

SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT
DARI ASAM ASETAT DAN ETANOL
KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

**Disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Pendidikan Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi**



Oleh :
Rosy Dwi Rahmawati
26200338D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SETIA BUDI
2024

LEMBAR PENGESAHAN**LAPORAN TUGAS AKHIR****PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT
DAN ETANOL KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN**

Oleh :

Rosy Dwi Rahmawati
26200338DTelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Pada Tanggal 18 Desember 2024

Nama

Tanda Tangan

Penguji I : Ir. Sumardiyono, M.T.

NIS. 01199403231041

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

NIS. 01199601032053

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

NIS. 0120140726118

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

NIS. 01199508011049

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Setia Budi

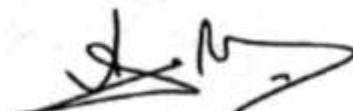


Dr. Drs. Suseno, M.Si.

NIS. 01199408011044

Ketua Program Studi

S1 Teknik Kimia


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

NIS. 01199601032053

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN ETANOL KAPASITAS 110.000 TON/TAHUN

Oleh :

Rosy Dwi Rahmawati

26200338D

Telah Disetujui Oleh Pembimbing
Pada Tanggal 27 November 2024

Pembimbing I



Dr. Supriyono, S.T., M.T.

NIS. 01199508011049

Pembimbing II



Greg. Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng.

NIS. 0120140726118

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia



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

NIS. 01199601032053

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini, saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul **PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN ETANOL KAPASITAS 110.000 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, 21 November 2024



Rosy Dwi Rahmawati

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Etil Asetat dari Asam Asetat dan Etanol Kapasitas 110.000 Ton/Tahun”. Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan laporan ini. Ucapan terima kasih secara khusus penulis tujukan kepada yang terhormat :

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan dan selalu memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Dr. Joni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi.
4. Dr. Drs. Suseno, M., Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi.
5. Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku Kaprodi S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi.
6. Dr. Supriyono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, arahan, serta dorongan semangat kepada penulis selama proses penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini.
7. Greg. Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., Selaku dosen pembimbing II yang dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, arahan, serta dorongan semangat kepada penulis selama proses penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Setia Budi yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2020 yang selalu memberikan semangat.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat hingga terselesaikannya penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis telah berupaya semaksimal mungkin dalam menyusun laporan tugas akhir ini dengan harapan dapat memberikan manfaat, khususnya bagi penulis sendiri maupun para pembaca. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki berbagai kekurangan. Oleh karena itu, di akhir kata penulis berharap laporan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat, khususnya bagi mahasiswa Program Studi Teknik Kimia serta semua pihak yang berkepentingan.

Surakarta, 15 November 2024



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2. Kapasitas Perancangan.....	2
1.2.1. Data Impor Etil Asetat di Indonesia	2
1.2.2. Data Ekspor Etil Asetat di Indonesia	3
1.2.3. Kapasitas Pabrik Etil Asetat yang Sudah Berdiri.....	4
1.2.4. Produksi Etil Asetat di Indonesia	4
1.3. Pemilihan Lokasi	5
1.3.1. Ketersediaan Bahan Baku.....	5
1.3.2. Utilitas	6
1.3.3. Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja).....	6
1.3.4. Transportasi.....	6
1.3.5. Pemasaran	7
1.4. Pemilihan Proses.....	7
1.4.1. Macam-Macam Proses Pembuatan Etil Asetat	7
1.4.2. Persamaan Reaksi.....	9
1.4.3. Kondisi Operasi.....	9
1.4.4. Mekanisme Reaksi	9
1.4.5. Tinjauan Kinetika (Kecepatan Reaksi)	10
1.4.6. Tinjauan Termodinamika	11
BAB II SPESIFIKASI BAHAN.....	14
2.1. Spesifikasi Bahan Baku Utama	14
2.1.1. Asam Asetat (CH_3COOH).....	14
2.1.2. Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	15
2.2. Spesifikasi Bahan Pembantu	16
2.2.1. Asam Sulfat (H_2SO_4).....	16
2.2.2. Natrium Hidroksida (NaOH)	16
2.3. Spesifikasi Produk	17
2.3.1. Etil Asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)	17
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 Total	23
4.1.2. Neraca Massa Alat.....	23
4.2. Neraca Energi	25
4.2.1. Neraca Energi Total.....	26
4.2.2. Neraca Energi Alat	26
BAB V SPESIFIKASI ALAT PROSES	29
5.1. Spesifikasi Alat Proses.....	29
5.1.1. <i>Mixer</i>	29
5.1.2. Reaktor	32
5.1.3. <i>Neutralizer</i>	33
5.1.4. <i>Centrifuge</i>	34
5.1.5. Menara Distilasi	34
5.2. Spesifikasi Alat Pendukung	36
5.2.1. Tangki Penyimpanan	36
5.2.2. <i>Heater</i>	37
5.2.3. Pompa	38
5.2.4. <i>Cooler</i>	40
BAB VI UTILITAS	41
6.1. Utilitas.....	41
6.1.1. Unit Penyediaan Air	41
6.1.1.1. Air Domestik	41
6.1.1.2. Air Pendingin	42
6.1.1.3. Air Umpan <i>Boiler</i> (Penghasil <i>steam</i>).....	42
6.1.1.4. Air Layanan Umum (<i>Service Water</i>)	43
6.1.2. Unit Pembangkit <i>Steam</i>	43
6.1.3. Unit Penyedia Listrik (<i>Power Plant System</i>)	43
6.1.4. Unit Penyediaan Udara Tekan	45
6.1.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar	45
6.2. Spesifikasi Alat Utilitas.....	46
6.2.1. Perancangan Pengolahan air	46
6.2.2. Pengolahan Air Sanitasi	50
6.2.3. Pengolahan Air Pendingin	51
6.2.4. Pengolahan Air <i>Steam</i>	52
6.2.5. Pengolahan Air <i>Service</i>	54
BAB VII UNIT PENGOLAHAN LIMBAH	56

