LAPORAN TUGAS AKHIR
PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN ETANOL KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan sarjana Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Setia Budi

Disusun oleh :
Anik Febriyani
NIM. 26200340D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK ETIL ASETAT DARI ASAM ASETAT DAN ETANOL KAPASITAS 85.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
Anik Febriyani
NIM. 26200340D

Telah Disetujui dan Disahkan Oleh Tim Penguji
Pada Tanggal 18 Desember 2024

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. .....

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Suseno, M.Si.
NIS. 01199408011044

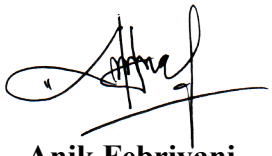
Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia

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 85.000 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, 28 November 2024



Anik Febriyani

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang Maha Berkuasa atas segala hal, atas seluruh limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Prarancangan Pabrik Etil Asetat Dari Asam Asetat Dan Etanol Kapasitas 85.000 Ton/Tahun" ini diwaktu yang tepat. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW. yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia. Tugas akhir ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi.

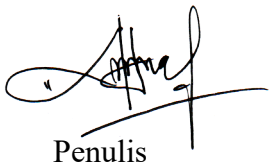
Dalam penyelesaian studi dan penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan pembelajaran, bimbingan, dan motivasi, penulis juga menyadari selesainya tugas akhir ini karena bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang sudah memberikan do'a dan semangat kepada penulis. Sehingga, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT. karena atas pertolongan-Nya, penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Dr. Djoni Tarigan, MBA. selaku Rektor Universitas Setia Budi.
3. Dr. Drs. Suseno, M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi.
4. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng. selaku Kepala Program Studi S1 Teknik Kimia Universitas Setia Budi.
5. Dr. Supriyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang membantu membimbing dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang membantu membimbing dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Ir. Sumardiyono, M.T. selaku Dosen Penguji I dalam menguji laporan tugas akhir ini.
8. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II dalam menguji laporan tugas akhir ini.
9. Orang tua dan saudara yang telah memberikan dukungan dan do'a selama awal perkuliahan hingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

10. Teman-teman Program Studi S1 Teknik Kimia angkatan 2020 yang selalu memberikan semangat dan semua pihak yang turut serta mendukung dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih dan mohon maaf atas segala kekurangan dalam laporan tugas akhir ini. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis terima dari pembaca, semoga laporan prarancangan pabrik ini dapat bermanfaat untuk penulis dan pembaca kedepannya.

Surakarta, 28 November 2024



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
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 dan Ekspor Etil Asetat di Indonesia 2
1.2.2. Kapasitas Produksi Pabrik Komersial Yang Sudah Ada 4
1.3. Pemilihan Lokasi 5
1.3.1. Ketersediaan bahan baku 5
1.3.2. Transportasi 7
1.3.3. Sumber Daya Manusia (SDM) 7
1.3.4. Pemasaran Produk 7
1.3.5. Penyediaan Utilitas 8
1.4. Pemilihan Proses 8
1.4.1. Persamaan Reaksi 9
1.4.2. Kondisi Operasi 9
1.4.3. Mekanisme Reaksi 10
1.4.4. Tinjauan Kinetika 11
1.4.5. Tinjauan Thermodinamika 11
BAB II SPESIFIKASI BAHAN 14
2.1. Spesifikasi, sifat fisis dan kimia bahan baku 14
2.1.1. Asam Asetat 14
2.1.2. Etanol 15
2.1.3. Asam Sulfat 16
2.1.4. Natrium Hidroksida 17
2.2. Spesifikasi, sifat fisis dan kimia produk 17
2.2.1. Etil Asetat 18
BAB III DESKRIPSI PROSES 19
3.1. Uraian Proses 19

3.1.1. Tahap Persiapan Bahan Baku 19
3.1.2. Tahap Pembentukan Produk 19
3.1.3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk 20
3.2. Diagram Alir Kualitatif 21
3.3 Diagram Alir Kuantitatif 22
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI 23
4.1. Neraca Massa 23
4.1.1 Neraca Massa di Mixer (M-101) 23
4.1.2 Neraca Massa di Mixer (M-102) 24
4.1.3 Neraca Massa di Mixer (M-103) 24
4.1.4 Neraca Massa di Reaktor (R-101) 24
4.1.5 Neraca Massa di Netralizer (N-101) 25
4.1.6 Neraca Massa di Centrifuge (CF-101) 25
4.1.7 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-101) 26
4.2. Neraca Panas 26
4.2.1 Neraca Panas Heater (E-101) 27
4.2.2 Neraca Panas Heater (E-102) 27
4.2.3 Neraca Panas Reaktor (R-101) 27
4.2.4 Neraca Panas Cooler (E-201) 28
4.2.5 Neraca Panas Netralizer (N-101) 28
4.2.6 Neraca Panas di Heater (E-103) 28
4.2.7 Neraca Panas di Menara Distilasi (MD-101) 29
4.2.8 Neraca Panas di Cooler (E-202) 29
BAB V SPESIFIKASI ALAT PROSES 30
5.1 Spesifikasi Alat Utama 30
5.1.1. Tangki Penyimpanan 30
5.1.2. Mixer 1 33
5.1.3. Mixer 2 33
5.1.4. Mixer 3 34
5.1.5. Reaktor 35
5.1.6. Netralizer 36
5.1.7. Centrifuge 37
5.1.8. Menara Distilasi 37
5.2 Spesifikasi Alat Pendukung 38
5.2.1. Heater 1 38
5.2.2. Heater 2 39
5.2.3. Heater 3 39

