Etilen	32
Tabel 2. 3 Spesifikasi Heteropolyacid	33
Tabel 3. 1Spesifikasi Reaktor	41
Tabel 3. 2Menara Distilasi 01	42
Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi 02	43
Tabel 3. 4 Spesifikasi Vaporizer (VP-01).....	44
Tabel 3. 5 Spesifikasi Condensor parsial 01	45
Tabel 3. 6 Spesifikasi Condensor 02.....	46
Tabel 3. 7 Spesifikasi Condensor 03.....	47
Tabel 3. 8 Spesifikasi Condensor 04.....	48
Tabel 3. 9 Spesifikasi Reboiler 01	49
Tabel 3. 10 Spesifikasi Reboiler 02	50
Tabel 3. 11 Spesifikasi Akumulator 01.....	51
Tabel 3. 12 Spesifikasi Akumulator 02.....	52
Tabel 3. 13 Spesifikasi Tangki penyimpanan	53
Tabel 3. 14 Spesifikasi Heat Exchanger	54
Tabel 3. 15 Spesifikasi expansion valve	55
Tabel 3. 16 Spesifikasi Blower & Compressor.....	56
Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa.....	57
Tabel 4.1. Rician Luas Tanah	72
Tabel 4.2. Neraca Massa Vaporizer (VP-01).....	79
Tabel 4.3. Neraca Massa Reaktor (R-101).....	79
Tabel 4.4. Neraca Massa Condensor Parsial (CD-101)	80
Tabel 4.7. Neraca Energi Vaporizer (VP-01)	81
Tabel 4.8. Neraca Energi Reaktor (R-101)	82
Tabel 4.9. Neraca Energi Condensor Parsial (CD-101).....	82
Tabel 4.11. Neraca Energi Menara Distilasi 02 (MD-02).....	83
Tabel 4.12. Neraca Energi Heater 1 (HE-01).....	84
Tabel 4.17. Spesifikasi Air Umpan Boiler.....	94
Tabel 4.18. Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	100
Tabel 4.19. Kebutuhan Air Pendingin	101
Tabel 4.20. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	104

Tabel 4.21. Kebutuhan Listrik Peralatan Proses	105
Tabel 4.22. Spesifikasi Pompa Utilitas	118
Tabel 4.23. Shift Kerja Karyawan	133
Tabel 4.24. Tingkat Pendidikan Karyawan.....	134
Tabel 4.25. Gaji Karyawan	138
Tabel 4.26. Physical Plant Cost	153
Tabel 4.27. Direct Plant Cost	153
Tabel 4.28. Fixed Capital Investment	154
Tabel 4.29. Direct Manufacturing Cost	154
Tabel 4.30. Indirect Manufacturing Cost	155
Tabel 4.31. Fixed Manufacturing Cost	155
Tabel 4.32. Manufacturing Cost	155
Tabel 4.33. Working Capital.....	156
Tabel 4.34. General Expense	156
Tabel 4.35. Total Production Cost	156
Tabel 4.36. Fixed Cost	157
Tabel 4.37. <i>Variable Cost</i>	157
Tabel 4.38. Regulated Cost.....	158
Tabel 4.39. Analisis Kelayakan	160



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 grafik kebutuhan etilen di indonesia	20
Gambar 1. 2 grafik impor etilen.....	21
Gambar 1. 3 grafik ekspor etilen.....	22
Gambar 1. 4 Produksi Etilen dalam negeri	23
Gambar 4.1. Lokasi Pendirian Pabrik Etilen.....	64
Gambar 4.2. Tata Letak Pabrik.....	73
Gambar 4.3. Tata Letak Alat Proses Pabrik	78
Gambar 4.4. Diagram Alir Kualitatif	86
Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif	87
Gambar 4.6. Diagram Alir Pengolahan Air.....	120
Gambar 4.7. Struktur Organisasi Perusahaan.....	127
Gambar 4.8. Indeks Harga Alat.....	145
Gambar 4.9. Grafik Break Even Point.....	161

ABSTRAK

Etilen merupakan salah satu produk kimia terbesar di dunia serta merupakan salah satu bahan baku yang penting pada industri petrokimia. Hampir 75% produk dari industri petrokimia di produksi dari etilen seperti :asetaldehid, asam asetat, etilen oksida, etilen glikol, stirena, vinil klorida dan lain-lain. Produksi etilen telah dianggap sebagai salah satu dari indikator untuk mengukur tingkat perkembangan petrokimia suatu negara di seluruh dunia, pabrik etilen dirancang untuk memenuhi kebutuhan etilen di Indonesia. Kapasitas yang direncanakan sebesar 85.000 ton/tahun. Pabrik ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam setahun. Pabrik ini direncanakan berdiri di desa Kragan kecamatan Gondangrejo, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. diatas tanah seluas 37.975 m². Proses pembentukan etilen dilakukan dalam Reaktor fixed bed multitube. Pada reaktor ini reaksi berlangsung pada fase gas, endotermis, isothermal pada suhu 200⁰C dan tekanan 1 atm, sehingga untuk menjaga suhu reaksi digunakan suplai pemanas berupa steam. Untuk memproduksi etilen sebesar 85.000 ton/tahun (11.324,062 kg/jam) diperlukan bahan baku etanol sebesar 19.925,7026 kg/jam. Untuk mendukung proses produksi jumlah total air yang di gunakan sebesar 279.590 kg/jam, penyediaan udara tekan sebesar 26.167 m³/jam, penyediaan listrik sebesar 585.45 kW diperoleh dari PLN dan 1 buah generator diesel sebesar 268 kW dengan bahan bakar solar sebanyak 157 kg/jam dan kebutuhan fuel oil untuk steam sebanyak 1957.9 kg/jam. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 443.753.194.145 /tahun setelah dipotong pajak 52% keuntungan mencapai Rp 213.001.533.190 /tahun. Percent Return On Investment (ROI) sebelum pajak 49 % dan setelah pajak 23 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak selama 2 tahun dan setelah pajak 3 tahun. Break Even Point (BEP) sebesar 48,50 %, dan Shut Down Point (SDP) sebesar 34,25 %. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) terhitung sebesar 7,43 %. Dari data analisa kelayakan di atas disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak dipertimbangkan untuk pendirian di Indonesia.

Kata- kata kunci: Etanol, Etilen, Reaktor fixed bed multitube

ABSTRACT

Ethylene is one of the largest chemical products in the world and is an important raw material in the petrochemical industry. Nearly 75% of products from the petrochemical industry are produced from ethylene such as: acetaldehyde, acetic acid, ethylene oxide, ethylene glycol, styrene, vinyl chloride and others. Ethylene production has been considered as one of the indicators to measure the level of petrochemical development of a country around the world. The ethylene plant is designed to meet the ethylene demand in Indonesia. The planned capacity is 85,000 tons / year. This factory operates continuously for 330 days a year. This factory is planned to be built in Kragan village, Gondangrejo sub-district, Karanganyar regency, Central Java. on a land area of 37,975 m². The process of ethylene formation is carried out in a fixed bed multitube reactor. In this reactor the reaction takes place in the gas, endothermic, isothermal phase at a temperature of 200°C and a pressure of 1 atm, so that to maintain the reaction temperature, a heating supply in the form of steam is used. To produce ethylene of 85,000 tons / year (11,324,062 kg / hour), ethanol raw material is required of 19,925.7026 kg / hour. To support the production process, the total amount of water used is 279,590 kg / hour, the supply of compressed air is 26,167 m³ / hour, the supply of electricity of 585.45 kW is obtained from PLN and 1 diesel generator of 268 kW with 157 kg of diesel fuel. and the need for fuel oil for steam as much as 1957.9 kg / hour. The economic analysis of this factory shows that the profit before tax is IDR 443,753,194,145 / year after being deducted by 52% tax, the profit reaches IDR 213,001,533,190 / year. The percentage of Return On Investment (ROI) before tax is 49% and after tax is 23%. Pay Out Time (POT) before tax for 2 years and after tax for 3 years. Break Even Point (BEP) of 48.50%, and Shut Down Point (SDP) of 34.25%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 7.43%. From the feasibility analysis data above, it can be concluded that this factory is profitable and worthy of consideration for establishment in Indonesia.

Keywords: Ethanol, Ethylene, fixed bed multitube reactor

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

1.1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang dalam perbaikan kondisi perekonomian. Industrialisasi merupakan salah satu cara untuk mendorong kondisi ekonomi negara. Khususnya pada industri kimia yang semakin berjalannya waktu menunjukkan peningkatan yang signifikan baik secara kualitas maupun kuantitas. Oleh karena itu industri kimia dalam negeri perlu dikembangkan lebih agar dapat bersaing dengan negara-negara lain. Selama ini Indonesia banyak mengimpor banyak produk kimia dari luar negeri. Dengan mendirikan banyak industri-industri kimia di dalam negeri diharapkan agar dapat mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri dan dapat menciptakan lapangan pekerjaan yang luas serta dapat membantu menstabilkan kondisi perekonomian dalam negeri.

Etilen merupakan salah satu produk kimia terbesar di dunia serta merupakan salah satu bahan baku yang penting pada industri petrokimia. Hampir 75% produk dari industri petrokimia di produksi dari etilen seperti :asetaldehid, asam asetat, etilen oksida, etilen glikol, stirena, vinil klorida dan lain-lain. Produksi etilen telah dianggap sebagai salah satu dari indikator untuk mengukur tingkat perkembangan petrokimia suatu negara di seluruh dunia. (Minghua Zhang ,2013)

Kebutuhan Etilen di Indonesia terus bertambah seiring dengan perkembangan industri- industri di Indonesia. Walaupun sudah ada PT. Chandra Asri Petrochemical yang menjadi produsen etilen namun masih di anggap kurang. Terlihat dari selisih data impor dan data ekspor etilen yang sangat tinggi (BPS,2019). Sehubungan dengan hal tersebut, maka sangat tepat apabila didirikan pabrik etilen di Indonesia dengan tujuan untuk

memenuhi kebutuhan dalam negeri dan untuk meningkatkan ekspor ke luar negeri.

Sebagian besar produksi etilen di dunia dengan proses hydrocarbon-cracking dengan menggunakan bahan baku bahan bakar fosil. Dengan peningkatan kapasitas industri setiap setiap tahun, kebutuhan bahan bakar fosil juga terus mengalami peningkatan pada kegiatan sehari-hari maupun untuk produksi industri. Maka dari itu , menjadi hal penting untuk mencari sumber energi alternatif sebagai bahan baku dalam produksi etilen. Etanol dapat menjadi bahan baku produksi etilen . Dengan cara dehidrasi etanol dengan katalis dalam kondisi suhu yang sesuai.

1.2. Kapasitas Perancangan

Dalam menentukan kapasitas perancangan pabrik, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain : perkembangan kebutuhan etilen di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik di dunia yang sudah berdiri (kapasitas ekonomis).

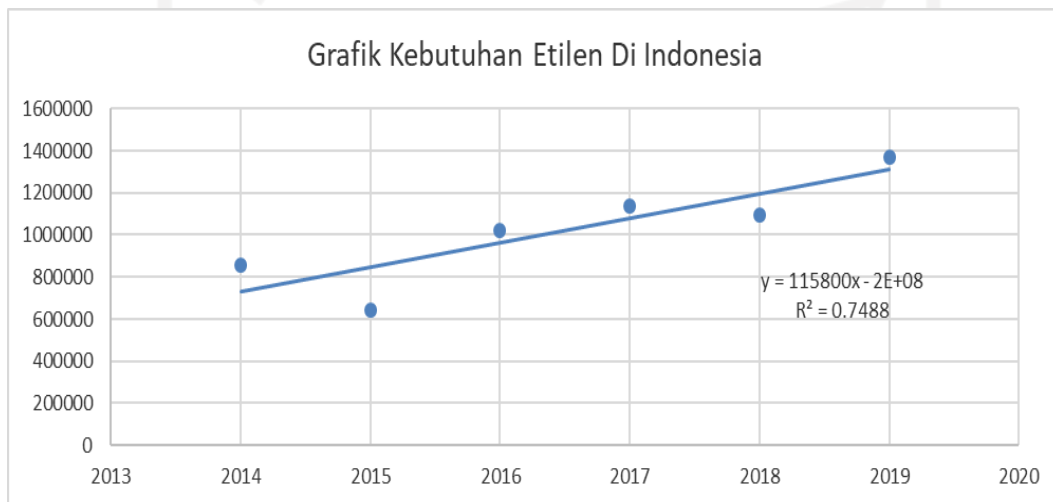
1.2.1. Kebutuhan Etilen di Indonesia

Banyaknya kegunaan dari Etilen, membuat perusahaan menggunakan Etilen sebagai bahan penunjang dalam proses produksinya, kebutuhan Etilen di Indonesia terus meningkat. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), data kebutuhan Etilen dari tahun 2014 sampai 2019 ditunjukkan dalam Tabel 1.1. Berdasarkan Tabel 1.1 Data Kebutuhan Etilen di Indonesia.

Tabel 1. 1 Data Kebutuhan Etilen di Indonesia

Kebutuhan Etilen Di Indonesia		
No	Tahun	Konsumsi Total (ton/tahun)
1	2014	857.000
2	2015	640.000
3	2016	1021..000
4	2017	1.136.000
5	2018	1.096.000
6	2019	1.371.000

(Sumber PT. Chandra Asri Petrochemical)



Gambar 1. 1 grafik kebutuhan etilen di indonesia

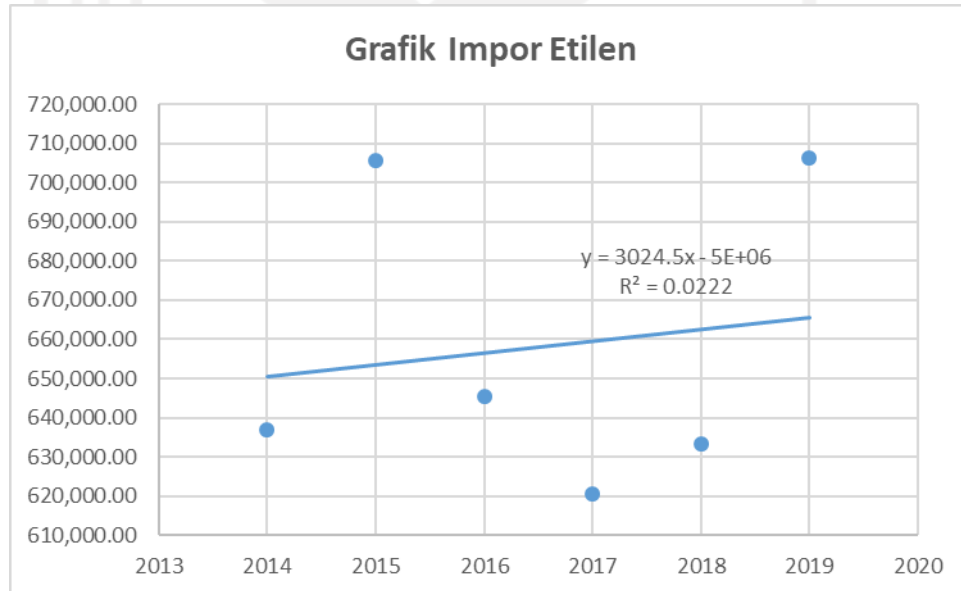
Dari gambar 1.1 untuk data kebutuhan etilen di Indonesia, dikarenakan nilainya yang naik turun atau *fluktuatif* maka dapat di prediksi menggunakan metode persen pertumbuhan untuk kebutuhan etilen di Indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar 2.742.000 ton/tahun, dengan nilai persen pertumbuhan sebesar 16,6 % .

1.2.2. Impor Etilen

Tabel 1. 2 Data Impor Etilen di Indonesia

TAHUN	IMPOR ETILEN (TON) / TAHUN
2014	636.892,11
2015	705.633,38
2016	645.345,54
2017	620.711,72
2018	633.449,50
2019	706.300,66

(Sumber BPS, 2019)



Gambar 1. 2 grafik impor etilen

Berdasarkan gambar 1.2 data impor etilen, untuk memperkirakan jumlah impor etilen pada tahun 2025 di gunakan metode persen pertumbuhan. Dari data tersebut didapatkan kebutuhan impor pada tahun 2025 melalui rata-rata dari data tersebut yaitu sebanyak 1.024.693 ton/tahun.

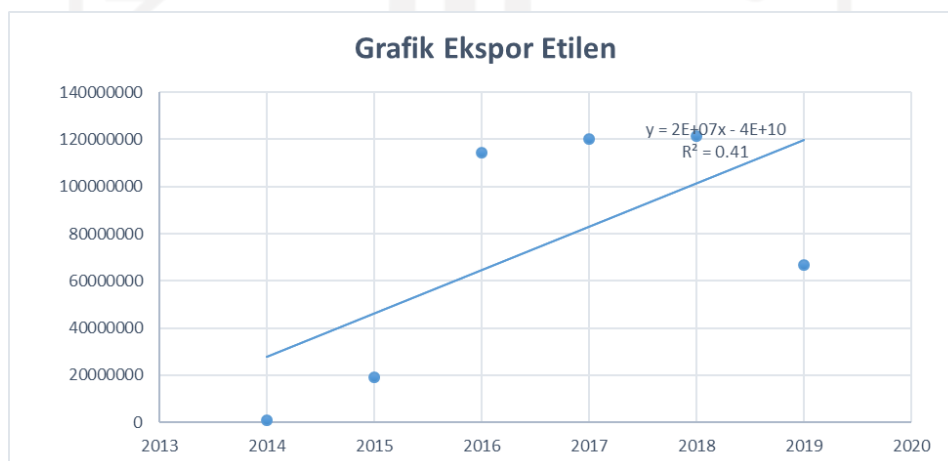
1.2.3. Ekspor etilen

Penentuan data ekspor kebutuhan etilen dalam negeri. Data kebutuhan ekspor etilen didapatkan dari salah satu Lembaga statistik yang ada di Indonesia yaitu Badan Pusat Statistik(BPS).

Tabel 1. 3 Data ekspor etilen

TAHUN	EKSPOR ETILEN (TON) / TAHUN
2015	19.109,64
2016	114.404,28
2017	120.077,04
2018	121.582,70
2019	66.907,21

(Sumber BPS, 2019)

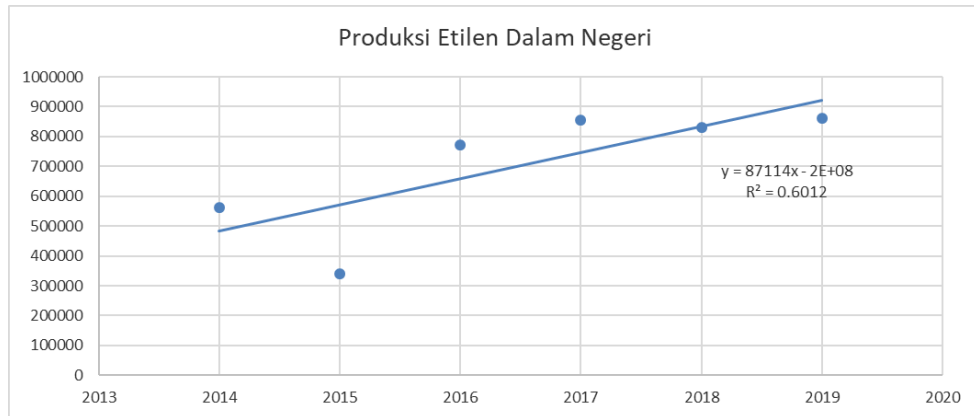


Gambar 1. 3 grafik ekspor etilen

Berdasarkan data ekspor Etilen, untuk memperkirakan jumlah ekspor etilen pada tahun 2025 di gunakan metode persen pertumbuhan. Dari data tersebut didapatkan kebutuhan impor pada tahun 2025 melalui rata- rata dari data tersebut yaitu sebanyak 727.162,84 ton/tahun.

1.2.4. Produksi Etilen Dalam Negeri

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



Gambar 1. 4 Produksi Etilen dalam negeri

(sumber: Annual CAP PT.Candra Asri)

Dari Gambar 1.4 produksi etilen dalam negeri didapatkan untuk prediksi produksi etilen dalam negeri untuk tahun 2025 dikarenakan nilainya yang naik turun setiap tahunnya maka digunakan metode persen pertumbuhan, berdasarkan persen pertumbuhan didapatkan sebesar 1.410.032 ton/tahun, dengan nilai persen pertumbuhan sebesar 10,6%.

1.2.5. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku untuk proses pembuatan etilen yaitu etanol, Indonesia memiliki beberapa pabrik yang memproduksi etanol.

Tabel 1. 4 ketersediaan bahan baku

No.	Nama Pabrik	Produksi (kL/Tahun)
1	PT. Aneka Kimia Nusantara	5000
2	PT. Basis Indah	16000
3	PT. Bukit Manikam Subur Persada	51200
4	PT. Indo Acidata Chemical	50000
5	PT. Madu Baru	6700
6	PT. Molindo Raya Industrial	10000
7	PT. Perkebunan Nusantara XI	6000
8	PT. Indo Lampung Distilley	60000
9	PT. Sampurna	16800
10	PT. RNI dan Choi Biofuel Co	11200
11	Kinematsu Corporation	30000
TOTAL		262900 kL/tahun
		209005 Ton/tahun

1.2.6. Kapasitas Produksi

Tabel 1. 5 Data Produksi Etilen di Dunia

Perusahaan	Lokasi	Ton/tahun
Formosa Petrochemical Corporation	Mailiao, Taiwan	2.935.000
Nova Chemicals Corporation	Joffre, Alberta, Canada	2.811.792
Arabian Petrochemical Company	Jubail, Saudi Arabia	2.250.000
ExxonMobil Chemical Company	Baytown, TX, USA	2.197.000
ChevronPhillips Chemical Company	Sweeny, TX, USA	1.865.000
Dow Chemical Company	Terneuzen, Netherlands	1.800.000
Ineos Olefins & Polymers	Chocolate Bayou, TX, USA	1.752.000
Yanbu Petrochemical Company	Yanbu, Saudi Arabia	1.705.000
Equate Petrochemical Company	Shuaiba, Kuwait	1.650.000
Braskem	Triunfo, Brazil	200.000
Solvay Indupa	Santo Andre, Brazil	60.000
Chandra Asri Petrochemical	Indonesia	860.000

(Fan et al., 2013)

Jika ditinjau dari data tersebut, kapasitas produksi pabrik etilen yang ditentukan berdasarkan perkiraan data kekosongan pasar terhadap etilen pada tahun 2022 merupakan kapasitas yang termasuk rentang kapasitas produksi dari Produsen etilen yang sudah ada di dunia yaitu antara 60.000 sampai 2.935.000 ton/tahun.

Maka dari data-data di atas dapat digunakan untuk menentukan kapasitas produksi produk yang akan dirancang.

Penentuan kapasitas pabrik :

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

$$= (\text{Komsumsi dalam negeri} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi dalam negeri} + \text{Impor})$$

$$= (1.371.000 + 727.162,84) \text{ ton/thn} - (860.000. + 1.024.691,33) \text{ ton/thn}$$

$$= (2.098.162,84 - 1.884.691,33) \text{ ton/thn}$$

$$= 213.471,51 \text{ ton/thn} * 40\% \text{ (peluang)}$$

$$= 85.000 \text{ ton/thn}$$

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Etanol

Etanol atau dengan nama lain etil alkohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) adalah zat kimia yang termasuk dalam golongan alkohol. Zat kimia sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tidak berwarna, dan merupakan alkohol yang sering digunakan sebagai pelarut untuk berbagai senyawa. Etanol salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif potensial karena pembakaran etanol lebih ramah lingkungan dari bahan bakar diesel. Akan tetapi, etanol memiliki angka setan yang rendah, sehingga diperlukan campuran lain untuk menjadikannya bahan bakar (Patent, US 2014/0275636).

1.3.2. Etilen

Etilen merupakan senyawa yang tersusun dari unsur hidrogen dan karbon atau hidrokarbon olefin yang paling ringan dengan berat molekul 28,054. Pada suhu kamar etilen berupa gas tidak berwarna, mudah terbakar, sedikit berbau wangi. Sifat kimia etilen ditentukan dari ikatan rangkapnya yang bereaksi terutama secara adisi menghasilkan hidrokarbon jenuh dan turunannya serta polimer (Kirk and Othner, 1981)

Etilen merupakan senyawa antara yang menjadi bahan baku berbagai produk turunannya berdasarkan karakteristik reaksi (Ketta, 1984). Sekarang hampir seluruh etilen dibuat dari gas alam, etana, propana, dan parafin lain yang berat serta fraksi minyak mentah, nafta, kerosin, dan gas oil. Sejumlah kecil etilen didapat dari gas keluaran kilang (catalytic cracking).

1.3.3. Pemilihan Proses

Beberapa cara pembuatan etilen menurut Mc. Ketta (1984) adalah :

a. Dehidrasi Etanol

Produksi etilen dari dehidrasi etanol masih jarang di gunakan untuk

memproduksi etilen dalam skala industri. Reaksi dehidrasi etanol menjadi etilen merupakan reaksi yang diharapkan menjadi sumber alternatif produksi etilen. Pembuatan etilen dari dehidrasi etanol mengikuti persamaan reaksi berikut :



Reaksi terjadi dengan menggunakan katalis Ag₃ PW12040 dan beroperasi pada suhu 200°C, yang selanjutnya dilakukan pemurnian untuk memisahkan kadar H₂O dan C₂H₅OH. Pembentukan etilen dari reaksi dehidrasi etanol cukup menguntungkan dengan nilai konversi reaksi mencapai 99% pada tekanan 1 atm.

b. Cracking Hidrokarbon

Proses Pirolisis Hidrokarbon dapat menghasilkan etilen dalam skala besar, dimana pada umumnya digunakan etana, propana, butana dan gas oil sebagai bahan bakunya. Pada proses Pirolisis hidrokarbon bahan baku hidrokarbon bersama - sama dengan steam dimasukkan kedalam reaktor pirolisis (furnace). Reaksi yang terjadi di dalam furnace bersifat endotermis dan non isotermal. Proses berlangsung secara kontinyu dengan suhu 650 - 950 °C dan dengan perbandingan steam 0,3 - 0,7 dari bahan baku. Gas hasil reaksi didinginkan secara cepat dengan Quenching Tower guna menghindari terjadinya proses polimerisasi. Selanjutnya dilakukan pemurnian untuk memisahkan komponen komponen hidrokarbon yang terbentuk dari reaksi dengan menggunakan kolom fraksinasi (Mackenzie, et al., 1983).

dengan menggunakan kolom fraksinasi (Mackenzie, et al., 1983).

Dari beberapa proses pembentukan etilen, dapat dilihat perbandingan dari ke dua proses pembentukan etilen pada tabel berikut :

Table 1.1 Perbandingan Proses

PARAMETER	DEHIDRASI ETANOL	CRACKING HIDROKARBON
Bahan baku	Etanol	Nafta
Tekanan (atm)	1	±3,5
Suhu (0C)	200	650-900
Katalis	Ag3PW12O40	-
Fase Reaksi	gas-gas	gas-gas
Reaktor	fixedbed multitube	RAP Multitubular dengan Box-Type Furnace
konversi	99%	92%

Mc.Ketta(1984)

Dari kedua proses pembentukan etilen tersebut dipilih proses dehidrasi etanol menjadi etilen, proses tersebut dipilih dengan pertimbangan :

Bahan baku etanol yang di produksi di dalam negeri sehingga tidak membutuhkan impor bahan baku, sedangkan ke dua proses yang lain menggunakan bahan baku yang tidak terbarukan dan nafta dapat di alokasikan lebih sebagai sumber energi.

Proses berlangsung pada tekanan 1 atm sehingga cukup aman

Suhu operasi yang tidak terlalu tinggi sehingga tidak membutuhkan energi yang besar dalam operasi pabrik, suhu reaksi pada 200°C.

1.3.4. Tinjauan Termodinamika

Dalam perancangan reaktor yang digunakan, untuk mengetahui apakah reaksi berjalan secara endotermis atau eksotermis maka perlu dilakukan pencarian entalpi dari reaksi yang terjadi, sehingga diketahui apakah reaktor yang di gunakan membutuhkan suplai pemanas atau pendingin.



Reaksi di atas merupakan reaksi pembentukan etilen dari etanol, reaksi beroperasi pada suhu 200°C dan tekanan 1 atm. Berikut ini merupakan penentuan entalpi reaksi etanol menjadi etilen.

