

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN
ETANOL KAPASITAS PRODUKSI 270.000 TON/TAHUN**



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

Oleh
Fasih Nurcahyo
26200339D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2025

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN
ETANOL KAPASITAS PRODUKSI 270.000 TON/TAHUN**

**Disusun Oleh:
Fasih Nurcahyo 26200339D**

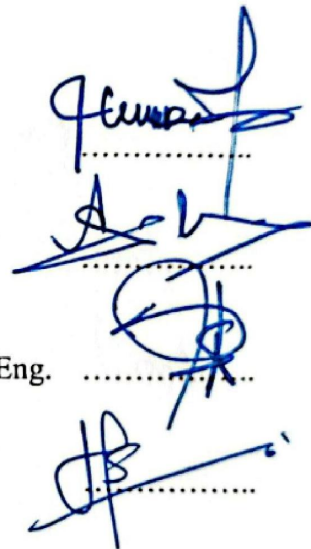
Telah Disahkan dan Disetujui
Pada Tanggal 30 Januari 2025

Penguji I : Ir. Sumardiyono, M.T.

Penguji II : Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.

Penguji III : Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng.

Penguji IV : Dr. Supriyono, S.T., M.T.



Dr. Suseno, M.Si.
NIS. 01199408011044

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia



Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng
NIS. 01199601032053

HALAMAN PERNYATAAN SKRIPSI

Dengan ini, saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul **“PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN ETANOL KAPASITAS PRODUKSI 270.000 TON/TAHUN”** adalah benar merupakan hasil karya saya dengan arahan dari pembimbing tanpa ada upaya penjiplakan atau pemalsuan dan manipulasi data dari karya orang lain. Semua sumber data dan informasi yang dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain yang telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Surakarta, 14 Januari 2025



Fasih Nurcahyo

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul *Prarancangan Pabrik Etil Asetat dari Asam Asetat dan Etanol Kapasitas Produksi 270.000 Ton/Tahun*. Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat dalam setiap langkah yang saya tempuh.
2. Dr. Supriyono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, nasihat, serta arahan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan laporan ini.
3. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan serta masukan yang sangat berharga.
4. Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T, M.Eng., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi.
5. Seluruh dosen dan staff Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi yang telah memberikan ilmu dan dukungannya selama masa studi.
6. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi S1 Teknik Kimia angkatan 2020 yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan kebersamaan selama penyusunan laporan ini.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, maupun doa selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini. Saya sangat menghargai segala bentuk kontribusi yang telah diberikan.

Saya sangat menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surakarta, 12 Desember 2024

Penulis



Fasih Nurcahyo

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
INTISARI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2 Kapasitas Perancangan.....	1
1.2.1 Kapasitas Produksi Etil Asetat di Indonesia	2
1.2.2 Kebutuhan Produk Etil Asetat di Indonesia.....	2
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik yang Sudah Berdiri.....	4
1.2.5 Penentuan Kapasitas Produksi.....	4
1.3 Pemilihan Lokasi.....	5
1.3.1 Kemudahan Perolehan Bahan Baku	5
1.3.2 Transportasi Pengangkutan dan Pemasaran.....	6
1.3.3 Ketersediaan Tenaga Kerja	6
1.4 Pemilihan Proses	6
1.4.1 Proses Pembuatan Etil Asetat	6
1.4.2 Dasar Reaksi dan Konversi.....	8
1.4.3 Mekanisme Reaksi.....	8
1.4.4 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika	9
BAB II SPESIFIKASI BAHAN.....	13
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	13
2.1.1 Asam Asetat.....	13
2.1.2 Etanol.....	14
2.1.3 Asam Sulfat	15
2.1.4 Natrium Hidroksida	15
2.2 Spesifikasi Produk.....	16
2.2.1 Etil Asetat	16
BAB III DESKRIPSI PROSES	18
3.1 Uraian Proses	18
3.1.1 Persiapan Bahan Baku.....	18
3.1.2 Tahapan Reaksi.....	18

3.1.3	Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk	19
3.2	Diagram Alir Kualitatif	20
3.3	Diagram Alir Kuantitatif	21
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI		22
4.1	Neraca Massa	22
4.1.1	Neraca Massa Mixer (M-101)	22
4.1.2	Neraca Massa Reaktor (R-101)	23
4.1.3	Neraca Massa Neutralizer (R-102)	23
4.1.4	Neraca Massa Centrifuge (C-101).....	24
4.1.5	Neraca Massa Kolom Distilasi	24
4.2	Neraca Panas	25
4.2.1	Neraca Panas Reaktor (R-101)	26
4.2.2	Neraca Panas Sekitar Heater (E-101)	26
4.2.3	Neraca Panas Heater (E-102)	27
4.2.4	Neraca Panas Sekitar Cooler E-201	27
4.2.5	Neraca Panas Neutralizer (R-201).....	28
4.2.6	Neraca Panas Heater (E-103)	28
4.2.7	Neraca Panas MD-101	29
4.2.8	Neraca Panas Cooler (E-202)	29
BAB V SPESIFIKASI ALAT PROSES		30
5.1	Spesifikasi Alat Proses.....	30
5.1.1	Raeaktor (R-101).....	30
5.1.2	Tangki Etanol (T-101)	31
5.1.3	Tangki Asam Asetat (T-102).....	31
5.1.4	Tangki Etil Asetat (T-105).....	32
5.1.5	Neutralizer (N-101)	32
5.1.6	Centrifuge	33
5.1.7	Menara Distilasi.....	33
5.2	Spesifikasi Alat Pendukung	34
5.2.1	Mixer (M-101).....	34
5.2.2	Mixer (M-102).....	35
5.2.3	Heater (E-101)	36
5.2.4	Heater (E-102)	36
5.2.5	Heater (E-103)	37
5.2.6	Cooler (E-104).....	37
5.2.7	Cooler (E-105).....	38
5.2.8	Pompa (P-101).....	38
5.2.9	Pompa (P-102).....	39