7.1. Pengolahan Limbah.....	56
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI.....	57
8.1. Bentuk Perusahaan	57
8.2. Struktur Organisasi.....	58
8.3. Tugas dan Wewenang	58
8.4. Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	62
8.4.1. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	62
8.5. Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	64
8.5.1. Jabatan dan Pendidikan	64
8.5.2. Jumlah Karyawan dan Gaji.....	65
8.5.3. Ketenagakerjaan	66
8.6. Tata Letak Pabrik	67
BAB IX ANALISA EKONOMI	74
9.1. Evaluasi Ekonomi	74
9.2. Penaksiran Harga Peralatan.....	75
9.3. Perhitungan Biaya.....	76
9.4. Analisa Resiko Pabrik.....	80
9.5. Analisa Kelayakan	80
KESIMPULAN.....	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA	89
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI.....	94
LAMPIRAN C PERANCANGAN ALAT	99
1. Perancangan <i>Mixer-01</i>	99
2. Perancangan Reaktor	109
3. Perancangan Tangki Etanol (T-101)	119
4. Perancangan Pompa (P-01).....	123
5. Perancangan Silo (SI-101)	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Pertumbuhan Impor Etil Asetat di Indonesia tahun 2019-2022	2
Gambar 1. 2 Data Pertumbuhan Ekspor Etil Asetat di Indonesia tahun 2019-2022	3
Gambar 1. 3. Peta Lokasi Pabrik.....	7
Gambar 3. 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Etil Asetat	20
Gambar 3. 2. Diagram Alir Kuantitatif.....	21
Gambar 8. 1. Struktur Organisasi	58
Gambar 8. 2. Tata Letak Pabrik	72
Gambar A. 1. Data Titik Didih Komponen	92
Gambar C. 1. Dimensi untuk Head Jenis Torispherical.....	104
Gambar C. 2. <i>Agitator Selection Guide</i>	105
Gambar C. 3. Dimensi Turbin dan Tangki	105
Gambar C. 4. <i>Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System</i>	106
Gambar C. 5. <i>Power Correlations for Various Impellers and Baffles</i>	108
Gambar C. 6. Dimensi untuk Head Jenis Torispherical.....	114
Gambar C. 7. <i>Agitator Selection Guide</i>	115
Gambar C. 8. Dimensi Turbin dan Tangki	115
Gambar C. 9. <i>Geometric Proportions for a "Standard" Agitation System</i>	116
Gambar C. 10. <i>Power Correlations for Various Impellers and Baffles</i>	118

