

**PRARANCANGAN PABRIK *DIETYL ETHER* dari *ETHANOL* DENGAN
PROSES DEHIDRAS KATALIS ALUMINA DENGAN KAPASITAS 20.000
TON/TAHUN
(TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (RE-201))**

(Skripsi)

**Oleh
SEBMALIA LISVIANA (1715041046)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK DIETIL ETER DARI ETHANOL DENGAN PROSES DEHIDRASI KATALIS ALUMINA KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh

Sebmalia Lisviana

Dietil eter merupakan zat kimia DEE banyak digunakan sebagai bahan pelarut untuk melakukan reaksi-reaksi organik dan memisahkan senyawa organik. DEE memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena banyak digunakan sebagai pelarut untuk reaksi-reaksi organik dan mulai dikembangkan untuk bahan bakar alternative. Diethyl ether didapatkan oleh reaksi dehidrasi etanol dengan menggunakan katalis asam kuat atau alumina. Penyediaan kebutuhan Dietil Eter dalam negeri masih sepenuhnya diperoleh dari impor, sehingga peluang untuk didirikannya pabrik Dietil Eter memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem refrigerasi, serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik nitrogliserin direncanakan sebesar 20.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik DEE direncanakan akan didirikan di Jl. Raya Manyar, Manyarejo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 158 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi lini.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 1.051.787.973.142
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 158.609.642.319
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 1.273.397.615.462
<i>Total Production Cost</i>	(TPC) = Rp 3.257.867.492.703
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 39,5%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 28,5%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b = 2,2 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a = 1,482 tahun

<i>Return on Investment before taxes</i>	$(ROI)_b = 60,6\%$
<i>Return on Investment after taxes</i>	$(ROI)_a = 58\%$
<i>Discounted cash flow</i>	$(DCF) = 57,55\%$

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka pendirian pabrik propilen oksida ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

ABSTRAK

PRE-DESIGN OF DIETHYL ETHER FACTORY FROM ETHANOL WITH CATALYST ALUMINA DEHYDRATION PROCESS CAPACITY 20.000 TON/YEAR

(REAKTOR DESIGN RE-201)

Oleh

Sebmalia Lisviana

Diethyl ether is a DEE chemical substance widely used as a solvent to carry out organic reactions and separate organic compounds. DEE has high economic value because it is widely used as a solvent for organic reactions and is starting to be developed as an alternative fuel. Diethyl ether is obtained by the ethanol dehydration reaction using a strong acid or alumina catalyst. The supply of domestic Diethyl Ether needs is still entirely obtained from imports, so the opportunity to establish a Diethyl Ether factory has good prospects. Provision of factory utilities in the form of water processing and supply systems, refrigeration systems, as well as air and instrumentation supplies. The production capacity of the nitroglycerin factory is planned at 20,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The DEE factory location is planned to be established on Jl. Raya Manyar, Manyarejo, Manyar District, Gresik Regency, East Java. The workforce required is 158 people in the form of a Limited Liability Company (PT) with a line organizational structure.

Analysis economic obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI) = Rp 1.051.787.973.142
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI) = Rp 158.609.642.319
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI) = Rp 1.273.397.615.462
<i>Total Production Cost</i>	(TPC) = Rp 3.257.867.492.703
<i>Break Even Point</i>	(BEP) = 39,5%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP) = 28,5%

<i>Pay Out Time before taxes</i>	$(POT)_b = 2,2 \text{ tahun}$
<i>Pay Out Time after taxes</i>	$(POT)_a = 1,482 \text{ tahun}$
<i>Return on Investment before taxes</i>	$(ROI)_b = 60,6\%$
<i>Return on Investment after taxes</i>	$(ROI)_a = 58\%$
<i>Discounted cash flow</i>	$(DCF) = 57,55\%$

Based on the result of the analysis above, the establishment of this propylene oxide factory is worthy of further study, because it is a factory that is profitable from an economic perspective and has relatively good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK *DIETYL ETHER* dari *ETHANOL* DENGAN
PROSES DEHIDRASI KATALIS ALUMINA DENGAN KAPASITAS
20.000 TON/TAHUN
(TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (RE-201))**

(Skripsi)

**Oleh
SEBMALIA LISVIANA (1715041046)**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK DIETIL ETER
DARI ETANOL DENGAN PROSES DEHIDRASI
KATALIS ALUMINA DENGAN KAPASITAS
20.000 TON/TAHUN.
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa

: Sebmalia Lisviana

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1715041046

Program Studi

: Teknik Kimia

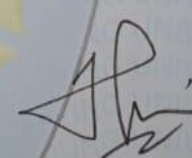
Fakultas

: Teknik

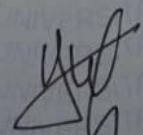
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Panca Nugrahini F, S.T., M.T.
NIP. 197302032000032001


Muhammad Haviz, S.T., M.T.
NIP. 19900128 201903 1 015

2. Ketua Jurusan


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN**1. Tim Penguji**

Ketua : **Panca Nugrahini F, S.T., M.T.**

Sekretaris : **Muhammad Haviz, S.T., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing I : **Taharuddin, S.T., M.Sc.**

Bukan Pembimbing II : **Yuli Darni, S.T., M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Juni 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024



Sebmalia Lisviana

NPM. 1715041046

RIWAYAT HIDUP

Penulis laporan ini merupakan seorang mahasiswi bernama Sebmalia Lisviana bertempat lahir di Brebes pada tanggal 23 September 1999, merupakan putri pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Jalius dan Ibu Alimah.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD N 1 Setia Negara, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Baradatu dan lulus pada tahun 2014 kemudian melanjutkan di SMA N 1 Koatagajah dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staf Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2018. Kemudian kembali menjabat sebagai Staff Departemen Riset Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2019. Menjabat sebagai Seketaris Departemen Kajian Syiar Islam dan Keumatan (KSIK) Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (Fossi-FT) periode 2019. Pada tahun 2020 penulis menjabat sebagai Wakil 1 Ketua Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Teknik (DPM-FT). Penulis menjabat sebagai Staff Dewan Perwakilan Mahasiswa Universitas Lampung pada tahun 2021 (DPM-U).

Pada tahun 2021, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Tiuh Balak Pasar, Kecamatan Baradatu Kabupaten Waykanan. Penulis melaksanakan

Kerja Praktik (KP) di Pabrik Gula Bunga Mayang pada tahun 2021 & 2023 “Evaluasi Kinerja Evaporator pada Pabrik Gula Bungamayang”. Pada tahun 2022, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pembuatan Biofoam Dengan Penambahan Nanoselulosa dari Pelepah Pisang Menggunakan Metode Thermopressing” di Laboratorium Polimer Serat dan Resin, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Motto dan Persembahan

“Demi Waktu Dhuha, Demi Malam yang Gelap dan Sunyi.
Rabbmu Tidak Meninggalkan dan Tidak Pula Membencimu”
(QS. Ad-Duha (94): 5-6)

“Hidup Ini Sementara, Dunia Sementara, Semua Yang ada di
Dunia Juga Sementara”
(Ustadz Dr. H. Adi Hidayat, Lc., M.A.)

“Udahlah, Sekarang mah Realistis aja!!!”
(-Someone-)

“Memang Tidak Sempurna, Tapi Berusahalah Menjadi Lebih
Baik Setiap Waktunya”
(Sebmalia Lisviana)

Sebuah Karyaaku...

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah SWT

Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh.

Atas berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya kecil ini.

Atas karunia dan anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.

Kepada Kedua Orang Tuaku, Ayah dan Ibu

terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan dan

keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa

dibandingkan dengan pengorbanan dan kasih sayang kalian selama ini.

Terimakasih atas segalanya. Maaf atas segala kesalahan dan juga

kekecewaan yang pernah aku berikan.

Adik-adikku, Afrillia Anggraini dan Hana Arwiana, terimakasih

atas dukungan, doa dan keceriaannya selama ini.

Sahabat-sahabatku,

terimakasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya

selama ini.

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa
ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat
berguna dan bermanfaat.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
semoga kelak berguna dikemudian hari*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Dietil Eter dari Etanol dengan Katalis Alumina Kapasitas 20.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, Ayah, Ibu, adikku Afril dan Hana serta seluruh keluarga besar atas doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan dan semangat yang telah diberikan serta cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi setiap saat.
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
3. Ibu Panca Nugrahaini, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Terima kasih juga telah mengajarkan untuk menjadi insan yang lebih literatif dan teliti.
4. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
5. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc, selaku Dosen Peguji I yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah mengaktifkan logika dan mengarahkan ke jalan yang benar.
6. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah

terus mendorong dan memberikan kemudahan untuk menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.

7. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penanggung Jawab Mata Kuliah Tugas Akhir.
8. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
9. Terimakasih kepada Muammar Kahfi Akbar sebagai partner Tugas Akhir, akhirnya kita sudah saja hahaha.
10. Terimakasih untuk sahabat terbaikku, Anggun Sukma Hidayati, Beti Wahyuningsih, Indah Pratiwi Gultom, Helen Tri Milanda, & Nisa Ariyanti yang selalu bersedia untuk aku repotkan serta dengan kesabarannya memaklumi kekurangan, keteledoran, serta ketantruman aku yang imut ini.
11. Terimakasih kepada orang-orang random penghuni grup “Idola Cilik” yang menjadi sumber kekuatan dan juga kebahagiaanku. Menjadi alasan terbesarku untuk tetap berfikir jernih dan mampu bertahan di Teknik Kimia.
12. Teman-teman ChemEng '17 yang tidak bias aku sebutkan satu-persatu, adik-adik dan kakak tingkat yang telah memberikan warna-warni kehidupan dunia kampus dan segala bantuan kepada penulis.
13. Semua pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024
Penulis,

Sebmalia Lisviana

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
HALAMAN JUDUL	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN.....	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	xi
SANWACANA	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk.....	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku	3
1.4 Analisa Pasar.....	4
1.5 Kapasitas Rancangan	8
1.6 Lokasi Pabrik	9
BAB II DESKRIPSI PROSES	14
2.1 Proses Produksi Dietil Eter	14
2.2 Tinjauan Proses.....	14
2.3 Tinjauan Termodinamika.....	18
2.4 Tinjauan Ekonomi.....	24
2.5 Tinjauan Kinetika.....	27
2.6 Proses	29
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU	32
3.1. Spesifikasi Bahan Baku	32
3.2. Spesifikasi Produksi.....	32
3.3. Spesifikasi Katalis.....	33

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	34
4.1. Neraca Massa	34
4.2. Neraca Energi.....	40
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	45
5.1 Spesifikasi Peralatan Proses.....	45
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	66
6.1. Unit Pendukung Proses	66
6.2. Pengolahan Limbah	81
6.3. Laboratorium.....	82
6.4 Instrumentasi dan Pengendalian Proses	85
BAB VII TATA LETAK PABRIK.....	87
7.1. Lokasi Pabrik	87
7.2. Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	95
BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN.....	99
8.1. Bentuk Perusahaan.....	99
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	101
8.3. Tugas dan Wewenang	102
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	108
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan	109
8.6. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	110
8.7 Jumlah Tenaga Kerja	115
8.8 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	116
8.9 Manajemen Produksi.....	119
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....	124
9.1. Investasi	124
9.2. Evaluasi Ekonomi	130
9.3. Angsuran Pinjaman.....	133
9.4. <i>Discounted Cash Flow</i> (DFC)	133
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN	135
10.1. Simpulan	135
10.2. Saran	135
DAFTAR PUSTAKA	

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI

LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E PERHITUNGAN EKONOMI DAN EVALUASI EKONOMI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN REAKTOR (RE-201)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Produsen Etanol di Indonesia.....	3
Tabel 1.2. Data Impor Dietil Eter (DEE) di Indonesia	6
Tabel 1.3. Produsen Dietil Eter (DEE) di Dunia.....	7
Tabel 1.4. Negara dengan Kebutuhan Dietil Eter di Dunia	8
Tabel 2.1. Data Entalpi dan Energi Gibbs Molar Komponen pada Kondisi Standar.....	18
Tabel 2.2. Data Kapasitas Panas Komponen	19
Tabel 2.3. Nilai Kapasitas Panas Komponen	20
Tabel 2.3. Nilai Kapasitas Panas Komponen	22
Tabel 2.4. Harga Bahan Baku, Kualitas dan Produk.....	25
Tabel 2.5. Perbandingan Proses Pembuatan Dietil Eter.....	28
Tabel 4.1. Komposisi Bahan Baku Etanol	34
Tabel 4.2 Berat Molekul Komponen.....	34
Tabel 4.3. Neraca Massa pada <i>Mixed Point</i> (MP-101)	35
Tabel 4.4. Neraca Massa pada <i>Mixed Point</i> (MP-102)	35
Tabel 4.5. Neraca Massa pada <i>Heater</i> (HE-101)	36
Tabel 4.6. Neraca Massa Akumulator.....	36
Tabel 4.7. Neraca Massa pada Reaktor (RE-201).....	36
Tabel 4.8. Neraca Massa pada Condenser	37
Tabel 4.9. Neraca Massa pada Kolom Destilasi (DC-301).....	37
Tabel 4.10. Neraca Massa pada Condenser (CD-301).....	37
Tabel 4.11. Neraca Massa pada Reboiler (RB-301)	38
Tabel 4.12. Neraca Massa pada Kolom Destilasi (DC-302).....	38
Tabel 4.13. Neraca Massa pada Condenser (CD-302).....	39
Tabel 4.14. Neraca Massa pada Reboiler (RB-302)	39

Tabel 4.15. Neraca Energi pada <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	40
Tabel 4.16. Neraca Energi pada <i>Mixed Point</i> (MP-101).....	40
Tabel 4.17. Neraca Energi <i>Vaporizer</i> (VP-101)	40
Tabel 4.18. Neraca Energi Reaktor (RE-101).....	41
Tabel 4.19. Neraca Energi Expander (EX-201).....	41
Tabel 4.20. Neraca Energi Condenser (CD-201).....	42
Tabel 4.21. Neraca Energi Mineral Destilasi (DC-301)	42
Tabel 4.22. Neraca Energi <i>Cooler</i> (H3-201).....	43
Tabel 4.23. Neraca Energi Menara Destilasi (DC-302).....	43
Tabel 4.24. Neraca Energi <i>Steam Ejector</i> (SE-301)	43
Tabel 4.25. Neraca Energi <i>Steam Ejector</i> (SE-302)	44
Tabel 4.26. Neraca Energi pada <i>Barometric Condensor</i> (BC-301).....	44
Tabel 5.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (TP-101).....	45
Tabel 5.2. Spesifikasi Pompa Proses (P-101)	46
Tabel 5.3. Spesifikasi Pompa Proses (P-101)	46
Tabel 5.4. Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-101).....	47
Tabel 5.5. Spesifikasi Akumulator (AC-101)	48
Tabel 5.6. Spesifikasi Reaktor (RE-201)	49
Tabel 5.7. Spesifikasi <i>Expander Valver</i> (EV-201).....	49
Tabel 5.8. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301)	50
Tabel 5.9. Spesifikasi Akumulator (AC-201)	51
Tabel 5.10. Spesifikasi Pipa Proses-201	51
Tabel 5.11. Spesifikasi Destilasi	52
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	52
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Akumulator</i>	53
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	54
Tabel 5.15. Spesifikasi Pompa Proses (P-301)	54
Tabel 5.16. Spesifikasi Pompa Proses (P-302)	55
Tabel 5.17. Spesifikasi Pompa Proses (P-302)	56
Tabel 5.18. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301)	56
Tabel 5.19. Spesifikasi Pompa Proses (P-304)	57
Tabel 5.20. Spesifikasi Distilasi (DC-302)	58

Tabel 5.21. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-302).....	58
Tabel 5.22. Spesifikasi Akumulator.....	59
Tabel 5.24. Spesifikasi <i>Steam Ejector</i> (SE-301).....	60
Tabel 5.25. Spesifikasi <i>Steam Ejector</i> (SE-302).....	61
Tabel 5.26. Spesifikasi <i>Barometric Condensor</i>	62
Tabel 5.27. Spesifikasi <i>Horizontal Hotwell Basin</i> (HWB-301).....	62
Tabel 5.28. Spesifikasi Pompa Proses (P-305)	63
Tabel 5.29. Spesifikasi Pompa Proses (P-306)	63
Tabel 5.30. Spesifikasi Pompa Proses (P-307)	64
Tabel 5.31. Spesifikasi Tangki Ethanol (ST-301).....	65
Tabel 6.1. Kebutuhan Air untuk <i>General Uses</i>	67
Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	68
Tabel 6.3. Kebutuhan Air Umpan Boiler	69
Tabel 6.6. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	85
Tabel 6.7. Pengendalian Variabel Utama Proses	86
Tabel 7.1. Pemilihan Lokasi Pabrik	87
Tabel 7.2. Luas Tanah untuk Pabrik Dietil Eter.....	91
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Maing-Masing Regu	110
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	111
Tabel 8.3. Jumlah Karyawan.....	112
Tabel 8.4. Sistem Gaji Karyawan	114
Tabel 9.1. Total <i>Capital Invesment</i>	125
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	126
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	127
Tabel 9.4. Biaya Administratif.....	129
Tabel 9.5. <i>Minimum acceptable percent return on investment</i>	131
Tabel 9.6. <i>Acceptable payout time</i> untuk tingkat resiko pabrik.....	132
Tabel 9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	134

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Grafik Impor Dietil Eter	6
Gambar 1.2. Lokasi Pendirian Pabrik Dietil Eter	13
Gambar 2.1. Blok Diagram Proses Dehidrasi Etanol dengan Asam Sulfat	16
Gambar 2.2. Skema Dehidrasi Etanol dengan Katalis Alumina	17
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i>	70
Gambar 6.2. Diagram <i>Cooling Water System</i>	71
Gambar 6.3. Daerator	73
Gambar 6.4. Diagram Pengolahan Air	73
Gambar 7.1. Peta Lokasi	88
Gambar 7.2. Tata Letak Pabrik	92
Gambar 7.3. <i>Lay out</i> Alat Proses	95
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	123
Gambar 9.1. Grafik Analisis Ekonomi	133
Gambar 9.2. Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i>	134

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Dengan peningkatan sektor ini, maka peningkatan unsur-unsur penunjang industri juga makin meningkat, termasuk bahan-bahan pembantu dan penunjang. Dietil Eter (DEE) merupakan salah satu dari eter komersial yang paling penting. Hal ini disebabkan DEE memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi. Di bidang industri, DEE banyak digunakan sebagai bahan pelarut untuk melakukan reaksi-reaksi organik dan memisahkan senyawa organik dari sumber alamnya. Dietil Eter (DEE) yang juga dikenal sebagai eter dan etoksi etana, adalah cairan mudah terbakar yang jernih, tak berwarna, dan bertitik didih rendah serta berbau khas. Anggota paling umum dari gugusan campuran kimiawi yang secara umum dikenal sebagai eter ini merupakan sebuah isomernya butanol. DEE memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena banyak digunakan sebagai pelarut untuk reaksi-reaksi organik dan mulai dikembangkan untuk bahan bakar alternatif. DEE memiliki titik didih 34,6 °C sehingga lebih mudah digunakan sebagai bahan bakar dibandingkan etanol.