Table 1.2 Harga Nilai Entalpi Pembentukan Pada Kondisi Standar

Komponen	ΔH_f (kJ/kmol)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-235,3
C_2H_4	52,286
H_2O	-241,8

data $\Delta H_f^{\circ} 298$ pada masing-masing komponen tersebut digunakan untuk menghitung $\Delta H^{\circ} R$, perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Sigma \Delta H^{\circ} R = \Sigma \Delta H_f^{\circ} 298 \text{ Product} - \Sigma \Delta H_f^{\circ} 298 \text{ Reactan} \quad (1.2)$$

$$= [52,286 + (-241,8)] \text{ kJ/kmol} - [-235,3] \text{ kJ/kmol}$$
$$= 45,786 \text{ kJ/kmol}$$

Dari perhitungan tersebut nilai $\Delta H^\circ R$ yang didapatkan adalah positif, karna nilai $\Delta H^\circ R$ bernilai positif maka reaksi tersebut merupakan reaksi endotermis, sehingga reaksi pembentukan etilen dari etanol membutuhkan suplai pemanas untuk menjaga kondisi operasi.

Pemakaian Katalis

Pada reaksi dehidrasi gas-padat, katalis tidak berubah diakhir reaksi, namun katalis tetap ikut aktif di dalam reaksi. Katalis yang digunakan pada proses pembuatan Etilen yaitu (Ag₃PW₁₂O₄₀) yang berbentuk padat. katalis ini ditempatkan di dalam *fixed bed multitube reactor*.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2. 1 Spesifikasi Etanol

Bahan Baku	
Sifat Bahan	Etanol
Rumus molekul	C ₂ H ₅ OH
Berat molekul	46,07 g/mol
Kemurnian	96,5%
Impuritas	5% H ₂ O
Titik didih	78,2 °C
Titik lebur	-114, 1 °C
Titik nyala	13 °C
Tekanan uap	40 mmHg (66 °F)
Densitas	0,7893 g/ml
Bentuk	Cair (30 °C, 1 atm)
Viskositas	1,2 cP (20 °C)
Kelarutan	Larut dalam air
Sifat Bahan	Mudah terbakar, <i>volatile</i>
<i>Hazard</i>	Mudah terbakar, mudah menguap, dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, menyebabkan gangguan pernapasan apabila terhirup. (Sumber : MSDS)
Kemurnian sebagai bahan baku	96,5% (PT. Molindo Raya)

2.2. Spesifikasi Produk

Tabel 2. 2 Spesifikasi Etilen

Produk Utama	
Sifat Bahan	Etilen
Rumus molekul	C_2H_4
Berat molekul	28,05 g/mol
Titik didih	-103,8 °C
Titik lebur	-169,18 °C
Titik nyala	-100 °C
Tekanan uap	0,0000521 mmHg
Densitas	0,96 g/ml
Bentuk	Gas tak berwarna
Viskositas	0,01 cP (20 °C)
Kelarutan	0,131 mg/ml air (25 °C)
Sifat Bahan	Tidak berwarna, berbau khas, mudah terbakar Mudah terbakar, mudah menguap, dapat
Hazard	menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, (Sumber : MSDS)
Kemurnian yang dijual dipasaran	99% (Alibaba)

2.3. Spesifikasi Katalis

Tabel 2. 3 Spesifikasi Heteropolyacid

Katalis	
Sifat Bahan	<i>Heteropolyacid</i>
Rumus molekul	Ag ₃ PW ₁₂ O ₄₀
Berat molekul	101,96 g/mol
Bulk Densitas	1400kg/m ³
Bentuk	Spherical
Diameter	0,007 m
Porositas	0,416

Sumber : PubChem

2.4. Pengendalian kualitas

Dalam menjaga kualitas produk yang diinginkan perlunya pengawasan dan pengendalian produk yang dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk yang memiliki kualitas yang dapat dipasarkan. Adapun tujuan dilakukannya pemeriksaan produk guna menjaga stabilitas produk serta mengetahui proses produksi dapat berjalan dengan normal atau tidak. Apabila terjadi masalah dapat segera dilakukan pengendalian agar masalahnya tidak

menjadi lebih besar sehingga dapat mengakibatkan penurunan kualitas produk.

Adapun pengendalian yang dilakukan yaitu :

2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa Etanol, dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan dapat diproses sesuai dengan kondisi operasi yang di tentukan pabrik.

Pengendalian kualitas bahan baku yang baik juga sangat berpengaruh pada kapasitas produksi. Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang di inginkan, maka bahan baku proses harus mencukupi, untuk itu diperlukan pengendalian kualitas bahan agar tidak terjadi kekurangan bahan.

2.4.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian kualitas produk dilakukan dengan pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada. Pengawasan dan pengendalian proses produksi dilakukan menggunakan berbagai macam peralatan pengendalian proses yang berada di control room proses automatic control dengan menggunakan beberapa indikator control. Indikator control digunakan untuk mengawasi aliran bahan baku dan produk serta kondisi operasinya. Apabila

terjadi kesalahan terhadap proses yang sedang berjalan pada indikator yang telah di set yaitu berkaitan dengan alat kontrol dapat diketahui atau dapat terdeteksi dari sinyal serta tanda yang diberikan yaitu bunyi alarm, nyala lampu dan tanda- tanda lain. Dan ketika terjadi kesalahan atau ketidak sesuaian terhadap kondisi operasi yang telah di tentukan, maka harus dikembalikan pada kondisi awal, hal ini dapat dilakukan secara manual maupun otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan dalam proses produksi pabrik yaitu, control terhadap kondisi operasi yang berhubungan dengan temperatur, tekanan dan sebagainya. Dan alat control yang harus diset pada kondisi tertentu yaitu sebagai berikut :

a. Sensor

Digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level.

b. Flow rate

Merupakan salah satu alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses. Flow rate diset pada harga tertentu. Bila flow rate mengalami penyimpangan dari harga yang diset, maka akan diberikan isyarat yang merupakan perintah untuk mengembalikan ke set semula.

c. Temperature control

Merupakan salah satu alat yang pada umumnya temperature control memiliki set point batasan nilai suhu yang dimasukkan parameter di dalamnya. Dimana ketika nilai suhu benda (nilai aktual) yang diukur melebihi set point hanya selisih beberapa derajat saja, maka outputnya akan bekerja.

d. Pressure Control

Perubahan tekanan dapat dideteksi dengan isyarat jika terjadi penyimpangan tekanan, pressure control akan mengesetnya kembali sesuai dengan keadaan semula.

Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang sesuai standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai spesifikasinya.

e. Level control

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan atau di set, maka akan menimbulkan isyarat atau tanda berupa nyala lampu dan bunyi alarm.

2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standart maka diperlukan bahan baku yang berkualitas dan sesuai spesifikasi proses, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara sistem control yang berada di control room, dilakukan dengan cara automatic control yang menggunakan indicator apabila terjadi penyimpangan pada indicator dari yang telah ditetapkan atau diset baik berupa flow rate bahan baku atau produk, suhu operasi maupun tekanan operasi dapat diketahui dari isyarat yang diberikan maka secara otomatis akan melakukan set point yang telah ditentukan sesuai dengan yang diinginkan. sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai .dengan standart

yang ada maka dilakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk. Pengendalian kualitas (Quality Control) merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan pada proses produksi. Dengan adanya pengendalian kualitas merupakan sebuah jaminan bagi perusahaan untuk menghasilkan produk yang baik dan memuaskan. Selain pengawasan mutu bahan baku, produk setengah jadi maupun produk jadi, penting juga dilakukan pengawasan mutu air yang digunakan untuk menunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat control. Pada pabrik Etilen ini, pengendalian kualitas meliputi, pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Pada perancangan pabrik etilen dari dehidrasi etanol terdapat empat tahapan yaitu, tahap penyimpanan bahan baku, tahap persiapan bahan baku, tahap pembuatan etilen, dan tahap pemurnian etilen

3.1.1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Produksi Etilen dengan kapasitas 85.000 ton/tahun menggunakan bahan baku etanol yang memiliki kemurnian 96,5% dengan impuritis air 0,35%. etanol disimpan dalam fase cair dengan kondisi temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm pada tangki penyimpanan (TK-01).

3.1.2. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik etilen ini adalah etanol cair yang didapatkan dari PT. Indoadicitama dan PT. Molindo Raya yang berlokasi di Surakarta dan Malang. Bahan baku tersebut disimpan dalam tangki penyimpanan bahan baku (TP-01) berbentuk silinder tegak dengan bahan carbon steel pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C, bahan baku kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-01) menuju Vaporizer (VP-01) untuk dirubah menjadi fase uap dengan suhu sebesar 1250C setelah itu uap keluaran dari vaporizer dialirkan menuju Heater (HE-01) untuk dinaikan suhunya menjadi 2000C. Saat suhunya sudah mencapai suhu reaksi maka etanol siap diumpankan menuju reaktor (R-01).

3.1.3. Tahap Pembentukan Produk

Bahan baku etanol yang telah melewati proses pre treatment dan telah sesuai dengan kondisi operasi reaktor (R-01) kemudian dialirkan kedalam reaktor, reaktor yang digunakan dalam perancangan pabrik etilen dari etanol ini adalah reactor fixed bed multitube dengan menggunakan katalis Ag₃PW₁₂O₄₀. Pemilihan jenis reaktor ini dikarenakan reaksi yang terjadi dalam pembentukan etilen dari etanol bersifat endotermis, sehingga akan terjadi penurunan suhu, terjadinya penurunan suhu tersebut membuat suhu reaksi tidak bisa tercapai maka di gunakan reaktor fixed bed multitube untuk menjaga suhu reaksi dengan menggunakan pemanas steam. persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :

4. $C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_4 + H_2O$ (3.1) Reaksi berlangsung pada fase gas, beroperasi pada tekanan 1 atm dan suhu 200 °C. Dari proses reaksi tersebut dihasilkan produk utama berupa etilen dengan konversi maksimal 99% (Gurgul., et al., 2011). Dalam perancangan pabrik etilen ini digunakan konversi sebesar 99% dan tekanan masuk ke reaktor sebesar 1 atm.

Hasil keluaran dari reactor (R-01) kemudian dialirkan menuju condenser parsial (CD-01) dengan suhu 30⁰C dan tekanan 10atm untuk merubah fasenya, dimana etilen tetap menjadi gas, sementara ethanol dan air akan berubah menjadi fase cair.

4.1.2. Tahap Pemisahan Produk

Hasil keluaran condensor parsial (CD-01) yaitu etilen, ethanol dan air kemudian dipisahkan menggunakan Menara Distilasi(MD-01) dengan kondisi operasi di Menara distilasi yaitu dengan suhu 30°C dan tekanan 10,1atm. Keluaran dari kolom distilat yaitu produk etilen dengan kemurnian 99% serta *impurities* 1%. Untuk hasil bawah keluaran dari Menara Distilasi 01(MD-01) yaitu berupa air dan ethanol kemudian akan di alurkan menuju Menara Distilasi 02(MD-02) dengan kondisi operasi yaitu suhu operasi 66°C dan tekanan 0,6atm untuk dilakukan pemurnian ethanol dari sebagai *recycle*.

4.1.3. Tahap Pemurnian Produk

Senyawa etilen yang berupa gas dikondensasikan menggunakan condenser total (CD-03) dan di alirkan menuju tangki penyimpanan produk (TP-02) dengan tekanan 20 atm dan suhu -32°C , tangki penyimpanan produk etilen fase cair berupa tangki bola dengan material *carbonsteel* dengan di isolasi menggunakan bahan asbestos setebal 12,0053 cm untuk menjaga suhu produk etilen cair agar tetap pada suhu simpannya. Penyimpanan dalam bentuk cair untuk mempermudah dalam pengiriman senyawa etilen.

4.2. Spesifikasi Alat Utama

3.2.1. Spesifikasi Reaktor (R-101)

Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor

Kode	R-01
Fungsi	Tempat terjadinya reaksi dehidrasi C_2H_5OH dan H_2O
Jenis	<i>Fixed Bed Multitube</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- Tekanan	1 atm
- Temperatur umpan	200 °C
- Temperatur produk	200 °C
Dimensi tube	
- NPS	2 in
- Panjang	13,5 m
- ID	2,067 in
- OD	2,38 in
- Sch no.	40
- Tebal tube	0,12 in
- Material	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
- Jumlah tube	755 buah
Dimensi <i>shell</i>	
- ID	85 in
- OD	90 in
- Tebal <i>shell</i>	0.25 in
- Material	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Dimensi <i>head</i>	
- Bentuk	<i>Torispherical head</i>
- Tebal <i>head</i>	1 in
- Tinggi	0,28 m
Tinggi total reaktor	12 m
Harga alat	\$651.925

3.2.2. Spesifikasi Menara Distilasi 01 (MD-01)

Tabel 3. 2Menara Distilasi 01

Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan produk C_2H_4 sebagai hasil top, dan C_2H_5OH dan H_2O sebagai hasil bawah
Jenis	<i>Sieve tray</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- Tekanan umpan	10 atm
- Tekanan atas	10 atm
- Tekanan bawah	10 atm
- Temperatur umpan	30 °C
- Temperatur atas	-50°C
- Temperatur bawah	179°C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Dimensi alat	
- Diameter menara atas	7,7 m
- Diameter menara bawah	4,8 m
- Tinggi	8 m
- Tebal <i>shell</i>	1,5 in
- Tebal <i>head</i>	1,25 in
- Jumlah <i>plate</i>	2 buah
- Jarak antar <i>plate</i>	1 m
- Diameter lubang <i>plate</i>	0,005 m
- Jumlah <i>hole</i>	16 buah
- <i>Tray thickness</i>	0.005 m
- <i>Reflux ratio</i>	1,2
<i>Plate pressure drop</i>	
- Bagian atas	0,045 atm
- Bagian bawah	0,0061 atm
Harga alat	\$750.797

3.2.3. Spesifikasi Menara Distilasi 02(MD-02)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi 02

Kode	MD-02
Fungsi	Memisahkan produk C_2H_5OH sebagai hasil top, dan H_2O sebagai hasil bawah
Jenis	<i>Sieve tray</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- Tekanan umpan	0,6 atm
- Tekanan atas	0,6atm
- Tekanan bawah	0,6 atm
- Temperatur umpan	67 °C
- Temperatur atas	65 °C
- Temperatur bawah	85°C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Dimensi alat	
- Diameter menara atas	13 m
- Diameter menara bawah	11,6 m
- Tinggi	10 m
- Tebal <i>shell</i>	0,31 in
- Tebal <i>head</i>	0,37 in
- Jumlah <i>plate</i>	18 buah
- Jarak antar <i>plate</i>	1 m
- Diameter lubang <i>plate</i>	0,005 m
- Jumlah <i>hole</i>	6 buah
- <i>Tray thickness</i>	0.005 m
- <i>Reflux ratio</i>	1,46
<i>Plate pressure drop</i>	
- Bagian atas	0,0056 atm
- Bagian bawah	0,0065 atm
Harga alat	\$588.395

4.3. Spesifikasi Alat Pendukung

Alat pendukung terdiri dari tangki penyimpanan, *vaporizer*, *condenser*, *reboiler*, *akumulator*, *cooler*, pompa dan kompresor.

3.3.1. Spesifikasi Vaporizer (VP-01)

Tabel 3.4 Spesifikasi Vaporizer (VP-01)

Kode	VP-01
Fungsi	Menguapkan C_2H_5OH sebelum masuk R-01
Jenis	<i>Shell and Tube heat exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- <i>Hot fluid</i>	125 °C
- <i>Cold fluid</i>	30 °C - 125 °C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi Shell	Fluida Dingin
- Fluida	Etanol
- NPS	0,75 ft
- ID	19,25 in
- Passes	2 in
- Baffles Space	14,43
- <i>Pressure drop</i>	0,0297 psi
Spesifikasi Tube	
- Fluida	<i>Fluida Panas</i>
- NPS	0,75 in
- BWG	14 in
- ID	0.58 in
- panjang	192
- Pitch	0,21 in
Jumlah tube	423
Pressure Drop	0,0021 psi
Dirt Factor	0,0021
Harga alat	\$462.832

3.3.2. Spesifikasi Condenser Parsial 01 (CD-01)

Tabel 3. 5 Spesifikasi Condensor parsial 01

Kode	CD-01
Fungsi	Untuk mengembunkan komponen keluaran R-01
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- <i>Cold fluid</i>	25 °C – 140 °C
- <i>Hot fluid</i>	200 °C - 30 °C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi <i>shell</i>	Fluida dingin
- NPS	0,75 in
- ID	19,25 in
- <i>Passes</i>	2
- <i>Baffle space</i>	14 in
- <i>Pressure drop</i>	0,0156 psi
Spesifikasi <i>tube</i>	Fluida panas
- NPS	0,75 in
- B.W.G	14
- ID	0,58 in
- Panjang	192 in
- <i>Pitch (triangular)</i>	1 in
- Jumlah <i>tube</i>	730
- <i>Pressure drop</i>	0,058 psi
<i>Dirt factor</i>	0,42
Harga alat	\$92.853

3.3.3. Spesifikasi Condensor Parsial 02 (CD-02)

Tabel 3. 6 Spesifikasi Condensor 02

Kode	CD-02
Fungsi	Untuk Mengembunkan hasil atas MD-01
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- <i>Steam</i>	55 °C
- <i>Hot fluid</i>	-25 °C - 49°C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi <i>shell</i>	<i>Fluida dingin</i>
- NPS	0,75 in
- ID	19,25 in
- <i>Passes</i>	2
- <i>Baffle space</i>	14 in
- <i>Pressure drop</i>	0,0125 psi
Spesifikasi <i>tube</i>	Steam
- NPS	0,75 in
- B.W.G	14
- ID	0,58 in
- Panjang	192 in
- <i>Pitch (triangular)</i>	1 in
- Jumlah <i>tube</i>	77
- <i>Pressure drop</i>	2,74 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0133
Harga alat	\$54.838

3.3.4. Spesifikasi Condensor Total 03 (CD-03)

Tabel 3. 7 Spesifikasi Condensor 03

Kode	CD-03
Fungsi	Untuk Mendinginkan hasil atas CD-02
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- <i>Cold fluid</i>	R-32 °C
- <i>Hot fluid</i>	78 °C - -32°C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi <i>shell</i>	Etilen
- NPS	0,75 in
- ID	19,25 in
- <i>Passes</i>	2
- <i>Baffle space</i>	14 in
- <i>Pressure drop</i>	0,0126 psi
Spesifikasi <i>tube</i>	Refrigerant R-32
- NPS	0,75 in
- B.W.G	14
- ID	0,58 in
- Panjang	192 in
- <i>Pitch (triangular)</i>	1 in
- Jumlah <i>tube</i>	356
- <i>Pressure drop</i>	1,85 psi
<i>Dirt factor</i>	0,076
Harga alat	\$53.552

3.3.5. Spesifikasi Condensor Total 04 (CD-04)

Tabel 3. 8 Spesifikasi Condensor 04

Kode	CD-04
Fungsi	Untuk Mengembunkan hasil atas MD-02
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- <i>Cold fluid</i>	30 °C – 40 °C
- <i>Hot fluid</i>	83 °C - 65 °C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi <i>shell</i>	Etanol
- NPS	0,75 in
- ID	19,25 in
- <i>Passes</i>	2
- <i>Baffle space</i>	14 in
- <i>Pressure drop</i>	0,000039 psi
Spesifikasi <i>tube</i>	Fluida Dingin
- NPS	0,75 in
- B.W.G	14
- ID	0,58 in
- Panjang	192 in
- <i>Pitch (triangular)</i>	1 in
- Jumlah <i>tube</i>	110
- <i>Pressure drop</i>	1,75 psi
<i>Dirt factor</i>	0,005
Harga alat	\$37.186

3.3.6. Spesifikasi Reboiler 01 (RB-01)

Tabel 3. 9 Spesifikasi Reboiler 01

Kode	RB-01
Fungsi	Untuk Menguapkan hasil bawah MD-01
Jenis	<i>Shell and tube</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- <i>Cold fluid</i>	200 °C – 200 °C
- <i>Hot fluid</i>	167 °C - 179 °C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi <i>shell</i>	Fluida dingin
- NPS	0,75 in
- ID	19,25 in
- <i>Passes</i>	2
- <i>Baffle space</i>	14 in
- <i>Pressure drop</i>	0,016 psi
Spesifikasi <i>tube</i>	Fluida panas
- NPS	0,75 in
- B.W.G	14
- ID	0,58 in
- Panjang	192 in
- <i>Pitch (triangular)</i>	1 in
- Jumlah <i>tube</i>	630
- <i>Pressure drop</i>	2,74 psi
<i>Dirt factor</i>	0,0464
Harga alat	\$25.889

3.3.7. Spesifikasi Reboiler 02 (RB-02)

Tabel 3. 10 Spesifikasi Reboiler 02

Kode	RB-02
Fungsi	Untuk menguapkan hasil bawah MD-02
Jenis	<i>Kettle reboiler (double pipe)</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- <i>Cold fluid</i>	85,1 °C – 85,2 °C
- <i>Hot fluid</i>	200 °C - 250 °C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Spesifikasi <i>annulus</i>	Fluida dingin
- NPS	2 in
- OD	2,38 in
- ID	2,07 in
- Sch no.	40
- <i>Pressure drop</i>	7,25psi
Spesifikasi <i>inner pipe</i>	Fluida panas
- NPS	1,25 in
- ID	1,66 in
- OD	1,38 in
- Sch no.	40
- <i>Pressure drop</i>	7,65 psi
UD	75 Btu/jam.ft ² .°F
<i>Dirt factor</i>	0,7
Jumlah <i>hairpin</i>	29
<i>Required surface</i>	7,95 m ²
Harga alat	\$22.241

3.3.8. Spesifikasi Akumulator 01 (ACC-01)

Tabel 3. 11 Spesifikasi Akumulator 01

Kode	ACC-01
Fungsi	Untuk menampung distilat yang keluar dari MD-01
Jenis	<i>Horizontal cylinder</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- Tekanan	10 atm
- Temperatur	49 °C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	7,08 m ³
Dimensi <i>shell</i>	
- Diameter	0,95 m
- Panjang	3,2 m
- Tebal shell	0,75 in
Dimensi <i>head</i>	
- Diameter	0,81 m
- Panjang	0,19 m
- Tebal <i>head</i>	0,625 in
Panjang total	3,68 m
Harga alat	\$15.298

3.3.9. Spesifikasi Akumulator 02 (ACC-02)

Tabel 3. 12 Spesifikasi Akumulator 02

Kode	ACC-02
Fungsi	Untuk menampung distilat yang keluar dari MD-02
Jenis	<i>Horizontal cylinder</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi	
- Tekanan	0,6 atm
- Temperatur	66,5 °C
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stell SA-283 Grade C</i>
Kapasitas	1,31 m ³
Dimensi <i>shell</i>	
- Diameter	0,88 m
- Panjang	1,7 m
- Tebal shell	1,8 in
Dimensi <i>head</i>	
- Diameter	0,6 m
- Panjang	0,19 m
- Tebal <i>head</i>	0,18 in
Panjang total	1,7 m
Harga alat	\$3.059

3.3.10. Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 13 Spesifikasi Tangki penyimpanan

Kode	TK-01	TK-02
Fungsi	Menyimpan bahan baku etanol	Menyimpan produk C ₂ H ₄
Jenis	Tangki silinder <i>vertical flat bottom</i> dan <i>torispherical head</i>	Tangki Bola / <i>Spherical Tank</i>
Jumlah Bahan	1	4
		Carbon steel SA-283 Grade C
Volume (m ³)	10.289,502	441,83
Tekanan	1 atm	20 atm
Suhu	30 °C	-32 °C
Diameter	15,24 m	10,04 m
Tinggi total	18,238m	9,51 m
<i>Course plate</i>	10	
Tebal Shell		
<i>Course 1</i>	0,75 in	
<i>Course 2</i>	0,75 in	
<i>Course 3</i>	0,625 in	
<i>Course 4</i>	0,625 in	
<i>Course 5</i>	0,5 in	
<i>Course 6</i>	0,437 in	
<i>Course 7</i>	0,375 in	
<i>Course 8</i>	0,312 in	
<i>Course 9</i>	0,25 in	
<i>Course 10</i>	0,187 in	
Tinggi puncak <i>head</i>	0,2 m	
Tebal <i>head</i>	0,19 in	0,19 in
Kapasitas tangki	19925,7026 Kg	11324,062 Kg
Harga alat	\$208.409	\$1.553.365

3.3.11. Spesifikasi Heat Exchanger

Tabel 3. 14 Spesifikasi Heat Exchanger

Kode	HE-01	HE-02	HE-03	HE-04	HE-05
Fungsi	Menaikkan suhu <i>input</i> R-01	Menurunkan suhu keluaran EV-01	Menurunkan suhu keluaran RB-02	Menurunkan suhu C-02	Menurunkan suhu CD-03
Tipe	<i>Shell and tube</i>	<i>Shell and tube</i>	<i>Shell and tube</i>	<i>Double Pipe</i>	<i>Shell and Tube</i>
Jumlah	1	1	1	1	1
Kondisi Operasi					
- <i>Hot fluid</i>	200 °C	83 °C – 31 °C	85 °C - 31 °C	88 – 31 °C	78- -32 °C
- <i>Cold fluid</i>	125 – 200 °C	30 °C – 40 °C	30 °C – 40 °C	30 °C – 40 °C	-32 °C
Shell				<i>annulus</i>	
- NPS	1 in	1 in	2,5 in	2,5 in	2,5 in
- Baffles	9 in	18 in	18,75 in	2,88 in(OD)	18,75 in
- ID	12 in	25 in	25 in	2,469in	25 in
- Sch. No.	40	40	40	40	40
- <i>Pressure drop</i>	0,0009 psi	0,006 psi	0,004 psi	0,287 psi	0,003 psi
Tube				<i>pipe</i>	
- NPS	3 in	1 in	1,25 in	1,25 in	1,25 in
- OD	3,5 in	0,75 in	0,75in	1,66 in	0,75in
- ID	3,07 in	0,834 in	0,834 in	1,38 in	0,834 in
- Tube	82	68	193	-	-
- <i>Pressure drop</i>	0,065 psi	2,164 psi	2,016 psi	2,73 psi	1,02 psi
UD	198,3 Btu/jam.ft ² .°F	130,69 Btu/jam.ft ² .°F	131,58 Btu/jam.ft ² .°F	78,22 Btu/jam.ft ² .°F	65,82 Btu/jam.ft ² .°F
Dirt factor	0,057	0,0027	0,0023	0,0067	0,0097
Jumlah Hairpin	-	-	-	3	-
Required Surface	429 ft ²	237,5 ft ²	674,11 ft ²	78,3 ft ²	593,71 ft ²
Harga alat	\$28.713	\$15.298	\$42.364	\$1.882	\$29.713

3.3.12. Spesifikasi Expansion Valve

Tabel 3. 15 Spesifikasi expansion valve

Kode	EV-01
Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran top MD-01 untuk diumpankan ke MD-02
Jenis	Globe valve
Kapasitas	19.925,5074 kg/jar
Perubahan tekanan	10 atm – 0,6 atm
Dimensi	
- NPS	1,5 in
- OD	1,9 in
- ID	1,61 in
- Sch no.	40
Bahan konstruksi	Commercial steel
Harga alat	\$5.060

3.3.13. Spesifikasi Blower & Compressor

Tabel 3. 16 Spesifikasi Blower & Compressor

Kode	C-101	C-01	C-02
Fungsi	Mengalirkan gas etanol dari vaporizer (VP-01) untuk diumpankan menuju Reaktor (R-01)	Mengalirkan dan menaikkan tekanan gas dari reaktor (R-01) untuk diumpankan menuju condensor parsial (CD-01)	Mengalirkan dan menaikkan tekanan gas dari Condensor Parsial(CD-02) untuk dialirkan ke Condensor Total(CD-03)
Jenis	<i>Centrifugal multiblade backward curved</i>		
Kapasitas	19.925,5074 kg/jam	19.925,5074 kg/jam	11.324,0620 kg/jam
Perubahan tekanan	1 atm – 1 atm	1 atm – 10 atm	10 atm – 20 atm
Power Motor	1,5 HP	156,56 HP	13,83 HP
Harga alat	\$43.775	\$126.505	\$15.415

3.3.14. Spesifikasi Pompa

Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa

Kode	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan C ₂ H ₅ OH dari TK-01 menuju VP-101	Mengalirkan keluaran CD-03 untuk diumpankan ke TP-02	Mengalirkan dan menaikkan tekanan keluaran CD-04 untuk diumpankan ke HE-01	Mengalirkan dan menaikkan tekanan Keluaran RB-02 Untuk dialirkan menuju UPL
Jenis Bahan Konstruksi	<i>Centrifugal pump</i> Commercial Steel			
Kapasitas	0,00845 m ³ /s	0,00078 m ³ /s	0,0004 m ³ /s	7,8617 m ³ /s
Dimensi :				
- NPS	4 in	1,5 in	1 in	3 in
- OD	4,5 in	1,9 in	1,32 in	3,5 in
- ID	4,026 in	1,5 in	1,049 in	3,068 in
- Sch no.	40	40	40	40
Power pompa	1,5 HP	0,08 HP	0,0030 HP	0,0138 HP
Power motor	7,5 HP	0,13 HP	0,05 HP	0,05 HP
Harga alat	\$6.943	\$1.765	\$10.355	\$4.707

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

Sebelum mendirikan pabrik, tata letak peralatan dan fasilitas dalam rancangan pabrik merupakan syarat penting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik yang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan dan kelistrikan. Hal ini dapat memberikan informasi yang dapat dipercaya terhadap biaya pembangunan dan tempat sehingga diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum mendirikan pabrik.