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor Etil Asetat di Indonesia	2
Tabel 1.2 Data Ekspor Etil Asetat di Indonesia.....	3
Tabel 1. 3. Pabrik Etil Asetat di Dunia (Afiah, 2023; Rasyid, 2022).....	4
Tabel 1. 4. Produsen Asam Asetat.....	5
Tabel 1. 5. Produsen Etanol	6
Tabel 1. 6. Produsen Asam Sulfat	6
Tabel 1. 7. Produsen NaOH	6
Tabel 1. 8. Perbandingan Jenis Proses.....	9
Tabel 1. 9. Data Komponen (Yaws, 1999)	11
Tabel 2. 1. Sifat Fisik Asam Asetat	14
Tabel 2. 2. Sifat Fisik Etanol.....	15
Tabel 2. 3. Sifat Fisik Asam Sulfat.....	16
Tabel 2. 4. Sifat Fisik Natrium Hidroksida.....	16
Tabel 2. 5. Sifat Fisik Etil Asetat	17
Tabel 4. 1. Neraca Massa Total	23
Tabel 4. 2. Neraca Massa di <i>Mixer</i> (M-101).....	23
Tabel 4. 3. Neraca Massa di <i>Mixer</i> (M-102).....	23
Tabel 4. 4. Neraca Massa di <i>Mixer</i> (M-103).....	23
Tabel 4. 5. Neraca Massa di Reaktor (R-101)	24
Tabel 4. 6. Neraca Massa di <i>Neutralizer</i> (N-101).....	24
Tabel 4. 7. Neraca Massa di <i>Centrifuge</i> (CF-101).....	24
Tabel 4. 8. Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-101).....	25
Tabel 4. 9. Data Kapasitas Panas Fase Cair (Yaws,1999)	25
Tabel 4. 10. Data Kapasitas Panas Fase Gas (Yaws,1999).....	25
Tabel 4. 11. Neraca Energi Total.....	26
Tabel 4. 12. Neraca Energi di <i>Mixer-01</i>	26
Tabel 4. 13. Neraca Energi di <i>Mixer-02</i>	26
Tabel 4. 14. Neraca Energi di <i>Mixer-03</i>	26
Tabel 4. 15. Neraca Energi di <i>Heater-01</i>	27
Tabel 4. 16. Neraca Energi di <i>Heater-02</i>	27
Tabel 4. 17. Neraca Energi di <i>Heater-03</i>	27
Tabel 4. 18. Neraca Energi di Reaktor	27
Tabel 4. 19. Neraca Energi di <i>Neutralizer</i>	27
Tabel 4. 20. Neraca Energi di <i>Centrifuge</i>	28
Tabel 4. 21. Neraca Energi di Menara Distilasi.....	28
Tabel 4. 22. Neraca Energi di <i>Cooler-01</i>	28
Tabel 4. 23. Spesifikasi di Menara Distilasi	34
Tabel 4. 24. Data Kapasitas Panas Fase Cair (Yaws,1999)	94
Tabel 4. 25. Data Kapasitas Panas Fase Gas (Yaws,1999).....	94
Tabel A. 1. Data Berat Molekul Komponen.....	89

Tabel A. 2. Komposisi Umpan	89
Tabel C. 1. Koefisien Regresi Densitas <i>Liquid (Mixer-01)</i>	99
Tabel C. 2. Densitas Campuran (<i>Mixer-01</i>).....	99
Tabel C. 3. Koefisien Regresi Viskositas <i>Liquid (Mixer-01)</i>	100
Tabel C. 4. Viskositas Campuran (<i>Mixer-01</i>).....	100
Tabel C. 5. Koefisien Regresi <i>Densitas Liquid (Reaktor)</i>	109
Tabel C. 6. Densitas Campuran (Reaktor).....	109
Tabel C. 7. Koefisien Regresi Viskositas <i>Liquid</i>	110
Tabel C. 8. Viskositas Campuran	110

ABSTRAK

Etil asetat merupakan senyawa organik yang terbentuk dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen dengan rumus molekul $\text{CH}_3 \text{COOC}_2 \text{H}_5$. Senyawa ini banyak digunakan sebagai pelarut dalam industri tinta, farmasi, dan kosmetik. Melihat pentingnya industri kimia dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional, pengembangan pabrik etil asetat menjadi langkah strategis, terutama dalam mengurangi ketergantungan terhadap produk impor. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, dirancang pabrik etil asetat dengan kapasitas 110.000 ton per tahun menggunakan proses esterifikasi antara asam asetat dan etanol dengan katalis asam sulfat. Reaksi berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 75°C dan tekanan 1 atm dalam fase cair, dengan target kemurnian produk sebesar 99%. Kebutuhan bahan baku per tahun meliputi asam asetat sebanyak 92.709,29 ton dan etanol sebanyak 64.615,57 ton. Unit pendukung proses meliputi pengadaan air, steam, tenaga listrik, bahan bakar, pemeliharaan, dan pengolahan limbah. Berdasarkan hasil analisis kelayakan, pabrik ini memiliki tingkat risiko yang rendah, dengan nilai ROI sebelum dan sesudah pajak masing-masing sebesar 35,17% dan 26,38%, POT 2,84 tahun dan 3,79 tahun, BEP 46,75%, SDP 28,58%, dan DCFRR sebesar 14,07%. Dengan demikian, proyek perancangan pabrik etil asetat ini layak untuk direalisasikan dari segi teknis maupun ekonomi.

Kata Kunci : Asam Asetat, Etil Asetat, Etanol, Reaktor, Asam Sulfat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri kimia di Indonesia saat ini semakin menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan. Hal ini dapat dilihat berdasarkan jumlah pabrik kimia yang semakin banyak dibangun di Indonesia. Pembangunan industri kimia dalam negeri yang menghasilkan produk bernilai tambah tinggi memberikan dampak positif bagi perekonomian nasional. Salah satu manfaat utamanya adalah mampu mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan kimia dari luar negeri, sehingga dapat menekan penggunaan devisa negara untuk kebutuhan tersebut. (Afiah, 2023; Pratama & Akbar, 2022)

Salah satu produk industri yang saat ini banyak diminati adalah etil asetat. Senyawa ini merupakan salah satu ester karboksilat paling sederhana, yang dihasilkan melalui reaksi antara etanol dan asam asetat dengan bantuan katalis untuk mempercepat proses esterifikasi.