5.2.10	Pompa (P-103).....	39
5.2.11	Pompa (P-104).....	40
5.2.12	Pompa (P-105).....	40
5.2.13	Pompa (P-106).....	41
5.2.14	Pompa (P-107).....	41
5.2.15	Pompa (P-108).....	42
BAB VI UNIT PENDUKUNG DAN LABORATORIUM		43
6.1	Unit Pendukung Proses	43
6.1.1.	Unit Penyedia Air	43
6.1.2.	Unit Pengadaan Steam.....	46
6.1.3.	Unit Penyedia Listrik.....	48
6.1.4.	Unit Penyedia Bahan Bakar.....	51
6.1.5.	Unit Penyedia Udara Tekan	52
6.2	Laboratorium.....	52
6.2.1.	Program Kerja Laboratorium.....	52
6.2.2.	Alat-alat Utama Laboratorium.....	54
6.3	Spesifikasi Alat Utilitas	54
6.3.1.	Perancangan Pengolahan Air	54
6.3.2.	Pengolahan Air Sanitasi.....	57
6.3.3.	Pengolahan Air Pendingin	58
6.3.4.	Pengolahan Air Steam	59
6.3.5.	Pengolahan Air Servis	62
6.3.6.	Spesifikasi Pompa dan Kompresor.....	62
BAB VII UNIT PENGOLAHAN LIMBAH.....		67
7.1.	Limbah Buangan Sanitasi	67
7.2.	Limbah <i>heavy component</i> keluaran Centrifuge	67
BAB VIII MANAJEMEN PERUSAHAAN		68
8.1	Bentuk Perusahaan.....	68
8.2	Visi dan Misi Perusahaan.....	69
8.3	Struktur Organisasi	69
8.4	Tugas dan Wewenang	71
8.4.1.	Direktur Utama	71
8.4.2.	General Manager	72
8.4.3.	HSE Manager	72
8.4.4.	Manager Produksi.....	73
8.4.5.	Manager Engineering & Developpment.....	73
8.4.6.	Manager Utility	73
8.4.7.	Manager Quality Assurance	75