4.1. Lokasi pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat penting, karena dapat menentukan kemajuan dan keberlangsungan dari suatu industri baik pada masa kini dan masa yang akan datang karena dapat berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi yang minimal serta mempertimbangkan faktor sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik.

Susunan peralatan serta fasilitas dalam perancangan proses merupakan syarat dalam menentukan biaya perancangan sebelum mendirikan pabrik. Lokasi pabrik juga dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan. Banyak faktor dalam menentukan lokasi pabrik agar pada saat pabrik di bangun di lokasi yang sudah dipilih dapat memberikan keuntungan jangka panjang dan dapat memungkinkan untuk melakukan perluasan pabrik pada masa yang akan datang. Dengan adanya penentuan lokasi pabrik yang baik dan tepat akan menentukan beberapa hal, yaitu :

- a. Kemampuan untuk melayani konsumen dengan memuaskan.
- b. Kemampuan untuk mendapatkan bahan bahan mentah yang cukup dan kontinyu dengan harga yang layak dan memuaskan.
- c. Kemudahan untuk mendapatkan tenaga buruh yang cukup.
- d. Memungkinkan adanya perluasan pabrik di masa yang akan datang.

Oleh sebab itu, pemilihan lokasi berdirinya pabrik harus mempertimbangkan beberapa faktor, yaitu :

A. Faktor primer

Faktor primer, yaitu faktor yang secara langsung akan mempengaruhi tujuan utama dari pabrik yang meliputi : proses produksi dan distribusi produk. Menurut Peter dan Timmerhaus 2004, yang termasuk dalam faktor primer adalah :

1. Letak pasar

Pabrik yang didirikan dekat dengan pasar dapat lebih cepat melayani konsumen, dan biaya untuk mengangkut produk menjadi lebih rendah.

2. Letak sumber bahan baku

Pabrik yang akan didirikan harus memiliki letak yang strategis terhadap keberadaan sumber bahan baku (jarak dan kapasitas bahan baku) Hal ini dapat menjamin keberlangsungan bahan baku serta dapat mengurangi keterlambatan penyediaan bahan baku, dan akan lebih menguntungkan dalam menghemat waktu maupun biaya. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan mengenai bahan baku yaitu :

- a. Lokasi sumber bahan baku.

- b. Kapasitas pabrik yang menyediakan bahan baku.
- c. Cara untuk mendapatkan bahan baku dan pengirimannya.
- d. Harga bahan baku serta biaya yang dibutuhkan untuk pengiriman.
- e. Kemungkinan untuk mendapatkan sumber bahan baku yang lain.

3. Fasilitas pengangkutan/Transportasi

Pengangkutan juga merupakan salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik, karena kegiatan pengangkutan meliputi mengangkut dan memindahkan sampai pada tempat tujuan sehingga membutuhkan waktu dan biaya. Terdapat beberapa fasilitas pengangkutan yang dapat digunakan yaitu kereta api, truk/angkutan jalan raya, pengangkutan melalui air, dan pengangkutan melalui udara.

4. Tersedianya tenaga kerja

Dengan adanya ketersediaan tenaga kerja yang terlatih, pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan tersedianya tenaga kerja, dikarenakan di daerah setempat tidak selalu tersedia tenaga kerja yang sesuai dengan kualifikasinya. Apabila didatangkan dari daerah lain, maka diperlukan adanya peningkatan upah atau penyediaan fasilitas lainnya sebagai daya tarik.

5. Pembangkit tenaga listrik

Penggunaan tenaga listrik yang besar pada pabrik akan memilih lokasi pabrik yang dekat dengan sumber listrik.

B. Faktor Sekunder

Faktor sekunder, merupakan faktor yang secara langsung akan mempengaruhi sarana yang meningkatkan kinerja dari manajemen pabrik, terdapat pada proses produksi dan kesejahteraan tenaga kerja. Faktor yang termasuk dalam faktor sekunder, yaitu :

1. Harga tanah dan gedung

Pemilihan harga tanah dan gedung yang lebih murah merupakan daya tarik tersendiri. Namun harus dipertimbangkan dengan rencana jangka panjang. Jika harga tanah mahal mungkin dapat diperoleh luas tanah yang terbatas, sehingga perlu dipertimbangkan untuk membuat bangunan bertingkat walaupun pembangunan gedungnya lebih mahal.

2. Kemungkinan perluasan

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangan ketersediaan luas tanah yang memungkinkan untuk dilakukan perluasan pabrik. Sehingga tidak akan mencari lokasi lain apabila dilakukan perluasan pabrik dimasa yang akan datang.

3. Fasilitas servis

Terutama untuk pabrik kimia yang relatif kecil harus mempertimbangkan ketersediaan fasilitas servis seperti : bengkel, rumah sakit, tempat ibadah, tempat kegiatan olahraga dan sebagainya.

4. Fasilitas finansial

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan fasilitas finansial guna menunjang perkembangan pabrik, misalnya adanya pasar

modal, bursa, sumber-sumber modal, bank, koperasi simpan pinjam, dan lembaga keuangan lainnya.

5. Persediaan air

Apabila suatu pabrik memerlukan air yang banyak, maka lokasi pabrik harus didirikan dekat dengan sumber air, seperti sungai, danau, sumur (air tanah), waduk, dan air laut.

6. Peraturan daerah setempat

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan peraturan daerah setempat, sehingga setelah pabrik didirikan tidak menimbulkan masalah.

7. Masyarakat

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan sikap, tanggapan dari masyarakat setempat disekitar lokasi pembangunan pabrik. Sehingga keselamatan dan keamanan masyarakat sekitar pabrik dapat dijaga dengan baik.

8. Iklim di daerah lokasi

Suatu pabrik apabila ditinjau dari segi teknik, adakalanya membutuhkan kondisi operasi yang dipengaruhi oleh iklim, seperti kelembaban udara, panas matahari, dan sebagainya. Hal ini berhubungan dengan pengolahan, penyimpanan bahan baku ataupun produk. Faktor iklim juga dapat mempengaruhi gairah kerja dan moral para karyawan.

9. Keadaan tanah

Sifat – sifat tanah dan tempat pembangunan pabrik harus diketahui.

Hal ini berfungsi sebagai rencana pondasi untuk perancangan alat dan bangunan atau fasilitas pabrik.

10. Perumahan atau mess

Pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan adanya sarana perumahan atau mess yang terletak di dekat lokasi pabrik. Sehingga karyawan pabrik yang berasal dari luar daerah dapat terjamin kehidupannya. Sehingga menjadi daya tarik bagi pekerja yang akan melamar di pabrik tersebut.

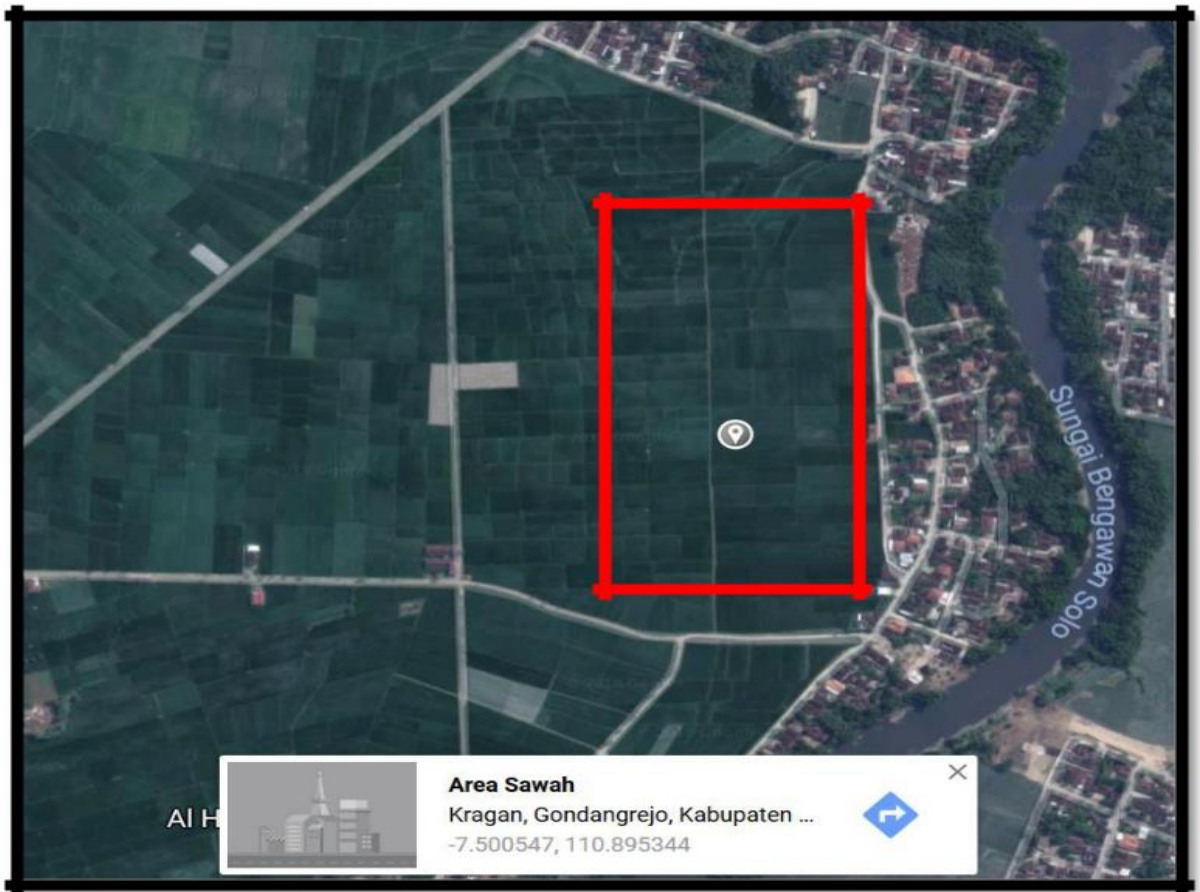
11. Daerah pinggiran kota

Pemilihan lokasi pabrik dipinggiran kota dapat menjadi pilihan, karena dapat menimbulkan desentralisasi industri. Alasan lainnya yaitu

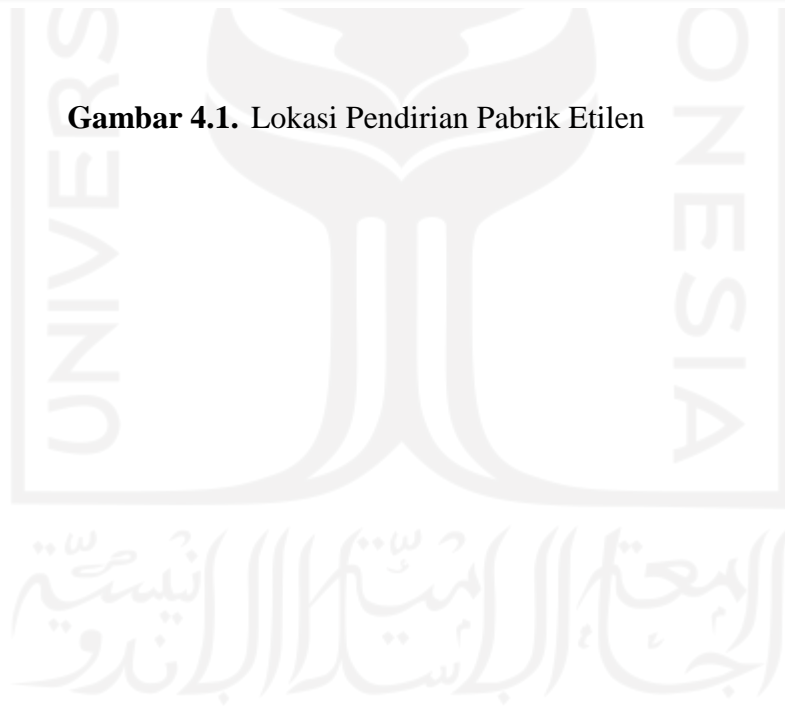
- a. Upah buruh relatif murah.
- b. Harga tanah lebih murah.
- c. Servis industri tidak terlalu jauh dari kota.

Berdasarkan faktor - faktor tersebut, maka “**Pabrik Etilen dengan Kapasitas 85.000 ton/tahun**” direncanakan berlokasi di desa Kragan kecamatan Gondangrejo, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.

yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Lokasi Pendirian Pabrik Etilen



Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah

a. Bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama berlangsungnya kegiatan produksi pabrik. Tanpa bahan baku, pabrik tidak dapat beroperasi menghasilkan produk yang diinginkan. Lokasi yang dipilih diusahakan dekat dengan sumber bahan baku atau dekat dengan pabrik penghasil bahan baku. Lokasi yang dekat akan meminimalkan ongkos pengiriman bahan baku dan mengurangi waktu tunggu dalam pengiriman barang. Etanol sebagai bahan baku pembuatan Etilen diperoleh dari PT Molindo Raya Industrial yang berada di Malang.

b. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik, bahan bakar, dan ketersediaan air adalah merupakan faktor penunjang. Ketersediaan sumber air merupakan faktor dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik Etilen dengan kapasitas 85.000 ton/ tahun ini. Karena air sangat diperlukan untuk air proses, air pendingin, air umpan boiler, air untuk domestik dan air layanan umum. Sumber air didapatkan dari aliran Sungai Bengawan Solo. Tenaga listrik didapatkan dari PT PLN sedangkan ketersediaan bahan bakar dipasok dari PT Pertamina.

c. Transportasi

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat. Pendirian pabrik di daerah Karanganyar dilakukan dengan pertimbangan kemudahan sarana transportasi darat yang mudah dijangkau karena Kabupaten Karanganyar dekat dengan akses jalan umum maupun jalan tol. Disamping itu Karanganyar berada ditengah Pulau Jawa sehingga posisinya sangat strategis. Dengan ketersediaan sarana tersebut akan menjamin kelangsungan produksi pabrik.

d. Pemasaran

Lokasi pemilihan pabrik di Karanganyar merupakan daerah yang strategis karena terletak ditengah Pulau Jawa yang merupakan pusat ekonomi di Indonesia. Etilen banyak digunakan dalam pembuatan Etilen Glikol maupun pembuatan plastik dari polietilen. Pabrik plastik yang ada di Indonesia sangat banyak. Lokasi pabrik yang berada ditengah Pulau Jawa membawa keuntungan karena proses pengiriman hasil produk ke konsumen akan semakin mudah. Disamping pemasaran produk juga akan lebih mudah karena berada di tengah – tengah pusat perekonomian di Indonesia

e. Tenaga kerja

Ketersediaan tenaga kerja juga merupakan faktor yang harus dipertimbangkan. Karena tanpa tenaga kerja, alat – alat proses yang ada didalam pabrik tidak dapat dijalankan. Sumber daya manusia dalam pendirian pabrik Etilen ini diperoleh dari daerah Jawa

Tengah khususnya Kabupaten Karanganyar dan sekitarnya. Angkatan kerja di daerah Jawa Tengah pada tahun 2017 sebanyak 18.010.612 dan yang belum bekerja sebanyak 823.938. Sedangkan untuk Kabupaten Karanganyar sendiri angkatan kerja sebanyak 472.241 dan yang belum bekerja sebanyak 14.964 (BPS Jawa Tengah, 2018)

f. Biaya tanah

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau.

g. Kondisi iklim dan cuaca

Keadaan iklim juga mempengaruhi dalam penentuan lokasi pabrik. Lokasi pabrik yang dipilih harus memiliki iklim yang tidak terlalu ekstrim dan aman dari bencana alam seperti gunung meletus, gempa bumi, tsunami. Karanganyar memiliki iklim tropis. Hampir sebagian besar bulan ditandai dengan curah hujan yang signifikan. Musim kemarau singkat memiliki dampak yang kecil. Klasifikasi iklim Köppen-Geiger adalah Am. Suhu rata-rata tahunan di Karanganyar adalah 26.0 °C. Curah hujan di sini rata-rata 2335 mm. Bulan terkering adalah Agustus, dengan 50 mm curah hujan. Presipitasi paling besar terlihat pada Januari, dengan rata-rata 345 mm. Suhu terhangat sepanjang tahun adalah April, dengan suhu rata-rata 26.6 °C. Suhu terendah dalam setahun terlihat di Juli, saat suhu ini berkisar 24.9 °C (climate-data, 2018).

h. Kemungkinan perluasan dan ekspansi

Lokasi pabrik yang dipilih di Kabupaten Karanganyar memiliki lahan kosong yang luas, sehingga ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas dan di sekeliling lahan tersebut belum banyak berdiri pabrik serta tidak mengganggu pemukiman penduduk.

i. Sosial masyarakat

Masyarakat menerima dengan didirikannya pabrik karena akan meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar. Terserapnya lapangan pekerjaan merupakan faktor utama pendirian pabrik dapat diterima oleh masyarakat. Disamping itu pendirian pabrik Etilen tidak akan mengganggu keselamatan dan kesehatan warga sekitar karena limbah beracun yang dihasilkan oleh pabrik harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen – komponen produksi suatu pabrik. Dengan adanya perencanaan tata letak pabrik dapat menjamin kelancaran proses awal bahan baku hingga proses akhir menjadi produk, sehingga produksi menjadi baik dan efisien, serta menjaga keamanan dan keselamatan dari pabrik.

Perancangan tata letak pabrik yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan *alternative* (*areal handling*)

dalam posisi yang efisien dan dengan memperlihatkan faktor-faktor berikut ini (Peters, 1991):

1. Urutan proses produksi.
2. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa mendatang.
3. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
4. Pemeliharaan dan perbaikan.
5. Keamanan (safety) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
6. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
7. Fleksibilitas perancangan tata letak pabrik dengan melihat kemungkinan perubahan dari pros/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
8. Penanganan pembuangan limbah cair.
9. Servis area, meliputi kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur secara efisien agar tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Dengan mengatur tata letak pabrik yang baik maka akan memberikan keuntungan, seperti :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi proses material *handling*.

2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga memudahkan dalam perbaikan mesin dan peralatan yang rusak.
3. Mengurangi biaya produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Meningkatkan pengawasan operasional dan proses agar berjalan lebih baik.

Berdasarkan faktor diatas, maka pengaturan tata letak pabrik Etilen untuk penempatan bangunan dalam kawasan pabrik tersebut diantaranya :

1. Area Proses

Merupakan tempat proses produksi Etilen berlangsung, area ini diletakkan pada lokasi yang memudahkan suplay bahan baku dari tempat penyimpanan produk serta mempermudah pengawasan dan perbaikan alat-alat.

2. Area Penyimpanan

Bahan baku serta produk yang dihasilkan, disimpan dalam area ini. Penyimpanan tersebut diletakkan di daerah yang mudah dijangkau oleh peralatan pengangkutan.

3. Area Utilitas / Sarana Penunjang

Area yang merupakan lokasi dari alat-alat penunjang produksi seperti air, tenaga listrik, pemanas, bahan bakar dan sarana pengolahan limbah.

4. Area Perkantoran

Merupakan pusat dari kegiatan administrasi pabrik untuk urusan-urusan dengan pihak-pihak luar maupun dalam pabrik.

5. Area Laboratorium

Sebagai tempat melakukan penelitian dan pengembangan, serta sebagai tempat *quality control* produk maupun bahan baku.

6. Fasilitas Umum

Seperti fasilitas umum pada biasanya yang terdiri dari kantin, lapangan parkir, klinik pengobatan serta tempat peribatan seperti mushola. Penempatan fasilitas ini bertujuan untuk memberi rasa nyaman kepada karyawan agar memanfaatkan fasilitas tersebut.

7. Area Perluasan

Tujuan area ini adalah untuk kebutuhan pabrik dimasa mendatang, seperti halnya peningkatan kapasitas produksi akibat peningkatan produk.

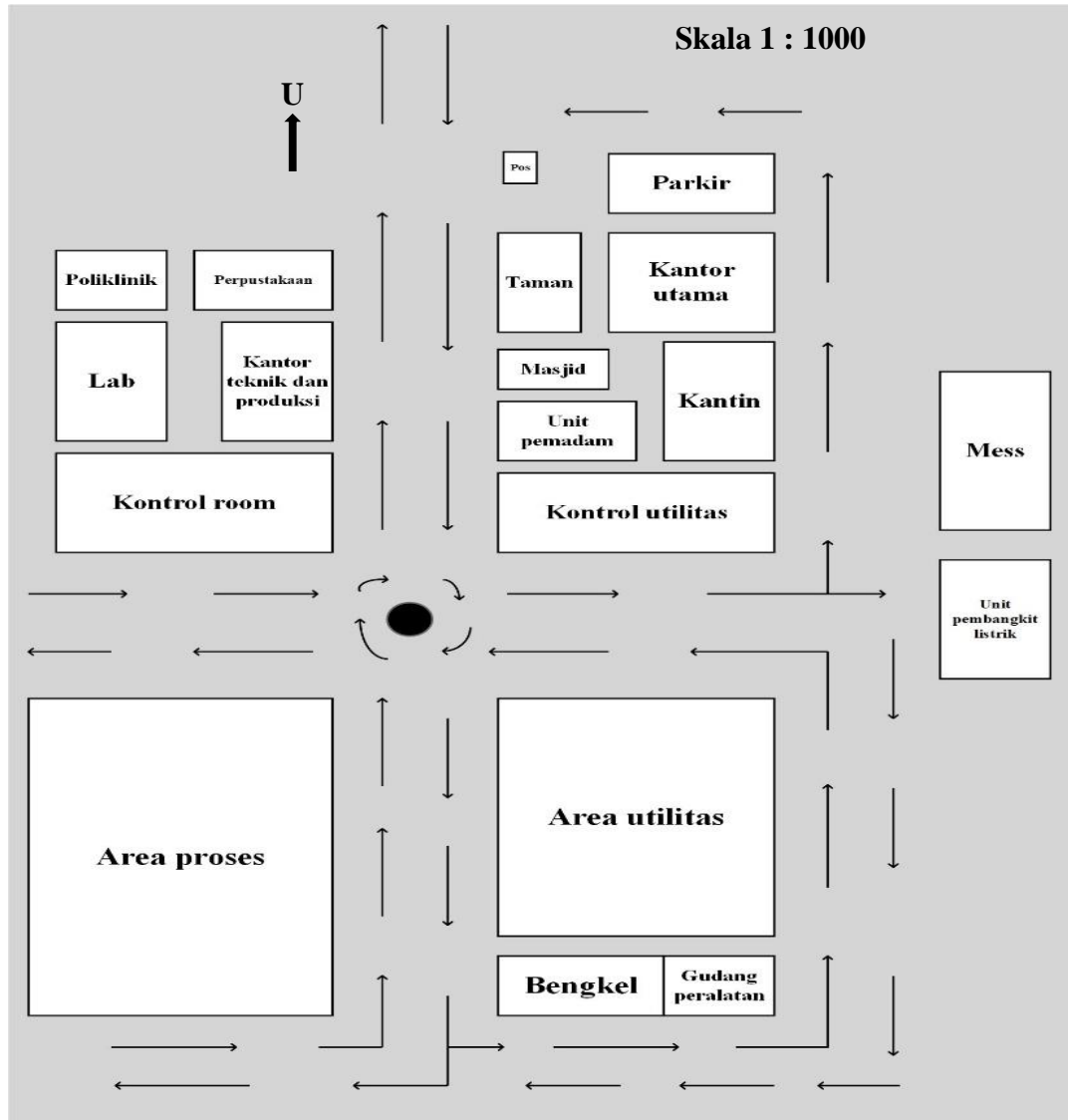
8. Area Pemeliharaan dan Perawatan Pabrik

Kegiatan perawatan serta perbaikan peralatan sesuai kebutuhan pabrik dilakukan area ini. Area ini juga bisa disebut sebagai area perbengkelan (*maintenance*).

Pembangunan pabrik Etilen direncanakan akan menggunakan areal seluas 18.073 m². Adapun rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rincian Luas Tanah

No	Nama Bangunan	Luas (m ²)	No	Nama Bangunan	Luas (m ²)
1	Kantor Utama	600	11	Gudang Peralatan	337
2	Taman	1050	12	Kantor Teknik dan Produksi	200
3	Pos Keamanan	200	13	Ruang Kontrol Proses	25
4	Parkir	2100	14	Ruang Kontrol Utilitas	25
5	Masjid	400	15	Unit Pengolahan Limbah	500
6	Poliklinik	375	16	Kantin	1750
7	Area Proses	8800	17	Perpustakaan	200
8	Area Utilitas	2475	18	Area Perluasan	8800
9	Laboratorium	200	19	Unit pemadam Kebakaran	200
10	Bengkel	375	20	mess	450
Total					37.975



Gambar 4.2. Tata Letak Pabrik

4.3. Tata Letak Mesin/Alat (*Machines*)

Pemasangan alat-alat proses produksi harus diperhatikan terutama pada aliran bahan baku dan produk, lalu lintas alat berat dan jarak antar alat proses. Tujuannya agar kelancaran produksi, keamanan, dan keselamatan terjaga sehingga dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan keuntungan. Dalam

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

1. Aliran bahan baku dan produk

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

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnasi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. Sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja, sehingga perlu juga diperhatikan hembusan angin.

3. Pencahayaan

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

4. Lalu lintas manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika

terjadi gangguan alat proses maka harus cepat diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Tata letak alat proses

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

6. Jarak antara alat proses

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

7. *Maintenance*

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

4.4. Tata Letak Alat Proses

Tata letak peralatan proses adalah tempat kedudukan dari alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

1. Kelancaran proses produksi lebih terjamin.
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.

3. Biaya material handling menjadi lebih rendah dan menyebabkan turunnya/terhindarnya pengeluaran untuk hal-hal yang tidak penting.
4. Jika tata letak peralatan diatur sesuai dengan urutan-urutan proses maka proses produksi akan lancar, sehingga perusahaan tidak perlu membeli alat angkut tambahan sehingga lebih efisien.
5. Karyawan mendapatkan kenyamanan dalam bekerja sehingga akan meningkatkan semangat kerja yang menyebabkan meningkatnya produktivitas kerja.

Hal yang harus diperhatikan juga :

1. Letak alat dalam ruangan yang cukup, sehingga tersedia ruang gerak untuk keperluan perawatan, perbaikan maupun penggantian alat.
2. Pengaturan tata letak diusahakan menurut urutan proses.
3. Penempatan alat control atau alat bantu pada alat maupun pipa aliran proses dapat terjangkau atau dapat terlihat jelas untuk pengawasan proses.

Faktor - faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses pabrik Etilen, yaitu :

1. Pertimbangan ekonomis

Biaya konstruksi diminimumkan dengan jalan menempatkan peralatan yang memberikan sitem pemipaan sependek mungkin diantara alat proses,

sehingga akan mengurangi daya tekan alat terhadap bahan, akibatnya akan mengurangi biaya variable.

2. Kemudahan operasi

Letak tiap alat diusahakan agar dapat memberikan keleluasaan bergerak pada para pekerja dalam melaksanakan aktifitas produksi.