Etil asetat adalah salah satu jenis pelarut yang memiliki rumus molekul $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$. Etil Asetat digunakan sebagai bahan baku pada industri cat, tinner, tinta cetak, polimer cair dalam industri kertas, industri farmasi, bahan tambahan makanan, dan analisis laboratorium. (*National Center for Biotechnology Information*, 2024)

Hingga saat ini, Indonesia hanya memiliki satu-satunya pabrik yang memproduksi etil asetat yaitu PT. Indo Acidatama dengan kapasitas produksi 7.921 ton/tahun (Kementerian Perindustrian, 2024). Namun pabrik tersebut belum mampu untuk memenuhi kebutuhan Etil Asetat di dalam negeri, sehingga Indonesia harus mengimpor etil asetat dari negara lain.

Dengan berkembangnya industri - industri kimia di Indonesia, maka dapat dipastikan kebutuhan akan Etil Asetat sebagai salah satu bahan pelarut yang ramah terhadap lingkungan akan semakin meningkat.

Oleh karena itu, perencanaan pendirian pabrik etil asetat di Indonesia menjadi sangat penting guna memenuhi kebutuhan bahan penunjang dalam negeri serta berpotensi menjadi komoditas ekspor.

1.2. Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas produksi dalam prarancangan pabrik etil asetat sangat krusial karena berdampak langsung terhadap aspek teknis dan ekonomis. Pabrik ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2028. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan kapasitas produksi yaitu :

1.2.1. Data Impor Etil Asetat di Indonesia

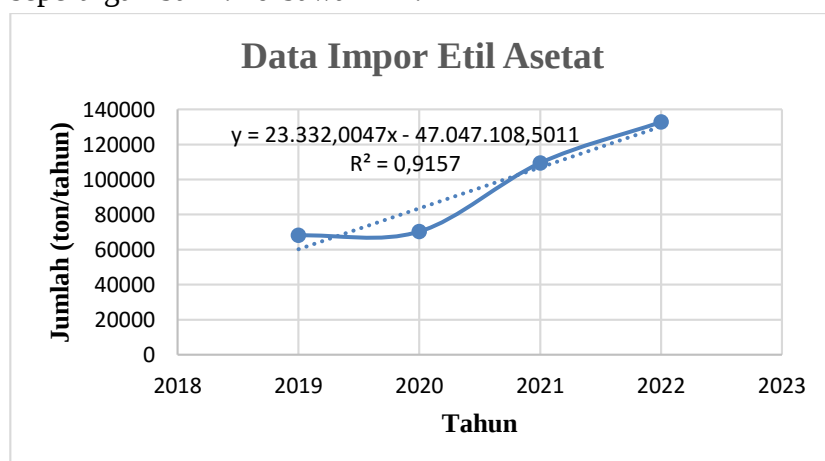
Menurut data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia masih bergantung pada impor etil asetat, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.1 sebagai berikut :

Tabel 1.1 Data Impor Etil Asetat di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (ton)
2019	68.130,271
2020	70.346,69
2021	109.497,755
2022	132.853,265

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan data tabel 1.1 diperoleh persamaan regresi linier seperti gambar 1.1 dibawah ini :



Gambar 1.1 Data Pertumbuhan Impor Etil Asetat di Indonesia tahun 2019-2022

Berdasarkan data impor etil asetat yang tersedia, terjadi peningkatan jumlah impor dari tahun 2019 hingga 2022, yaitu dari 68.130,271 ton per tahun menjadi 132.853,265 ton per

tahun. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan etil asetat di Indonesia terus mengalami peningkatan. Oleh karena itu, proyeksi kebutuhan impor etil asetat pada tahun 2028 dapat dilakukan melalui perhitungan sebagai berikut :

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

Dengan :

x = Tahun

y = Kebutuhan Etil Asetat

Sehingga, tahun 2028 :