5.2.4. Cooler 1 40
5.2.5. Cooler 2 40
5.2.6. Pompa 1 41
5.2.7. Pompa 2 41
5.2.8. Pompa 3 42
5.2.9. Pompa 4 42
5.2.10. Pompa 5 42
5.2.11. Pompa 6 43
5.2.12. Pompa 7 43
5.2.13. Pompa 8 44
5.2.14. Pompa 9 44
5.2.15. Belt conveyor 44
BAB VI UTILITAS DAN LABORATORIUM 45
6.1. Utilitas 45
6.1.1. Unit Pengadaan Air 45
6.1.2. Unit Pengadaan Listrik 48
6.1.3. Unit Pengadaan Bahan Bakar 50
6.1.3. Unit Pengadaan Udara Tekan 50
6.2. Laboratorium 50
6.3 Spesifikasi Alat Utilitas 52
6.3.1. Perancangan Pengolahan Air 52
6.3.1. Pengolahan Air Sanitasi 55
6.3.2. Pengolahan Air Pendingin 56
6.3.3. Pengolahan Air Steam 57
6.3.4. P engolahan Air Service 60
6.3.1. Spesifikasi Pompa Utilitas 60
6.3.2. Spesifikasi Kompressor 62
BAB VII UNIT PENGOLAHAN LIMBAH 64
7.1 Pengolahan limbah buangan sanitasi 64
7.2 Pengolahan Limbah dari *heavy component* Centrifuge 64
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK 65
8.1. Bentuk Perusahaan 65
8.2. Struktur Organisasi 65
8.2.1. Pemegang Saham 65
8.2.2. Dewan Komisaris 66
8.2.3. Direktur 66

8.2.4. Staff Ahli 67
8.2.5. *Manager* 67
8.2.6. Supervisior (SPV) 68
8.2.7. Staff 69
8.3. Sistem Karyawan dan Upah 69
8.3.1. Sistem Karyawan 69
8.3.2. Jam Kerja Karyawan 70
8.3.3. Sistem Upah 71
8.4. Kesejahteraan Karyawan 73
8.5 Tata Letak Pabrik 74
BAB IX ANALISIS EKONOMI 79
9.1. Perkiraan Harga Alat 81
9.2. Total *Capital Investment* 82
9.3. Total *Production Cost* 83
9.4. Analisa Resiko Pabrik 85
9.5. Analisa Kelayakan 85
KESIMPULAN 90
DAFTAR PUSTAKA 91
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NERACA MASSA 93
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NERACA PANAS 102
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI ALAT 113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Data Impor Etil Asetat 2
Gambar 2. Data Ekspor Etil Asetat 3
Gambar 3. Lokasi Pendirian Pabrik 5
Gambar 4. Diagram Alir Kualitatif 21
Gambar 5. Diagram Alir Kuantitatif 22
Gambar 6. Diagram Alir Utilitas 63
Gambar 7. Layout Pabrik 75
Gambar 8. Tata Letak Alat Proses 77
Gambar 9. Bagan Struktur Organisasi 78
Gambar 10. Grafik Cost Index 81
Gambar 11. Grafik BEP dan SDP 89
Gambar 12. Process Flow Diagram 160