3. Kemudahan pemeliharaan

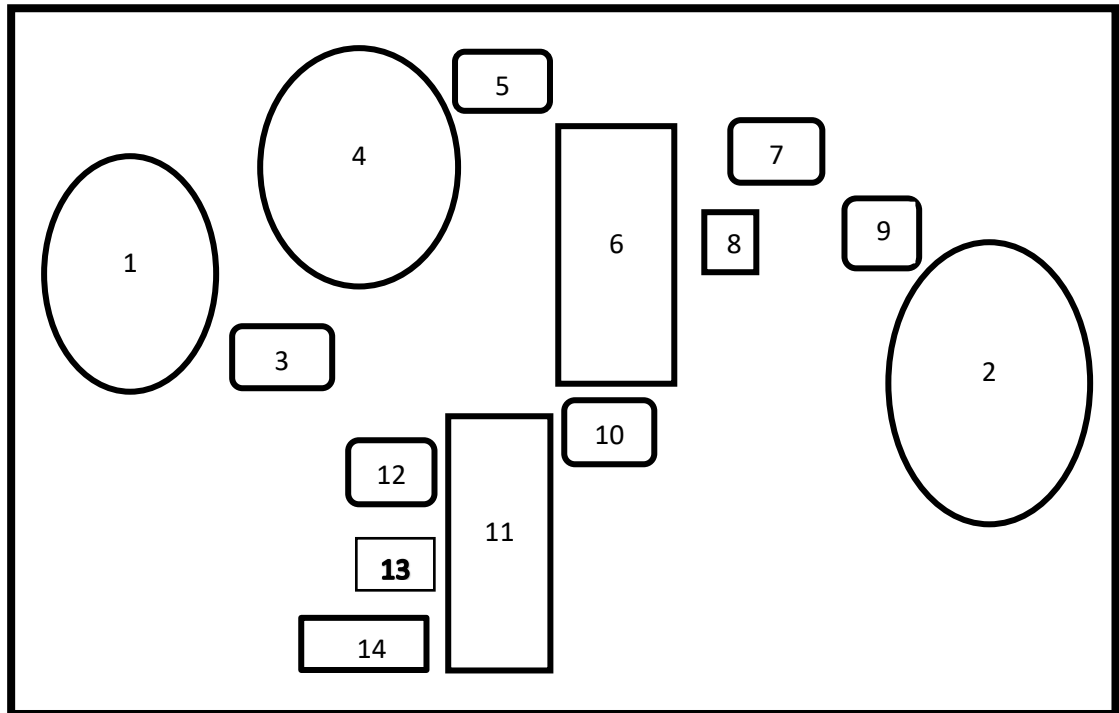
Kemudahan pemeliharaan alat juga dapat dipertimbangkan dalam penempatan alat-alat proses. Hal ini disebabkan karena pemeliharaan alat merupakan hal yang penting untuk menjaga alat beroperasi sebagaimana mestinya dan berumur panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki maupun untuk membersihkan peralatan.

4. Keamanan

Untuk alat-alat yang bersuhu tinggi diisolasi dengan bahan isolator, sehingga tidak membahayakan pekerja. Selain itu perlu disediakan pintu keluar darurat sehingga memudahkan para pekerja untuk menyelamatkan diri jika terjadi sesuatu yang tidak diinginkan.

5. Perluasan dan Pengembangan Pabrik

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan.



Skala 1:400

Gambar 4.3. Tata Letak Alat Proses Pabrik

Keterangan:

- | | | | | | |
|----|---|-----------------------------------|----|---|----------------------------|
| 1 | : | Tangki Penyimpanan Etanol (TK-01) | 12 | : | Condensor Total 04 (CD-04) |
| 2 | : | Tangki Penyimpanan Etilen (TK-02) | 13 | : | Akumulator 02 (ACC-02) |
| 3 | : | Vaporizer (VP-01) | 14 | : | Reboiler MD 02 (RB-02) |
| 4 | : | Reaktor (R-01) | | | |
| 5 | : | Kondensor Parsial (CP-01) | | | |
| 6 | : | Menara Distilasi 01 (MD-01) | | | |
| 7 | : | Kondensor Parsial (CP-02) | | | |
| 8 | : | Akumulator 01 (ACC-01) | | | |
| 9 | : | Condensor Total (CD-03) | | | |
| 10 | : | Reboiler 01 (RB-01) | | | |
| 11 | : | Menara Distilasi 02 (MD-02) | | | |

4.5. Aliran Proses dan Material

4.5.1. Neraca Massa Alat

1. Neraca Massa Vaporizer (VP-01)

Tabel 4.2. Neraca Massa Vaporizer (VP-01)

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	19831.88	19831.88
Air (H ₂ O)	719.2911	719.29
Total	20.551.17	20.551.17

2. Neraca Massa Reaktor (R-101)

Tabel 4.3. Neraca Massa Reaktor (R-101)

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 2	Arus 3
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	19.831,69	694.10
Etilen (C ₂ H ₄)	0,00	11648.96
Air (H ₂ O)	719.27	8207.89
Total	20.550.96	20.550.96

3. Neraca Condensor Parsial (CD-101)

Tabel 4.4. Neraca Massa Condensor Parsial (CD-101)

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	694.10	694.10
Etilen (C ₂ H ₄)	11648.96	11648.96
Air (H ₂ O)	8207.89	8207.89
Total	20.550.96	20.550.96

4. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

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

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 10
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	694.1092	6.9411	687.16
Etilen (C ₂ H ₄)	11648.96	11648.67	0
Air (H ₂ O)	8207.89	26.67	8181.22
Total	20.550.96	11682.29	8868.67

5. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02)

Tabel 4.6. Neraca Massa Menara Distilasi 02 (MD-02)

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	687.16	685.45	1.71
Air (H ₂ O)	8181.22	20.45	8160.77
Total	8868.39	705.90	8162.48
	8868.39		8868.39

4.5.2. Neraca Energi Alat

1. Neraca Energi Vaporizer (VP-01)

Tabel 4.5. Neraca Energi Vaporizer (VP-01)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	228.787,76	20.760.503,45
Air (H ₂ O)	8.434,4969	1.027.532,23
Qsteam	21.550.813,42	-
Total	21.788.035,68	21.788.035,68

2. Neraca Energi Reaktor (R-101)

Tabel 4.6. Neraca Energi Reaktor (R-101)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	-5.819.134,71	290.956,53
Etilen (C ₂ H ₄)		3.608.240,26
Air (H ₂ O)	-13.710.71	2.548.422,89
Qreaksi	18269,04	-
Qsteam	12.382.259,608	-
Total	6.447.619,68	6.447.619,68

3. Neraca Energi Condensor Parsial (CD-101)

Tabel 4.7. Neraca Energi Condensor Parsial (CD-101)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	619.061,45	17297,29
Etilen (C ₂ H ₄)	7683737,95	2.600.153,01
Air (H ₂ O)	8495258,62	209.649,12
Qpendingin	-	10.370.958,60
Total	13.198.058,02	13.198.058,02

4. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 4.10. Neraca Energi Menara Distilasi 01 (MD-01)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	113.112,24	133.833,14
Etilen (C ₂ H ₄)	2.110.021,40	1.295.152,48
Air (H ₂ O)	16.53.824,21	18.051.217,78
Qpendingin	0,00	1.313.981,55
Qsteam	671.137,10	-
Total	45.48.094,96	45.48.094,96

5. Neraca Energi Menara Distilasi 02 (MD-02)

Tabel 4.8. Neraca Energi Menara Distilasi 02 (MD-02)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	137.419,58	56.387,72
Air (H ₂ O)	1.870.776,64	1.852.887,09
Qpendingin	-	115.492,06
Qsteam	16.570,64	-
Total	2.024.766,88	2.024.766,88

6. Neraca Energi Heater 1 (HE-01)

Tabel 4.9. Neraca Energi Heater 1 (HE-01)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	3.105.548,72	5.819.190,94
Air (H ₂ O)	75.809,24	133776,83
Qsteam	2.771.609,81	-
Total	5.952.967,77	5.952.967,77

7. Neraca Energi Cooler 1 (HE-02)

Tabel 4.13. Neraca Energi Cooler 1 (HE-02)

Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	136.255,97	943.00,03
Air (H ₂ O)	1.843.014,88	1.291.423,95
Qpendingin	-	593.546,87
Total	1979270,86	1.979.270,86

9. Neraca Energi Cooler 2 (HE-03)

Tabel 4.14. Neraca Energi Cooler 2 (HE-03)

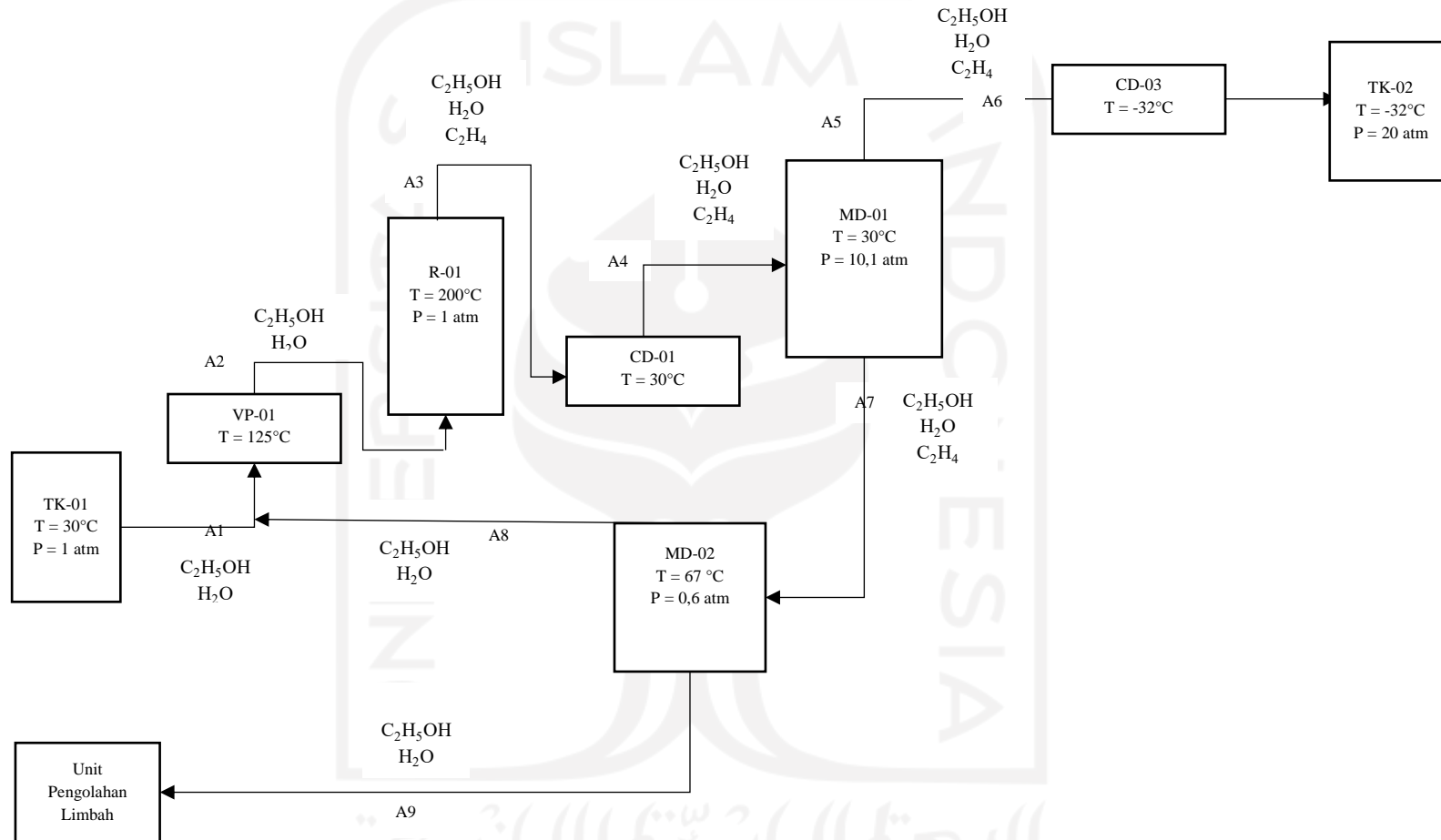
Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	353,48	28,31
Air (H ₂ O)	1.917.849,33	159.780,29
Qpendingin	-	1.758.422,52
Total	1.918.020,82	1.918.020,82

10. Neraca Energi Cooler 3 (HE-04)

Tabel 4.15. Neraca Energi Cooler 3 (HE-04)

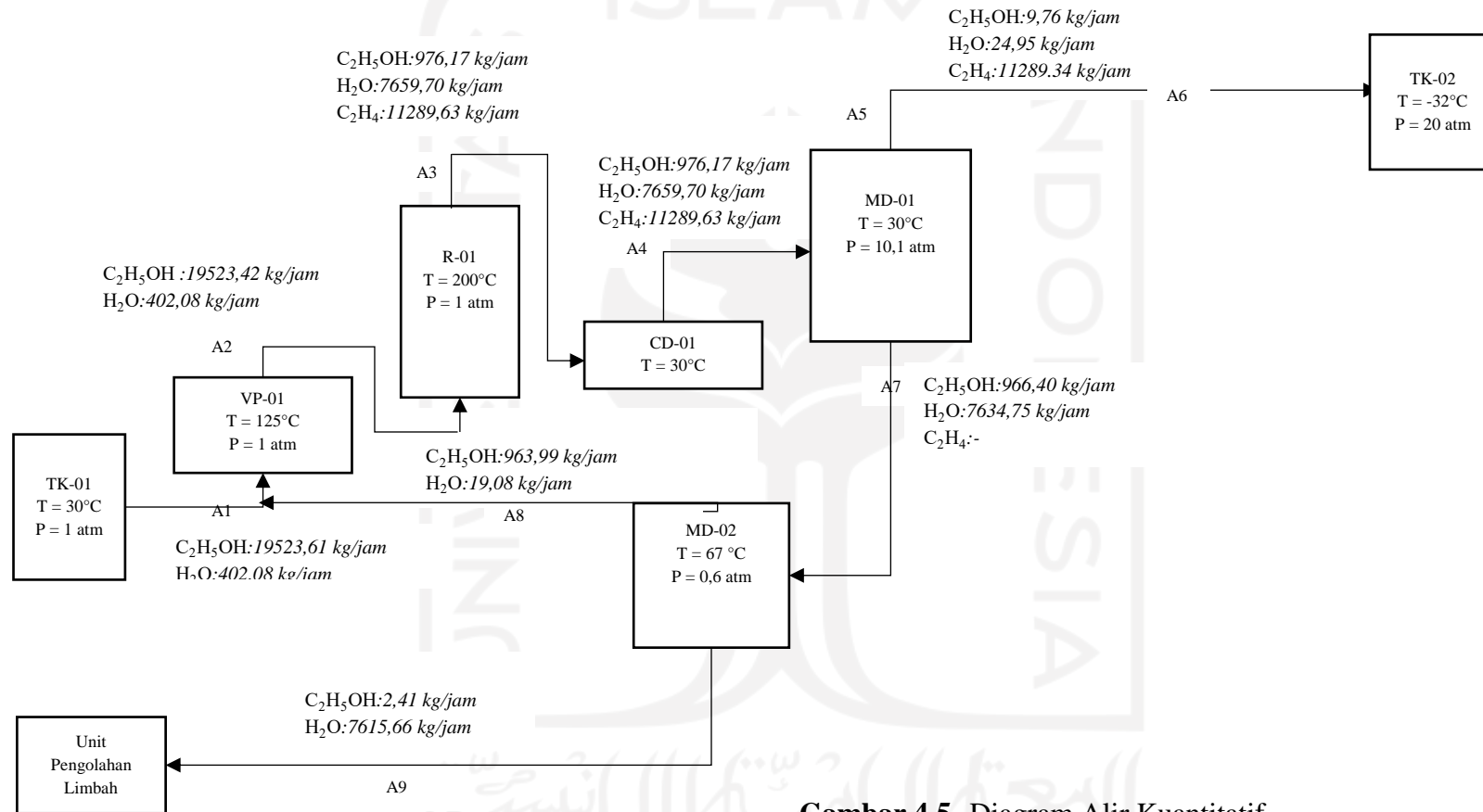
Komponen	Qinput (kJ/jam)	Qoutput (kJ/jam)
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	148.947,54	11.296,57
Air (H ₂ O)	5.064,39	400,38
Qpendingin	-	142314,98
Total	154.011,93	154.011,93

4.4.3. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.4. Diagram Alir Kualitatif

4.4.4. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4.5. Diagram Alir Kuantitatif

4.5. Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga sarana maupun fasilitas peralatan yang ada di pabrik dengan cara memelihara dan memperbaiki alat agar proses produksi dapat berjalan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga dapat produksi dapat mencapai target dan produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang diharapkan.

Untuk menjaga alat agar tetap bersih dan terhindar dari kerusakan, maka dilakukan tindakan perawatan preventif yang dilakukan setiap hari. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan prosedur yang ada. Proses penjadwalan perawatan preventif dibuat sedemikian rupa sehingga masing-masing alat mendapatkan perawatan secara bergantian. Alat-alat produksi beroperasi secara kontinyu dan akan berhenti jika mengalami kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan sesuai prosedur yang tepat. Adapun perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1. *Overhead* 1 x 1 tahun

Proses perawatan ini merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara menyeluruh meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang mengalami kerusakan untuk dikembalikan ke kondisi seperti semula.

2. *Repairing*

Proses ini merupakan proses *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Faktor yang mempengaruhi *maintenance* :

a. Umur alat

Semakin bertambah usia umur suatu alat, semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan agar alat tersebut tetap optimal dalam bekerja. Sehingga menyebabkan bertambahnya biaya untuk perawatan.

b. Bahan baku

Pemilihan kualitas bahan baku sangat mempengaruhi kinerja dari alat. Bahan baku yang memiliki kualitas yang kurang dapat menyebabkan kerusakan pada alat sehingga diperlukan adanya pembersihan pada alat.

c. Tenaga manusia

Dengan memanfaatkan tenaga kerja yang kompeten maka akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula, sehingga dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada alat proses.

4.6. Pelayanana Teknik (Utilitas)

Utilitas adalah sekumpulan unit-unit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Unit utilitas keberadaannya sangat penting dan harus ada dalam perancangan suatu pabrik. Unit utilitas pabrik tidak semuanya sama, semua tergantung dari

beberapa faktor, diantaranya karakteristik proses produksi, kompleksitas proses produksi, proses-proses penunjang yang ada di dalam pabrik dan jenis produk yang dihasilkan. Unit pendukung proses (unit utilitas) yang tersedia dalam perancangan pabrik Etilen ini terdiri dari :

1. Unit pengolahan air

Unit ini berfungsi menyediakan air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan.

2. Unit penyediaan steam

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan di heat exchanger, vaporizer, dan reboiler.

3. Unit penyediaan listrik

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

4. Unit penyediaan bahan bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk Boiler dan Generator.

5. Unit penyediaan udara tekan

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

4.6.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu pabrik, air yang digunakan pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Suatu pabrik sangat membutuhkan sistem penyediaan air untuk keberlangsungan pabriknya. Adapun unsur-unsur yang membentuk suatu system penyediaan air meliputi :

1. Sumber pengadaan air

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

2. Sarana penampungan

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

3. Sarana penyaluran

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

4. Sarana pengolahan

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

5. Sarana penyaluran (dari pengolahan)

Sarana ini berfungsi untuk menyalurkan air yang sudah diolah menuju sarana-sarana penampungan sementara serta kesatu atau beberapa titik distribusi.

6. Sarana-sarana distribusi

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

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam operasional pada prarancangan pabrik Etilen yaitu air yang berasal dari Sungai Bengawan Solo yang terletak di Kabupaten Karanganyar dan masih mengandung pasir, mineral-mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat - alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses.

Pemilihan air sungai memiliki pertimbangan sebagai berikut :

1. Air sungai relatif lebih mudah pengolahannya, sederhana dan biayanya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan biayanya lebih mahal.

2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi sehingga persediaan air tercukupi.
3. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
4. Letak sungai berada didekat lokasi pabrik.

Proses penyediaan air untuk pabrik Etilen terdiri dari beberapa langkah, yaitu :

1. Pengadaan air

- a. Air pendingin

Sumber air yang sudah diolah agar kualitas airnya sesuai dengan syarat air pendingin. Faktor-faktornya sebagai berikut:

1. Air dapat diperoleh dengan jumlah yang banyak.
2. Mudah untuk diolah dan diatur.
3. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
4. Tidak mudah terdekomposisi

- b. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air umpan boiler digunakan untuk media pemanas. Air umpan boiler dengan excess 20%. Excess merupakan pengganti steam yang hilang dikarenakan kebocoran transmisi 10% serta merupakan faktor keamanan sebesar 20%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler yang diperoleh dari perhitungan sebesar 19406,50138 kg/jam. Air yang dapat digunakan untuk boiler

harus memenuhi persyaratan. Apabila air boiler tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan kerusakan pada alat. Menurut (Green, 2008), dapat dilihat spesifikasi air umpan boiler pada Tabel 4.17.

Tabel 4.10. Spesifikasi Air Umpan Boiler

Parameter	Total (ppm)
Total padatan (<i>total dissolved solid</i>)	3.5
Alkalinitas	700
Padatan terlarut	300
Silika	60 – 100
Besi	0,1
Tembaga	0,5
Oksigen	0,007
Kesadahan	0
Kekeruhan	175
Minyak	7
Residu Fosfat	140

Adapun persyaratan air umpan boiler, yaitu :

1. Tidak berbuih (berbusa)

Timbulnya busa disebabkan *solid matter*, *suspended matter*, dan kebasan yang tinggi. Dengan adanya busa akan menimbulkan kesulitan, yaitu :

- Untuk pembacaan tinggi *liquid* dalam boiler mengalami kesulitan.

- Adanya buih menyebabkan percikan yang kuat dan mengakibatkan padatan dapat menempel pada dinding alat sehingga memudahkan alat mengalami korosi apabila terjadi pemanasan lanjut.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan adanya pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak dan alkanitas air umpan boiler.

2. Tidak membentuk kerak dalam boiler

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

3. Tidak menyebabkan korosi pada pipa.

Penyebab pipa dapat mengalami korosi yaitu pH rendah, minyak, lemak, bikarbonat dan bahan organik serta gas-gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 yang terlarut dalam air. Lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja dapat terjadi karena adanya reaksi elektro kimia antara besi dan air.

c. Air Sanitasi

Untuk memenuhi keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid dan lainnya diperlukan air sanitasi. Air

yang memenuhi kualitas sebagai air sanitasi memiliki syarat sebagai berikut :

1. Syarat fisik yang meliputi :

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

2. Syarat kimia yang meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlaru di dalam air.
- Tidak mengandung bakteri.

4.6.2. Unit Pengolahan Air

Air yang berasal dari Sungai Bengawan Solo akan diolah di unit pengolahan air dengan tahapan pengolahan sebagai berikut :

1. Penyaringan Kasar

Air dari Sungai Bengawan Solo akan dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, daun, plastik dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah.

2. *Clarifier*

Sumber air yang diperoleh dari sungai Bengawan Solo yang terletak di dekat lokasi pabrik akan diolah terlebih dahulu agar spesifikasinya sesuai dengan ketentuan. Adapun pengolahan air tersebut meliputi

pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Langkah pertama yaitu *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia yang terdiri dari :

- a. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ yang berfungsi sebagai flokulan
- b. Na_2CO_3 yang berfungsi sebagai flokulan

Kemudian air baku dimasukkan ke dalam clarifier agar lumpur dan partikel padat lainnya yang terdandung dapat mengendap dengan cara menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentuk flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini akan masuk ke clarifier melalui bagian tengah dan diaduk menggunakan agitator. Kemudian air bersih akan keluar dari pinggi *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan akan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang sebelum masuk *clarifier* memiliki nilai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm setelah keluar dari *clarifier*.

3. Penyaringan

Air keluaran dari *clarifier* kemudian dialirkan menuju *sand filter* yang berperan untuk memisahkan partikel-partikel solid yang masih lolos atau terbawa air dari *clarifier*. Air yang keluar dari *sand filter* akan

memiliki nilai *turbidity* kira-kira 2 ppm, kemudian akan dialirkan ke dalam tangki penampungan (*filter water reservoir*).

Air bersih yang sudah ditampung di tangki penampungan, kemudian didistribusikan ke menara air sanitasi dan untuk air umpan boiler. Untuk memaksimalkan kerja *sand filter* dalam proses penyaringan, maka di treatment disinfektan(kaporit).

4. Demineralisasi

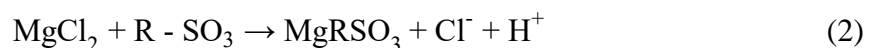
Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga nilai konduktifitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica memiliki nilai lebih kecil dari 0,02 ppm. Sehingga air tersebut dapat digunakan sebagai air umpan boiler.

Tahapan dalam pengolahan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

a. Cation Exchanger

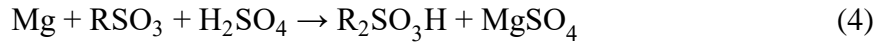
Di dalam *cation exchanger* berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang terkandung didalam air akan diganti dengan ion H^+ sehingga air yang keluar dari *cation exchanger* akan mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi :



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

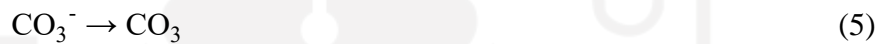
Reaksi :



b. Anion Exchanger

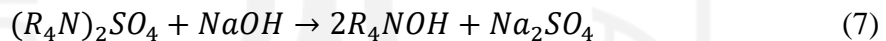
Proses ini memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut di dalam air, dengan resin yang bersifat basa, maka anion-anion seperti CO_3^{2-} dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi :



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

Reaksi:



c. Deareasi

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

Reaksi :



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

4.6.3. Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Steam jenuh yang dihasilkan boiler merupakan steam yang memiliki suhu 250 °C dengan tekanan 1 atm. Adapun peralatan-peralatan yang membutuhkan steam dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.11. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
Vaporizer-01	VP-01	7693,9438
Heater 1	HE-01	989,5037
Reaktor 01	R-01	4434,8114
Reboiler Menara Distilasi01	RB-01	2070,6538
Reboiler Menara Distilasi02	RB-02	983,1718
Total		16.172.0845

Perancangan dibuat *overdesign* 20%, sehingga jumlah kebutuhan steam adalah 19.406,5014kg/jam. Sedangkan untuk nilai blowdown pada reboiler adalah 15% dari kebutuhan steam. Sehingga diperoleh blowdown sebesar 2910,9752 kg/jam.

2. Kebutuhan air pendingin

Tabel 4.12. Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Condensor Parsial	CD-02	31.404,895
Cooler	HE-02	14175,063
Cooler	HE-03	41.994,576
Cooler	HE-04	3.398,761
Condensor Total	CD-03	77.010,168
Condensor total	CD-04	24.088,127
Total		192.071,5890

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 230.485,9068 kg/jam.

3. Kebutuhan air domestik

Total kebutuhan air untuk 1 orang menurut standar WHO adalah 100 – 120 liter/hari. Kebutuhan air untuk setiap karyawan adalah sebesar 4,07 kg/jam. Jumlah karyawan yang bekerja di pabrik Etilen sebanyak 135 orang. Sehingga total kebutuhan air karyawan sebesar 549,92 kg/jam. Pabrik berencana mendirikan mess sebanyak 20 rumah dan perkiraan kebutuhan air yang diperlukan untuk mess sebesar 10.000 kg/jam. Sehingga total kebutuhan air domestik sebesar 23.198,09kg/jam.

4. Kebutuhan air *service water*

Perkiraan kebutuhan air yang digunakan untuk pemakaian layanan umum (*service water*) sebesar 500 kg/jam.

4.6.4. Unit Penyedia Dowtherm A

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

Pendingin Dowtherm A terdiri dari senyawa dipenil eter dan bipenil eter. Dowtherm A dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Suhu Dowtherm A yang digunakan yaitu pada suhu input 30 °C dan outputnya 140 °C. Jumlah dowtherm A yang dibutuhkan untuk mendinginkan Condensor parsial (CD-101) sebesar 23.414,26 kg/jam.