$$y = 23.332,0047(2028) - 47.047.108,5011$$

$$y = 270.197,0305 \text{ ton}$$

1.2.2. Data Ekspor Etil Asetat di Indonesia

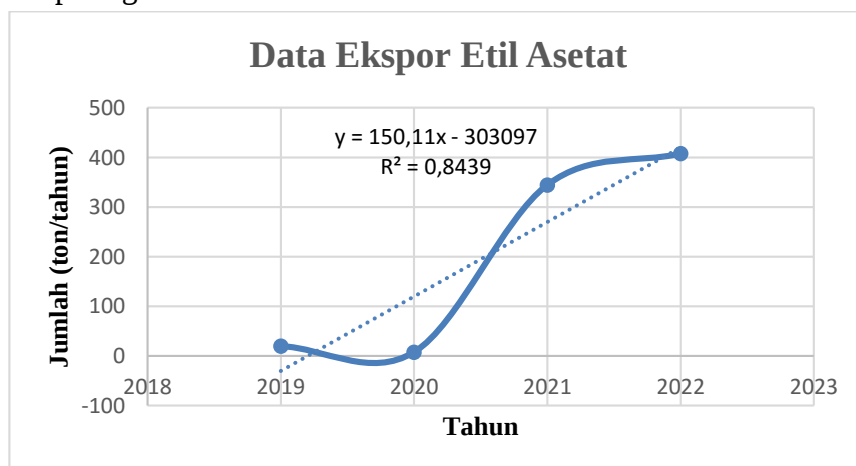
Mengacu pada data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia juga memiliki aktivitas ekspor etil asetat, yang rinciannya disajikan pada Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1.2 Data Ekspor Etil Asetat di Indonesia

Tahun	Jumlah Ekspor (ton)
2019	19,68107
2020	7,52587
2021	344,5974
2022	407,6812

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan data Tabel 1.2 diperoleh persamaan regresi linier seperti gambar 1.2 dibawah ini :



Gambar 1. 2 Data Pertumbuhan Ekspor Etil Asetat di Indonesia tahun 2019-2022

Proyeksi kebutuhan ekspor etil asetat pada tahun 2028 dapat dihitung berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

$$y = 150,11x - 303.097$$

Dengan :

x = Tahun

y = Kebutuhan Etil Asetat

Sehingga, tahun 2028 :

$$y = 150,11(2028) - 303.097$$

$$y = 1.326,08 \text{ ton}$$

1.2.3. Kapasitas Pabrik Etil Asetat yang Sudah Berdiri

Kapasitas pabrik Etil Asetat yang telah berdiri dapat dilihat pada tabel 1.3 di bawah ini :

Tabel 1. 3. Pabrik Etil Asetat di Dunia (Afiah, 2023; Rasyid, 2022)

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT. Indo Acidatama	Indonesia	7.921
2.	Chiba Ethyl Acetate,	Jepang	50.000
3.	BP Chemicals	UK	220.000
4.	International Ester Co Ltd	Korea Selatan	75.000
5.	Jiangu Sopo	China	500.000
6.	Jubilant	India	150.000
7.	Solutia	Amerika Serikat	25.000
8.	Celanese	Singapura	100.000

1.2.4. Produksi Etil Asetat di Indonesia

Saat ini, produksi etil asetat di Indonesia hanya dilakukan oleh PT. Indo Acidatama dengan kapasitas 7.921 ton per tahun. Estimasi kebutuhan pasar tahun 2028 dapat dihitung menggunakan data impor, ekspor, dan kapasitas produksi nasional melalui persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan pasar} &= (\text{Impor} + \text{Produksi}) - \text{Ekspor} \\ &= (270.197,0305 + 7921) - 1.326,08 \\ &= 276.791,95 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil proyeksi yang telah dilakukan, diperkirakan bahwa kebutuhan etil asetat di Indonesia pada tahun 2028 akan mencapai 276.791,95 ton per tahun. Untuk memenuhi sekitar 40% dari total kebutuhan tersebut, direncanakan pembangunan pabrik etil asetat dengan kapasitas

produksi sebesar 110.000 ton per tahun. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat berkontribusi dalam memenuhi sebagian besar permintaan etil asetat di dalam negeri.

1.3. Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi merupakan salah satu faktor krusial dalam pendirian sebuah pabrik karena berpengaruh langsung terhadap kelangsungan operasionalnya. Berbagai pertimbangan dalam menentukan lokasi bertujuan untuk memperoleh keuntungan maksimal bagi perusahaan. Pabrik etil asetat direncanakan akan dibangun di wilayah strategis yang dekat dengan pusat distribusi serta sumber bahan baku, yaitu di daerah Tuban, Jawa Timur. Berikut merupakan faktor - faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik.

1.3.1. Ketersediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik yang dipilih berada dalam jarak yang relatif dekat dengan sumber bahan baku, sehingga diharapkan dapat menekan biaya transportasi bahan baku menuju fasilitas produksi. Bahan baku asam asetat dari pabrik ini rencananya akan diambil dari pabrik PT. Indo Acidatama yang berlokasi di Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Etanol diperoleh dari PT. Molindo Raya yang berlokasi di Lawang, Jawa Timur. Sedangkan katalis asam sulfat berasal dari PT. Petrokimia, Gresik dan NaOH dari PT. Asahimas Cilegon, Tangerang. Karena kapasitas produksi asam asetat dalam negeri sangat sedikit dan tidak mencukupi bila digunakan sebagai bahan baku, maka diputuskan bahan baku asam asetat diperoleh sebagian dari dalam negeri dan sebagian dari impor luar negeri. *Supplier* bahan baku yang digunakan pada pabrik etil asetat ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. 4. Produsen Asam Asetat