8.4.8.	Finance Manager	75
8.4.9.	Manager Procurement.....	76
8.4.10.	Manager Reliability	77
8.4.11.	Manager Human Resources	77
8.4.12.	Manager Internal Audit	78
8.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan	78
8.5.1.	Karyawan Day Shift	79
8.5.2.	Karyawan Shift	79
8.6	Status Karyawan dan Sistem Upah	81
8.7	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji	81
8.8	Kesejahteraan Karyawan.....	83
8.9	Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	85
8.10	Tata Letak Pabrik.....	87
BAB IX ANALISA EKONOMI.....		90
9.1	Dasar Perhitungan	90
9.1.1	Kapasitas Produksi	90
9.1.2	Kebuuhan Bahan Baku & Produk	90
9.2	Penafsiran Harga Peralatan	90
9.2.1	Indeks Harga CEPCI	91
9.2.2	Penentuan Total Capital Investment (TCI)	91
9.2.3	Working Capital Investment (WCI).....	92
9.2.4	Total Manufacturing Cost (TMC).....	92
9.2.5	General Expense	93
9.2.6	Total Production Cost (TPC)	93
9.3	Analisa Kelayakan	94
KESIMPULAN		97
DAFTAR PUSTAKA		98
LAMPIRAN		100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Grafik Data Impor Etil Asetat.....	2
Gambar 2 Model Termodinamika yang Digunakan pada Simulasi Hysys	12
Gambar 3 Diagram Alir Kualitatif.....	20
Gambar 4 Diagram Alir Kuantitatif.....	21
Gambar 5 Hasil Simulasi Hysys Mixer M-101	22
Gambar 6 Hasil Simulasi Hysys Reaktor	23
Gambar 7 Hasil Simulasi Hysys Neutralizer R-201	24
Gambar 8 Hasil Simulasi Hysys Menara Distilasi	25
Gambar 9 Diagram Alir Utilitas	66
Gambar 10 Susunan Organisasi Perusahaan	71
Gambar 11 Layout Pabrik.....	89
Gambar 12 Grafik Plant Cost Index	91
Gambar 13 Grafik BEP dan SDP.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data Impor Etil Asetat Indonesia.....	2
Tabel 2 Daftar Perusahaan Etil Asetat Dunia	4
Tabel 3 Pemasok Bahan Baku	5
Tabel 4 Kualifikasi Pendidikan Tenaga Kerja	6
Tabel 5 Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Macam Reaksi	7
Tabel 6 Nilai ΔH_f pada Suhu 298K	10
Tabel 7 Data Komponen	10
Tabel 8 Data Nilai ΔH_f pada Suhu 348 K	10
Tabel 9 Nilai ΔG_f pada Suhu 298K	11
Tabel 10 Spesifikasi Sifat Fisik Asam Asetat	13
Tabel 11 Spesifikasi Sifat Fisik Etanol	14
Tabel 12 Spesifikasi Sifat Fisik Asam Sulfat.....	15
Tabel 13 Spesifikasi Sifat Fisik NaOH.....	15
Tabel 14 Spesifikasi Sifat Fisik Etil Asetat	16
Tabel 15 Data Kapasitas Panas Fase Cair.....	25
Tabel 16 Data Kapasitas Panas Fase Gas	25
Tabel 17 Kebutuhan Air Konsumsi dan Sanitasi	44
Tabel 18 Kebutuhan Air Pendingin	45
Tabel 19 Kebutuhan Air Proses	45
Tabel 20 Kebutuhan Air Steam.....	45
Tabel 21 Total Kebutuhan Air.....	46
Tabel 22 Kebutuhan Listrik Proses.....	49
Tabel 23 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas.....	49
Tabel 24 Kebutuhan Listrik Penerangan	50
Tabel 25 Total Kebutuhan Listrik	51
Tabel 26 Spesifikasi Generator.....	51
Tabel 27 Alat-alat Utama Laboratorium.....	54
Tabel 28 Jadwal Karyawan Shift	80
Tabel 29 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji.....	82
Tabel 30 Luas Bangunan Pabrik.....	89
Tabel 31 Indeks Harga	91
Tabel 32 Physycal Plant Cost	91
Tabel 33 Direct Plant Cost.....	92
Tabel 34 Working Capital Investment	92
Tabel 35 Direct Manufacturing Cost	92
Tabel 36 Indirect Manufacturing Cost.....	92

Tabel 37 Fixed Manufacturing Cost	93
Tabel 38 Total Manufacturing Cost	93
Tabel 39 General Expense	93
Tabel 40 Total Production Cost	93
Tabel 41 Fixed Cost (Fa)	95
Tabel 42 Variable Cost (Va).....	95
Tabel 43 Regulated Cost (Ra).....	95
Tabel 44 Sales Value (Sa)	95

INTISARI

Etil Asetat merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan dalam berbagai industri sebagai pelarut, bahan baku farmasi, dan industri kosmetik. Etil asetat memiliki beragam kegunaan yang menyebabkan permintaannya di Indonesia terus meningkat, karena tidak diimbangi dengan kapasitas produksi maka jumlah import Etil Asetat di Indonesia semakin meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan pabrik Etil Asetat ini dirancang kapasitas produksi sebesar 270.000 ton/tahun menggunakan bahan baku Asam Asetat dan Etanol dengan katalis berupa Asam Sulfat melalui reaksi esterifikasi. Proses produksi dilakukan menggunakan reaktor batch pada kondisi operasi tekanan 1 atm dan suhu 75°C. Reaksi berlangsung dalam fasa cair, dengan konsentrasi Asam Asetat sebesar 99,8% dan Etanol 96,5%. Produk utama, Etil Asetat dipisahkan melalui Menara Distilasi dengan konsentrasi akhir 99%, sementara produk samping berupa Etanol dan air diolah lebih lanjut untuk meminimalkan limbah. Pabrik ini direncanakan berlokasi di Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER), Jawa Timur dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, transportasi, Sumber Daya Manusia (SDM), dan pemasaran. Pabrik beroperasi selama 330 hari per tahun dengan kebutuhan utilitas meliputi air, listrik, dan bahan bakar. Analisis ekonomi menunjukkan nilai investasi awal sebesar Rp 7.439.334.592.804,80 dengan ROI sebesar 34,25%, POT selama 2,26 tahun, BEP sebesar 43,25% dengan SDP 23,36%, dan Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) sebesar 25,60 %. Maka berdasarkan hasil dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik Etil Asetat dengan kapasitas 270.000 ton/tahun ini layak secara teknis dan ekonomis untuk direalisasikan.