4.6.5. Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

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

Kapasitas : 19.406,50 kg/jam

Jenis : *Packaged Boiler*

Jumlah : 1

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

Air yang berasal dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang masih terkandung dengan cara menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Serta pengaturan pH sekitar 10 – 11 dikarenakan apabila pH yang terlalu tinggi nilai korosifitasnya akan tinggi.

Air sebelum masuk ke dalam boiler, terlebih dahulu dimasukkan ke dalam economizer, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 200 °C, kemudian diumpankan ke boiler.

Api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) memiliki tugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran akan masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air yang berada di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air akan menjadi mendidih. Uap air yang terkumpul kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.6.6. Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik pabrik yang meliputi peralatan proses, peralatan utilitas, dan kebutuhan perkantoran. Adapun rincian dari kebutuhan listrik adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Listrik Proses

- Alat utilitas

Tabel 4.13. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2	1.491,40
Blower Cooling Tower	BL-01	30	22371
Kompresor Udara	CP-01	2,5	1.864,25
Pompa-01	PU-01	16,6	12.429,38
Pompa-02	PU-02	21,1	15.735,01
Pompa-03	PU-03	20,8	15.522,47
Pompa-04	PU-04	0,0018	1,36
Pompa-05	PU-05	18,78	14.099,12
Pompa-06	PU-06	14,8	11.044,23
Pompa-07	PU-07	9,7	7.291,79
Pompa-08	PU-08	8,9	6.645,26
Pompa-09	PU-09	36,9	27.523,05
Pompa-10	PU-10	0,00001	0,008
Pompa-11	PU-11	4,28	3.195,88
Pompa-12	PU-12	4,5	3.410,19
Pompa-13	PU-13	0,07	52,72
Pompa-14	PU-14	0,07	52,72
Pompa-15	PU-15	6,4	4.829,57
Pompa-16	PU-16	6,5	4.904,36
Pompa-17	PU-17	0,46	345,63
Pompa-18	PU-18	2,1	1.630,18
Pompa-19	PU-19	0,62	469,23
Pompa-20	PU-20	0,85	639,14
Pompa-21	PU-21	0,904	674,76
Total		209,37	156.132,8

- Alat Proses

Tabel 4.14. Kebutuhan Listrik Peralatan Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	1,5	1.118,5
Pompa-02	P-02	0,0053	3,98
Pompa-03	P-03	0,015	11,5
Pompa-04	P-04	0,003	2,24
Pompa-05	P-05	0,013	10,28
Blower-01	BL-01	1,5	1.118,55
Compressor-01	C-02	156,6	116.329
Compressor-02	C-02	13,83	10.313,02
Total			128.974,07

2. Kebutuhan listrik lainnya

Kebutuhan listrik untuk AC dan penerangan masing-masing sebesar 20 kW dan 150 kW. Sedangkan kebutuhan listrik untuk laboratorium dan bengkel diperkirakan sebesar 100 kW dan listrik untuk instrumentasi sebesar 30 kW.

Kebutuhan listrik secara keseluruhan yang ada di pabrik mencapai 585,5 kW diperoleh dari dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Nasional (PLN) dan generator. Generator berfungsi untuk tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan.

Generator beroperasi menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan digunakan untuk

memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan listrik, kemudian listrik tersebut didistribusikan menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunakan sebagai sumber utama untuk menggerakkan alat proses.

Berikut adalah spesifikasi generator yang digunakan :

Kapasitas	: 585,5 kW
Jenis	: AC Generator
Tegangan	: 220 V
Jumlah	: 1

4.6.7. Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Udara tekan yang didapatkan dari kompresor memiliki tekanan 6,4 bar dan suhu 30°C. Adapun jumlah alat kontrol sebanyak 14 buah dengan total kebutuhan udara tekan keseluruhan sebesar 26 m³/jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi *silica gel*.

Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan :

Kode	: KU-01
Fungsi	: mengompres udara menjadi udara bertekanan
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Jumlah	: 1
Kapasitas	: 56 m ³ /jam
Tekanan discharge	: 6,4 Bar
Suhu udara	: 30°C

Efisiensi : 85%

Daya kompresor : 2,5 Hp

4.6.8. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran pada boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan untuk boiler dan generator yaitu solar. solar memiliki *heating value* sebesar 143.100 – 3148.100 Btu. Adapun jumlah kebutuhan fuel oil sebanyak 269,21 kg/jam.

4.6.9 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Etilen ini adalah berupa limbah cair. Limbah cair dihasilkan Pabrik Etilen ini berupa cairan yang terdiri dari campuran air dan pengotor lainnya. Pengotor tersebut mengandung sedikit senyawa etanol (C_2H_5OH) yang larut. Sebelum limbah cair dibuang, dilakukan beberapa *treatment*. Berikut adalah uraian dari *treatment* yang digunakan :

- *Pre-Treatment*, *Pre-treatment* yang dilakukan adalah pengendapan menggunakan bak pengendapan untuk menghilangkan padatan besar menggunakan gaya gravitasi.
- *Treatment Pertama*, *Treatment* pertama berfungsi untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair. Pada *treatment* ini digunakan lumpur aktif organik yang dapat meningkatkan jumlah bakteri pengurai limbah organik. Proses aerasi dilakukan hingga nilai BOD, COD, dan DO standar diperoleh.

- *Treatment* Kedua, *Treatment* kedua dilakukan jika limbah cair memiliki pH tidak netral. Proses penetralan dilakukan dengan cara menambahkan senyawa kimia yang dapat menetralkan atau dengan menambahkan air pada limbah cair tersebut.
- *Treatment* Ketiga, *Treatment* ketiga berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen yang terkandung di dalam air limbah. Desinfektasi mikroorganisme patogen dilakukan dengan cara menginjeksi gas Cl_2 pada limbah cair.

Pengawasan yang ketat pada tiap *treatment* limbah cair berupa pengujian di laboratorium sangat diperlukan agar limbah cair tidak merusak lingkungan disekitar lokasi pabrik

4.7. Spesifikasi Alat – Alat Utilitas

4.7.1. Saringan / *Screening* (FU-01)

Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya : daun, ranting dan sampah-sampah lainnya.

Bahan : Alumunium

Jumlah air : 353576.1675 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 8,42 m

- Lebar = 8,42 m

- Tinggi = 4,21 m

4.7.2. Bak Pengendapan awal (B-01) / Sedimentasi

Fungsi : Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi.

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 335897.3591 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 16,9 m

- Lebar = 16,9 m

- Tinggi = 8,45 m

4.7.3 Bak Floktuator/ Bak Penggumpal (B-02)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

Jumlah air : 39.344,85 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 7,8 m

- Tinggi = 7,8 m

Pengaduk :

- Jenis = *Marine propeller 3 blade*

- Diameter = 2,6 m

- Power = 2 Hp

4.7.4 Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi.

Kebutuhan : 1.0287 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,22 m

- Tinggi = 4,44 m

4.7.5 Bak Pengendap I (BU-01)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi).

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 319102 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 16,6 m

- Lebar = 16,6 m

- Tinggi = 8,3 m

4.7.6 Bak Pengendap II (BU-02)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi ke 2).

Tipe : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 303.147 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 16,3 m

- Lebar = 16,3 m

- Tinggi = 8,17 m

4.7.7 Sand Filter (FU-02)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.

Jumlah air : 287.989,99 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 4,2 m

- Lebar = 4,2 m

- Tinggi = 2,1 m

4.7.8 Bak Penampung Sementara (BU-03)

Fungsi : Menampung sementara *raw water* setelah disaring di *sand filter*

Jumlah air : 273.590,49 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 8,6 m

- Lebar = 8,6 m

- Tinggi = 4,3 m

4.7.9 Tangki Klorinasi (TU-03)

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

Jumlah air : 23.198,09 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 3,29 m

- Tinggi = 3,29 m

4.7.10 Tangki Kaporit (TU-02)

Fungsi : Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01).

Jumlah bahan : 0,16 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,43 m

- Tinggi = 0,43 m

4.7.11 Tangki Air Bersih (TU-04)

Fungsi : Menampung air keperluan kantor dan rumah tangga.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 23.198,09 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 9,47 m

- Tinggi = 9,47 m

4.7.12 Tangki *Service Water* (TU-05)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan layanan umum.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 500 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,64 m

- Tinggi = 2,64 m

4.7.13 Tangki Air Bertekanan (TU-06)

Fungsi : Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 500 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,64 m

- Tinggi = 2,64 m

4.7.14 Bak Air Pendingin (BU-04)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin.

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah air : 230.485,9 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 23,6m

- Lebar = 23,6 m

- Tinggi = 11,8 m

4.7.15 *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan.

Jumlah air : 230.485,9 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 2,54 m

- Lebar = 2,54 m

- Tinggi = 3,57 m

4.7.16 Blower Cooling Tower (BL-01)

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

Jumlah udara : 6.984.665,89 ft³/jam

Daya motor : 30 Hp

4.7.17 *Mixed Bed* (TU-09)

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

Jumlah air : 19.406,5 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,42 m
- Tinggi = 1,68 m
- Tebal = 0,19 in

4.7.18 Tangki NaCl (T-07)

Fungsi : Menampung/menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger.

Tipe : Tangki silinder

Jumlah NaCl : 222 kg

Dimensi bak :

- Diameter = 2,4 m
- Tinggi = 2,4 m

4.7.19 Tangki NaOH (T-08)

Fungsi : Menampung Larutan NaOH yang akan digunakan untuk mengregenerasi anion exchanger.

Tipe : Tangki silinder

Jumlah NaOH : 55,5 kg

Dimensi bak :

- Diameter = 1,92 m

- Tinggi = 1,92 m

4.7.20 Deaerator (DE-01)

Fungsi : Menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terikat dalam *Feed water* yang menyebabkan kerak pada boiler.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 19.406,5 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 3,09 m

- Tinggi = 3,09 m

4.7.21 Tangki N₂H₄ (TU-11)

Fungsi : Menyimpan larutan N₂H₄.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 19.406,5 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 3,1 m

- Tinggi = 3,1 m

4.7.22. Bak Air Pendingin (B-05)

Fungsi : Menampung air *makeup* dan air pendingin proses yang sudah didinginkan.

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah air : 230.485,9 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 8,2 m

- Lebar = 8,2 m

- Tinggi = 4,1 m

4.7.23. Tangki Air Demin (T-10)

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

Tipe : Tangki Silinder Tegak

Jumlah air : 19.406,5 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 8,9 m

- Tinggi = 8,9 m

4.7.24. Pompa Utilitas

Tabel 4.15. Spesifikasi Pompa Utilitas

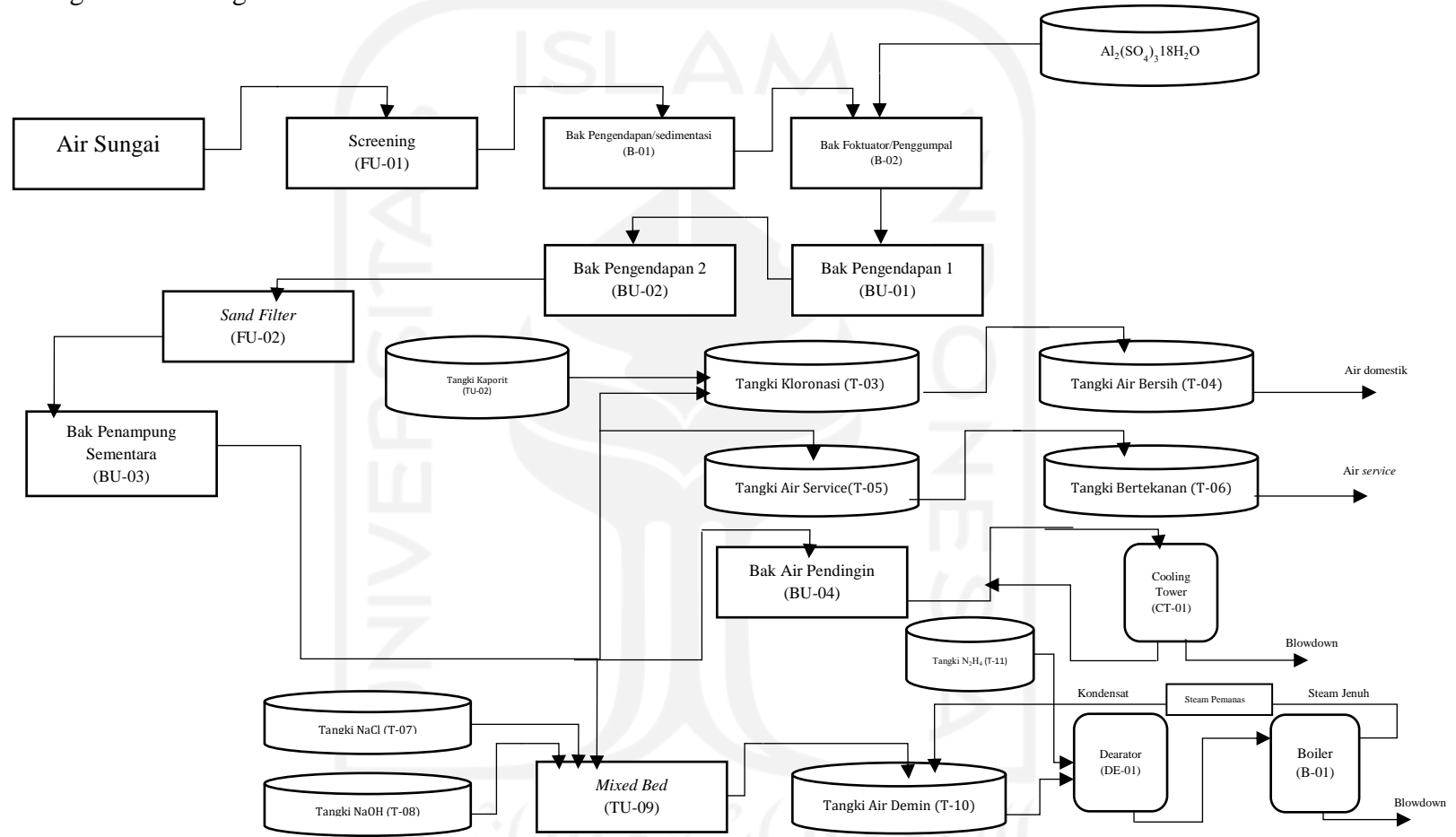
Kode Alat	Jumlah	Efisiensi Pompa (%)	Daya (Hp)		Kapasitas (gpm)
			Pompa	Motor	
PU-01	1	82%	16,67	20	1827,2
PU-02	1	81%	21,10	20	1735,84
PU-03	1	72%	20,82	25	1649,05
PU-04	1	20%	0,0002	0,05	0,09
PU-05	1	85%	18,79	25	1649,05
PU-06	1	89%	14,81	20	1566,6
PU-07	1	81%	9,78	15	1488,27
PU-08	1	79%	8,91	15	1413,85
PU-09	1	85%	36,91	60	1413,85
PU-10	1	20%	0,00	0,05	0,0009
PU-11	1	45%	4,29	7,5	119,88
PU-12	1	41%	4,57	7	119,88
PU-13	1	20%	0,07	0,125	2,58

Lanjutan Tabel 4.21. Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode Alat	Jumlah	Efisiensi Pompa (%)	Daya (Hp)		Kapasitas (gpm)
			Pompa	Motor	
PU-14	1	20%	0,07	0,125	2,58
PU-15	1	80%	6,48	10	1191,10
PU-16	1	74%	6,58	10	1191,10
PU-17	1	55%	0,46	0,75	100,29
PU-18	1	44%	2,19	3	100,29
PU-19	1	44%	0,63	1	100,29
PU-20	1	44%	0,86	1,5	100,29
PU-21	1	44%	0,90	1,23	100,29

*Jenis pompa *centrifugal pump*

4.7.25. Diagram Alir Pengolahan Air



Gambar 4.6. Diagram Alir Pengolahan Air

4.8. Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi adalah salah satu faktor penting penunjang kemajuan perusahaan. Agar mendapatkan suatu sistem organisasi yang baik maka perlu diperhatikan beberapa pedoman antara lain : perumusan tujuan perusahaan, pembagian tugas kerja, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengendalian pekerjaan, dan organisasi perusahaan. Tanpa manajemen yang teratur, baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang.

4.8.1. Bentuk Organisasi Perusahaan

Arti dari organisasi, berasal dari kata Latin "*organum*" yang dapat berarti alat, anggota badan James D. Mooney, mengatakan: "Organisasi adalah bentuk setiap perserikatan manusia untuk mencapai suatu tujuan bersama.", sedangkan Chester I. Barnard memberikan pengertian organisasi sebagai: "Suatu system daripada aktivitas kerjasama yang dilakukan dua orang atau lebih".

Dari pendapat para ahli dapat diambil arti dari kata organisasi, yaitu kelompok orang yang secara sadar bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama dengan menekankan wewenang dan tanggung jawab masing-masing. Secara ringkas, ada tiga unsur utama dalam organisasi, yaitu :

1. Adanya sekelompok orang
2. Adanya hubungan dan pembagian tugas
3. Adanya tujuan yang ingin dicapai

4.8.2. Manajemen Perusahaan

Umumnya perusahaan mempunyai pengolahan (manajemen) organisasi yang bertugas untuk mengatur, merencanakan, melaksanakan dan mengendalikan perusahaan dengan efektif dan efisien. Selain itu untuk mendapat profit yang optimal juga harus didukung oleh pembagian tugas dan wewenang yang jelas dari setiap personil atau individu yang terlibat dalam perusahaan. Hal ini disebabkan oleh aktivitas yang terdapat dalam suatu perusahaan atau suatu pabrik diatur oleh manajemen. Dengan kata lain bahwa manajemen bertindak memimpin, merencanakan, menyusun, mengawasi, dan meneliti hasil pekerjaan. Perusahaan dapat berjalan dengan baik secara menyeluruh, apabila perusahaan memiliki manajemen yang baik antara atasan dan bawahan.

Fungsi dari manajemen adalah meliputi usaha memimpin dan mengatur faktor-faktor ekonomis sedemikian rupa, sehingga usaha itu memberikan perkembangan dan keuntungan bagi mereka yang ada di lingkungan perusahaan.

Dengan demikian, jelaslah bahwa pengertian manajemen itu meliputi semua tugas dan fungsi yang mempunyai hubungan yang erat dengan permulaan dari pembelanjaan perusahaan (*financing*).

Dengan penjelasan ini dapat diambil suatu pengertian bahwa manajemen itu diartikan sebagai seni dan ilmu perencanaan (*planning*), pengorganisasian, penyusunan, pengarahan, dan pengawasan dari sumber daya manusia untuk mencapai tujuan (*criteria*) yang telah ditetapkan.

Menurut Siagian (1992), manajemen dibagi menjadi tiga kelas pada perusahaan besar, yaitu:

1. *Top* manajemen
2. *Middle* manajemen
3. *Operating* manajemen

Orang yang memimpin (pelaksana) manajemen disebut dengan manajer. Manajer ini berfungsi atau bertugas untuk mengawasi dan mengontrol agar manajemen dapat dilaksanakan dengan baik sesuai dengan ketentuan yang digariskan bersama. Menurut Madura (2000), syarat - syarat manajer yang baik adalah:

1. Harus menjadi contoh (teladan)
2. Harus dapat menggerakkan bawahan
3. Harus bersifat mendorong
4. Penuh pengabdian terhadap tugas-tugas.
5. Berani dan mampu mengatasi kesulitan yang terjadi
6. Bertanggung jawab, tegas dalam mengambil atau melaksanakan keputusan yang diambil
7. Berjiwa besar

4.8.3. Bentuk Hukum Badan Usaha

Dalam mendirikan suatu perusahaan yang dapat menjadi tujuan dari perusahaan itu secara terus-menerus, maka harus dipilih bentuk perusahaan apa yang harus didirikan agar tujuan itu tercapai. Menurut Sutarto (2002), bentuk-bentuk badan usaha yang ada dalam praktek di Indonesia, antara lain adalah:

1. Perusahaan Perorangan
2. Persekutuan Firma
3. Persekutuan Komanditer (CV)
4. Perseroan Terbatas (PT)
5. Koperasi
6. Usaha Daerah
7. Perusahaan Negara

Bentuk badan usaha dalam Pabrik Etilen direncanakan adalah perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham, dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No. 1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya.

Syarat-syarat pendirian Perseroan Terbatas adalah:

1. Didirikan oleh dua orang atau lebih, yang dimaksud dengan “orang” adalah orang perseorangan atau badan hukum.
2. Didirikan dengan akta otentik, yaitu di hadapan notaris.
3. Modal dasar perseroan, yaitu paling sedikit Rp. 20.000.000,- (dua puluh juta rupiah) atau 25% dari modal dasar, tergantung mana yang lebih besar dan harus telah ditempatkan dan telah disetor.

Prosedur pendirian Perseroan Terbatas adalah:

1. Pembuatan akta pendirian di hadapan notaris
2. Pengesahan oleh Menteri Kehakiman

3. Pendaftaran Perseroan
4. Pengumuman dalam tambahan berita negara.

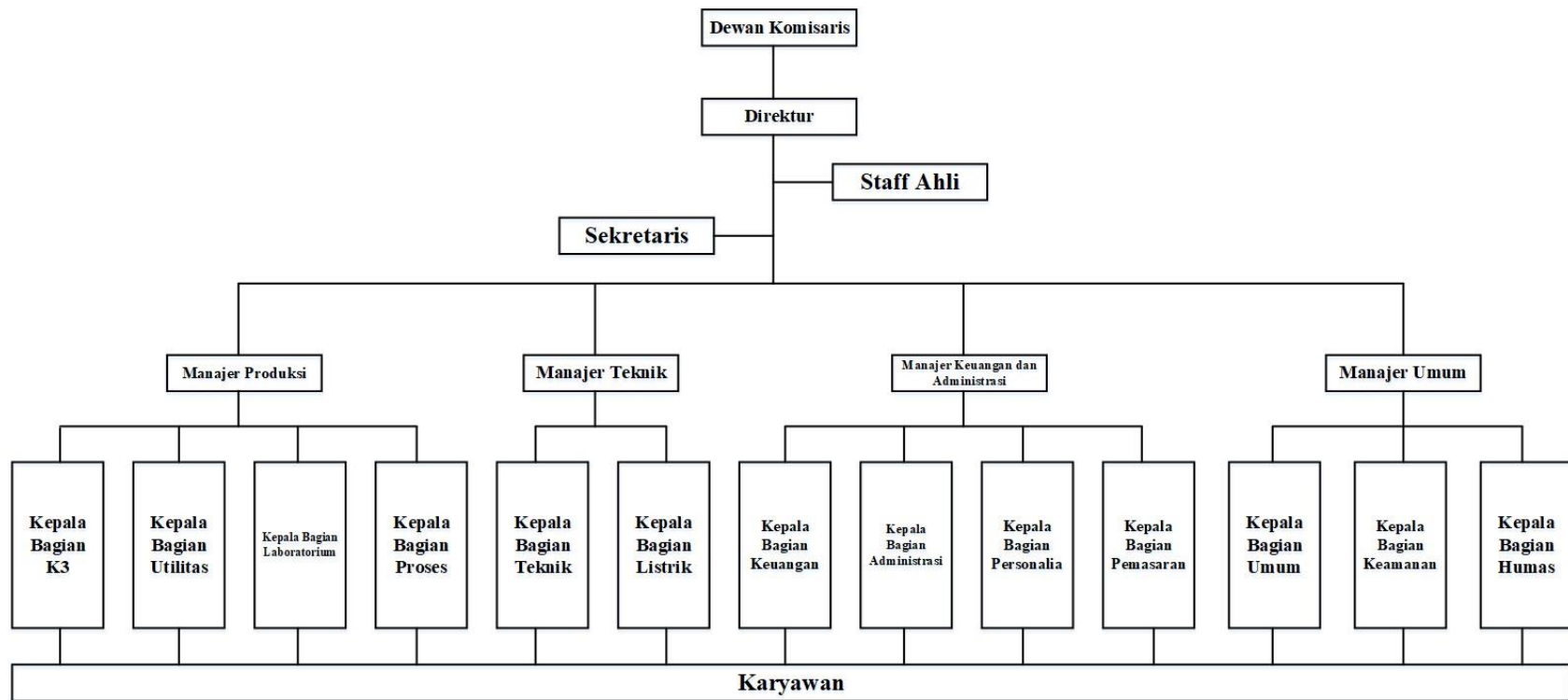
Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan PT adalah sebagai berikut:

Menurut Widjaja (2003), landasan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini berdasarkan atas beberapa faktor, antara lain:

1. Mudah untuk mendapat modal dengan menjual saham di pasar modal.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan beserta karyawan.
3. Pemilik dan pengurus terpisah satu sama lain, pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan.
5. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang berpengalaman.
6. Suatu perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha.
7. Merupakan bisang usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa kerja sama antar sumber daya manusia di dalam suatu perusahaan yang baik diperlukan agar tercipta

lingkungan yang baik dan menghasilkan kinerja yang baik. Oleh karena itu diperlukan struktur organisasi yang tersusun dengan baik. Perusahaan akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Kekuasaan tertinggi dalam perusahaan akan dipegang oleh Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Perwakilan dari pemegang saham akan dipilih oleh RUPS sebagai dewan komisioner yang akan mengawasi jalannya perusahaan. Dewan komisioner akan dibantu oleh Direktur yang membawahi empat orang manajer yaitu Manajer Produksi, Manajer Teknik, Manajer Umum & Keuangan dan Manajer Pembelian & Pemasaran dengan bentuk organisasi garis dan staf. Struktur organisasi perusahaan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Struktur Organisasi Perusahaan

4.8.4. Uraian Tugas, Wewenang, dan Tanggung Jawab

1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih dalam RUPS untuk mewakili para pemegang saham dalam mengawasi jalannya perusahaan. Dewan Komisaris ini bertanggung jawab kepada RUPS. Tugas-tugas Dewan Komisaris adalah:

- Menentukan garis besar kebijaksanaan perusahaan.
- Mengadakan rapat tahunan para pemegang saham.
- Meminta laporan pertanggungjawaban Direktur secara berkala.
- Melaksanakan pembinaan dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan dan pelaksanaan tugas Direktur.

2. Direktur

Pimpinan utama di pabrik pembuatan Etilen dijabat oleh seorang Direktur yang memiliki tugas sebagai berikut:

- Memimpin dan membina perusahaan secara efektif dan efisien.
- Meyusun dan melaksanakan kebijaksanaan umum pabrik sesuai dengan kebijaksanaan RUPS.
- Mengadakan kerjasama dengan pihak luar demi kepentingan perusahaan.
- Mewakili perusahaan dalam mengadakan hubungan maupun perjanjian-perjanjian dengan pihak ketiga.
- Merencanakan dan mengawasi pelaksanaan tugas setiap personalia yang bekerja pada perusahaan.

Dalam menjalankan Pabrik Etilen, Direktur dibantu oleh tiga orang manajer yang masing-masing membawahi sebuah departemen.

Adapun ketiga manajer dalam perusahaan adalah:

1) Manajer Produksi, yang membawahi 4 divisi yang dikepalai oleh supervisor. Secara umum, departemen produksi mengatur dan mengawasi segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan jalannya proses produksi. Beberapa divisi yang terdapat dalam departemen produksi antara lain adalah:

a. Divisi proses, yang memiliki tugas untuk mengawasi kelancaran dari proses produksi sehingga dapat mencapai target jumlah produksi yang telah ditetapkan. Tugas lain divisi proses adalah pengaturan jadwal *shift* dari karyawan, menghitung kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang yang dibutuhkan hingga pengemasan produk sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

b. Divisi Utilitas yang memiliki tugas dalam hal penyediaan *steam*, air pendingin, udara tekan, bahan bakar, serta listrik yang menunjang proses produksi. Selain itu, divisi ini bertanggung jawab atas seluruh peralatan yang digunakan dalam proses penyediaan utilitas yang ada.

c. Divisi Laboratorium yang bertanggung jawab atas proses pengecekan kualitas produk yang dihasilkan serta bertugas untuk melakukan pengembangan teknologi yang dapat

dilakukan untuk meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan.

d. Divisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang bertanggung jawab atas keamanan bekerja baik itu dalam kemanan alat maupun pelindung dari semua pegawai di area pabrik, guna mengurangi terjadinya kecelakaan saat pabrik berjalan.