Penggunaan sebagai pelarut diantaranya untuk pelarut minyak, lemak, getah, resin, mikroselolosa, parfum, alkaloid, dan sebagian kecil dipakai dalam industri butadiena. Di bidang kedokteran, DEE sangat identik dengan bahan anestesi (Ullmann, 1987). Dietil Eter (DEE) juga dapat digunakan sebagai bahan bakar baik sebagai campuran maupun komponen murninya. DEE dicampur dengan etanol dapat mengatasi kekurangan bahan bakar etanol (Kitto Borsa, 1998). Selama ini, etanol umumnya digunakan sebagai bahan bakar dengan cara dicampur dengan bensin (gasohol). *Gasohol* merupakan campuran bensin atau gasoline dengan etanol

grade bahan bakar 20%. Akan tetapi, penggunaan etanol ini memiliki kelemahan dimana sampai saat ini, masih mensyaratkan konsentrasi yang tinggi yaitu etanol absolut.

Untuk memperoleh etanol absolut harus melalui tahap proses fermentasi etanol, proses pemisahan etanol 95% dan proses pemurnian etanol absolut/etanol grade bahan bakar. Akibat dari kelemahan tersebut, Dietil Eter (DEE) seringkali digunakan sebagai bahan pencampur untuk mengatasi kelemahan bahan bakar etanol. Selain itu, DEE bisa digunakan sebagai aditif pada bahan bakar diesel yang terbukti dapat meningkatkan performa mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar (Widayat, 2011). Disini juga dalam penelitian, penambahan DEE dalam bahan bakar dapat mengurangi jumlah emisi NO_x dan juga CO (Polat, 2015).

Dengan adanya potensi bahan baku untuk memproduksi dietil eter, maka sangat berpotensi untuk mendirikan pabrik dietil eter di Indonesia. Dengan adanya pabrik dietil eter diharapkan mampu :

1. Mengisi kekosongan pasar dalam negeri, sehingga dapat meminimalisir impor dietil eter.
2. Membantu program pemerintahan dalam menjadikan industri kimia sebagai salah satu penggerak perekonomian nasional.
3. Menciptakan lapangan pekerjaan dan turut berupaya dalam mengurangi angka pengangguran.

1.2 Kegunaan Produk

Dietil Eter (DEE) merupakan salah satu bahan kimia yang sangat dibutuhkan dalam industri dan salah satu anggota senyawa eter yang mempunyai kegunaan yang sangat penting. Di bidang industri, dietil eter banyak digunakan sebagai bahan pelarut untuk melakukan reaksi-reaksi organik dan memisahkan senyawa organik dari sumber alamnya. Kegunaan lainnya yaitu sebagai media ekstraksi untuk memisahkan asam asetat maupun asam organik dan sebagai

pelarut untuk bahan yang mempunyai titik didih rendah (Sakuth dkk, 2012).
Kegunaan lainnya dibawah ini :

1. Penggunaan sebagai pelarut diantaranya untuk pelarut minyak, lemak, getah, resin, mikroselulosa, parfum, alkaloid, dan sebagian kecil dipakai dalam industri butadiena.
2. Sebagai bahan bakar, Dietil Eter (DEE) telah lama digunakan sebagai *starting fluid* pada mesin kendaraan bermotor di negara dengan cuaca dingin.
3. DEE dapat digunakan sebagai bahan substitusi bensin karena dapat menaikkan angka oktan pada bensin.
4. Di bidang kedokteran DEE sangat identik dengan bahan anestesi.
5. Dietil Eter (DEE) juga banyak digunakan pada industri obat-obatan, selain itu dietil eter juga digunakan sebagai pelarut untuk bahan yang mempunyai titik didih rendah (Sungkar, 2011).

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan dietil eter ini adalah etanol, Pada Tabel 1.1 merupakan pabrik yang memproduksi etanol di Indonesia.

Tabel 1.1. Produsen Etanol di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Produksi (kL/Tahun)
1	PT. Aneka Kimia Nusantara	5.000
2	PT. Basis Indah	16.000
3	PT. Bukit Manikam Subur Persada	51.200
4	PT. Indo Acidatama Chemical	50.000
5	PT. Madu Baru	6.700
6	PT. Molindo Raya Industrial	80.000
7	PT. Perkebunan Nusantara XI	6.000
8	PT. Indo Lampung Distilley	6.000

9	PT. Sampurna	16.800
10	PT. RNI dan Choi Biofuel Co	11.200
11	Kinematsu Corporation	30.000
		62.900 kL/Tahun
		209.005 Ton/Tahun

(Sumber : BPS Indonesia)

Pada Pabrik Dietil Eter akan digunakan Etanol yang dihasilkan PT. Molindo Raya Industrial dengan kapasitas 80.000 kL/tahun yang berlokasi di Jl. Sumberwaras No. 255, Lawang, Karang Sono, Kalirejo, Malang, Kabupaten Malang, Jawa Timur Kode Pos 65216, sedangkan untuk kebutuhan katalis alumina diperoleh dari Shanghai Jiuzhou Chemicals Co., Ltd dengan kapasitas produksi 7.200 ton/tahun yang merupakan bahan impor akan dikirim melalui transportasi laut.

1.4 Analisa pasar

Dietil eter adalah molekul kimia yang tidak berwarna dan sangat mudah terbakar dengan bau manis seperti eter. Ia juga dikenal sebagai etil eter atau hanya eter. Ia memiliki banyak kegunaan, antara lain sebagai pelarut dan sebagai bahan penyusun dalam produksi senyawa organik lainnya. Titik didih yang rendah dan laju penguapan yang tinggi dari cairan yang mudah terbakar ini membuatnya berguna dalam banyak proses industri. DEE merupakan salah satu produk yang termasuk dalam kategori bahan bakar alternatif yang digunakan sebagai campuran dengan bahan bakar lain atau digunakan sebagai komponen murninya. Penggunaan Dietil Eter (DEE) dalam campuran bahan bakar ini, diharapkan mampu menaikkan kualitas bahan bakar serta mengurangi substitusi etanol dalam bensin. Campuran etanol Dalam bensin sering dikenal dengan istilah gasohol. Gasohol ini telah digunakan oleh beberapa negara maju untuk mengurangi angka penggunaan bahan bakar murni.

Pasar dietil eter tersegmentasi berdasarkan aplikasi, industri pengguna akhir, dan geografi. Berdasarkan aplikasinya, pasar dibagi menjadi bahan bakar dan bahan tambahan bahan bakar, propelan, pelarut, zat antara kimia, media ekstraktif, dan aplikasi lainnya. Berdasarkan industri pengguna akhir, pasar dibagi menjadi industri otomotif, plastik, farmasi, wewangian, dan pengguna akhir lainnya. Laporan ini juga mencakup ukuran pasar dan perkiraan pasar dietil eter di 15 negara di kawasan utama. Untuk setiap segmen, ukuran dan perkiraan pasar dilakukan berdasarkan nilai (USD juta). Pasar dietil eter sebagian terfragmentasi, dengan pemain utama menguasai sebagian kecil pasar tersebut. Beberapa pemain besar tersebut antara lain BASF SE, Lyondell Basell Industries Holdings BV, Merck KGaA, dan INEOS.

(sumber :www.mordorintelligence.com)

Kebutuhan Dietil Eter (DEE) dalam sector pengaplikasiannya :

Aplikasi : Bahan Bakar dan Zat Adiktif Bahan Bakar
 Propelan
 Pelarut
 Bahan Kimia Menengah
 Media Ekstraktif

Dalam Industri Hilir Dietil Eter (DEE) banyak dibutuhkan pada industri hilir seperti berikut :

Otomotif
 Plastik
 Farmasi
 Parfum

Alasan produksi DEE ini, selain ditinjau dari beberapa aspek diatas, juga meninjau pada aspek pesaing. Di Indonesia, belum diketahui pabrik yang memproduksi DEE dan selama ini untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, Indonesia hanya mengimpor saja seperti ditunjukkan pada Tabel 1.2. sehingga peluang pasar untuk DEE dalam dan luar negeri cukup besar.

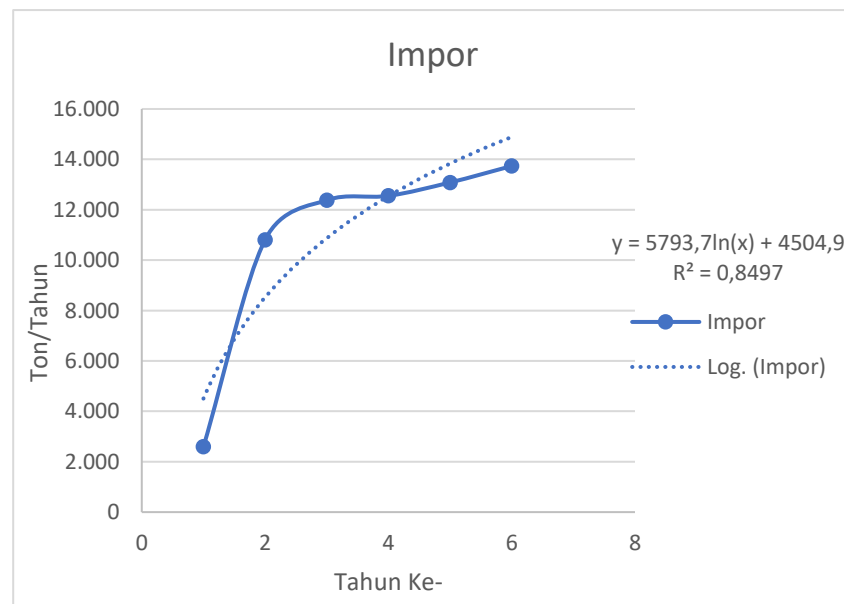
1.4.1 Data Impor Dietil eter (DEE) di Indonesia

Berikut data impor Dietil eter (DEE) di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik.