Kata Kunci: Etil Asetat, Asam Asetat, Etanol, Esterifikasi, Asam Sulfat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Industri kimia merupakan sektor vital yang memainkan peran penting dalam ekonomi global. Industri kimia menyediakan bahan-bahan dasar berbagai produk di banyak sektor industri seperti industri farmasi, kosmetik, otomotif, dan teknologi. Dari bahan kimia dasar hingga produk jadi yang digunakan sehari-hari, industri kimia memiliki peran yang tak tergantikan dalam memenuhi kebutuhan manusia dan memajukan teknologi. Industri kimia memiliki aspek penting salah satunya adalah kemampuan untuk mengubah bahan mentah menjadi produk bernilai tambah melalui serangkaian proses kimia. Dari pengolahan minyak bumi menjadi bahan bakar dan plastik hingga sintesis obat-obatan, industri kimia menjadikan fondasi bagi kemajuan teknologi dan peradaban manusia. Kemajuan peradaban manusia dapat dilihat dari tingkat ekonomi masyarakat melalui pemenuhan kebutuhan dalam negeri dari berbagai sektor salah satunya sektor industri kimia. Pembangunan industri kimia menghasilkan produk jadi maupun produk antara dalam negeri diperlukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap negara lain. Salah satu produk industri kimia yang kebutuhan didalam negeri masih dipenuhi melalui impor adalah Etil Asetat.

Etil Asetat merupakan senyawa organik yang diperoleh dari hasil reaksi esterifikasi asam asetat dan etanol. Menurut Kruis et al., (2017) etil asetat sangat penting dalam industri umumnya digunakan sebagai pelarut polar dengan keuntungan *volatile*, tidak beracun, dan tidak higroskopis. Senyawa ini digunakan diberbagai bidang kehidupan seperti industri cat dan thinner, industri lem dan tinta, pelapis aluminium foil, industri farmasi, pemberi aroma dan rasa, pelapis kertas, film, dan dibidang kimia digunakan sebagai pelarut dan pengekstrak senyawa alam tertentu.

1.2 Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas prarancangan pabrik etil asetat didasarkan pada beberapa aspek diantaranya kapasitas produksi etil asetat di Indonesia, kebutuhan produk etil asetat di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas produksi pabrik yang sudah ada.

1.2.1 Kapasitas Produksi Etil Asetat di Indonesia

Berdasarkan data kementerian perindustrian yang diperoleh dari wawancara pada 16 Mei 2024 bertempat di expo dekranas mangkunegaran Solo, tidak ada pabrik dalam negeri yang memproduksi etil asetat. Terakhir pabrik yang memproduksi etil asetat adalah PT. Indo Acidatama Tbk. akan tetapi sejak tahun 2016 sudah berhenti memproduksi etil asetat.

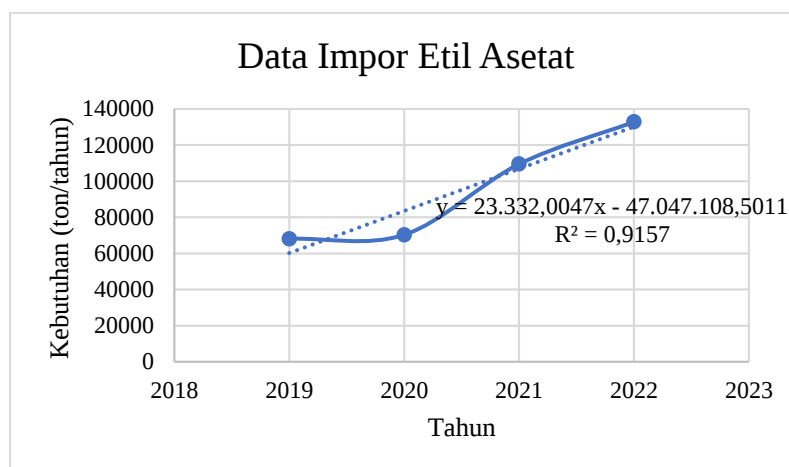
1.2.2 Kebutuhan Produk Etil Asetat di Indonesia

Kebutuhan etil asetat di Indonesia dapat dilihat dari kegiatan ekspor impor sebagai berikut:

Tabel 1 Data Impor Etil Asetat Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2019	68.130
2020	70.347
2021	109.498
2022	132.853

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat nilai impor dari tahun 2019 sampai 2022 terus mengalami kenaikan setiap tahunnya. Sehingga dapat diperkirakan menggunakan persamaan regresi linear nilai ekspor impor di tahun 2029 ketika pabrik direncanakan berdiri.



Gambar 1 Grafik Data Impor Etil Asetat

Dari grafik diatas diperoleh persamaan regresi linear

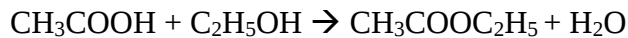
$$Y = 23.332,0047x - 47.047.108,5011$$

$$R^2 = 0,9157$$

Berdasarkan persamaan tersebut dapat diperkirakan kebutuhan impor etil asetat pada tahun 2028 sebesar 270.197,0305 ton/tahun.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Untuk menentukan jumlah kebutuhan bahan baku dilakukan perhitungan stoikiometri reaksi.