2) Manajer Teknik, yang memiliki tugas mengkoordinir segala kegiatan yang berhubungan dengan masalah teknik baik di lapangan maupun di kantor. Dalam menjalankan tugasnya manajer teknik dibantu oleh lima supervisor divisi, yaitu Supervisor Listrik, dan Supervisor Teknik.

4. Manajer Umum bertanggung jawab langsung kepada Direktur dalam mengawasi dan mengatur keamana, gudang/logistik dan humas. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Umum dibantu oleh enam Kepala Bagian (Kabag.), yaitu Kepala Bagian Umum, Kepala Bagian Keamanan dan Kepala Bagian Humas.

5. Manajer Keungan dan Administrasi bertanggung jawab langsung kepada Direktur dalam mengawasi dan mengatur Keuangan dan Administrasi. Dalam menjalankan tugasnya Manajer Umum dibantu oleh enam Kepala Bagian (Kabag.), yaitu Kepala Bagian Keuangan, Kepala Bagian Administrasi, Kepala Bagian Personalia dan Kepala Bagian Pemasaran.

6. Staf Ahli

Staf ahli di Pabrik Etilen ini memiliki tugas untuk memberikan masukan, baik berupa saran nasehat, maupun pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan khususnya pada aspek keselamatan kerja seluruh karyawan.

7. Sekretaris

Dalam menjalankan tugasnya, selain keempat manajer tersebut, direktur juga mengangkat seorang Sekretaris untuk menangani masalah surat-menyurat untuk pihak perusahaan, menangani kearsipan dan pekerjaan lainnya untuk membantu Direktur dalam menangani administrasi perusahaan.

4.8.5. Struktur Tenaga Kerja

1. Pembagian Struktur Tenaga Kerja

Pabrik Etilen ini direncanakan beroperasi 330 hari per tahun secara kontinu 24 jam sehari. Berdasarkan pengaturan jam kerja, karyawan dapat digolongkan menjadi dua golongan, yaitu karyawan reguler atau *non-shift* dan karyawan *shift*.

a. Karyawan *non-shift*

Waktu kerja bagi karyawan reguler atau *non-shift* adalah 5 hari kerja, dimana hari Sabtu dan Minggu dijadikan hari libur. Untuk karyawan *shift* digunakan jadwal kerja berdasarkan giliran *shift* masing-masing. Jam kerja karyawan *non-shift* ditetapkan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi

Republik Indonesia Nomor: Kep.234/Men/2003 yaitu 8 jam sehari atau 40 jam per minggu dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perhitungan uang lembur menggunakan acuan 1/173 dari upah sebulan (Pasal 10 Kep.234/Men/2003) dimana untuk jam kerja lembur pertama dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam dan untuk jam lembur berikutnya dibayar 2 kali upah sejam. Adapun perincian waktu kerja baik bagi karyawan regular maupun karyawan *shift* adalah sebagai berikut:

Senin s.d. Kamis : 08.00 – 17.00 WIB
(Istirahat: 12.00 – 13.00 WIB)
Jumat : 08.00 – 17.00 WIB
(Istirahat: 11.30 – 13.00 WIB)

b. Karyawan *shift*

Untuk pekerjaan yang langsung berhubungan dengan proses produksi yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, para karyawan diberi pekerjaan bergilir (*shift work*).

Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga *shift*, yaitu tiap *shift* bekerja selama 8 jam dan 15 menit pergantian *shift* dengan pembagian sebagai berikut:

Shift pagi (I) : 07.00 – 15.00 WIB
Shift siang (II) : 15.00 – 23.00 WIB
Shift malam (III) : 23.00 – 07.00 WIB

Karyawan yang termasuk dalam kerja *shift* dibagi menjadi empat kelompok, yaitu kelompok A, B, C, dan D. Pola pembagian waktu kerja adalah pergantian dari *shift* pagi, sore, malam, dan hari libur. Karyawan yang telah bekerja selama 2 kali *shift* malam akan mendapatkan hari libur selama 2 hari.

Berikut ini adalah tabel jadwal giliran kerja untuk karyawan *shift* :

Tabel 4.16. Shift Kerja Karyawan

Grup	Hari							
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu	Senin
A	I	I	II	II	III	III	--	--
B	II	II	III	III	--	--	I	I
C	III	III	--	--	I	I	II	II
D	--	--	I	I	II	II	III	III

4.8.6. Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Dari data karyawan *shift* dan non-*shift* jumlah karyawan pada pabrik Etilen adalah 135 orang. SDM yang digunakan pada pabrik Etilen perlu diperhatikan, adapun perinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.17. Tingkat Pendidikan Karyawan

Jabatan	Jumlah	Pendidikan Terakhir
Dewan Komisaris	1	Teknik (S1)
Direktur	3	Teknik Kimia (S1)
Sekretaris	1	Akuntansi (S1)/ Kesekretariatan (D3)
Staff Ahli	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 5 tahun
Manajer Produksi	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 3 tahun
Manajer Teknik	1	Teknik Mesin (S1) dan Berpengalaman minimal 3 tahun
Manajer Administrasi dan Keuangan	1	Ekonomi/Akuntansi (S1) dan Berpengalaman minimal 3 tahun
Kepala Bagian Proses	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Laboratorium	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Utilitas	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Listrik	1	Teknik Elektro (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun

Lanjutan **Tabel 4.24.** Tingkat Pendidikan Karyawan

Jabatan	Jumlah	Pendidikan Terakhir
Kepala Bagian Pemasaran	1	Teknik Kimia (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Manajer Umum	1	Teknik Industri (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	Teknik Kimia/ Kesehatan Masyarakat (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Keuangan	1	Akuntansi/Ekonomi (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Administrasi	1	Akuntansi/Ekonomi (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Personalia	1	Manajamen/Akuntansi (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Humas	1	Hukum (S1) dan Berpengalaman minimal 2 tahun
Kepala Bagian Keamanan	1	Pensiunan ABRI
Karyawan Proses	8	Teknik Kimia (S1)
Karyawan Laboratorium R&D	4	MIPA Kimia (S1)/ Kimia Analis (D3)
Karyawan Utilitas	4	Teknik Kimia (S1)

Lanjutan **Tabel 4.24.** Tingkat Pendidikan Karyawan

Jabatan	Jumlah	Pendidikan Terakhir
Karyawan Unit Pemeliharaan	5	Teknik Elektro/Mesin (S1)
Karyawan Instrumentasi Pabrik	3	Teknik Instrumentasi Pabrik (D4)
Karyawan Pemasaran	4	Teknik Kimia (S1)/ Manajemen(D3)
Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4	Teknik Kimia/ Kesehatan Masyarakat (S1) atau (D3)
Karyawan Bag. Keuangan	4	Akutansi/Manajemen (D3)
Karyawan Bag. Administrasi	2	Ilmu Komputer (D1)
Karyawan Bag. Personalia	2	Akutansi/Manajemen (D3)
Karyawan Bag. Humas	2	Akutansi/Manajemen (D3)
Operator Proses	48	Teknik Kimia (D3)
Operator Utilitas	4	Teknik Kimia (D3)
Petugas Keamanan	4	SLTP/STM/SMU/D1
Karyawan Perpustakaan	1	Minimal D3
Dokter	2	Kedokteran, Profesi (S1)
Perawat	4	Akademi Perawat (D3)
Petugas Kebersihan	7	SLTP/SMU
Supir	3	SMU/STM
Jumlah	135	

Setiap karyawan di perusahaan memiliki hak dan kewajiban yang diatur oleh undang-undang ketenagakerjaan. Terdapat dua jenis karyawan berdasarkan jenis kontrak kerjanya, yaitu:

- Karyawan Pra-Kontrak merupakan karyawan baru yang akan mengalami masa percobaan kerja selama 6 bulan. Setelah 6 bulan, kinerja karyawan akan dievaluasi untuk kemudian diambil keputusan mengenai pengangkatan menjadi karyawan tetap.
- Karyawan Tetap merupakan karyawan yang telah memiliki kontrak kerja secara tertulis dengan perusahaan.

Baik karyawan pra-kontrak maupun karyawan tetap memiliki hak serta kewajiban yang sama. Hak karyawan meliputi masalah gaji, tunjangan, serta cuti karyawan.

1. Hak Karyawan

- Gaji Pokok

Gaji pokok karyawan diatur berdasarkan jabatan, keahlian dan kecakapan karyawan, masa kerja, serta prestasi kerja. Kenaikan gaji pokok dilakukan per tahun sesuai dengan pertumbuhan ekonomi serta prestasi dari karyawan. Daftar gaji karyawan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.18. Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Dewan Komisaris	1	45.000.000	45.000.000
2	Direktur	3	35.000.000	105.000.000
3	Sekretaris	1	30.000.000	30.000.000
4	Staff Ahli	1	25.000.000	25.000.000
5	Manajer Produksi	1	30.000.000	30.000.000
6	Manajer Teknik	1	30.000.000	30.000.000
7	Manajer Adminitrasi dan Keuangan	1	25.000.000	25.000.000
8	Manajer Umum	1	25.000.000	25.000.000
8	Kepala Seksi Proses	1	25.000.000	25.000.000
9	Keapala Seksi Laboratorium	1	20.000.000	25.000.000
10	Kepala Seksi Utilitas	1	25.000.000	25.000.000
11	Kepala Seksi Listrik	1	20.000.000	20.000.000
12	Kepala Seksi Pemasaran	1	20.000.000	20.000.000
13	Kepala Seksi Umum	1	20.000.000	20.000.000
14	Kepala Keuangan	1	25.000.000	25.000.000
15	Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1	20.000.000	20.000.000
16	Kepala Seksi Proses	1	25.000.000	25.000.000

Lanjutan **Tabel 4.25.** Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang (Rp)	Total Gaji (Rp)
17	Kepala Seksi Administrasi	1	20.000.000	20.000.000
18	Kepala Seksi Personalia	1	20.000.000	20.000.000
19	Kepala Seksi Humas	1	20.000.000	20.000.000
20	Kepala Seksi Keamanan	1	20.000.000	20.000.000
21	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	20.000.000	20.000.000
22	Karyawan Proses	8	10.000.000	80.000.000
23	Karyawan Laboratorium	4	9.000.000	36.000.000
24	Karyawan Utilitas	4	9.000.000	36.000.000
25	Karyawan Unit Pemeliharaan	5	9.000.000	45.000.000
26	Karyawan Instrumentasi Pabrik	3	12.000.000	36.000.000
27	Karyawan Pemasaran	2	7.000.000	14.000.000
29	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4	7.000.000	28.000.000
30	Karyawan Bag. Keuangan	4	7.000.000	28.000.000
31	Karyawan Bag. Administrasi	2	7.000.000	14.000.000
32	Karyawan Bag. Personalia	2	7.000.000	14.000.000
33	Karyawan Bag. Humas	2	7.000.000	14.000.000

Lanjutan **Tabel 4.25.** Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/orang (Rp)	Total gaji (Rp)
34	Petugas Keamanan	4	7.000.000	28.000.000
36	Dokter	2	10.000.000	20.000.000
37	Perawat	4	5.000.000	20.000.000
38	Petugas Kebersihan	7	2.099.000	14.693.000
39	Supir	3	2.099.000	6.297.090
40	Operator Proses	51	6.000.000	3.06.000.000
41	Utilitas	4	9.000.000	36.000.000
Total		135	732.297.090	1.342.089.000

- Tunjangan dan Fasilitas bagi Karyawan

Selain gaji pokok, setiap karyawan juga mendapatkan tunjangan yang diatur oleh perusahaan. Beberapa jenis tunjangan dan fasilitas yang diberikan oleh perusahaan antara lain adalah:

- a. Tunjangan makan

Makan siang disediakan oleh perusahaan dan setiap karyawan berhak makan siang yang disediakan. Namun karyawan juga dapat makan siang di luar wilayah perusahaan dan akan diberikan uang makan yang besarnya disesuaikan dengan jabatan karyawan.

b. Tunjangan kesehatan

Setiap karyawan akan memiliki asuransi yang diatur oleh perusahaan, sesuai dengan undang-undang Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional Pasal

18. Jenis program jaminan sosial meliputi:

- Jaminan kesehatan
- Jaminan kecelakaan kerja
- Jaminan hari tua
- Jaminan pension dan kematian

Sehingga karyawan mengalami kecelakaan ataupun sakit dan harus dirawat, maka perusahaan akan mengganti seluruh biaya perawatan.

c. Tunjangan hari raya

Setiap karyawan akan mendapatkan tunjangan hari raya sebesar 1 bulan gaji setiap tahunnya.

d. Tunjangan keluarga

Karyawan yang telah memiliki keluarga akan mendapatkan tunjangan bagi istri dan anaknya (maksimal 2 anak) yang ketentuannya telah diatur oleh perusahaannya.

e. Tunjangan hari tua

Karyawan yang telah berumur 60 tahun akan memasuki usia pensiun dan akan diberikan uang pensiun sebesar 10% dari gaji total selama karyawan tersebut bekerja.

- Penyediaan fasilitas bagi karyawan
 - a. Penyediaan sarana transportasi / bus karyawan.
 - b. Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.
 - c. Beasiswa kepada anak-anak karyawan yang berprestasi.
 - d. Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun.
 - e. Penyediaan fasilitas perumahan yang dilengkapi dengan sarana air dan listrik.

- Cuti dan Hari Libur Nasional

Setiap karyawan tetap akan mendapatkan cuti kerja sebanyak 15 hari per tahunnya dan hal ini tidak berlaku akumulatif. Selain itu pada hari libur nasional, karyawan *non-shift* akan libur, namun karyawan *shift* yang memiliki jadwal kerja pada hari tersebut tidak libur namun jam kerjanya akan dihitung sebagai jam kerja lembur.

2. Kewajiban Karyawan

Hak yang diterima oleh karyawan perlu diimbangi juga dengan kewajiban yang harus diberikan oleh setiap karyawan. Beberapa kewajiban karyawan antara lain adalah:

- Wajib turut serta menyukseskan visi dan misi perusahaan
- Wajib mentaati kontrak kerja yang telah disepakati sebelumnya antara perusahaan dan karyawan
- Wajib menjaga kerahasiaan proses produksi pabrik

4.8.7. Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja bagi karyawan sangat penting. Hal ini pun diatur oleh pemerintah dalam undang-undang. Oleh karena itu diperlukan adanya staf ahli kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang berfungsi untuk memberikan pelatihan kepada seluruh karyawan, terutama karyawan yang berada di area produksi untuk memperhatikan keselamatan kerja. Pelatihan juga dapat berupa uji coba sirine bahaya kebakaran, dll.

Perusahaan juga menyediakan beberapa jenis alat pelindung diri (APD) bagi setiap karyawan, dan setiap karyawan wajib memakai di dalam area produksi. APD tersebut antara lain adalah sepatu pengaman, *earplug*, *helmet*, baju tangan panjang, serta masker. Unit K3 juga menyediakan poster-poster yang berisikan himbuan kepada karyawan tentang keselamatan kerja.

4.9. Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik Etilen diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidaknya untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah :

- a. *Return On Investment (ROI)*
- b. *Pay Out Time (POT)*
- c. *Discounted Cash Flow*
- d. *Break Event Point (BEP)*
- e. *Shut Down Point (SDP)*

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

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

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya variable (*Variable Cost*)
- c. Biaya tak pasti/mengambang (*Regulated Cost*)

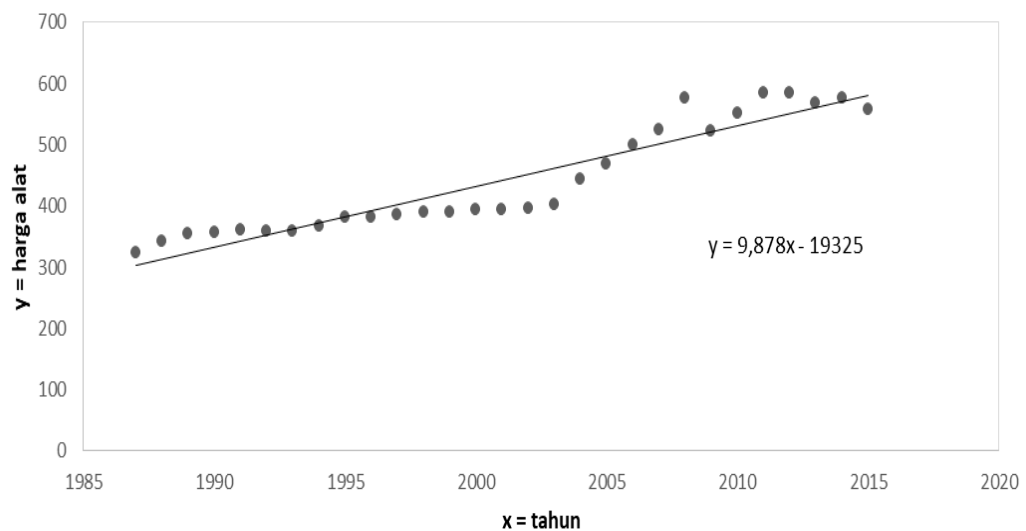
4.9.1. Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan

diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik Etilen ini beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun evaluasi pada tahun ke 20. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lainnya diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa.

Harga indeks tahun ke 20 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai tahun 2015 (www.chemengonline.com/pci), dicari dengan persamaan regresi linear.



Gambar 4.8. Indeks Harga Alat

Persamaan yang diperoleh adalah $y = 9,878x - 19325$

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun ke 20 yaitu sebesar 668,072.

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

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

Dalam hubungan ini:

E_x : Harga pembelian pada tahun ke 20

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi (1990)

N_x : Indeks harga pada tahun ke 20

N_y : Indeks harga pada tahun referensi (1990)

4.9.2. Dasar Perhitungan

A. Capital Investment

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

Capital investment terdiri dari :

a. Fixed Capital Investment

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

b. Working Capital Investment

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

B. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost merupakan jumlah *direct*, *indirect*, dan *fixed manufacturing cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *manufacturing cost* meliputi :

a. *Direct Cost*

Direct cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

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

c. *Fixed Cost*

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

C. *General Exspense*

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

4.9.3. Analisa Kelayakan

Studi kelayakan dari pabrik Etilen dari Etanol ini dapat dilihat dari parameter – parameter ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

A. *Return on Investment* (ROI):

Return on investmen digunakan sebagai sebuah pertimbangan penting karena ROI menunjukkan seberapa cepat pengembalian investasi berdasarkan pada keuntungan.

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

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan *annual sales* (Sa) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian utang selama pembangunan pabrik. *Finance* akan berkontribusi terhadap *cash flow* dari pabrik ini. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai minimum ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

B. *Pay Out Time* (POT)

Pay out time (POT) adalah

- a. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

- b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.
- d. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

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

C. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah

- a. Titik impas produksi (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- b. Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- c. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

- d. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar 40% - 60%

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

Dalam hal ini:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

D. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point adalah

- a. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bias juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan *profit*)
- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

E. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) adalah

- a. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFRR dibuat dengan menggunakan nilai mata uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- b. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- c. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.
- d. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan DCFRR adalah
 - Umur ekonomis pabrik yaitu 10 tahun
 - *Annual profit* dan *taxes* konstan setiap tahun
 - Depresiasi sama setiap tahun

Persamaan untuk menentukan DCFRR:

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik

i : Nilai DCFRR

4.9.4. Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Etilen ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.26. sampai dengan Tabel 4.38.

Tabel 4.19. Physical Plant Cost

No	Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	82.625.006.209	5.508.334
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	20.656.251.552	1.377.083
3	Instalasi cost	12.922.550.971	861.503
4	Pemipaan	44.919.084.626	2.994.606
5	Instrumentasi	20.548.839.044	1.369.923
6	Insulasi	3.077.781.481	205.185
7	Listrik	12.393.750.931	826.250
8	Bangunan	291.000.000.000	19.400.000
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	131.912.500.000	8.860.833
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		621.055.764.815	41.403.718

Tabel 4.20. Direct Plant Cost

No	Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	124.211.152.963	8.280.744
<i>Total (DPC + PPC)</i>		745.266.917.778	49.684.461

Tabel 4.21. Fixed Capital Investment

No	<i>Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	745.261.917.778	49.684.461
2	Kontraktor	92.188.911.908	6.145.927
3	Biaya tak terduga	74.526.691.778	4.968.446
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		911.982.521.463	60.798.835

Tabel 4.22. Direct Manufacturing Cost

No	<i>Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	2.123.043.917.252	141.536.261,15
2	<i>Labor</i>	16.105.068.000	1.073.671,20
3	<i>Supervision</i>	1.932.608.160	128.840,54
4	<i>Maintenance</i>	36.479.300.859	2.431.953,39
5	<i>Plant Supplies</i>	5.471.895.129	364.793,01
6	<i>Royalty and Patents</i>	235.875.000.000	15.725.000,00
7	<i>Utilities</i>	797.114.926.622	53.140.995,11
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		3.219.210.216.021	214.616.014

Tabel 4.23. Indirect Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	3.221.013.600	214.734
2	<i>Laboratory</i>	1.610.506.800	107.367
3	<i>Plant Overhead</i>	15.299.814.600	1.019.988
4	<i>Packaging and Shipping</i>	239.062.500.000	15.725.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		259.193.835.000	17.279.589

Tabel 4.24. Fixed Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	91.198.252.146	6.079.883
2	<i>Propertu taxes</i>	18.239.650.429	1.215.977
3	<i>Insurance</i>	9.119.825.215	607.988
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		118.557.727.790	7.903.849

Tabel 4.25. Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	3.219.210.216.021	214.614.014
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	256.006.335.000	17.067.089
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	118.557.727.790	7.903.849
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		3.596.961.778.811	239.797.452

Tabel 4.26. Working Capital

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	45.034.264.911	3.491.238
2	<i>In Process Inventory</i>	38.149.594.4624	2.783.276
3	<i>Product Inventory</i>	76.299.189.248	5.566.551
4	<i>Extended Credit</i>	101.420.454.545	6.671.212
5	<i>Available Cash</i>	76.299.284.248	5.566.551
<i>Working Capital (WC)</i>		337.202.692.576	22.480.180

Tabel 4.27. General Expense

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	118.090.406.099	7.872.694
2	<i>Sales expense</i>	539.544.266.822	35.969.616
3	<i>Research</i>	196.817.343.498	13.121.156
4	<i>Finance</i>	25.463.298.810	1.697.553
<i>General Expense (GE)</i>		852.284.913.407	56.818.994

Tabel 4.28. Total Production Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	3.596.961.778.811	239.797.452
2	<i>General Expenses (GE)</i>	852.284.913.407	56.818.994
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		4.49.246.692.219	296.616.446

Tabel 4.29. Fixed Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	91.198.252.146	6.079.883
2	<i>Property taxes</i>	18.239.650.429	1.215.977
3	<i>Insurance</i>	9.119.825.215	607.988
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		118.557.727.790	7.903.849

Tabel 4.30. Variable Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	2.123.043.917.252	141.586.934
2	<i>Packaging & shipping</i>	245.473.500.000	16.362.500
3	<i>Utilities</i>	797.114.926.622	53.140.995
4	<i>Royalties and Patents</i>	245.473.500.000	16.362.500
<i>Variable Cost (Va)</i>		3.411.033.843.874	430.686.091

Tabel 4.31. Regulated Cost

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	16.105.068.000	1.092.134
2	Plant overhead	15.299.814.600	218.427
3	Payroll overhead	3.221.013.600	214.734
4	Supervision	16.951.440.955	1.130.096
5	Laboratory	1.610.506.800	163.820
6	General Expense	855.285.027.044	33.927.207
7	Maintenance	36.479.300.859	2.431.953
8	Plant supplies	5.471.895.129	364.793
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		950.424.066.986	63.2361.604

4.9.5. Hasil Analisa Kelayakan

Penjualan :

1. Etilen

Produksi = 85.000,000 kg/tahun

Harga Jual = Rp 57.750 /kg

Total Penjualan = Rp 4.908.750.000.000 /tahun

Pajak = 25 %

Biaya Pajak = Rp 1.227.187.500.000.000

Keuntungan setelah pajak = Rp 213.001.533.190

Pajak ditentukan sebesar 25% dari keuntungan menurut pasal 25 badan

Direktorat Jenderal Pajak

A. *Return on Investment* (ROI)

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

$$\text{ROI sebelum pajak} = 49 \%$$

$$\text{ROI setelah pajak} = 23 \%$$

B. *Pay Out Time* (POT)

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

$$\text{POT sebelum pajak} = 1,7 \text{ tahun}$$

$$\text{POT setelah pajak} = 3 \text{ tahun}$$

C. *Break Even Point* (BEP)

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

$$\text{BEP} = 48,50 \%$$

D. *Shut Down Point* (SDP)

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

$$\text{SDP} = 34,25 \%$$

E. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)*

Umur pabrik = 8 tahun

FCI = Rp 911.982.521.463

Working Capital = Rp 6.258.065.725.111

Salvage Value (SV) = Rp 36.190.719.150

Cash flow (CF) = Annual Profit + Depresiasi + Finance
= Rp 329.251.103.253

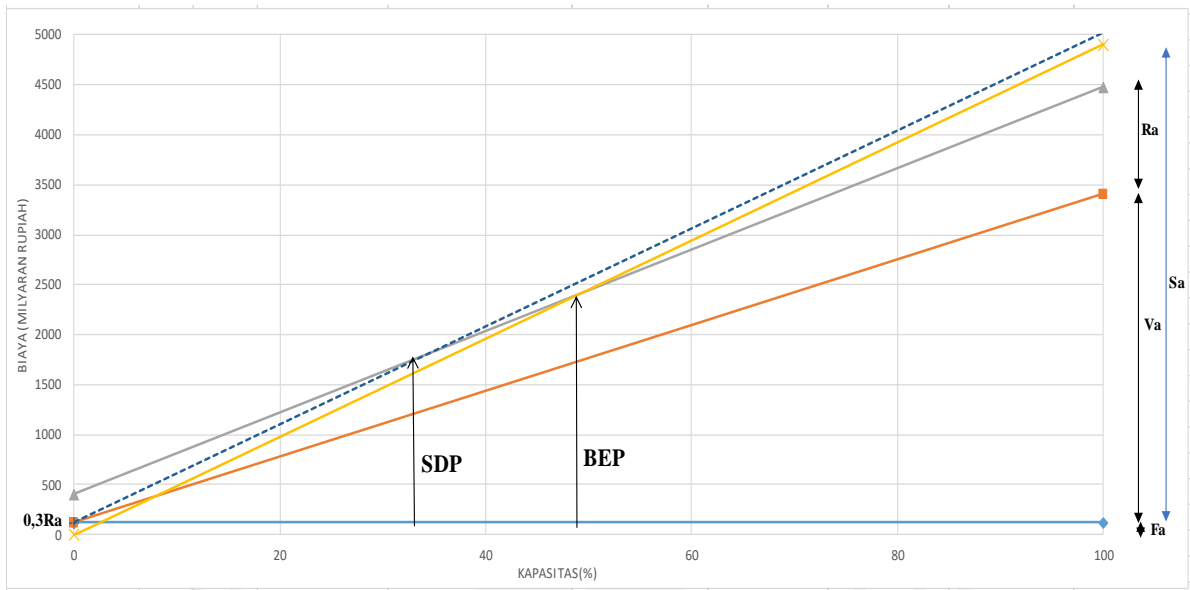
$$(FC + WC)(I + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (I + i)^N + WC + SV$$

R = S

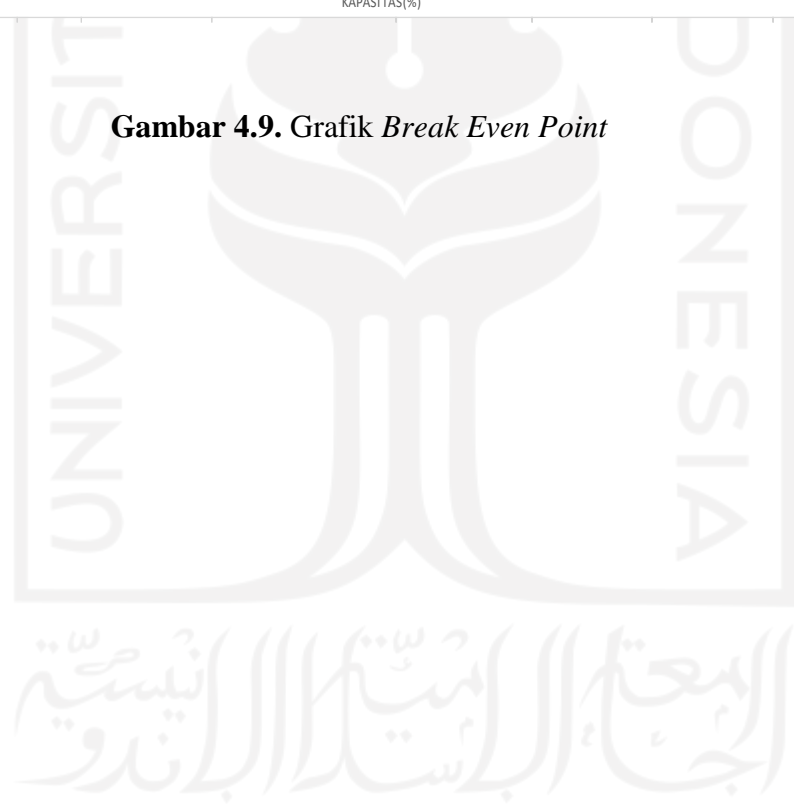
Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 7,43 \%$

Tabel 4.32. Analisis Kelayakan

Parameter	Terhitung	Persyaratan	Kriteria
ROI sebelum pajak	48,66 %	Minimal 44 % Maksimal 2	Memenuhi
POT sebelum pajak	2 tahun	tahun	Memenuhi
BEP	48,50 %	40-60% <i>Interest = 1,5</i> x bunga	Memenuhi
DCFR	7,43 %	simpanan bank (6,75 %) (bukopin)	Memenuhi



Gambar 4.9. Grafik *Break Even Point*



4.9.6. Analisa Resiko Pabrik

Dalam pendirian pabrik perlu diperhatikan terkait resiko pabrik tersebut apa beresiko rendah (*low risk*) atau beresiko tinggi (*high risk*). Berikut ini beberapa parameter untuk melihat pabrik Etilen ini termasuk pabrik yang beresiko rendah atau tinggi :

a. Kondisi Operasi

- Suhu : Suhu tertinggi pada proses terdapat pada Reaktor (R-01) yaitu sebesar 200 °C.
- Tekanan : Tekanan tertinggi terdapat pada Tangki Penyimpanan 02 (TK-02) yaitu sebesar 20 atm.

b. Karakteristik bahan baku dan produk

- Bahan Baku

Etilen merupakan salah satu senyawa kimia yang mudah terbakar, mudah menguap (*volatile*), dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, serta menyebabkan gangguan pernapasan apabila terhirup.