Tabel 1.2. Data Impor Dietil eter (DEE) di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah Impor (ton/tahun)
1.	2018	2.593
2.	2019	10.805
3.	2020	12.380
4.	2021	12.551
5.	2022	13.083
6.	2023	13.736

Sumber : Badan Pusat Statisti Indonesia



Gambar 1.1 Grafik Impor Dietil Eter

Berdasarkan Gambar kebutuhan dietil eter mengalami kenaikan setiap tahunnya, apabila kapasitas perancangan diprediksi menggunakan persentase pertumbuhan setiap tahunnya di dapatkan persentase

pertumbuhan rata-rata sebesar 2-5 %, dapat dilihat pada Tabel 1.2. prediksi kebutuhan dietil eter pada tahun 2033 yaitu sebesar 24.475 ton/tahun.

Hal tersebut menunjukkan bahwa minat pasar di Indonesia terhadap dietil eter cukup tinggi dan terus meningkat, maka dengan ini pendirian pabrik dietil eter di Indonesia perlu didirikan untuk mengurangi ketergantungan impor Indonesia dan menghemat devisa negara serta untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia.

1.4.2 Data Produksi Dietil eter (DEE) di Indonesia

Dietil eter di Indonesia hanya terpenuhi dari impor luar negeri dan belum diketahui pasti pabrik penghasil Dietil eter di Indonesia, sedangkan untuk ekspor dan produksi yaitu tidak ada atau diasumsikan nol (0).

1.4.3 Data Pabrik Penghasil Dietil eter di Dunia

Berikut data Pabrik Penghasil *Dietil eter* (DEE) di Dunia :

Berikut ini merupakan pabrik dietil eter yang telah beroperasi di dunia dengan kapasitas pertahunnya.

Tabel 1.3. Produsen Dietil eter di Dunia

No.	Produsen	Negara	Kapasitas
1	Otto Chemie Pvt	Jepang	25.000
2	SODES	Perancis	20.000
3	Sigma Solvent & Pharmateucal	India	19.000
4	Equistar Chemicals	Amerika Serikat	25.000
5	Junsei Kimia	Jepang	20.000
6	Shijiazhuang Huan	China	25.000
7	INEOS	Amerika Serikat	34.000
Rata - rata kapasitas			24.000

(Sumber : Wibowo, Andi. 2014, Dalam Pengkajian dan Penerapan Teknologi)

1.5 Kapasitas Rancangan

Berdasarkan kebutuhan impor DEE di Indonesia dari Tabel 1.2 diperoleh persamaan regresi linear $y = 5793,7 \ln x + 4504,9$ dan $R^2 = 0,8497$ (Gambar 1.1). Dengan persamaan tersebut dapat dikalkulasikan proyeksi kebutuhan DEE Indonesia untuk 10 tahun ke depan pada tahun 2033 berkisar pada 24475 ton/tahun.

Namun dalam peraturan perundang-undangan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 tentang praktik monopoli dan persaingan usaha tidak sehat pada bab III pasal 4 ayat 2 yang menyatakan pelaku usaha atau kelompok pelaku usaha tidak diperbolehkan menguasai lebih dari 80 % pangsa pasar. Sehingga untuk menentukan kapasitas produksi ditetapkan 80 % sebesar 24475 ton/tahun. Maka kapasitas pabrik yang akan didirikan yaitu sebesar 20.000 ton/tahun, jumlah tersebut untuk memenuhi kebutuhan DEE dalam negeri dan untuk diekspor ke negara lain.

Berikut negara tujuan ekspor berikut dengan kebutuhan Dietil Eter adalah Taiwan, China, Singapura, Malaysia, Brunei Darussalam, dan lainnya, berikut daftar tabel 1.4 :

Tabel 1.4. Negara dengan kebutuhan Dietil eter di Dunia

Benua	Negara
Asia Pasifik	China
	India
	Jepang
	Singapura
	Brunei Darussalam
	Taiwan

	Korea Selatan
	Amerika Serikat
Amerika Utara	Kanada
	Meksiko
	Jerman
Eropa	Britania Raya
	Italia
	Prancis
	Brazil
Amerika Selatan	Argentina
Timur Tengah	Arab Saudi
dan Afrika	Afrika Selatan

1.6 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh pada keberadaan suatu pabrik, baik dari segi komersial maupun kemungkinan pengembangan di masa mendatang. Oleh karena itu lokasi pabrik sangat menentukan keberlangsungan jalannya pabrik dimasa yang akan datang. Pabrik DEE direncanakan akan didirikan di Jl. Raya Manyar, Manyarejo, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku ialah kebutuhan pokok dari keberlangsungan sebuah industri. Maka dari itu pemilihan lokasi yang tepat untuk pengadaan bahan baku tentu saja sangat penting untuk diperhatikan. Semakin dekat pabrik penyedia bahan baku, maka biaya untuk transportasi akan minimum. Bahan baku yang akan digunakan dalam produksi Dietil Eter (DEE) adalah Etanol. Etanol diperoleh PT. Molindo Raya Industrial dengan kapasitas produksi 80.000 kL/tahun yang berlokasi di Jl. Sumberwaras No. 255,

Lawang, Karang Sono, Kalirejo, Malang, Kabupaten Malang, Jawa Timur Kode Pos 65216,.

2. Pemasaran produk

Daerah Gresik adalah daerah industri kimia yang besar dan terus berkembang dengan pesat. Hal ini menjadikan Gresik sebagai pasar yang baik bagi dietil eter. Sampai saat ini pabrik yang membutuhkan dietil eter sebagian besar masih terdapat di pulau Jawa. Pemasaran dietil eter dari Gresik ke luar pulau Jawa dan pulau Jawa tidaklah sulit karena sudah tersedianya sarana transportasi laut yang cukup memadai. Target pemasaran pabrik Dietil eter disini adalah untuk pemenuhan pabrik dalam dan luar negeri untuk diekspor.

3. Sarana transportasi

Sarana transportasi sangat diperlukan guna menunjang dalam hal pemenuhan bahan baku maupun dalam hal pendistribusian produk. Pemilihan Gresik sebagai lokasi pendirian pabrik dinilai strategis karena dekat dengan kota sebagai pemukiman dan sumber daya manusia, dekat dengan pabrik penyedia bahan baku sehingga dapat menghemat biaya pengiriman bahan baku dan dekat dengan pesisir laut yang dapat memudahkan pendistribusian produk nantinya.

4. Utilitas

Fasilitas pendukung berupa air, listrik, dan bahan bakar tersedia dan dinilai memadai dikarenakan Gresik merupakan kawasan industri. Konsumsi energi listrik di Kab. Gresik sebesar 1.940.561 MWH (BPS,2018). Sumber listrik di Kab. Gresik berasal dari PLN dengan kapasitas total terpasang sebesar 2.140 MW yang berasal dari PLN yang diproduksi oleh PLTU, PLTG, dan PLTGU yang berada di Kab. Gresik (Citrabangsa, 2018).

(sumber:www.ptpjb.com)

Untuk konsumsi Air dari Bendung Gerak Sembayat yang memiliki tampungan *Long Storage* untuk keperluan penyediaan air baku sebesar 10 juta m³. Air baku tersebut juga dapat dimanfaatkan untuk irigasi seluas 800 ha, irigasi pompa 3.569 ha, penyediaan air domestik dan industri 1.258 m³/dtk dan mencegah intrusi air laut. Bendung Gerak ini memiliki 7 pintu air yang dikerjakan oleh PT. Waskita Karya, PT. Wijaya Karya dan PT. Brantas Abipraya.

(sumber : kompuSDA/birkompupr)

Untuk pemenuhan bahan bakat industri di Kabupaten Gresik solar Industri merupakan perusahaan yang melayani proses pengiriman BBM dengan produk utama yaitu Bio Solar (B30) dan Minyak Bakar (MFO) untuk area sasaran di wilayah Indonesia. Proses distribusi dapat dilakukan di wilayah Gresik. PT. Megah Anugerah Energi adalah perusahaan resmi Pertamina yang menyediakan produk solar industri non-subsidi di area Provinsi Jawa Timur. Sebagai agen solar industri resmi, kami berkomitmen untuk memberikan layanan terbaik dan profesional bagi setiap customer.

(sumber : solarindustri.com)

Kondisi wilayah suatu daerah juga merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pendirian Pabrik DEE agar pabrik dapat beroperasi sesuai target. Adanya data kondisi geografis suatu wilayah tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pemilihan lokasi suatu pabrik. Berdasarkan data BMKG pada tahun 2024, diperoleh data kondisi wilayah sebagai berikut Kondisi geografis Kab. Gresik seperti berikut :

- Kelembapan udara rata-rata = $\pm 75 \%$
- Suhu udara rata-rata = 28,5 oC
- Curah hujan rata-rata = 128,00 mm³
- Potensi gempa = Rendah
- Potensi Banjir = Sedang (kawasan rawan banjir 9.426,115 Ha)

- Kecepatan Angin = 10 km/h
- Luas Wilayah = 113.700 Ha

(Sumber : www.bmkg.go.id)

5. Tenaga kerja

Suatu pabrik membutuhkan tenaga kerja untuk menunjang kegiatan produksi. Tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu sumber daya manusia yang produktif dan kompeten di bidangnya masing-masing. Latar belakang pendidikan yang dibutuhkan yaitu lulusan dari strata 1, diploma 3 maupun SMA/SMK sederajat. Di wilayah Gresik merupakan kota padat penduduk sehingga tidak akan mengalami kendala dalam pemenuhan tenaga kerja. Upah minimum kabupaten/kota (UMK) untuk wilayah Kab. Gresik pada tahun 2024 sebesar Rp Rp 4.642.031 (Gubernur Jawa Timur, 2024)

(sumber : www.pasuruankab.go.id).