Perbandingan mol asam asetat : mol etanol = 1:2

Misal kapasitas produksi etil asetat 270.000 ton/tahun

$$\begin{aligned}\text{Mol etil asetat} &= \frac{\text{Kapasitas Pabrik}}{\text{BM etil asetat}} \\ &= \frac{270.000}{88,11} \\ &= 3.064 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan asam asetat} &= 1 \times \text{mol etil asetat} \times \text{BM asam asetat} \\ &= 1 \times 3.064 \times 60,05 \\ &= 185.393 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan etanol} &= 1 \times \text{mol etil asetat} \times \text{BM etanol} \\ &= 1 \times 3.064 \times 46 \\ &= 140.960 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Asam Sulfat} &= 5\% \text{ dari total reaktan} \\ &= 5\% \times (185.393 + 140.960) \\ &= 16.318 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Bahan baku utama dalam pembuatan etil asetat adalah asam asetat dan etanol. Asam asetat diperoleh dari PT. Indo Acidatama, Tbk. dengan kapasitas produksi 36.600 ton/tahun dan BP Petronas Acetyls Sdn Bhd Malaysia dengan kapasitas 560.000 ton/tahun sebagai pemasok. Untuk pemasok etanol diperoleh dari PT. Molindo Raya Malang dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun, PT. Indo Acidatama Tbk dengan kapasitas produksi 58.825 ton/tahun, PT Indolampung Distilley dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun. PT. Petrokimia Gresik sebagai pemasok katalis asam sulfat dengan kapasitas produksi 1.170.000 ton/tahun.

1.2.4 Kapasitas Produksi Pabrik yang Sudah Berdiri

Tabel 2 Daftar Perusahaan Etil Asetat Dunia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	Wuxi Baichuan	China	500.000
2	Shandong Xinyimeng	China	400.000
3	Jiangsu Liahai	China	300.000
4	Shandong Yankuang	China	200.000
5	Yangtze River Acetyls	China	100.000
6	Jubilant	India	150.000
7	Japan Ethyl Acetate	Japan	100.000
8	Celanese	Singapura	100.000
9	Sipchem	Korea	100.000
10	PT. Indo Acidatama	Indonesia	7.921
11	Eastman	Amerika Serikat	59.000
12	Solutia	Amerika Serikat	25.000
13	Lonza	Switzerland	6.000
14	Synthos	Polandia	7.000

1.2.5 Penentuan Kapasitas Produksi

Pabrik direncanakan akan berdiri tahun 2028. Untuk menentukan kapasitas produksi etil asetat didasarkan pada beberapa pertimbangan:

1. Kebutuhan etil asetat di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 270.197 ton/tahun.
2. Ketersediaan bahan baku.
3. Belum ada perusahaan dalam negeri yang memproduksi etil asetat.
4. Kapasitas produksi minimum etil asetat di dunia, berdasarkan Table 2 diatas adalah 6.000 ton/tahun yang diproduksi oleh perusahaan Lonza Switzerland menandakan masih mendapatkan keuntungan.

Pabrik yang berdiri direncanakan dapat memenuhi 50% kebutuhan etil asetat di Indonesia yaitu 138.396 ton/tahun dan dapat menjadi perusahaan berorientasi ekspor. Oleh karena itu dipilih kapasitas produksi etil asetat 270.000 ton/tahun.

1.3 Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi pendirian pabrik bertempat di Kawasan Industri Surabaya atau *Surabaya Industrial Estate Rungkut* (SIER) dengan mempertimbangkan beberapa aspek diantaranya:

1.3.1 Kemudahan Perolehan Bahan Baku

Kemudahan dalam memperoleh bahan baku merupakan hal penting dalam pendirian pabrik. Pemilihan kawasan industri SEIR karena jaraknya yang relatif dekat dari perolehan sumber bahan baku dan dekat dengan pelabuhan untuk impor dari luar negeri Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan Etil Asetat adalah sebagai berikut.

Tabel 3 Pemasok Bahan Baku

No	Bahan Baku	Supplier	Kapasitas Produksi Per Tahun	Alamat
1	Asam Asetat	PT. Indo Acidatama, Tbk.	36.600 ton	Karanganyar Jawa Tengah
		BP Petronas Acetyls Sdn Bhd	560.000 ton	Malaysia
		Celanese Nanjing Chemicals Co., Ltd	1.200.000 ton	Nanjing, China
2	Ethanol	PT. Molindo Raya Malang	80.000 ton	Malang, Jawa Timur
		PT Indolampung Distilley	40.000 ton	Lampung
		PT. Indo Acidatama, Tbk.	58.825 ton	Karanganyar, Jawa Tengah
3	Asam Sulfat	PT. Petrokimia Gresik	1.170.000 ton	Gresik, Jawa Timur
4	NaOH	PT Asahimas Chemical	680.000 ton	Cilegon, Banten

(Kemenperin, 2024)

1.3.2 Transportasi Pengangkutan dan Pemasaran

Dalam proses pengangkutan bahan baku maupun proses pendistribusian produk ke konsumen dapat dilakukan dengan beberapa moda transportasi darat dan laut. Proses pengangkutan bahan baku dan pendistribusian produk menuju lokasi harus memadai dan memperhatikan moda angkutan yang digunakan guna meminimalkan resiko dan biaya pengangkutan. Kebutuhan transportasi darat sudah terfasilitasi adanya jalan tol, sedangkan untuk transportasi laut terfasilitasi pelabuhan Tanjung Perak.