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT. Indo Acidatama	Solo, Jawa Tengah	36.600
2.	Mitsui Phenol Singapore	Singapura	500.000

(Sumber : <https://tkdn.kemenperin.go.id>, 2024)

Tabel 1. 5. Produsen Etanol

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT. Molindo Raya Industrial	Lawang, Jawa Timur	80.000
2.	PT. Indo Acidatama	Solo, Jawa Tengah	58.825

(Sumber : <https://tkdn.kemenperin.go.id>, 2024)

Tabel 1. 6. Produsen Asam Sulfat

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT. Petrokimia Gresik	Gresik, Jawa timur	1.170.000
2.	PT. Aktif Indonesia Indah	Surabaya, Jawa Timur	15.000

(Sumber : <https://tkdn.kemenperin.go.id>, 2024)

Tabel 1. 7. Produsen NaOH

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT. Asahimas Chemical	Cilegon, Tangerang	680.000
2.	PT. Sulfindo Adiusaha	Serang, Banten	337.000

(Sumber : <https://tkdn.kemenperin.go.id>, 2024)

1.3.2. Utilitas

Dalam lokasi pabrik sebaiknya didirikan dekat dengan sumber energi dan air, karena air menjadi kebutuhan penting dalam unit proses suatu pabrik. Selain itu, memenuhi kebutuhan pemanas (*steam*), pendingin, kebutuhan sanitasi maupun domestik serta kebutuhan sehari-hari. Daerah Jenu, Kabupaten Tuban menjadi salah satu kawasan yang dekat dengan Kawasan Industri di daerah Tuban dimana strategis dalam kebutuhan air, bahan bakar dan listrik. Selain itu juga, daerah tersebut dekat dengan laut sehingga memenuhi *overall* kebutuhan air.

1.3.3. Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja)

Tenaga kerja sebagian besar diperoleh dari masyarakat setempat dan untuk tenaga ahli diperoleh dari lulusan Perguruan Tinggi sekitarnya yaitu Yogyakarta, Surabaya dan Semarang.

1.3.4. Transportasi

Terdapat beberapa jalur untuk mengirimkan produk, diantaranya darat yaitu melalui tol Surabaya-Gresik, jalur udara yaitu bandar udara Juanda, serta seluruh jalur distribusi di luar Jawa tersebut juga membutuhkan pelabuhan ekspor yang besar dan bertaraf internasional untuk menjangkau beberapa negara diantaranya yaitu. Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya hanya

memakan waktu 3 jam dari lokasi pabrik sehingga sangat ekonomis untuk memasarkan produk etil asetat. Selain itu terdapat pelabuhan Tanjung Emas Semarang yang hanya memakan waktu 6 jam dari lokasi pabrik yang dapat dijadikan cadangan bila sewaktu-waktu terdapat hambatan dalam proses distribusi ke Pelabuhan Tanjung Perak.

1.3.5. Pemasaran

Etil Asetat sebagai bahan baku dalam industri pembuatan merupakan bahan baku yang cukup luas penggunaannya. Terutama sebagai bahan baku dalam industri pembuatan cat, tinner, tinta cetak, polimer cair dalam industri kertas, industri farmasi, dan bahan tambahan makanan. Wilayah Tuban merupakan salah satu kawasan yang memiliki kebutuhan terhadap etil asetat sebagai bahan baku. Oleh karena itu, pendirian pabrik di daerah ini memiliki prospek yang menjanjikan. Selain itu, kemudahan akses ekspor melalui Pelabuhan Tanjung Perak menjadi nilai tambah dalam mendukung kegiatan distribusi ke luar negeri.



Gambar 1. 3. Peta Lokasi Pabrik

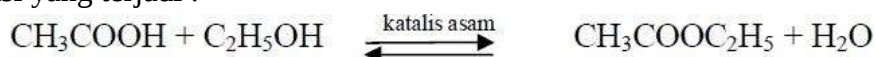
1.4. Pemilihan Proses

1.4.1. Macam-Macam Proses Pembuatan Etil Asetat

Macam - macam proses pembuatan etil asetat antara lain :

1.4.1.1. Reaksi Esterifikasi

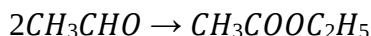
Reaksi yang terjadi :



Proses produksi etil asetat melalui reaksi esterifikasi dapat dilakukan dengan sistem batch maupun kontinyu. Pemilihan metode operasi ini umumnya disesuaikan dengan kapasitas produksi pabrik. Untuk kapasitas produksi yang relatif kecil, sistem batch lebih banyak digunakan. Dalam reaksi esterifikasi ini, bahan baku utama yang digunakan adalah asam asetat dan etanol, dengan katalis berupa asam sulfat. Reaksi berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu antara 55–100°C. Tingkat konversi reaksi dapat mencapai hingga 99%, bergantung pada kondisi operasi seperti suhu, jenis dan jumlah katalis, serta keberadaan bahan tambahan lainnya. (Stephen et al., 2004)