6. Karakteristik lokasi

Pertimbangan untuk pemilihan lokasi didirikannya pabrik berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik di masa depan. Luas lahan yang tersedia di suatu wilayah tersebut sebaiknya masih memungkinkan untuk perluasan area pabrik. Pemilihan lokasi biasanya ditujukan pada kawasan yang telah dipetakan oleh pemerintah untuk digunakan sebagai area industri agar kegiatan industri dapat terpusat di suatu wilayah tertentu. Lahan yang akan digunakan untuk menunjang pendirian Pabrik haruslah merupakan lahan yang dibutuhkan untuk industri. Harga dari lahan juga harus diperhatikan untuk pertimbangan pemilihan lokasi pabrik karena akan berpengaruh dalam perhitungan ekonomi pabrik. Untuk lahan industri di wilayah Kab. Gresik harga lahan industri sebesar Rp 3,75 jt/m² belum termasuk PPN.

Di sisi lain pemilihan lokasi pendirian pabrik di Gresik adalah minimnya resiko bencana alam di wilayah Jawa bagian Timur, sehingga pabrik dapat

berjalan dengan lebih aman. Berikut gambar dari satelit untuk penampakan lahan dari angkasa dengan citra google earth.



Gambar 1.2 Lokasi Pendirian Pabrik Dietil eter

BAB II. DESKRIPSI PROSES

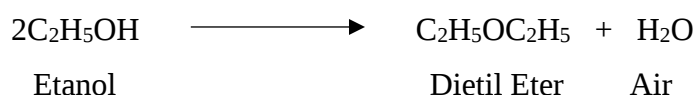
2.1. Proses Produksi Dietil Eter

Ada beberapa macam proses pembuatan dietil eter, yaitu:

1. Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat
2. Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina

(Kirk & Othmer, 1991).

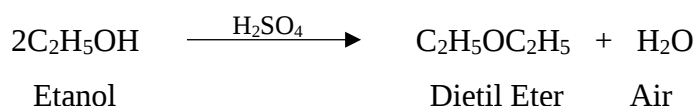
Reaksi Dehidrasi merupakan reaksi yang paling penting dari etil alkohol atau etanol untuk membentuk suatu produk. Ikatan C–O dan ikatan C–H yang bersebelahan akan putus dan membentuk ikatan rangkap dua. Reaksi dehidrasi memerlukan adanya asam dan pemanasan, yang umumnya dilakukan salah satu dari dua kemungkinan berikut : (1) memanaskan etanol dengan asam sulfat atau asam fosfat. Meskipun asam sulfat sering dipilih untuk katalis dehidrasi, asam kuat apapun juga dapat menyebabkan dehidrasi alkohol. atau (2) uap alcohol dilewatkan pada katalis, umumnya katalis alumina (Al_2O_3), pada suhu tinggi, (Riwiyanto,2009). Berikut merupakan contoh mekanisme reaksi dehidrasi:



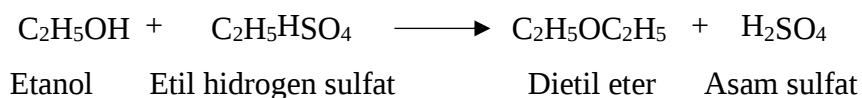
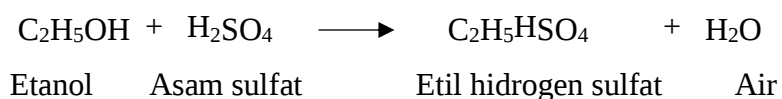
2.2. Tinjauan Proses

1. Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat

Dehidrasi etil alkohol (C_2H_5OH) secara kontinyu dengan asam sulfat (H_2SO_4) pertama diuraikan oleh P.Boullay, tetapi kemudian ditetapkan sebagai Proses Barbet (Kirk & Othmer, 1982). Proses produksi secara tidak langsung adalah dimana dietil eter merupakan produk samping dalam proses produksi etanol (C_2H_5OH) dari etilen (C_2H_4). Proses asam sulfat dilakukan dengan cara bahan baku etanol (C_2H_5OH) dan katalis asam sulfat (H_2SO_4) (katalis homogen) dipanaskan sampai *temperature* antara $125-140^\circ C$. Umpan alkohol secara kontinyu masuk ke dalam campuran asam-alkohol dengan pemanasan terlebih dahulu mendekati suhu $127^\circ C$. Proses dilakukan pada reaktor *stainless steel* yang dilapisi timbal, dilengkapi pemanas koil dan pelindung kebocoran asam. Adapun dibutuhkan 2 mol katalis H_2SO_4 untuk membentuk satu mol Dietil eter berdasarkan Patent No.US 8,710,277 B2. Reaksi yang terjadi pada proses dehidrasi etanol menggunakan katalis asam sulfat adalah sebagai berikut:



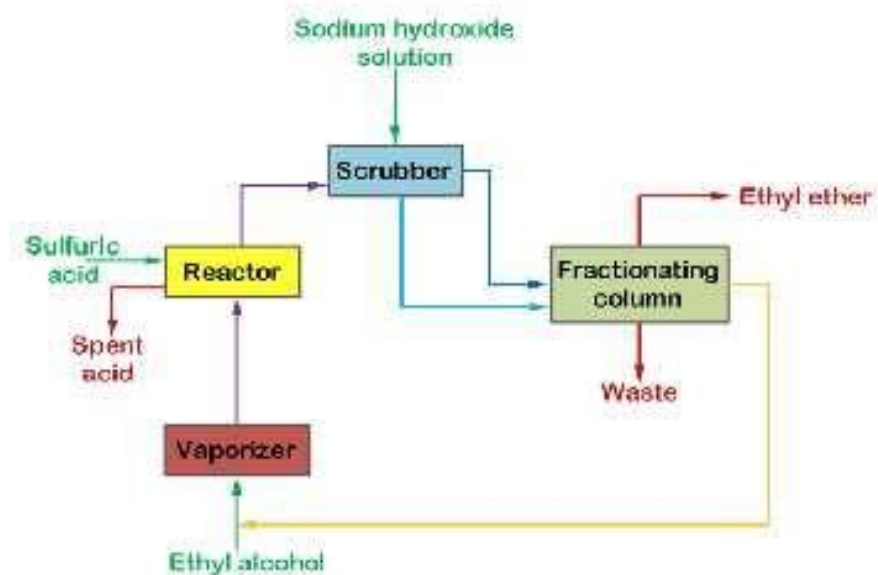
Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Mekanisme reaksi tersebut menunjukkan bahwa gugus etil C_2H_5 dari etanol akan mengikat gugus SO_4 dari H_2SO_4 membentuk etil sulfat $C_2H_5HSO_4$ dan H_2O dari gugus OH^- etanol dengan gugus H^+

asam sulfat. Etil sulfat yang terbentuk akan bereaksi dengan etanol kembali membentuk DiEtil Eter dan asam sulfat (Fessenden,1999)

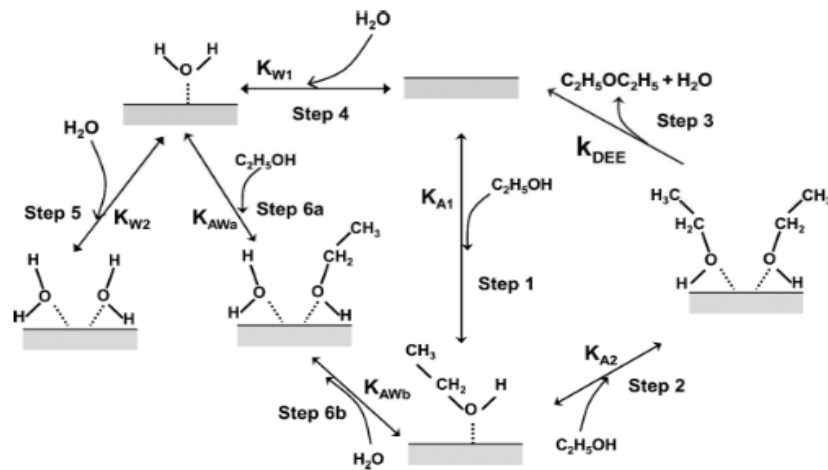
Untuk menghilangkan sulfur dioksida (SO_2) dan asam sulfat (H_2SO_4), campuran dari reaktor dilewatkan *caustic scrubber*. Hasil yang mengandung sedikit larutan alkali, dietil eter ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$), alkohol dipisahkan dengan kolom fraksi. Setelah pemisahan terjadi, alkohol yang tidak bereaksi dengan air di *recycle*, dan dietil eter ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$) sebagai hasil disimpan pada tangki-tangki penyimpanan (Kirk & Othmer, 1991). Meskipun begitu, Proses Barbet mempunyai kelemahan dalam pemisahan katalis. Hal ini dikarenakan sifat katalis asam sulfat yang homogen dan bersifat korosif. Dengan demikian membutuhkan investasi peralatan yang cukup mahal (Ullmann, 1987).