1.3.3 Ketersediaan Tenaga Kerja

Untuk mencapai keberhasilan suatu pabrik diperlukan tenaga kerja yang terampil dibidangnya. Berikut kualifikasi kebutuhan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pabrik etil asetat.

Tabel 4 Kualifikasi Pendidikan Tenaga Kerja

No	Jabatan	Kualifikasi Pendidikan
1	Supervisi dan staf pengolahan bahan baku	Kimia, Teknik Industri, Teknik Kimia
2	Staf administrasi perkantoran	Ekonomi Manajemen, Akuntansi
3	Supervisi dan staf produksi	Teknik Kimia, Teknik Mesin
4	Operator	SMK Teknik

Sebagian besar tenaga kerja diambil dari masyarakat Surabaya dan sekitarnya. Selain dapat memenuhi kebutuhan tenaga kerja, juga diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat sekitar.

1.4 Pemilihan Proses

Pembuatan Etil Asetat dapat dilakukan menggunakan beberapa proses. Macam proses pembuatan etil asetat yang biasa digunakan diantaranya:

1.4.1 Proses Pembuatan Etil Asetat

Dalam proses pembuatan etil asetat terdapat beberapa macam proses diantaranya sebagai berikut:

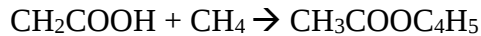
1. Reaksi Tischenko

Proses Tischenko merupakan produksi etil asetat secara komersial dengan mengubah etanol menjadi asetaldehid menggunakan katalis aluminum alkoxide. Yield pada proses ini sebesar 61%. Reaksi yang terjadi yaitu:



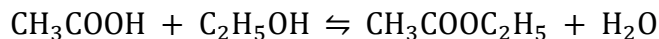
2. Sintesis Etil Asetat dari Etilena dan Asam Asetat

Etil asetat dapat disintesis dari etilen dan asam asetat menggunakan katalis asam padat, misalnya Phorporic acid 10-90% pada suhu 100°C tekanan 1 atm dengan konversi reaksi 43,6%. Reaksinya dituliskan sebagai berikut:



3. Reaksi Esterifikasi dengan Katalis Asam Sulfat

Reaksi esterifikasi dengan bahan utama Asam Asetat dan Etanol menggunakan katalis Asam Sulfat. Proses reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Reaksi terjadi pada fase cair dan bersifat reversibel. Proses esterifikasi berlangsung pada suhu 75°C tekanan 1 atm, konversi reaksi yang dihasilkan mencapai 75% dalam sintesis Etil Asetat tingkat konversi reaktan dapat mencapai 100%. Namun tergantung pada katalis yang digunakan (Piotrowski & Kubica, 2021).

Dalam pemilihan metode proses reaksi mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan masing-masing reaksi yang dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Macam Reaksi

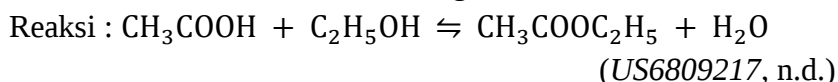
PARAMETER	REAKSI		
	Esterifikasi	Tischenco	Sintesis etil asetat dari etilen dan asam asetat
Konversi reaksi	96,63 %	61%	65%
Suhu Proses	75 °C	-20 °C	100-300 °C
Tekanan	1 atm	1 atm	10-20 atm
Biaya Produksi	Murah	Cukup mahal (alat khusus bekerja dalam suhu rendah)	Mahal (Alat khusus pada tekanan tinggi)
Produk samping	Air	-	Hydrogen

Dalam perancangan pabrik etil asetat dipilih menggunakan proses esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat karena memiliki beberapa keunggulan yaitu:

1. Bahan baku mudah diperoleh
2. Temperatur yang digunakan rendah
3. Kemurnian produk yang dihasilkan tinggi
4. Biaya investasi dan pengoperasian cukup rendah

1.4.2 Dasar Reaksi dan Konversi

Persamaan reaksi dalam pembuatan etil asetat metode esterifikasi asam asetat dan etanol adalah sebagai berikut:



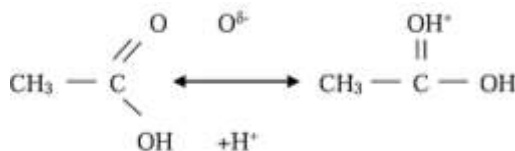
Pada proses pembuatan Etil Asetat dari Asam Asetat dan Ethanol dengan tambahan katalis berupa Asam Sulfat berlangsung pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang beroperasi pada suhu 75°C dengan tekanan (P) 1 atm dengan hasil konversi 96,63%. Reaksi pada pembentukan Etil Asetat bersifat *reversible* dan fase yang terjadi pada saat reaksi adalah fase cair, umpan dan produk yang dihasilkan juga dalam keadaan fase cair (Kadarohman et al., 2022). Apabila suhu operasi diturunkan maka reaksi pembentukan Etil Asetat tidak akan berjalan dengan maksimum dan apabila suhu dinaikkan maka konversi reaksi yang dihasilkan akan menurun karena pada pembuatan Etil Asetat merupakan reaksi yang bersifat eksotermis, dimana semakin tinggi suhu (T) maka konversi yang dihasilkan akan menurun.