- Produk

Produk dari pabrik ini adalah Etilen, yang memiliki karakteristik mudah terbakar, dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata.

Dari hasil analisa resiko pabrik di atas, karena dari beberapa parameter seperti karakteristik bahan baku dan produk, kondisi operasi pabrik, dapat disimpulkan bahwa pabrik Etilen ini termasuk ke dalam pabrik beresiko tinggi (*high risk*),



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pabrik Etilen dari Etanol dengan proses dehidrasi ini memiliki kapasitas sebesar 85.000 ton/tahun dan direncanakan berdiri pada tahun 2025. Maka, dapat disimpulkan :

Berdasarkan tujuan proses, kondisi operasi yang tinggi, sifat-sifat bahan baku produk dan lokasi pabrik, maka pabrik ini tergolong pabrik beresiko tinggi.

Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi pabrik sebagai berikut :

Keuntungan sebelum pajak : Rp 403.753.194.145

Keuntungan setelah pajak : Rp 213.001.533.190 (diambil 52%)

ROI : 48,66 % untuk pabrik high risk minimum 44%. (Aries&Newton)

POT : 1,7 tahun untuk pabrik high risk maksimum 2 tahun. (Aries&Newton)

BEP : 48,50 % dengan standar 40-60%. (Aries&Newton)

SDP : 34,25 % dengan standar 20-35%. (Aries&Newton)

DCFRR : 7,43 %, minimum 6,75 % (>1,5 simpanan bank)

Dari hasil analisis ekonomi di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik etilen dari etanol dengan kapasitas 85.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

5.2. Saran

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

1. Optimasi saat pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangannya pabrik – pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Pendirian Pabrik Etilen dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan Etilen di Indonesia.
4. Pendirian Pabrik Etilen dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sector penggerak perekonomian nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost", Mc. Graw Hill Book co.,
New York
- Brown, G.G., 1950, "Unit Operation", John Wiley and Sons Inc, New York.
- Brownell, L.E and Young, E.H., 1959., "Equipment Design", John Willey & Sons, inc., New
York.
- Coulson, J.M., Richardson, J.F., 1983, "Chemical Engineering Design", Elsevier Butterworth-
Heinemann, Oxford
- Geankoplis, J.C., 1978, "*Transport Process and Unit Operation*" *Third Edition*, Prentice Hall
International Inc., United States of America.
- Kementrian Perindustrian Indonesia. 2019. "Pemerintah Pacu Industri Kimia Jadi Penggerak
Ekonomi Nasional". Jakarta.
- Kern, D.Q., 1950, "Process Heat Transfer", McGraw-Hill International Book Company Inc.,
New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1982, *Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Edition*, vol.
4, New york., Interscience Publishing Inc.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1984, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 6th ed.,
McGraw-Hillo Book Company, New York.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical
Engineers* 4th Ed. New York: McGraw-Hill Book Company.

Reza, M.A.D., dan Nivenia, T.D., 2017. Pembuatan Etilen dengan Katalis Berbasis Dipromote dengan Logam Cr dan Co dalam Reaktor Fixed Bed. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri : Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Seader, J.D., and Henley, E.J., 2006, *Separation Process Principles, Second Edition*, New York : John Wiley & Sons, Inc.

Smith, J.M., Van Ness, H.G., and Abbott, M., 1997, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", *Sixth Edition.*, New York : Mc Graw Hill Book Companies, Inc.

Ullmann, (1987), "*Encyclopedia of Industrial Chemistry*", Vol, A.10, 5th edition, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim Federal Republic of Germany.

Wibowo, A. 2014. Pra Rancangan Pabrik Etilen dengan Proses Dehidrasi Etanol Kapasitas Produksi 15.000 Ton/Tahun. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri : Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Widayat dan Satriadi, H. 2008. Optimasi Pembuatan Etilen dengan Proses Reaktif Distilasi. Reaktor. Vol. 12 (1) : 7-11.

Yaws, C.L., 1999, "*Chemical Properties Handbook Physical, Thermodynamic, Enviromental, Transport, Safety, and Health Related Properties For Organic and Inorganic Chemicals*", New York : Mc Graw Hill Book Companies, Inc.

Zhang, *et al.* 2014. *Catalysts for Forming ethylene*. Patent, US 2014/0275636.

<https://www.alibaba.com/>

<https://www.bppt.go.id/>

<http://www.matche.com/>

<https://www.bps.go.id/>

<https://www.chemengonline.com/category/separation-processes/>



LAMPIRAN A

Perhitungan Reaktor

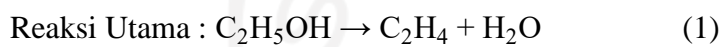
- Jenis : Reaktor *Fixed Bed Multitube*
- Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi dehidrasi etanol (C_2H_5OH) pada fase gas, dengan katalis padat heteropolyacid ($Ag_3PW_{12}O_{40}$), sehingga membentuk produk utama berupa Etilen (C_2H_4).
- Kondisi Operasi : Suhu = 200 °C
Tekanan = 1 atm
Konversi = 99%
- Reaksi Endotermis, Isothermal Adiabatis
- Tujuan Perancangan : 1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung neraca massa
3. Menghitung neraca panas
4. Menghitung neraca panas pada media pendingin
5. Menghitung *pressure drop*
6. Perancangan Reaktor

Neraca Massa Reaktor

Tabel 1. Neraca Massa di Reaktor

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 2	Arus 3
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	19.523,42	976,17
Air (H ₂ O)	402,08	7.659,70
Etilen (C ₂ H ₄)	0	11.289,63
Total	19.925,50	19.925,50

Reaksi yang terjadi di dalam reaktor



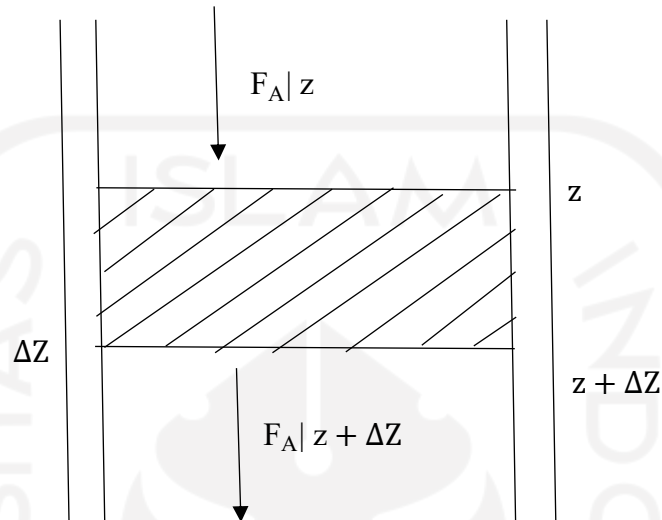
1. Menentukan Jenis Reaktor

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

- a. Reaksi berlangsung pada fase gas dengan katalis padat.
- b. Katalis yang digunakan berumur panjang.
- c. Perawatan, perbaikan, dan operasional mudah.
- d. Pemakaian tidak terbatas pada kondisi reaksi tertentu (eksotermis atau endotermis) sehingga pemakaian lebih fleksibel.
- e. Konstruksi sederhana.

2. Menghitung neraca massa pada elemen volume

Reaksi berlangsung dalam keadaan *steady state* dalam reaktor setebal ΔZ dengan konversi X. Neraca massa C_2H_5OH pada elemen volume :



rate of input – rate of output – rate of reaction = rate of accumulation (2)

karna *steady state*, maka $R_{acc} = 0$

$$F_{A|z} - F_{A|z+\Delta Z} - (-ra) \times \Delta v = 0 \quad (3)$$

$$\Delta v = \frac{\pi ID^2}{4} \times Nt \times \Delta Z \quad (4)$$

Δv = Volume gas diantara katalis pada elemen volume

$$F_{A|z} - F_{A|z+\Delta Z} - (-ra) \times \frac{\pi ID^2}{4} \times Nt \times \Delta Z = 0 \quad (5)$$

$$F_{A|z} - (F_{A|z+\Delta Z} = (-ra) \times \frac{\pi ID^2}{4} \times Nt \times \Delta Z \quad (6)$$

Kedua ruas dibagi dengan ΔZ :

$$\frac{F_A|_z - F_A|_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (-ra) \times \frac{\pi ID^2}{4} \times Nt \quad (7)$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_A|_z - F_A|_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = (-ra) \times \frac{\pi ID^2}{4} \times Nt \quad (8)$$

$$\frac{dF_A}{dZ} = (-ra) \times \frac{\pi ID^2}{4} \times Nt \quad (9)$$

Dimana :

$$F_A = F_{A0} - F_{A0}X \quad (10)$$

$$dF_A = -F_{A0}dX \quad (11)$$

$$F_{A0} \frac{dX}{dZ} = (-ra) \times \frac{\pi ID^2}{4} \times Nt \quad (12)$$

$$\frac{dX}{dZ} = \frac{(-ra)\pi ID^2 Nt}{4F_{A0}} \quad (13)$$

Keterangan : $\frac{dX}{dZ}$ = Perubahan konversi persatuan panjang

ID = Diameter dalam pipa

Z = Tebal tumpukan katalisator

(-ra) = Kecepatan reaksi

Nt = Jumlah Tube

Nilai Kecepatan Reaksi (-ra) :

Nilai (-ra) di dapatkan dari jurnal (Walker, C.A., Butt, J.B., and Bliss, H., 1962. *Rates of Reaction in a Recycling System Dehydration of Ethanol and Ethylene Over Heteropolyacid*. A.I.Ch.E. Journal, Vol. 8 (1) : 42-47).

$$r = \frac{K_{S1}LK_A p_A}{D} + \frac{K_{S2}LK_A^2 p_A^2}{4D^2} \quad (14)$$

$$D = 1 + p_A K_A + p_W K_W + p_E K_E \quad (15)$$

NOTATION

E' = activation energy, cal./g.-mole
 K' = chemical reaction equilibrium constant
 K = adsorption equilibrium constant, mm. Hg⁻¹
 $K_{S1}L$ = monomolecular surface reaction rate constant; reactions A, C, and D, g.-moles/min., g. of catalyst
 $K_{S2}L$ = bimolecular surface reaction rate constant; reaction B, g.-moles/min., g. of catalyst
 L = concentration of active sites, moles/unit weight of catalyst
 P = total pressure, mm. Hg
 p = partial pressure, mm. Hg
 r = rate of reaction, g.-moles/min., g. of catalyst

Subscripts

A = ethanol
 E = diethyl ether
 O = ethylene
 o = initial conditions
 W = water

Diketahui :

$$K_{S1}L = 0,0049 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam} \quad (\text{Reaksi Utama})$$

$$K_E = 0,001 \text{ mmHg}^{-1}$$

$$p_A = 22.39,14 \text{ mmHg}$$

$$K_W = 11.639,56 \text{ mmHg}^{-1}$$

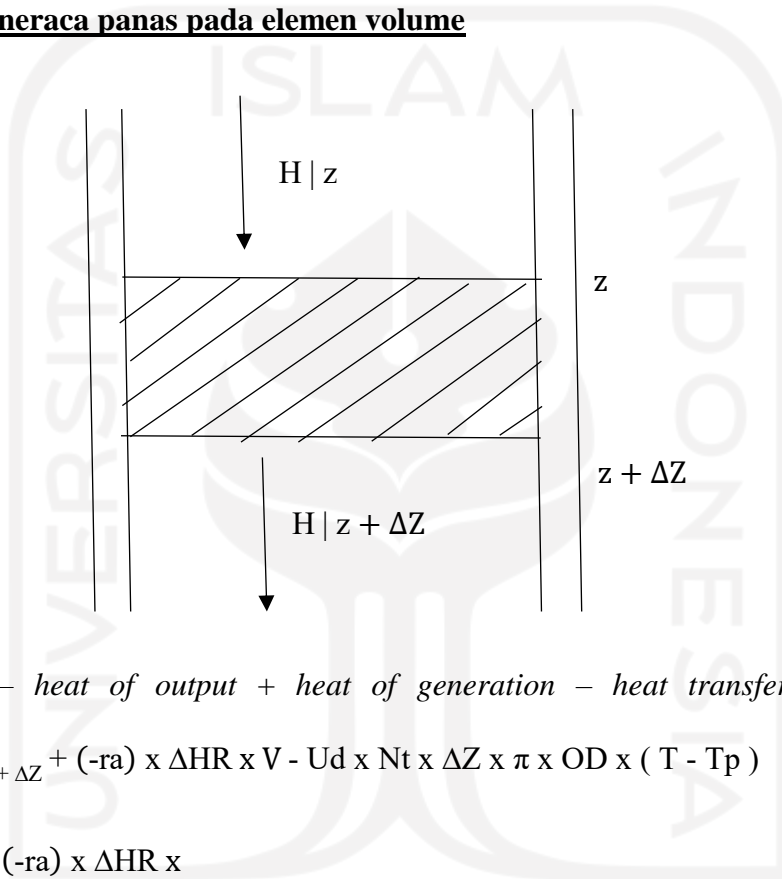
$$K_E = 901.639,92 \text{ mmHg}^{-1}$$

Maka :

$$D = 70,5902$$

$$r = 0,1963 \text{ kmol/m}^3\cdot\text{jam}$$

3. Menghitung neraca panas pada elemen volume



$$\text{heat of input} - \text{heat of output} + \text{heat of generation} - \text{heat transfer} = \text{Acc} \quad (16)$$

$$H|_z - H|_{z+\Delta Z} + (-ra) \times \Delta HR \times V - U_d \times N_t \times \Delta Z \times \pi \times OD \times (T - T_p) = 0 \quad (17)$$

$$H|_z - H|_{z+\Delta Z} + (-ra) \times \Delta HR \times$$

$$\frac{\pi ID^2}{4} \times ID^2 \times \Delta Z \times N_t - U_d \times N_t \times \Delta Z \times \pi \times OD \times (T - T_p) = 0 \quad (18)$$

$$H|_z - H|_{z+\Delta Z} = -(-ra) \times \Delta HR \times$$

$$\frac{\pi ID^2}{4} \times ID^2 \times \Delta Z \times N_t + U_d \times N_t \times \Delta Z \times \pi \times OD \times (T - T_p) \quad (19)$$

Kedua ruas dibagi dengan ΔZ :

$$\frac{H|_z - H|_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = -(-ra) \times \Delta HR \times$$

$$\frac{\pi ID^2}{4} \times ID^2 \times Nt + Ud \times Nt \times \pi \times OD \times (T - Tp) \quad (20)$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{F_A|_z - F_A|_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = -(-ra) \times \Delta HR \times$$

$$\frac{\pi ID^2}{4} \times ID^2 \times Nt + Ud \times Nt \times \pi \times OD \times (T - Tp) \quad (21)$$

$$- \frac{dH}{dZ} = -(-ra) \times \Delta HR \times$$

$$\frac{\pi ID^2}{4} \times ID^2 \times Nt + Ud \times Nt \times \pi \times OD \times (T - Tp) \quad (22) \quad \frac{dH}{dZ} = -$$

$$(-ra) \times \Delta HR \times$$

$$\frac{\pi ID^2}{4} \times ID^2 \times Nt + Ud \times Nt \times \pi \times OD \times (T - Tp) \quad (23)$$

Dimana :

$$H = Q = \sum F_i C_{pi} (T - T_{ref}) \quad (24)$$

$$dH = \sum F_i C_{pi} dT \quad (25)$$

$$\sum F_i \times C_{pi} \times \frac{dT}{dZ} = (-ra) \times \Delta HR \times$$

$$\frac{\pi ID^2}{4} \times ID^2 \times Nt - Ud \times Nt \times \pi \times OD \times (T - Tp) \quad (26)$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{\Delta HR \times F_{A0} \times \frac{dx}{dZ} - Ud \times Nt \times \pi \times OD \times (T - Tp)}{\sum F_i \times C_{pi}} \quad (27)$$

Keterangan : $\frac{dT}{dZ}$ = Perubahan suhu persatuan panjang

OD = Diameter luar pipa

ΔHR = Panas reaksi

T_p = Suhu pendingin

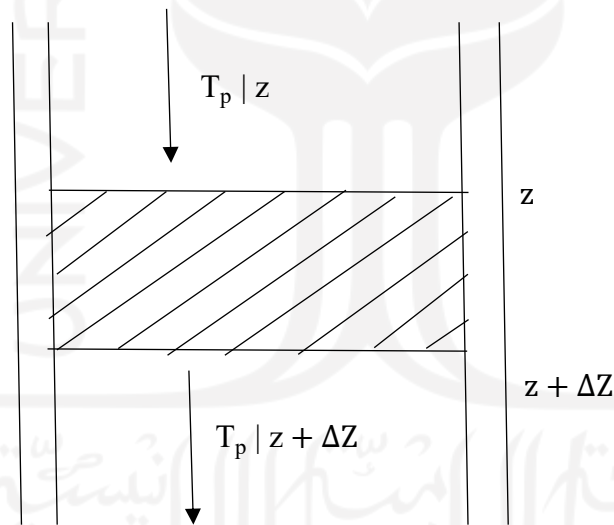
F_i = Laju umpan masuk

C_{pi} = Kapasitas panas komponen

N_t = Jumlah tube

U_d = Koefisien perpindahan panas

4. Menghitung neraca panas pada media pemanas



heat of input – *heat of output* – *heat transfer* = *Acc* (29)

$$W_p \times C_{p_p} \times T_p | z - W_p \times C_{p_p} \times T_p |_{z+\Delta Z} + U_d \times N_t \times \Delta Z \times \pi \times OD \times (T - T_p) = 0 \quad (28)$$

$$W_p \times C_{p_p} \times T_p | z - W_p \times C_{p_p} \times T_p |_{z+\Delta Z} = - U_d \times N_t \times \Delta Z \times \pi \times OD \times (T - T_p) \quad (29)$$

Kedua ruas dibagi dengan ΔZ :

$$\frac{W_p \times C_{p_p} \times T_p |_z - W_p \times C_{p_p} \times T_p |_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = - U_d \times N_t \times \Delta Z \times \pi \times OD \times (T - T_p) \quad (30)$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{W_p \times C_{p_p} \times T_p |_z - W_p \times C_{p_p} \times T_p |_{z+\Delta Z}}{\Delta Z} = - U_d \times N_t \times \pi \times OD \times (T - T_p) \quad (31)$$

$$-\frac{dT_p}{dZ} = - \frac{U_d \times N_t \times \pi \times OD \times (T - T_p)}{W_p \times C_{p_p}} \quad (32)$$

$$\frac{dT_p}{dZ} = \frac{U_d \times N_t \times \pi \times OD \times (T - T_p)}{W_p \times C_{p_p}} \quad (33)$$

Keterangan : $\frac{dT_p}{dZ}$ = Perubahan suhu pendingin persatuan panjang

OD = Diameter luar pipa

T_p = Suhu pendingin

C_{p_p} = Kapasitas panas pendingin

N_t = Jumlah tube

U_d = Koefisien perpindahan panas

W_p = Laju alir pendingin

4. Menghitung pressure drop

Persamaan yang paling banyak digunakan untuk menghitung *pressure drop* dalam *fixed bed reactor* adalah persamaan Ergun :

$$\frac{dP}{dz} = - \frac{Gt}{\rho_g \times g \times D_p} \times \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \times \left[\frac{150 \times (1-\epsilon)}{D_p} + 1,75 \times Gt \right] \quad (34)$$

Keterangan : G = Kecepatan aliran massa gas dalam pipa

ρ = Densitas gas

D_p = Densitas partikel katalisator

g = Gaya Gravitasi

ε = Porositas katalisator

μ = Viskositas gas

5. Perancangan Reaktor

- Data – data fisis umpan reaktor

a. Menentukan Kapasitas Panas Gas Umpan (C_{pg})

$$C_{pg} = A + BT + CT^2 + DT^3 \quad (35)$$

Tabel 2. Data C_p gas (C_{pg})

Komponen Senyawa	A	B	C	D	E
C ₂ H ₅ OH	27,091	1,1055E-01	1,0957E-04	-1,5046E-07	4,6601E-11
H ₂ O	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08	3,6934E-12
C ₂ H ₄	32,083	-1,4831E-02	2,4774E-04	-2,3766E-07	6,8274E-11

Tabel 3. Perhitungan C_p Gas Umpan Campuran

Komponen Senyawa	kmol/jam	Y _i	C _p (Joule/mol.K)	C _p (Kj/kmol.K)	C _p (Kj/kg.K)	C _p Camp (Kj/kg.K)
C ₂ H ₅ OH	424,42	0,95	13.710,71	13.710,71	298,05	283,15
H ₂ O	22,33	0,05	5.988,69	5.988,69	332,70	16,63
C ₂ H ₄	0,00	0,00	8.948,98	8.948,98	319,60	0,00
Total	42,61	1,00	28648,39	28648,39	950,37	299,74

C_{pg} campuran = **299,74** kJ/kg.k

b. Menentukan Viskositas Gas Umpan (Cpg)

$$\eta_{\text{gas}} = A + BT + CT^2 \quad (36)$$

Tabel 4. Data Viskositas Gas (mP)

Komponen Senyawa	A	B	C
C ₄ H ₁₀ O	-7,932	3,0235E-01	-7,3858E-05
C ₂ H ₅ OH	1,499	3,0741E-01	-4,4479E-05
H ₂ O	-36,826	4,2900E-01	-1,6200E-05
C ₂ H ₄	-3,985	3,8726E-01	-1,1227E-04

Tabel 5. Perhitungan Viskositas Gas Umpan Campuran

Komponen Senyawa	kmol/jam	Yi	μ (mP)	μ (cP)	BM^{0.5}	Yi*μi	Yi*BM^{0.5}
C ₂ H ₅ OH	424,42	0,95	136,99	0,0000137	6,78	0,000013	6,44
H ₂ O	22,33	0,05	162,52	0,0000163	4,24	0,00000813	0,21
C ₂ H ₄	0,00	0,00	154,11	0,0000154	5,29	0,000000	0,00
Total	446,76	1,00	453,63	0,0000454	16,31	1,38E-05	6,65

$$\mu_{\text{mix}} = \frac{\sum (y_i \times \mu_i) \times (BM_i)^{0,5}}{\sum y_i \times BM_i^{0,5}} \quad (37)$$

Viskositas(μg) Campuran = 3,38E-05 gr/cm.s

= 0,012 kg/m.jam

c. Menentukan Densitas Gas Umpan

$$\rho = \frac{BM_{camp} \times P}{Z \times R \times T} \quad (38)$$

Diketahui : BM campuran = 42,68 kg/mol R = 0,08 bar.m³/kmol.K

P = 1,01 bar T = 463,15 K

Z = 0,89 bar/K

Densitas Umpan Campuran = 1,07 kg/m³

d. Menentukan Konduktivitas Gas Umpan

Tabel 6. Data Konduktivitas Gas (K_g) Perkomponen

Komponen Senyawa	A	B	C
C ₂ H ₅ OH	-0,00556	4,3620E-05	8,5033E-08
H ₂ O	0,00053	4,7093E-05	4,9551E-08
C ₂ H ₄	-0,00123	3,6219E-05	1,2459E-07

Tabel 7. Perhitungan Konduktivitas Gas Umpan Campuran

Komponen Senyawa	kmol/jam	Yi	K (W/m.k)	BM ^{0.33}	Yi*K	Yi*BM ^{0.33}
C ₂ H ₅ OH	424,42	0,95	0,034	3,54	0,03	3,36
H ₂ O	22,33	0,05	0,033	2,59	0,002	0,12
C ₂ H ₄	0,00	0,00	0,043	3,00	0,00	0,00
Total	446,76	1,00	0,18	13,28	0,034	3,49

$$k_{mix} = \frac{\sum(y_i \times k_i) \times (BM_i)^{0,33}}{\sum y_i \times BM_i^{0,33}} \quad (39)$$

Konduktivitas Campuran = 0,089 W/m.k

= 0,321 kJ/jam.m.k

e. Menentukan Panas Reaksi

Tabel 8. Panas Reaksi

Komponen	Qreaksi				ΔH_f 298 (Kj/kmol)
	Input Reaktor		Output Reaktor		
	Mole Flow <i>kmol/jam</i>	Mass Flow <i>kg/jam</i>	Mole Flow <i>kmol/jam</i>	Mass Flow <i>kg/jam</i>	
C ₂ H ₅ OH	424,42	19.523,42	21,22	976,17	-234,81
H ₂ O	22,33	402,08	425,53	7.659,70	-241,80
C ₂ H ₄	0,00	0,00	403,20	11.289,63	52,30
Total	446,76	19.925,50	849,96	19.925,50	-424,31

$$Q_{reaksi} = Q_{produk} - Q_{reaktan}$$

$$Q_{reaksi\ produk} = -86.790,83 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{reaksi\ reaktan} = -105.059,88 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Maka, } Q_{reaksi} = 18.269,04 \text{ kJ/jam}$$

Karena Q_{reaksi} bernilai plus (+), maka reaksi bersifat endotermis)

f. Data Katalis

Jenis = Heteropolyacid (Ag₃PW₁₂O₄₀)

Bentuk = kristal

Diameter = 0,000007 m

Porositas = 0,416

Massa jenis = 1,4 g/cm³

- **Dimensi Reaktor**

a. Menentukan Jenis Ukuran dan Jumlah Tube

Diameter pipa reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Karna reaksi yang terjadi eksotermis, untuk itu dipilih aliran gas dalam pipa turbulen agar koefisien perpindahan panas lebih panas dan lebih besar. Pengaruh ratio D_p / D_t terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi butir-butir katalisator dibandingkan dengan pipa kosong yaitu hw/h telah diteliti oleh *Colburn's* (*Smith, page 571*) yaitu :

Tabel 9. Ratio D_p/D_t dan hw/h

D_p/D_t	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
hw/h	5,50	7,00	7,80	7,50	7,00	6,60

Dimana :

hw = koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h = koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

D_p = diameter katalisator

D_t = diameter tube

Dipilih : $D_p/D_t = 0,15$

Sehingga :

$D_p/D_t = 0,15$

$D_p = 1 \text{ cm}$

$$Dt = 1 / 0,15 = 6,67 \text{ cm} = 2,63 \text{ in}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka diambil ukuran pipa standar agar koefisien perpindahan panasnya baik.