Gambar 2.1 Blok Diagram Proses Dehidrasi Etanol Dengan Asam Sulfat (Panda,2002)

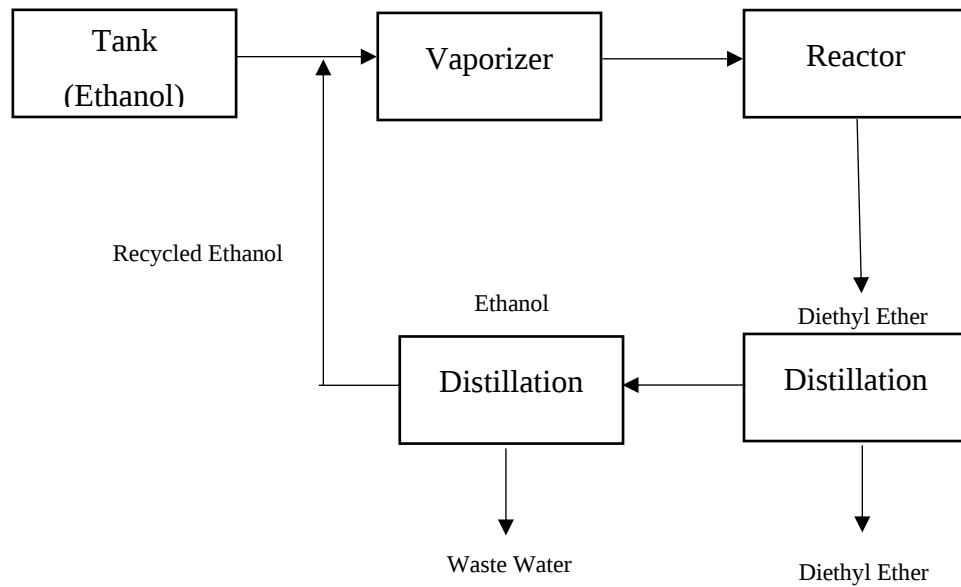
2. Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis

γ -Alumina banyak dipakai sebagai katalis maupun pendukung katalis dalam reaksi dehidrasi dan dehidrogenasi alkohol. Keaktifan dan kereaktifan katalis heterogen ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain adalah luas permukaan katalis padatan, volume dan besarnya pori serta distribusi sisi aktif. Alumina dan terutama γ -Alumina banyak digunakan sebagai katalis dan pendukung katalis, karena selain memiliki luas permukaan yang besar ($150\text{--}300\text{ m}^2/\text{g}$) juga memiliki sisi aktif yang bersifat asam dan basa. Sifat aktif ini dihasilkan dari pelepasan molekul air dari permukaan γ -alumina sebagai berikut: Bahan baku etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) diuapkan dan dialirkan kedalam reaktor *fixed bed multitube* dengan katalisator berupa alumina dan beroperasi pada suhu $200 - 250^\circ\text{C}$ dengan tekanan 2 atm sehingga dihasilkan dietil eter ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$) dan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Hasil keluar reaktor dikondensasi kemudian dimurnikan dengan menggunakan distilasi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



(Joseph F Dewilde, 2013)

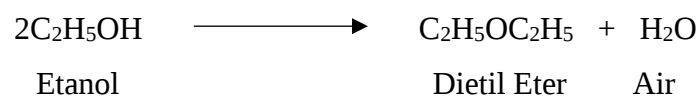
Gambar 2.2 Skema Dehidrasi Etanol dengan Katalis Alumina



2.3. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis / eksotermis) dan arah reaksi (*reversible* / *irreversible*). Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

Reaksi produksi DEE proses dehidrasi ethanol :



Berikut merupakan data untuk ΔH dan ΔG :

Table 2.1 Data Entalpi dan Energi Gibbs molar komponen pada kondisi standar (298,15 K)

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-235	-167,7
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	-250,8	-120,7

C ₂ H ₄	52,5	68,5
H ₂ O	-241,8	-227,36

Sumber : Yaws, 1999

Tabel 2.2 Data kapasitas panas komponen

Komponen	A	B	C	D	E
C ₂ H ₅ OH ^{a)}	27,091	0,11055	1,0957E-04	-1,505E-07	4,6601E-11
C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅ ^{a)}	35,979	0,28444	-1,2673E-06	-1,013E-07	3,4529E-11
C ₂ H ₄ ^{a)}	32,083	-0,01483	2,4774E-04	-2,377E-07	6,8274E-11
H ₂ O ^{b)}	3,47	0,00145	0	12100	0

Sumber : ^{a)} Yaws, 1999, dengan $C_p = (A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4)$

^{b)} Smith et al, 2001, dengan $C_p = R (A + BT + CT^2 + DT^{-2})$

- Berikut merupakan perhitungan ΔH dan ΔG dengan menggunakan H₂SO₄:

$$\Delta H = \Delta H^\circ + \Delta C_p (T - T_0)$$

(Smith et al., 2001)

Menghitung enthalpi reaksi standar (ΔH) pembentukan dietil eter, ($T = 298,15 \text{ K}$)

$$H^\circ = \Sigma(n\Delta H_{f^\circ})_{\text{produk}} - \Sigma(n\Delta H_{f^\circ})_{\text{reaktan}}$$

(Bird, 1987)

$$\Delta H_{f1}^\circ = \Sigma(n\Delta H_{f^\circ})_{\text{produk}} - \Sigma(n\Delta H_{f^\circ})_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = [n(\Delta H_{f^\circ} \text{ C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5) + n(\Delta H_{f^\circ} \text{ H}_2\text{O})] - [n(\Delta H_{f^\circ} \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH})]$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = [(-250,8) + (241,8)] - [2(235)]$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = 492,6 - 470 = -22,6 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = -22.600 \text{ J/mol}$$

Menghitung nilai kapasitas panas (C_p)

Berdasarkan data pada Tabel 2. Diperoleh nilai C_p masing-masing komponen pada kondisi operasi sebagai berikut :

Tabel 2.3 Nilai Kapasitas Panas Komponen

Komponen	Kapasitas Panas (C_p) (J/mol.K)
C_2H_5OH	82,2
$C_2H_5OC_2H_5$	147,0
H_2O	1489,2

Sehingga diperoleh nilai ΔC_p untuk dietil eter :

$$\begin{aligned}
 \Delta C_p &= \sum_i n_i C_{p_i} \\
 &= n(C_{p_{C_2H_5OH}}) + n(C_{p_{C_2H_5OC_2H_5}}) + n(C_{p_{H_2O}}) \\
 &= (-2(82,2)) + 147,0 + 1489,2 \\
 &= 1470,0 \text{ J/mol.K}
 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai ΔH^0

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= \Delta H^0 + \Delta C_p(T - T_0) \\
 &= -22.600 \text{ J/mol} + 1470,0 \text{ J/mol.K} (513,15 \text{ K} - 298,15 \text{ K}) \\
 &= 1,47 \cdot 10^5 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Menghitung Energi bebas gibbs (ΔG)

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K_c$$

(Bird, 1987)

Menghitung energy gibbs pembentukan standar (ΔG^0) ($T = 298,15 \text{ K}$)

$$\Delta G^0 = \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{produk}} - \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{reaktan}}$$

(Bird, 1987)

$$\Delta G^0 = \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{produk}} - \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^0 = [(-120,7) + (-227,36)] - [2(-167,7)]$$

$$\Delta G^0 = 348,06 - 335,4 = -12,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^0 = 12.660 \text{ J/mol}$$

Menentukan konstanta kesetimbangan pada kondisi standar (K_{CO}), ($T = 298,15 \text{ K}$)

$$K_{CO} = e^{-\Delta G/RT}$$

(Bird,1987)

$$K_{CO} = e^{-12.660/8,314 \cdot 298,15}$$

$$K_{CO} = 164,93$$

Menentukan konstanta kesetimbangan pada kondisi operasi (K_{CO}), ($T = 513,15 \text{ K}$)

$$\ln \frac{K_{C1}}{K_{C2}} = \frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

(Bird,1987)

$$\ln \frac{K_{CO}}{K_C} = \frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{164,93}{K_C} = \frac{-22.600}{8,314} \left(\frac{1}{413,15} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$$\ln \frac{164,93}{K_C} = 2,537$$

$$\frac{164,93}{K_C} = e^{2,537}$$

$$K_C = \frac{164,93}{e^{2,537}} = 13,037$$

Sehingga diperoleh (ΔG) :

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K_C$$

$$\Delta G = 12.660 \frac{J}{mol} + (8,314 \frac{J}{mol} \cdot K) (413,15 \text{ K}) (\ln 13,037)$$

$$\Delta G = -3839,858 \text{ J/mol}$$

Energi bebas Gibbs (ΔG) digunakan untuk menentukan apakah reaksi spontan, tidak spontan atau berada dalam kesetimbangan, jika nilai ΔG adalah negatif berarti reaksi berjalan spontan, jika bernilai positif berarti reaksi

berjalan secara tidak spontan, sedangkan jika nilai ΔG adalah nol berarti reaksi berada dalam kesetimbangan.

- Berikut merupakan perhitungan ΔH dan ΔG dengan menggunakan katalis γ -alumina :

Menghitung entalpi reaksi (ΔH) dengan kondisi operasi ($T = 513,15 \text{ K}$, $P = 2 \text{ atm}$)

$$\Delta H = \Delta H^\circ + \Delta C_p (T - T_0)$$

(Smith et al., 2001)

Menghitung enthalpi reaksi standar (ΔH) pembentukan dietil eter, ($T = 298,15 \text{ K}$)

$$H^\circ = \Sigma(n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \Sigma(n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

(Bird, 1987)

$$\Delta H_{f1}^\circ = \Sigma(n\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - \Sigma(n\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = [n(\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5) + n(\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [n(\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH})]$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = [(-250,8) + (241,8)] - [2(235)]$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = 492,6 - 470 = -22,6 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H_{f1}^\circ = -22.600 \text{ J/mol}$$

Menghitung nilai kapasitas panas (C_p)

Berdasarkan data pada Tabel 2. Diperoleh nilai C_p masing-masing komponen pada kondisi operasi sebagai berikut :

Tabel 2.3 Nilai Kapasitas Panas Komponen

Komponen	Kapasitas Panas (C_p) (J/mol.K)
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	92,3
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	165,0
H_2O	1490,11

Sehingga diperoleh nilai ΔC_p untuk dietil eter :

$$\begin{aligned}\Delta C_p &= \sum_i n_i C_{p_i} \\ &= n(C_{p_{C_2H_5OH}}) + n(C_{p_{C_2H_5OC_2H_5}}) + n(C_{p_{H_2O}}) \\ &= (-2(92,3)) + 165,0 + 1490,11 \\ &= 1470,0 \text{ J/mol.K}\end{aligned}$$