1.4.3 Mekanisme Reaksi

Proses reaksi esterifikasi pembentukan Etil Asetat dari Asam Asetat dan Etanol adalah sebagai berikut :

- a. Penambahan proton untuk menambah gugus karbonil.

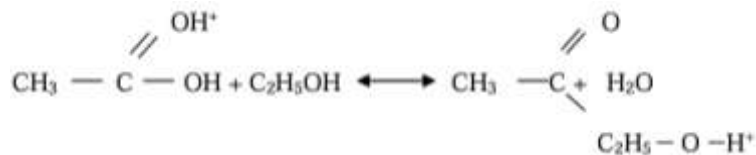
Reaksi :



Proton dari asam mineral diikat oleh elektron bebas (tak berpasangan) dari suatu atom O dalam gugus OH dari asam organik dan membentuk ion oxonium.

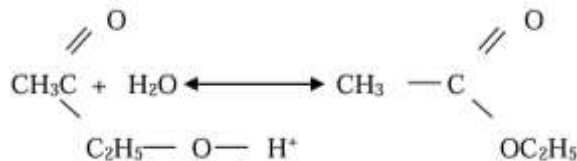
- b. Penggabungan gugus nukleofilik melalui alkohol sebagai pembentuk formasi keadaan transisi.

Reaksi :



Ion hydronium dari alkohol membentuk gugus H₂O dan gugus R⁺O dari alkohol yang mana akan menggantikan ion oxonium.

- c. Pergeseran proton untuk pembentukan H₂O



Hasil reaksi terhadap b yang melepas ion H⁺ dan akan menghasilkan gugus ester.

(Groggins, 1958)

1.4.4 Tinjauan Kinetika dan Thermodinamika

a. Kinetika Reaksi

$$r_A = k_1 C_{AA}^{0.5} C_E^{0.5} - k_2 C_{EA} C_W$$

dimana :

$$k_1 = 2.145 \exp(-13494/(RT))$$

$$k_2 = 0.0545 \exp(-9314/(RT))$$

(Piotrowski & Kubica, 2021)

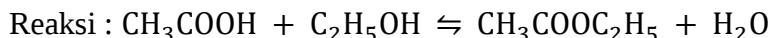
Keterangan :

- r_A = Laju reaksi (kmol/m³ min)
- k₁ = konstanta kecepatan reaksi (*forward*)
- k₂ = konstanta kecepatan reaksi (*reverse*)
- C_K = Konsentrasi Etanol (kmol/m³)
- C_A = Konsentrasi Asam Asetat (kmol/m³)
- C_W = Konsentrasi Water (kmol/m³)
- C_E = Konsentrasi Etil Asetat (kmol/m³)

b. Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan ini digunakan untuk mengetahui sifat reaksi yang terjadi pada proses pembuatan Etil Asetat menghasilkan panas (eksotermis) atau membutuhkan panas (endotermis) dan arah reaksi bersifat searah (irreversible) atau bolak-balik (reversible). Untuk mengetahui sifat tersebut dapat dilakukan

dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) dan nilai energi *Gibbs* (ΔG°_f) pada suhu (T) 298°K dan tekanan (P) 1 atm.



Data nilai ΔH°_f pada suhu 298°K dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6 Nilai ΔH°_f pada Suhu 298K

Komponen	Nilai ΔH°_f (kJ/mol)
Asam Asetat (CH_3COOH)	-434,84
Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	-234,81
Etil Asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)	-442,92
Air (H_2O)	-241,80

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f (298^{\circ}\text{K}) &= \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= \{(-442,92) + (-241,80)\} - \{(-434,84) + (-234,81)\} \text{ kJ/mol} \\ &= -15,07 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Untuk kondisi operasi pada suhu 75°C dapat dihitung menggunakan data sebagai berikut :

$$\Delta H^{\circ}_f = A + BT + CT^2$$

Tabel 7 Data Komponen

Komponen	A	B	C
Asam Asetat (CH_3COOH)	-417,910	-0,0582430	-0,000033466
Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	-217,030	-0,0704170	-0,000034007
Etil Asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)	-422,780	-0,0862620	-0,000044960
Air (H_2O)	-238,410	-0,0122560	-0,000002766

(Yaws, 1999)

Berdasarkan data pada tabel tersebut maka nilai ΔH°_f pada masing-masing-masing komponen dapat dihitung dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 8 Data Nilai ΔH°_f pada Suhu 348 K

Komponen	Nilai ΔH°_f (kJ/mol)
Asam Asetat (CH_3COOH)	-442.231
Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	-245.653
Etil Asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)	-458.244
Air (H_2O)	-243.01

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f (348^{\circ}\text{K}) &= \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= \{(-458.244) + (-243.01)\} - \{(-442.231) + (-245.653)\} \\ &= -13,3691 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai ΔH° negatif (-), sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi pada proses pembuatan Etil Asetat merupakan reaksi eksotermis yang artinya melepaskan energi berupa panas dari sistem ke lingkungan. Sedangkan nilai konstanta kesetimbangan reaksi (K) dapat dihitung berdasarkan nilai energi *Gibbs*.