Dari tabel 11 Kern (*Dimensions of steel pipe, page 844*) dipilih pipa dengan spesifikasi sebagai berikut :

<i>Nominal pipe size</i>	= 2 in
<i>Outside diameter (OD)</i>	= 2,38 in = 0,06 m
<i>Schedule number</i>	= 40
<i>Inside diameter (ID)</i>	= 2,067 in = 5,25 cm = 0,052 m
<i>Flow area per pipe</i>	= 2,35 in ² = 15,16 cm ² = 0,0015 m ²
<i>Surface per in ft</i>	= 0,62 ft ² /ft
<i>Weight per lin ft</i>	= 3,68 lb stell

Perhitungan tinggi katalis dengan volume 1 buah tube

$$Vkatalis = (1 - \varphi)Ac.Z \quad Z = \frac{Vkatalis}{(1 - \varphi)Ac.}$$

Panjang katalis : 2207,04 m

Dipilih tube standar: 12ft = 3,65m

Sehingga didapatkan tinggi tumpukan katalis:

Z = 80% tinggi tube dipilih

$$= 9,6ft = 2,92m$$

- Menghitung jumlah tube

Diketahui : $A_t = 0,03 \text{ m}^2$

$$A_o = 0,01 \text{ m}^2$$

Maka : $N_t = \frac{\text{tinggi katalis keseluruhan}}{\text{tinggi katalis per tube}}$

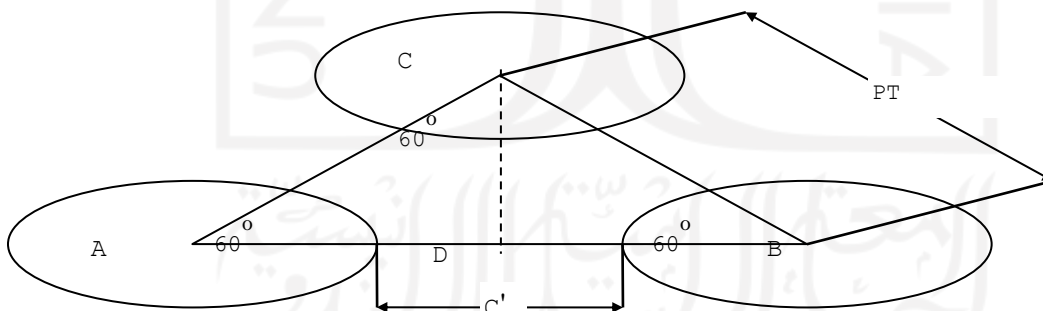
$$N_t = 754,26 \text{ buah}$$

Jumlah Tube yang diambil = 755 buah

b. Menentukan Diameter dalam Reaktor

Direncanakan tube disusun dengan pola *triangular pitch*, pertimbangannya :

- Susunan tube lebih kuat
- Lebih mudah dibersihkan
- Supaya turbulensi yang terjadi pada aliran fluida dalam shell menjadi besar, sehingga akan memperbesar koefisien perpindahan panas konveksinya (h_o)



$$Pt = 1,25 \times OD \quad (47)$$

$$= 2,97 \text{ in} = 7,55 \text{ cm}$$

$$C' = Pt - OD \quad (48)$$

$$= 0,59 \text{ in} = 1.51 \text{ cm}$$

Untuk menentukan diameter shell, dicari luas penampang shell total (A_{total}). Maka, diameter shell reaktor :

$$N_t = 755 \text{ buah}$$

$$P_t = 2,97 \text{ in}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Diameter shell (IDs)} &= \sqrt{\frac{4 \times N_t \times P_t^2 \times 0,866}{\pi}} \quad (40) \\ &= 85,81 \text{ in} = 217,98 \text{ cm} = 2,17 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Pemanas Reaktor

Pada kondisi 30 °C

Diketahui : $C_p = 35,71 \text{ Kj/Kg.K}$

Densitas = 63,62 lb/ft³

Konduktivitas = 0,356 Btu/jam.ft.°F = 0,61 W/m.K

Viskositas = 1,82 cP

Q_{pemanas} = 12.382.259,06 Kj/jam

m_{pemanas} = 4.434,81 kg/jam

d. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Overall (UD)

- Tube side

Diketahui : $C_p = 28648.3946 \text{ Btu/lb.°F}$

$\mu = 0,008 \text{ lb/ft.jam}$

$$k = 0,05 \text{ Btu/jam.ft.}^\circ\text{F}$$

$$jH = 17$$

$$Pr = 11,38$$

$$IDt = 0,17 \text{ ft}$$

$$OD = 0,19 \text{ ft}$$

$$PR = \left(\frac{Cp \times \mu}{k} \right) \quad (41)$$

$$= 11,38$$

$$hi = jH \left(\frac{k}{IDt} \right) \times (Pr)^{1/3} \quad (42)$$

$$= 11,45 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$hio = hi \left(\frac{ID}{OD} \right) \quad (43)$$

$$= 9,94 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

- Shell Side

Diketahui : ID = 7,15 ft

B (baffle) = 5,3 ft

Pitch = 0,24 ft

C' = 0,004ft

W (laju pendingin) = 9.777,07 lb/jam

$$\text{Flow area shell (as)} = \frac{ID \times C'B}{PT \times 144} \quad (44)$$

$$= 0,05 \text{ ft}^2$$

$$\text{Mass velocity fluida dalam shell (Gs)} = \frac{W}{as} \quad (45)$$

$$= 183.513,70 \text{ lb/jam.ft}^2$$

$$\text{Diameter equivalent (ds)} = \frac{4 \times \left(\frac{1}{2PT} \times 0,86PT - \frac{0,5 \times \pi \times d}{4} \right)}{0,5 \times \pi \times do} \quad (46)$$

$$= 1,6 \text{ in} = 0,14 \text{ ft}$$

$$\text{Bilangan Reynold Shell} = \frac{Gs \times De}{\mu_s} \quad (47)$$

$$= 14.160.34$$

Dari fig.28 Kern, hal 838 didapat $jH = 300$

$$h_o = jH \left(\frac{ks}{De} \right) \times \left(\frac{Cps \times \mu_s}{ks} \right)^{1/3} \quad (48)$$

$$= 2.672,36 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

e. Menentukan *Clean Overall Coefficient* (UC)

Diketahui : $h_{io} = 9,94 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

$$h_o = 2.672,36 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$UC = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} \quad (49)$$

$$= 9,904 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Dari tabel 12 Kern, hal 845 didapat:

Diketahui : $R_d \text{ shell} = 0,001$

$R_d \text{ tube} = 0,0015$

$R_d = R_d \text{ shell} + R_d \text{ tube} = 0,0025$

Sehingga diperoleh :

$$UD = \frac{1}{R_d + \frac{1}{UC}} \quad (50)$$
$$= 9,66 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

f. Menentukan Panjang Reaktor

Kondisi masuk reaktor (X_o) = 0

Posisi awal katalis (Z_o) = 0

Suhu masuk pipa (T_o) = 273,15 K

Tekanan masuk pipa (P_o) = 1 atm

Aliran massa umpan masuk pipa (F_{Ao}) = 424,42 kg/jam

Aliran massa pemanas masuk (W_s) = 4.434,81 kg/jam

Tabel 10. Perhitungan Hasil Simulasi Panjang Reaktor Menggunakan Metode Runge Kutta

Δz	0.1		
z (m)	x	T_p (K)	T (K)
0	0	303	473.15
0.1	0.0076	303.00	473.14
0.2	0.0151	303.00	473.14
0.3	0.0227	303.00	473.13
0.4	0.0302	303.00	473.12
0.5	0.0378	303.00	473.11
0.6	0.0454	303.00	473.11

0.7	0.0529	303.00	473.10
0.8	0.0605	303.00	473.09
0.9	0.0680	303.00	473.08
1	0.0756	303.00	473.08
1.1	0.0832	303.00	473.07
1.2	0.0907	303.00	473.06
1.3	0.0983	303.00	473.05
1.4	0.1059	303.00	473.05
1.5	0.1134	303.00	473.04
1.6	0.1210	303.00	473.03
1.7	0.1285	303.00	473.02
1.8	0.1361	303.00	473.02
1.9	0.1437	303.00	473.01
2	0.1512	303.00	473.00
2.1	0.1588	303.00	473.00
2.2	0.1663	303.01	472.99
2.3	0.1739	303.01	472.98
2.4	0.1815	303.01	472.97
2.5	0.1890	303.01	472.97
2.6	0.1966	303.01	472.96
2.7	0.2041	303.01	472.95
2.8	0.2117	303.01	472.94
2.9	0.2193	303.01	472.94
3	0.2268	303.01	472.93
3.1	0.2344	303.01	472.92
3.2	0.2419	303.01	472.91
3.3	0.2495	303.01	472.91
3.4	0.2571	303.01	472.90
3.5	0.2646	303.01	472.89
3.6	0.2722	303.01	472.89
3.7	0.2798	303.01	472.88
3.8	0.2873	303.01	472.87
3.9	0.2949	303.01	472.86
4	0.3024	303.01	472.86
4.1	0.3100	303.01	472.85
4.2	0.3176	303.01	472.84
4.3	0.3251	303.01	472.83
4.4	0.3327	303.01	472.83
4.5	0.3402	303.01	472.82
4.6	0.3478	303.01	472.81
4.7	0.3554	303.01	472.80
4.8	0.3629	303.01	472.80
4.9	0.3705	303.01	472.79
5	0.3780	303.01	472.78
5.1	0.3856	303.01	472.78
5.2	0.3932	303.01	472.77

5.3	0.4007	303.01	472.76
5.4	0.4083	303.01	472.75
5.5	0.4159	303.01	472.75
5.6	0.4234	303.01	472.74
5.7	0.4310	303.01	472.73
5.8	0.4385	303.01	472.72
5.9	0.4461	303.01	472.72
6	0.4537	303.01	472.71
6.1	0.4612	303.01	472.70
6.2	0.4688	303.01	472.69
6.3	0.4763	303.01	472.69
6.4	0.4839	303.01	472.68
6.5	0.4915	303.02	472.67
6.6	0.4990	303.02	472.67
6.7	0.5066	303.02	472.66
6.8	0.5141	303.02	472.65
6.9	0.5217	303.02	472.64
7	0.5293	303.02	472.64
7.1	0.5368	303.02	472.63
7.2	0.5444	303.02	472.62
7.3	0.5519	303.02	472.61
7.4	0.5595	303.02	472.61
7.5	0.5671	303.02	472.60
7.6	0.5746	303.02	472.59
7.7	0.5822	303.02	472.58
7.8	0.5898	303.02	472.58
7.9	0.5973	303.02	472.57
8	0.6049	303.02	472.56
8.1	0.6124	303.02	472.56
8.2	0.6200	303.02	472.55
8.3	0.6276	303.02	472.54
8.4	0.6351	303.02	472.53
8.5	0.6427	303.02	472.53
8.6	0.6502	303.02	472.52
8.7	0.6578	303.02	472.51
8.8	0.6654	303.02	472.50
8.9	0.6729	303.02	472.50
9	0.6805	303.02	472.49
9.1	0.6880	303.02	472.48
9.2	0.6956	303.02	472.47
9.3	0.7032	303.02	472.47
9.4	0.7107	303.02	472.46
9.5	0.7183	303.02	472.45
9.6	0.7258	303.02	472.45
9.7	0.7334	303.02	472.44
9.8	0.7410	303.02	472.43

9.9	0.7485	303.02	472.42
10	0.7561	303.02	472.42
10.1	0.7637	303.02	472.41
10.2	0.7712	303.02	472.40
10.3	0.7788	303.02	472.39
10.4	0.7863	303.02	472.39
10.5	0.7939	303.02	472.38
10.6	0.8015	303.02	472.37
10.7	0.8090	303.02	472.36
10.8	0.8166	303.02	472.36
10.9	0.8241	303.03	472.35
11	0.8317	303.03	472.34
11.1	0.8393	303.03	472.34
11.2	0.8468	303.03	472.33
11.3	0.8544	303.03	472.32
11.4	0.8619	303.03	472.31
11.5	0.8695	303.03	472.31
11.6	0.8771	303.03	472.30
11.7	0.8846	303.03	472.29
11.8	0.8922	303.03	472.28
11.9	0.8997	303.03	472.28
12	0.9073	303.03	472.27
12.1	0.9149	303.03	472.26
12.2	0.9224	303.03	472.25
12.3	0.9300	303.03	472.25
12.4	0.9376	303.03	472.24
12.5	0.9451	303.03	472.23
12.6	0.9527	303.03	472.23
12.7	0.9602	303.03	472.22
12.8	0.9678	303.03	472.21
12.9	0.9754	303.03	472.20
13	0.9829	303.03	472.20
13.1	0.9905	303.03	472.19
13.2	0.9980	303.03	472.18
13.3	1.0056	303.03	472.17
13.4	1.0132	303.03	472.17
13.5	1.0207	303.03	472.16
13.6	1.0283	303.03	472.15
13.7	1.0358	303.03	472.14
13.8	1.0434	303.03	472.14

- **Mechanical Design Reaktor**

a. Menentukan Tebal Shell

Bahan yang digunakan Carbon Steel SA-283 Grade C

Diketahui :

Operasi = 1 atm = 14,69 psi

$P_{design} = (120/100) \times 14,69 \text{ psi} = 17,64 \text{ psi}$

$D = 85,81 \text{ in} = r = 42,9 \text{ in}$

Tekanan yang diizinkan (f) = 12650 psi

Efisiensi pengelasan (E) = 0,85

Faktor korosi = 0,13 in

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Tebal Shell (ts)} &= \frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + C \quad (51) \\ &= 0,195 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal dinding reaktor standar, yaitu 0,25 in. . (Tabel 5.6, halaman 88, Brownell)

$$\text{Diameter luar reaktor} = ID + 2 \times ts \quad (52)$$

$$= 64,97 \text{ in} + 2(1) \text{ in}$$

$$= 86,3 \text{ in}$$

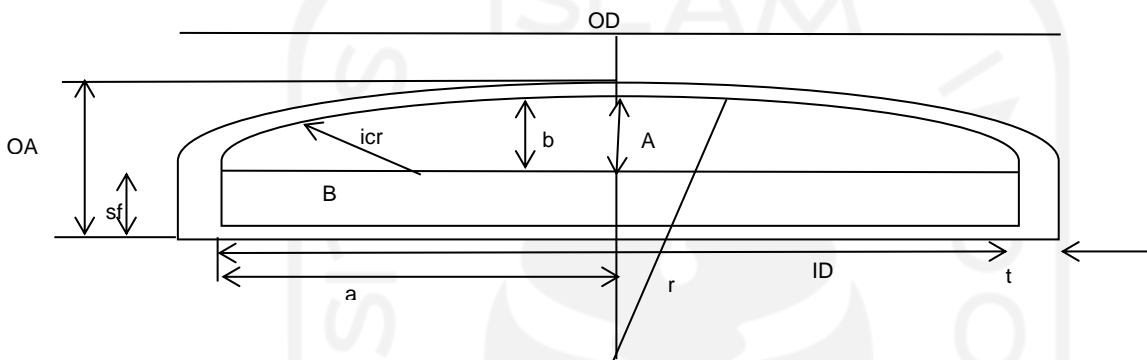
Dipilih Diameter luar reaktor standar, yaitu 90 in. (Tabel 5.7, halaman 90, Brownell)

b. Menentukan Head Reaktor

- Tebal Head Reaktor

Bentuk Head = *Torispherical head*

Bahan konstruksi = Carbon Steel SA-283 Grade C



Keterangan Gambar :

ID = Diameter dalam head

OD = Diameter luar head

a = Jari – jari dalam head

t = Tebal head

r = Jari – jari head

icr = Jari – jari dalam sudut dish

b = Tinggi head

sf = *Straight Flange*

OA = Tinggi total head

Diketahui :

Poperasi = 1 atm = 14,69 psi

Pdesign = (120/100) x 14,69 psi = 17,64 psi

D = 85,81 in = r = 42,9 in

Tekanan yang diizinkan (f) = 12650 psi

Efisiensi pengelasan (E) = 0,85

Faktor korosi = 0,13 in

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Tebal head (th) reaktor} &= \frac{P \times ID_s}{2f \times E - 0,2P} + C \quad (53) \\ &= 0,1954 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal dinding reaktor standar, yaitu 1 in. . (Tabel 5.6, halaman 88, Brownell)

- Tinggi Head Reaktor

Diketahui :

ODs = 90 in

ts = 0,25 in

didapat : irc = 5,5 in

r = 90 in

$$a = ID_s/2 = 42,90 \text{ in}$$

$$AB = a - irc = 37,40 \text{ in}$$

$$BC = r - irc = 90 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 81,850 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 8,14 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell halaman 88 dengan $th = 1 \text{ in}$ didapat $sf = 1,5 - 4 \text{ in}$ perancangan digunakan $sf = 2 \text{ in}$

Tinggi head reaktor dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} hH &= th + b + sf \quad (54) \\ &= 11,14 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tinggi Total Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Total Reaktor} &= \text{Panjang tube (Z)} + \text{Tinggi head reaktor} \quad (55) \\ &= 507,20 \text{ in} = 12,88 \text{ m} \end{aligned}$$

- Volume Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Volume head (Vh)} &= 0,000049 \times ID_s^3 \quad (56) \\ &= 0,0005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Shell (Vs)} &= (3,14/4) \times ID_s^2 \times \text{Panjang Tube (Z)} \quad (57) \\ &= 46,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Reaktor (Vr)} &= \text{Volume head} + \text{Volume Shell} \quad (58) \\ &= 46,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Berat Tumpukan Katalis (w)

Diketahui : $\rho b = 1400 \text{ gr/cm}^3$

$Nt = 755$ buah

$IDt = 2,067$ cm

$Z = 1260$ cm

$\epsilon = 0,416$

Maka :

$$\text{Berat Tumpukan Katalis (w)} = \frac{\rho b \times Nt \times \pi}{4 IDt^2 \times z (1 - \epsilon)} \quad (59)$$

$$= 16.829.701,87 \text{ gr}$$

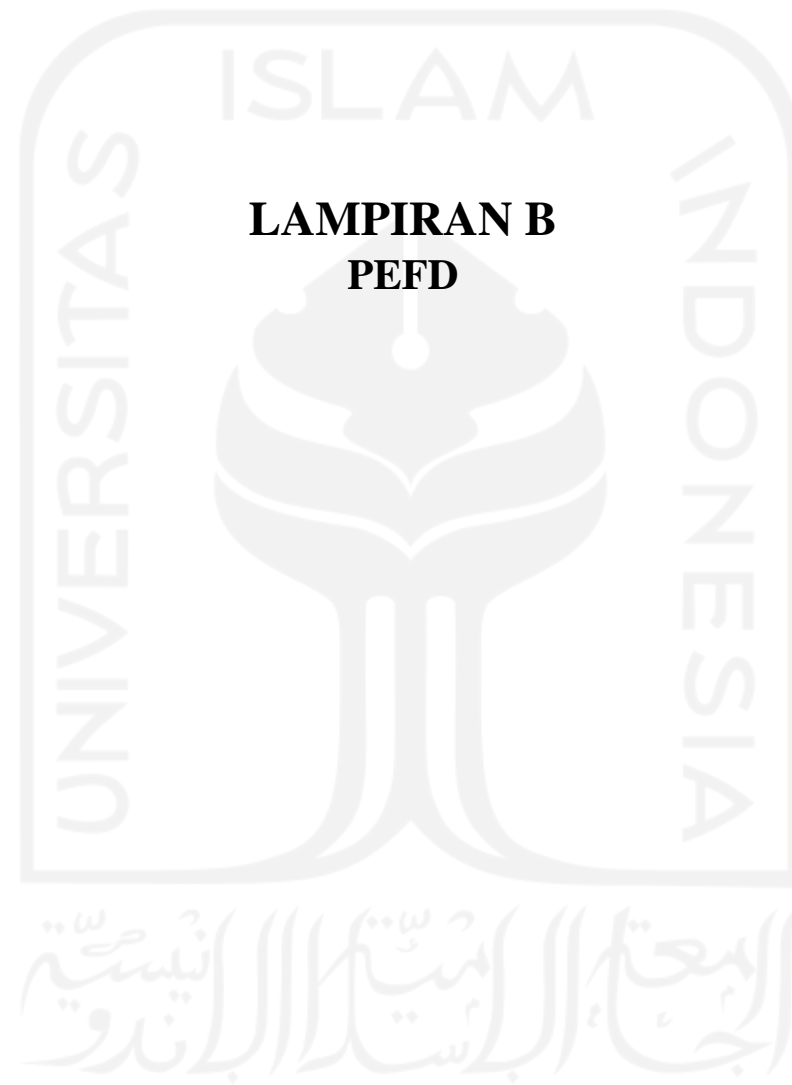
$$= 16,829,7019 \text{ kg}$$

- Volume Tumpukan Katalis (V)

$$\text{Volume Tumpukan Katalis (V)} = \frac{\rho b}{w} \quad (60)$$

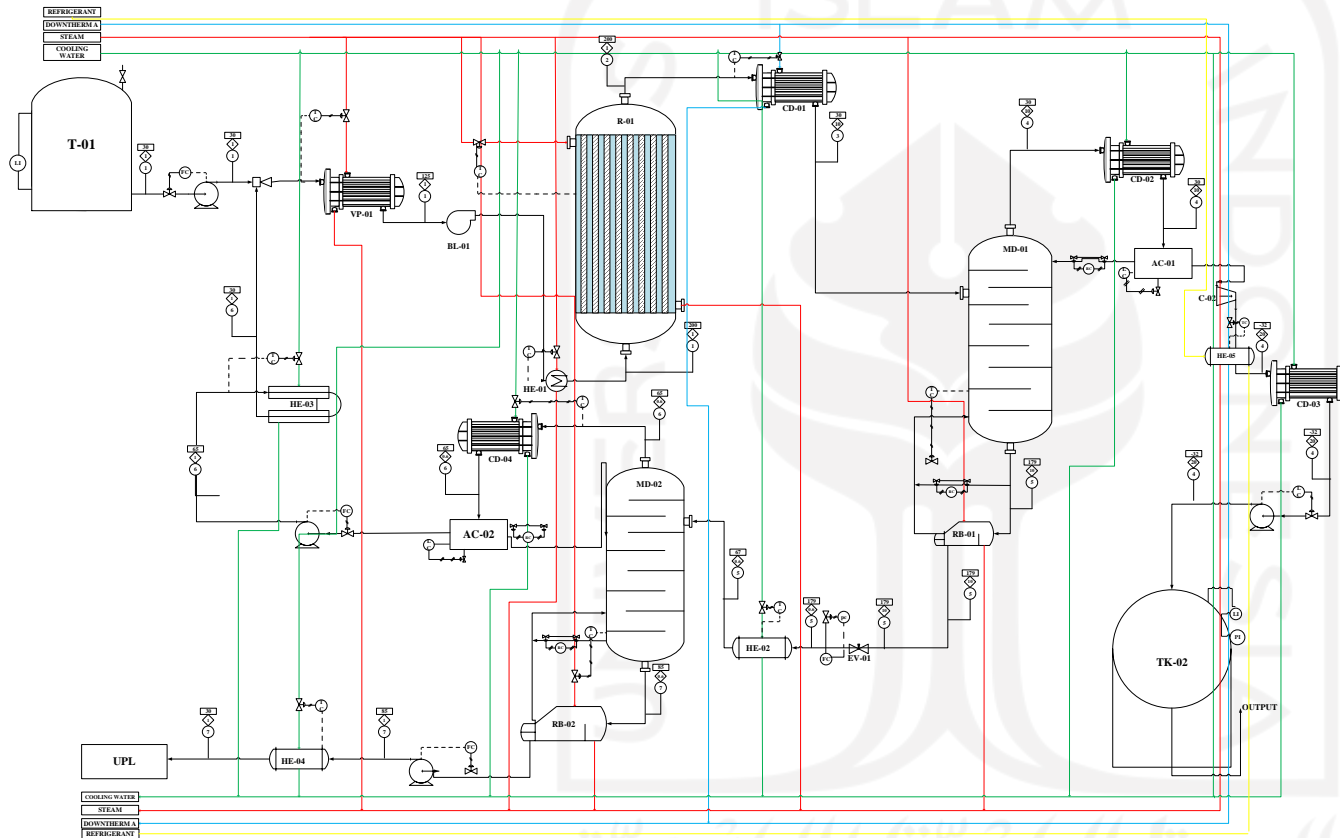
$$= 12.021.215,62 \text{ cm}^3$$

$$= 12,012 \text{ m}^3$$



LAMPIRAN B
PEFD

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN DARI ETANOL
DENGAN PROSES DEHIDRASI
KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN SIMBOL	
○	: Nomor Arus
◇	: Tekanan, atm
□	: Suhu °C
⊗	: Control Valve
⊕	: Arus Sinyal Pneumatic
⊖	: Arus Sinyal Listrik
—	: Arus Proses
— (Red)	: Arus Steam
— (Green)	: Arus Cooling water
— (Blue)	: Arus Downtherrm A

KETERANGAN ALAT	
TP	: TANGKI PENYIMPANAN
HE	: HEAT EXCHANGER
R	: REAKTOR
VP	: VAPORIZER
MD	: MENARA DISTILASI
RB	: REBOILER
CD	: CONDENSER TOTAL
AC	: ACCUMULATOR
P	: POMPA
EV	: EXPANSION VALVE

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA
--	--

SENYAWA	ARUS (KG/JAM)						
	1	2	3	4	5	6	7
C2H5OH	19831.88	694.1	694.1	6.9411	687.16	685.45	1.71
H2O	719.2911	8207.89	8207.89	26.67	8181.22	20.45	8160.77
C2H4	-	11648.96	11648.96	11648.67	-	-	-
TOTAL	20.551.17	20.550.96	20.550.96	11682.29	8868.67	705.9	8162.48

KETERANGAN INSTRUMEN	
FC	: FLOW CONTROLLER
LC	: LEVEL CONTROLLER
TC	: TEMPERATURE CONTROLLER
RC	: RATIO CONTROLLER
LI	: LEVEL INDICATOR
PI	: PRESSURE INDICATOR

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PABRIK ETILEN DARI ETANOL
DENGAN PROSES DEHIDRASI
KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN**

Dikerjakan Oleh :

- Wildan Denly Elnaufal (16521211)
- Muchsin Moh Alatas (16521212)

Dosen Pembimbing : Bachrun Sutrisno, Ir., M.Sc.
Umi Rofiqah, S.T., M.T.

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa: Wildan Denly Elnaufal

No MHS : 16521211

2. Nama Mahasiswa: Muchsin Moh Alatas

No MHS : 16521212

Judul Prarancangan)*: PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN DARI ETANOL DENGAN KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN.

Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020

Batas Akhir Bimbingan : 28 Maret 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	12 Oktober 2020	Perkenalan mahasiswa Bimbingan	
2	13 Oktober 2020	Konsultasi Judul Prarancangan Pabrik	
3	25 Desember 2020	Konsultasi Utilitas dan Ekonomi	
4	28 Desember 2020	Konsultasi Utilitas dan Ekonomi	
5	29 Desember 2020	Revisi Naskah Prarancangan Pabrik	

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 03 Januari 2021
Dosen Pembimbing 1,



Bachrun Sutrisno, Ir.,M.Sc.

)* **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

3. Nama Mahasiswa: Wildan Denly Elnaufal

No MHS : 16521211

4. Nama Mahasiswa: Muchsin Moh Alatas

No MHS : 16521212

Judul Prarancangan)* : PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN DARI ETANOL
DENGAN KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN.

Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020

Batas Akhir Bimbingan : 28 Maret 2021

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	03 Maret 2020	Perkenalan mahasiswa Bimbingan	
2	10 Maret 2020	Konsultasi Judul Prarancangan Pabrik	
3	19 Oktober 2020	Konsultasi Neraca Massa	
4	29 Oktober 2020	Konsultasi Neraca Massa	
5	10 Desember 2020	Konsultasi Neraca Panas	
6	21 Desember 2020	Konsultasi Perhitungan Alat Total	
7	29 Desember 2020	Konsultasi Naskah Prarancangan Pabrik	
8			

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 03 Januari 2021
Dosen Pembimbing 2,



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

)* **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

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