1.4.1.2. Reaksi *Tischenco*

Proses produksi etil asetat melalui jalur ini pertama kali dikembangkan oleh *Tischenco* dan telah diterapkan dalam industri di kawasan Eropa selama lebih dari 150 tahun. Reaksi tersebut melibatkan proses dimerisasi aldehid untuk menghasilkan senyawa turunan ester. Dalam reaksi ini, asetaldehid digunakan sebagai bahan baku untuk membentuk etil asetat, dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi ini memiliki tingkat konversi sebesar 61% dan menggunakan aluminium etoksida sebagai katalis. Proses berlangsung pada suhu rendah, yaitu sekitar -20°C. Salah satu kelemahan dari metode ini adalah terbentuknya produk samping, sehingga diperlukan tahap pemurnian tambahan untuk memperoleh etil asetat dengan kemurnian tinggi. Produk samping yang dihasilkan antara lain gas hidrogen dan senyawa aldol, yang selanjutnya dapat mengalami transformasi menjadi alkohol tak jenuh serta air. (Decheng & Zuhong, 2000)

1.4.1.3. Etil Asetat dari Etilen dan Asam Asetat

Proses ini dijelaskan pada *US Patent* No. 5973193 dimana bahan baku yang digunakan adalah gas etilen dan asam asetat. Produksi etil asetat terjadi pada suhu 200-250°C dengan tekanan 10-20 atm di dalam Reaktor *Batch* menggunakan katalis zeolit. Proses ini menghasilkan konversi 65%. Reaksi yang berlangsung ditunjukkan pada persamaan berikut (Geist & Malcolm, 1999) :



Tabel 1. 8. Perbandingan Jenis Proses

Parameter	Reaksi		
	Esterifikasi	Tischenco	Sintesis Etil Asetat dari Etilen dan Asam Asetat
Konversi reaksi	99%	61%	65%
Suhu Proses	55-100 °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	Water	-	Hydrogen

1.4.2. Persamaan Reaksi

Proses sintesis etil asetat dari asam asetat dan etanol menggunakan katalis asam sulfat berlangsung melalui reaksi esterifikasi yang dilakukan di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Adapun reaksi kimia yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut :

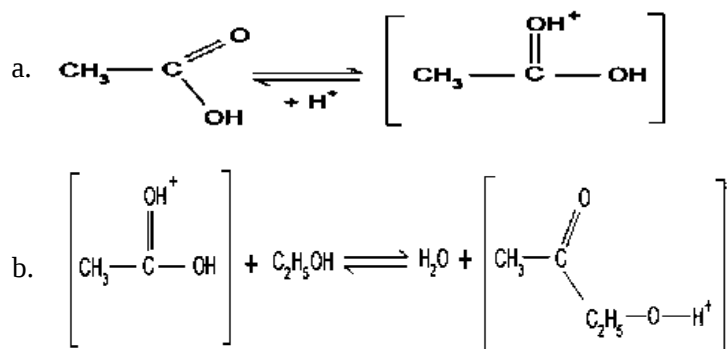


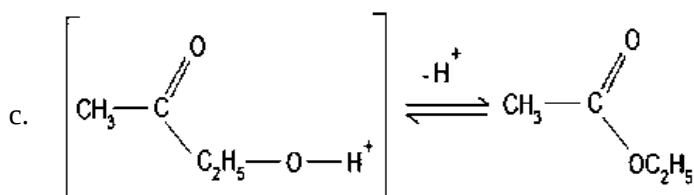
1.4.3. Kondisi Operasi

Untuk proses pembuatan etil asetat dari asam asetat dan etanol menggunakan katalis asam sulfat beroperasi pada suhu 75°C dan tekanan 1 atm. Fase yang terjadi dalam reaksi ini adalah fase cair, umpan dan produk dalam keadaan fase cair. Reaksi ini adalah *reversible*.