Data nilai ΔG° pada suhu 298°K dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 9 Nilai ΔG° pada Suhu 298K

Komponen	Nilai ΔG° (kJ/mol)
Asam Asetat (CH_3COOH)	-376,69
Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	-168,28
Etil Asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)	-327,40
Air (H_2O)	-228,60

Sumber : Yaws, 1999.

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} (298^{\circ}\text{K}) &= \Delta G^{\circ} \text{ produk} - \Delta G^{\circ} \text{ reaktan} \\ &= \{(-327,40) + (-228,60)\} - \{(-376,69) + (-168,28)\} \\ &= -11,03 \text{ kJ/mol} = -11.030 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan Smith Van Ness dapat digunakan untuk menghitung konstanta kesetimbangan reaksi berdasarkan nilai energi *Gibbs* yang diperoleh.

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} &= -RT \ln K_{298^{\circ}\text{K}} \\ -11.030 \text{ J/mol} &= 8,314 \text{ J/mol} \times 298^{\circ}\text{K} \times \ln K_{298^{\circ}\text{K}} \\ \ln K_{298^{\circ}\text{K}} &= \frac{-11.030 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol} \times 298\text{K}} \\ \ln K_{298^{\circ}\text{K}} &= -4,4519 \\ K_{298^{\circ}\text{K}} &= 0,11656 \\ K_{298} &= 0,11656\end{aligned}$$

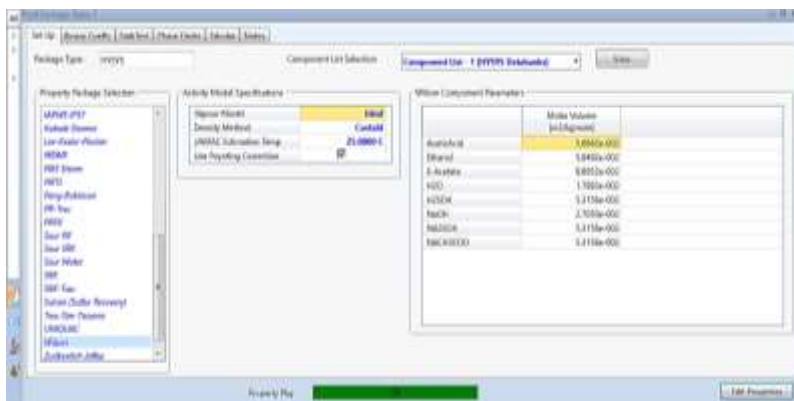
Pada suhu reaksi 348°K, harga K dapat dihitung dari persamaan Smith Van Ness 15.17 yaitu :

$$\begin{aligned}\ln \left(\frac{K_{348}}{K_{298}} \right) &= -\frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \\ \ln \left(\frac{K_{348}}{K_{298}} \right) &= -\frac{(-15760,6)}{8,314} \left(\frac{1}{348} - \frac{1}{298} \right) \\ \ln \left(\frac{K_{348}}{K_{298}} \right) &= -0,91398 \\ \left(\frac{K_{348}}{K_{298}} \right) &= 0,400925 \\ \left(\frac{K_{348}}{0,11656} \right) &= 0,400925 \\ K_{373} &= 0,046732\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai ΔG° pada suhu 298°K bernilai negatif dengan nilai $K < 1$ yaitu sebesar 0,0467322, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi spontan dan bersifat *reversible*.

Dalam prarancangan pabrik etil asetat digunakan *software* simulasi Aspen Hysys dengan model termodinamika yang dipilih adalah wilson dengan beberapa pertimbangan diantaranya:

1. Kesesuaian dengan sistem campuran polar
Asam asetat dan etanol merupakan senyawa polar dengan kemungkinan pembentukan interaksi hidrogen.
2. Kemampuan memodelkan campuran ideal
Reaksi pembentukan etil asetat dari asam asetat dan etanol terjadi dalam sistem ideal.
3. Ketersediaan data parameter interaksi
Memiliki parameter yang tersedia secara luas untuk senyawa asam asetat, etanol, dan etil asetat. Hal ini meningkatkan keakuratan prediksi sifat termofisika.
4. Fokus pada fasa cair
Reaksi esterifikasi etil asetat berlangsung pada fasa cair dan model ini unggul dalam memprediksi kesetimbangan cair-cair.
5. Kesederhanaan model
Model yang digunakan lebih sederhana secara komputasi dan lebih cepat untuk simulasi.



Gambar 2 Model Termodinamika yang Digunakan pada Simulasi Hysys