Diperoleh nilai ΔH^0

$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta H^0 + \Delta C_p(T - T_0) \\ &= -22.600 \text{ J/mol} + 1470,0 \text{ J/mol.K} (488,15 \text{ K} - 298,15 \text{ K}) \\ &= 2,57 \cdot 10^5 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

Menghitung Energi bebas gibbs (ΔG)

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K_c$$

(Bird, 1987)

Menghitung energy gibbs pembentukan standar (ΔG^0) ($T = 298,15 \text{ K}$)

$$\Delta G^0 = \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{produk}} - \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{reaktan}}$$

(Bird, 1987)

$$\Delta G^0 = \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{produk}} - \sum (n \Delta G_f^0)_{\text{reaktan}}$$

$$\Delta G^0 = [(-120,7) + (-227,36)] - [2(-167,7)]$$

$$\Delta G^0 = 348,06 - 335,4 = -12,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^0 = 12.660 \text{ J/mol}$$

Menentukan konstanta kesetimbangan pada kondisi standar (K_{C0}), ($T = 298,15 \text{ K}$)

$$K_{C0} = e^{-\Delta G/RT}$$

(Bird, 1987)

$$K_{C0} = e^{-12.600/8,314 \cdot 298,15}$$

$$K_{C0} = 164,93$$

Menentukan konstanta kesetimbangan pada kondisi operasi (K_{C0}), ($T = 513,15 \text{ K}$)

$$\ln \frac{K_{C1}}{K_{C2}} = \frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

(Bird,1987)

$$\ln \frac{K_{C0}}{K_C} = \frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{164,93}{K_C} = \frac{-22.600}{8,314} \left(\frac{1}{488,15} - \frac{1}{298,15} \right)$$

$$\ln \frac{164,93}{K_C} = 3,548$$

$$\frac{164,93}{K_C} = e^{3,548}$$

$$K_C = \frac{164,93}{e^{3,548}} = 4,744$$

Sehingga diperoleh (ΔG) :

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K_C$$

$$\Delta G = 12.660 \frac{J}{mol} + (8,314 \frac{J}{mol} \cdot K) (488,15 \text{ K}) (\ln 4,744)$$

$$\Delta G = -6.341,3 \text{ J/mol}$$

Energi bebas Gibbs (ΔG) digunakan untuk menentukan apakah reaksi spontan, tidak spontan atau berada dalam kesetimbangan, jika nilai ΔG adalah negatif berarti reaksi berjalan spontan, jika bernilai positif berarti reaksi berjalan secara tidak spontan, sedangkan jika nilai ΔG adalah nol berarti reaksi berada dalam kesetimbangan.

2.4. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Berikut ini perbandingan harga bahan baku dan harga produk pada tahun 2023.

Tabel 2.4. Harga Bahan Baku, Katalis dan Produk

Proses	Bahan Baku	BM	Harga
Dehidrasi Etanol	Etanol	46,069	12.686,00
Dengan Katalis H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	98	5.550,00
	Dietil Eter	74,123	230.000
Dehidrasi Etanol	Etanol	46,069	12.686,00
Dengan Katalis γ -Alumina	γ -Alumina.	-	9.990,00
	Dietil Eter	74,123	230.000

Berikut Perhitungan ekonomi kasar dehidrasi etanol menjadi dietil eter dengan katalis asam sulfat :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Produksi} &= 20.000 \text{ ton/tahun} \\
 &= 20.000.000 \text{ kg/tahun} \\
 &= 2.474,747 \text{ kg/jam} \\
 &= 33,38 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Konversi etanol menjadi diethyl eter} = 95\%$$

	$2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	+	H_2O
Mula -mula	:213,3357		-		-
Reaksi	: 66,774		33,387		33,387
Sisa	: 146,5616		33,387		33,387

Produk yang terbentuk pada reaksi diatas adalah $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ sebanyak 28,379 kmol/jam atau 2.103,5 kg/jam. Maka berdasarkan perbandingan stoikiometri untuk memenuhi kapasitas produksi dibutuhkan etanol sebanyak:

$$\text{Konversi} = \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{mol umpan}}$$

$$0,313 = \frac{66,774}{\text{mol umpan etanol}}$$

$$\text{Mol Etanol} = \frac{66,774}{0,313} = 213,335 \text{ kmol/jam}$$

Sehingga massa etanol yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{Massa Etanol} &= \text{Mol etanol} \times \text{BM} \\ &= 74,193 \times 213,335 = 9.828,1628 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Adapun Massa Katalis H_2SO_4 yang dibutuhkan sebanyak 2x mol Etanol, sehingga banyaknya katalis dapat ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} \text{Mol H}_2\text{SO}_4 &= \text{Mol Dietil eter} \times 2 \\ &= 9.828,1628 \text{ kmol/jam} \times 2 \\ &= 19.656,33 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Maka massa H_2SO_4 yang dibutuhkan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Massa H}_2\text{SO}_4 &= \text{Mol H}_2\text{SO}_4 \times \text{BM} \\ &= 19.656,33 \times 98 = 1.927.872,77 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Adapun perhitungan ekonomi untuk dehidrasi etanol menjadi dietil eter dengan katalis asam γ -Alumina adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= 20.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 20.000.000 \text{ kg/tahun} \\ &= 2.474,74 \text{ kg/jam} \\ &= 33,387 \text{ mol/jam} \\ \text{Konversi etanol menjadi diethyl eter} &= 90\% \end{aligned}$$

	$2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\xrightarrow{\gamma\text{-Alumina}}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	$+\text{H}_2\text{O}$
Mula -mula	: 74,193		-	-
Reaksi	: 66,774		33,387	33,387
Sisa	: 7,419		33,387	33,387

Produk yang terbentuk pada reaksi diatas adalah $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ sebanyak 28,379 kmol/jam atau 2.103,5 kg/jam. Maka berdasarkan perbandingan stoikiometri untuk memenuhi kapasitas produksi dibutuhkan etanol sebanyak:

$$\begin{aligned}
 \text{Konversi} &= \frac{\text{mol yang bereaksi}}{\text{mol umpan}} \\
 0,9 &= \frac{66,774}{\text{mol umpan etanol}} \\
 \text{Mol Etanol} &= \frac{66,774}{0,9} = 74,193 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga massa etanol yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Etanol} &= \text{Mol etanol} \times \text{BM} \\
 &= 74,193 \times 46,069 = 3.418,0166 \text{ Kg/jam}
 \end{aligned}$$

Adapun Massa Katalis H_2SO_4 yang dibutuhkan sebanyak 2x mol DEE yang dihasilkan, sehingga banyaknya katalis dapat ditentukan dengan :

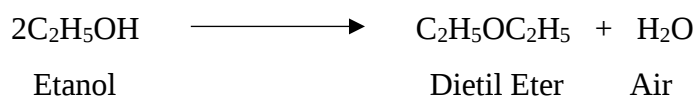
Maka massa γ -Alumina yang dibutuhkan yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Massa } \gamma\text{-Alumina} &= \text{Massa Etanol} \\
 &= 3.418,0166 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Adapun perbandingan produksi dietil eter dengan katalis H_2SO_4 dan γ -Alumina memberikan hasil bahwa proses dengan menggunakan katalis alumina lebih menguntungkan.

2.5. Tinjauan Kinetika

Reaksi produksi DEE proses dehidrasi ethanol dengan menggunakan katalis dan γ -Alumina :



Nilai Kecepatan Reaksi (-ra) :

Nilai (-ra) di dapatkan dari jurnal (Joseph F. DeWilde, dkk. 2013. *Kinetic and Mechanism OF Ethanol Dehydration on γ -Alumina : The Critical Role of Dimer Inhibition*)

$$r = \frac{K_{DEE} P_{EtOH}^2}{P_{EtOH}^2 + \frac{K_{AW}}{K_{A1}K_{A2}} P_{EtOH} P_{H_2O}}$$

Diketahui :

$$K_{DEE} = 160 \pm 0,18 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s.g (Reaksi utama)}$$

$$\frac{K'_{AW}}{K_{A1}K_{A2}} = 5.05 \pm 1.24 \text{ mol/s.g (Reaksi samping)}$$

Berdasarkan uraian proses yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan perbandingan dari masing-masing proses seperti pada 2.5

Tabel 2.5 Perbandingan Proses Pembuatan Dietil Eter

Parameter	Macam-Macam Proses	
	Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat	Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina
Bahan Baku Utama	Etanol	Etanol
Bahan Baku Penolong	Asam sulfat	γ -Alumina
Fase Reaksi	Cair-gas	Padat-Gas
Tahapan Proses	- Persiapan bahan baku - Sintesis DEE - Pemisahan SO_2 dan H_2SO_4 - Pemisahan DEE - Pemisahan etanol dan air	- Persiapan bahan baku - Sintesis DEE - Pemisahan DEE - Pemisahan etanol dan air
Sifat Katalis	Homogen dan korosif	Heterogen dan tidak korosif
Pemisahan Katalis	Sulit untuk dipisahkan karena katalis merupakan satu fasa	Mudah dipisahkan dikarenakan katalis berbeda fasa dengan
Kondisi Operasi Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	140	215
Konversi	31,83%	90%
Produk Utama	Dietil eter	Dietil eter

Produk Samping	Air	Air
-----------------------	-----	-----

Dari table 2.5 Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat. Keuntungan dari proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ - Alumina adalah sebagai berikut:

1. Proses lebih singkat.
2. Katalis yang digunakan bersifat heterogen dan tidak korosif, sehingga proses pemisahan katalis lebih mudah dan tidak memerlukan peralatan yang tahan terhadap korosi.
3. Produk samping yang dihasilkan lebih sedikit yaitu air pada kondisi operasi (temperatur 215° C).
4. Peralatan tambahan yang dibutuhkan lebih sedikit, apabila dibandingkan dengan dehidrasi etanol dengan menggunakan katalis asam sulfat.
5. Secara ekonomi biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi dietil eter lebih murah sehingga memiliki keuntungan yang lebih banyak.