1.4.4. Mekanisme Reaksi

Reaksi esterifikasi yang terjadi yaitu sebagai berikut :





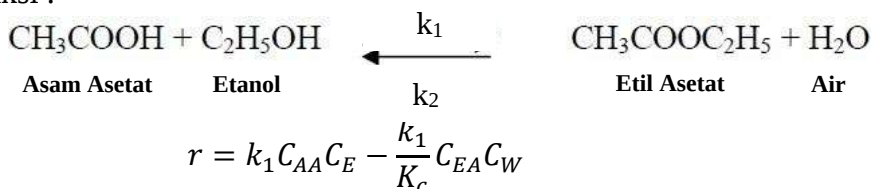
Keterangan :

- Proton dari asam mineral ditangkap oleh elektron bebas yang tidak berpasangan dari atom O dalam gugus karbonil oksigen (asam organik). Penambahan proton dimaksudkan untuk menambah kereaktifan dari gugus karbonil.
- Gugus nukleofilik diserang oleh alkohol untuk membentuk formasi keadaan transisi.
- Hasil reaksi b melepaskan ion H^+ dan akan menghasilkan ester

1.4.5. Tinjauan Kinetika (Kecepatan Reaksi)

Dari segi kinetika, reaksi antara asam asetat dan etanol untuk membentuk etil asetat merupakan reaksi dengan orde dua. Persamaan laju reaksi untuk proses ini dapat dinyatakan sebagai berikut (Rachmawan, 2014) :

Reaksi :



$$k_1 = 2,14 \exp(-13,494/(RT))$$

$$k_2 = 0,0545 \exp(-9314/(RT))$$

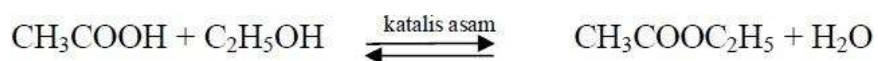
- Dimana,
- r = Kecepatan reaksi ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$)
 - k_1 = Konstanta kecepatan reaksi ($\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
 - K_c = Konstanta kesetimbangan
 - C = Konsentrasi ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$)
 - C_k = Persen volume katalis
 - T = Temperatur (K)
 - AA = Acetic Acid (Asam Asetat)
 - E = Etanol
 - EA = Ethyl Acetate (Etil Asetat)
 - W = Water (Air)

1.4.6. Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan thermodinamika ditunjukan untuk mengetahui sifat reaksi yang terjadi, apakah reaksi menghasilkan panas (eksotermis) atau membutuhkan panas (endotermis) dan mengetahui arah reaksi apakah searah (*irreversible*) atau bolak-balik (*reversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan melakukan perhitungan panas pembentukan standart (ΔH_f°).

Pada $P=1$ atm dan $T= 298^\circ\text{K}$

Reaksi esterifikasi asam asetat dan etanol :



Data – data ΔH_f° pada $T = 298^\circ\text{K}$:

$$\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{COOH} = -432,2945 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = -234,9940 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 = -444,4934 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} = -241,8167 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ (298^\circ\text{K}) &= \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Delta H_f^\circ \text{reaktan} \\ &= \{(-444,4934) + (-241,8167)\} - \{(-234,9940) + \\ &\quad (432,2945)\} \text{ kJ/mol} \\ &= -19,0216 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Kemudian ΔH_f° untuk kondisi operasi pada suhu 348°K adalah:

$$\Delta H_f^\circ = A + BT + CT^2$$

Tabel 1. 9. Data Komponen (Yaws, 1999)

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

$$\Delta H^{\circ}f \text{ CH}_3\text{COOH} = -438,178 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}f \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = -241,535 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}f \text{ CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 = -452,799 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}f \text{ H}_2\text{O} = -242,675 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ}f (348^{\circ}\text{K}) &= \Delta H^{\circ}f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}f \text{ reaktan} \\ &= \{(-452,799) + (-242,675)\} - \{(-438,178) + (-241,535)\} \\ &= -15,7606 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Dengan perhitungan dua kondisi tersebut, dihasilkan harga ΔH° yang negatif. Berdasarkan karakteristik termodinamikanya, reaksi yang berlangsung tergolong sebagai reaksi eksotermis, yakni reaksi yang melepaskan panas selama proses berlangsung.

Untuk mengetahui arah reaksi dapat dilihat dari perhitungan konstanta kesetimbangan berikut :

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K \dots \dots \dots \text{Persamaan 13-11. Smith Van Ness}$$

Data – data ΔG° pada $T = 298^{\circ}\text{K}$:

$$\Delta G^{\circ}f \text{ CH}_3\text{COOH} = -376,690 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = -168,280 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 = -327,400 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ H}_2\text{O} = -228,600 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ} \text{ reaksi} &= \Delta G^{\circ} \text{ produk} - \Delta G^{\circ} \text{ reaktan} \\ &= \{(-327,400) + (-228,600)\} - \{(-376,690) + (-168,280)\} \\ &= -11,03 \text{ kJ/mol} \\ &= -11.030 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

$$\ln K = \Delta G^{\circ}f/RT$$

$$\ln K = (-11.030/(8,314 \times 298)) = -4,45194$$

$$K_{298} = 0,11656$$

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

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

$$\left(\frac{K_{348}}{K_{298}}\right) = 0,400925$$

$$\left(\frac{K_{348}}{0,11656}\right) = 0,400925$$

$$K_{373} = 0,046732$$

Dari hasil diatas, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat *reversible*. Semakin besar nilai k maka semakin banyak zat pada ruas kanan (produk) yang terbentuk.