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka proses yang dipilih dalam pembuatan DEE adalah proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina.

2.6. Proses

Etanol 99% berbentuk cairan yang disimpan dalam tangki penyimpanan etanol dialirkan menggunakan pompa dan dicampur dengan *recycle* etanol dari hasil pemisahan pada unit *Ethanol Distillation*. Etanol 95% dialirkan menggunakan pompa ke *Vaporizer* untuk diuapkan. Pada *total vaporizer* etanol akan berubah fase dari *liquid* menjadi gas pada suhu 130 °C. Kemudian etanol dari *Vaporizer* akan dipanaskan menggunakan *Heater* hingga 215 °C sebelum dimasukkan ke dalam reaktor. gas dengan kondisi 215°C. Di dalam reaktor, etanol akan mengalami reaksi dehidrasi

membentuk DEE dan air dengan bantuan katalis γ -Alumina Pada proses dehidrasi dalam reaktor ini suhu dijaga agar dietil eter yang telah dihasilkan tidak membentuk kembali etanol dan etilen. Reaktor yang digunakan untuk reaksi adalah jenis *fixed bed multitube* dengan kondisi *isothermal* dan *adiabatic*, dan reaksi bersifat eksotermis. Reaktor beroperasi pada suhu 215 °C. Konversi etanol menjadi DEE yang diperoleh dari reaksi dehidrasi dengan katalis dalam reactor sebesar 90%.

Dalam unit pemisahan ini dilakukan dengan proses pemisahan produk menggunakan kolom distilasi. Unit pemurnian tersebut dibagi menjadi 2 tahapan proses pemisahan, yaitu pemisahan DEE menggunakan *Diethyl Ether Distillation* dan tahap pemisahan etanol dan air menggunakan *Ethanol*.

1. Pemisahan DEE

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk DEE dari etanol dan air. Produk reaktor berupa campuran DEE, etanol, dan air dialirkan ke dalam *Condenser* untuk dikondensasi sehingga berubah menjadi cairan. Produk kemudian diumpankan ke kolom *Diethyl Ether Distillation* dengan umpan berupa cairan. Pada kolom *Diethyl Ether* terjadi pemisahan antara DEE dengan etanol dan air. Produk atas adalah produk DEE dengan kemurnian sebesar 99,5% berat dengan impuritas etanol yang kemudian akan disimpan dalam tangki penyimpanan DEE. Kolom *Diethyl Ether Distillation* ini menggunakan *Total Condenser*. *Bottom product* berupa campuran etanol dan air sebagian *direcycle* di *Reboiler* dan sebagian diumpankan pada ke kolom *Ethanol Distillation*

2. Pemisahan Etanol dan Air

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan etanol dan air. *Bottom product* dari ke kolom *Diethyl Ether Distillation* yang berupa campuran etanol dan air dialirkan ke kolom *Ethanol Distillation* dengan bantuan pompa. Kolom *Ethanol Distillation* ini menggunakan *Total Condenser* dimana produk atas

berupa campuran sedikit eter, etanol dan air akan ditampung sementara dalam akumulator. Kemudian mdi pompa menggunakan pompa untuk direcycle kembali ke dalam aliran *feed* awal *Bottom product* dari kolom *ethanol Distillation* berupa air dan sedikit etanol akan dialirkan menuju waste water.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU

3.1. Spesifikasi Bahan Baku

A. Etanol

Rumus molekul	: C_2H_5OH
Berat molekul	: 46,07 gr/mol
Kemurnian	: 95%
Impuritas	: 5% H_2O
Wujud	: Cair (pada suhu ruang, 30 °C, 1 atm)
Titik lebur	: -114,1°C
Titik didih	: 78,2°C
Tekanan uap	: 40 mmHg (66 °F)
Densitas	: 0,7893 gr/cm ³
Viskositas	: 1,2 cP (20 °C)
Kelarutan	: Larut dalam air.
Sifat Bahan	: Mudah terbakar, mudah menguap, dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, menyebabkan gangguan pernapasan apabila terhirup

(PubChem)

3.2. Spesifikasi Produk

A. Dietil eter

Rumus molekul	: $C_4H_{10}O$
Berat molekul	: 74,12 gr/mol
Kemurnian	: 96,21%

Impuritas	: 3,789% C ₂ H ₄
Titik lebur	: -116 °C
Titik didih	: 34,6 °C
Titik nyala	: -44 °C
Tekanan uap	: 440 mmHg (20 °C)
Densitas	: 0,7134 gr/cm ³
Viskositas	: 0,2448 cP (20 °C)
Kelarutan	: 6,9 g/100 ml air (20 °C)
Sifat Bahan	: Mudah terbakar, mudah menguap, dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, menyebabkan gangguan pernapasan apabila terhirup

(PubChem)

3.3. Spesifikasi Katalis

A. Alumina

Rumus molekul	: Al ₂ O ₃
Berat molekul	: 101,961 gr/mol
Wujud	: Padat (pada suhu ruang)
Titik lebur	: 2054 °C
Titik didih	: 2977 °C
Titik nyala	: 100 °C
Tekanan uap	: 0 mmHg
Densitas	: 3,99 gr/cm ³
Kelarutan	: Larut dalam air.

(Haynes, 2014)

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Dietil Eter dari Ethanol proses dehidrasi dengan Alumina kapasitas 20.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Percent Return on Investment (ROI) sesudah pajak adalah 60,6%
2. Pay Out Time (POT) sesudah pajak adalah 1 tahun 6 bulan
3. Break Even Point (BEP) sebesar 39,455% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20 – 60 % kapasitas produksi. Shut Down Point (SDP) sebesar 28,481% yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF) sebesar 57,56% lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Prarancangan Dietil Eter dari Ethanol proses dehidrasi dengan alumina kapasitas 20.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Altiookka, Mehmet R., and Akyalcin, Sema. 2009. *Kinetics of the Hydration of Ethylene Oxide in the Presence Heterogeneous Catalyst*. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009, 48, 10840-10844.
- Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*. Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Badan Pusat Statistik, 2017, *Statistic Indonesia*, www.bps.go.id, Indonesia. Diakses 10 Desember 2017.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.
- Bank Indonesia. 2015. *Nilai Kurs*. www.bi.go.id. Diakses 13 September 2018
- Brown. G. George., 1950, *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, *Process Equipment Design 3^{ed}*, John Wiley & Sons, New York.
- Cepci. 2015. *Index*. www.chemengonline.com. Diakses 13 September 2018.
- Coulson. J. M. and Ricardson. J. F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.

Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*.
Butterworth-Heinemann : Washington.

Data Sheet Amberjet 4200 Resin. 2018. *Dow Chemical*

Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook. Sixth Edition*. Lavoisier. France.

Dye, Robert Fulton. 2001. *Ethylene Glycols Technology. KoreanJ. Chem. Eng.*,
18(5), 571-579. Sugar Land, USA.

Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Envigneering 4th edition*.
Prentice Hall International Inc. : United States of America.

Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3^{th ed}*, Allyn
& Bacon Inc, New Jersey.

Himmeblau. David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical
Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.

Hugot, E. 1986. *Handbook of Cane Sugar Engineering*. New York: Elsevier Science
Publishing Company INC.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.

Kirk, R.E and Othmer, D.F., 1990, “*Encyclopedia of Chemical Technologi*”, 3rd.,
John Wiley and Sons Inc., New York.

Levenspiel. O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and
Sons Inc, New York.

McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.

McKetta. John. J., 1984. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*.
Universitas Michigan, Michigan.

Megyesy. E. F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook
Publishing Inc, USA.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*, Mc
Graw-Hill Book Company, New York.

Perry. R. H. and Green. D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th ed*, Mc
Graw-Hill Book Company, New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers'
Handbook 7th edition*. McGraw Hill : New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers'
Handbook 8th edition*. McGraw Hill : New York.

Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for
Chemical Engineering 3^{ed}*, Mc Graww-Hill Book Company, New York.

Powell, S. T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc Graw Hill Book
Company, New York.

PT. Polychem Indonesia Tbk., 2016. Laporan Tahunan 2016 *Annual Report*.
Jakarta.

Rase.1977.*Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and
Techniques*.John Wiley and Sons : New York

- Rebsdats, S., and Mayer D., 2011. *Ethylene Glycol. Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*.
- Smith. J. M. and Van Ness. H. C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraw-Hill Inc, New York.
- Smith, J.M., H.C. Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition*. McGraw Hill : New York.
- Syamiyazi, Fauzi D. N., Saifullah, dan Indaryanto, Forcep R., 2015. Kualitas Air di Waduk Nadra Kerenceng Kota Cilegon Provinsi Banten. *Jurnal Akuatika* Vol. VI, No. 2 (161-169). ISSN 0853-2532.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 3th edition*. McGraw-Hill Book Company: New York.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition*. McGraw-Hill : New York.
- Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Ulrich. G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- United States Patent No. 4,400,559., "Process For Preparing Ethylene Glycol".

United States Patent No. 6,156,942., “*Catalyst Stabilizing Additive In The Hydrolysis Of Alkylene Oxides*”.

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Washington.

Wallas. S. M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.

Yaws, C. L., 1999, *Chemical Properties Handbook*, Mc Graw Hill Book Co., New York

www.sigmaaldrich.com, Diakses pada 12 Desember 2023, 14.35 WIB

www.icis.com., Diakses pada Januari 2024

www.matches.com, Diakses pada 10 Maret 2024, 10.30 WIB

www.pertamina.com, 25 Februari 2024

<https://maps.google.com/>, 18 Desember 2023

<http://peta.bpn.go.id/>, 20 November 2023