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Nilai Impor Etil Asetat 2
Tabel 2. Data Nilai Ekspor Etil Asetat..... 3
Tabel 3. Daftar Perusahaan Pabrik Etil Asetat di Dunia..... 4
Tabel 4. Daftar Perusahaan Bahan Baku (Supplier I)..... 6
Tabel 5. Daftar Perusahaan Pemasok Bahan Baku (Supplier II)..... 6
Tabel 6. Perusahaan Yang Membutuhkan Etil Asetat..... 8
Tabel 7. Data nilai ΔHf pada suhu 298K..... 11
Tabel 8. Data Komponen..... 12
Tabel 9. Data nilai ΔHf pada suhu 348K..... 12
Tabel 10. Data nilai ΔGf pada suhu 298K..... 12
Tabel 11. Spesifikasi Sifat Fisik Asam Asetat 14
Tabel 12. Spesifikasi Sifat Fisik Etanol..... 15
Tabel 13. Spesifikasi Sifat Fisik Asam Sulfat..... 16
Tabel 14. Spesifikasi Sifat Fisik Natrium Hidroksida 17
Tabel 15. Spesifikasi Sifat Fisik Etil Asetat 18
Tabel 16. Data Kapasitas Panas Fase Cair..... 26
Tabel 17. Data Kapasitas Panas Fase Gas 26
Tabel 18. Kebutuhan Air Proses 45
Tabel 19. Kebutuhan Air Pendingin 46
Tabel 20. Kebutuhan Steam..... 46
Tabel 21. Kebutuhan Air Sanitasi..... 47
Tabel 22. Total Kebutuhan Air..... 48
Tabel 23. Kebutuhan Listrik Alat Proses..... 49
Tabel 24. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas..... 49
Tabel 25. Kebutuhan Listrik Total..... 50
Tabel 26. Pembagian Kelompok Shift Kerja..... 71
Tabel 27. Daftar Tenaga Kerja..... 72
Tabel 28. Luas Bangunan Pabrik..... 76
Tabel 29. Indeks Harga Alat 81
Tabel 30. Physycal Plant Cost (PPC)..... 82
Tabel 31. Direct Plant Cost (DPC) 83
Tabel 32. Fixed Capital Investment (FCI)..... 83
Tabel 33. Working Capital Investment 83
Tabel 34. Direct Mnufacturing Cost..... 83
Tabel 35. Indirect Manufacturing Cost..... 84

Tabel 36. Fixed Manufacturing Cost 84
Tabel 37. General Expense 84
Tabel 38. Fixed Cost (Fa) 87
Tabel 39. Variable Cost (Va) 87
Tabel 40. Regulated Cost (Ra) 88
Tabel 41. Sales Value (Sa) 88

ABSTRAK

Etil asetat merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti pelarut, bahan baku farmasi, dan 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 85.000 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 tertentu, yaitu tekanan 1 atm dan suhu 75°C. Reaksi berlangsung dalam fasa cair, denagn 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 Manyar, 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 BEPbahan bakar. Analisis ekonomi menunjukkan nilai investasi awal sebesar Rp 862.068.789.043,40 dengan ROI sebesar 19,40%, POT selama 3,4 tahun, BEP sebesar 46,43% dengan SDP 21,58%, dan Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) sebesar 19,34%. Maka berdasarkan hasil dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik Etil Asetat dengan kapasitas 85.000 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 Prarancangan Pabrik

Hingga saat ini perkembangan industri Indonesia terus berkembang, khususnya di bidang kimia. Fenomena ini mencerminkan peningkatan berkelanjutan dalam berbagai industri kimia. Industri yang aktif beroperasi berperan penting dalam mempengaruhi ekonomi negara dan memiliki potensi untuk mengurangi ketergantungan pada impor bahan kimia. Salah satu contoh produk kimia yang hingga saat ini masih diimpor yaitu Etil Asetat atau Etil Etanoat dengan rumus kimia $CH_3COOC_2H_5$ termasuk salah satu ester karboksil yang terbentuk dari unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Produk ini mempunyai beberapa kegunaan diantaranya dapat dipergunakan menjadi bahan baku di industri tinta cetak, bahan pelarut cat, bahan standar pembuatan plastik, serta dapat pula dipergunakan buat kebutuhan industri farmasi dan kosmetik (Faith and Keyes, 1957).

Dilihat dari banyakanya kegunaan Etil Asetat menyebabkan permintaan produk tersebut di Indonesia menjadi semakin tinggi, sehingga penting untuk dilakukan perencanaan pendirian pabrik dalam negeri agar kebutuhan Etil Asetat dapat terpenuhi. Namun, tingginya permintaan tersebut tidak diimbangi dengan produksi dalam negeri yang memadai, sehingga menyebabkan nilai impor Etil Asetat akan terus mengalami peningkatan. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019 hingga 2022 telah membuktikan produk Etil Asetat mengalami kenaikan jumlah impor. Pendirian pabrik ini akan memiliki manfaat diantaranya :

1. Terpenuhinya Etil Asetat di Indonesia, sehingga bisa menurunkan nilai impornya.
2. Dapat menciptakan lapangan pekerjaan, sehingga jumlah pengangguran akan berkurang.
3. Pengaplikasian teknologi bagi para sarjana sehingga dapat mengikuti kemajuan teknologi terutama dalam bidang industri kimia.

Maka dari itu, perencanaan pendirian pabrik Etil Asetat ini cukup tepat apabila didirikan di Indonesia.

1.2. Kapasitas Produksi Pabrik

Menghitung rencana kapasitas untuk produksi di pabrik Etil Asetat yang akan didirikan perlu mempertimbangkan beberapa aspek antara lain data impor Etil Asetat dan prediksi kebutuhannya dalam negeri serta kapasitas pabrik yang ada.

1.2.1. Data Impor dan Ekspor Etil Asetat di Indonesia

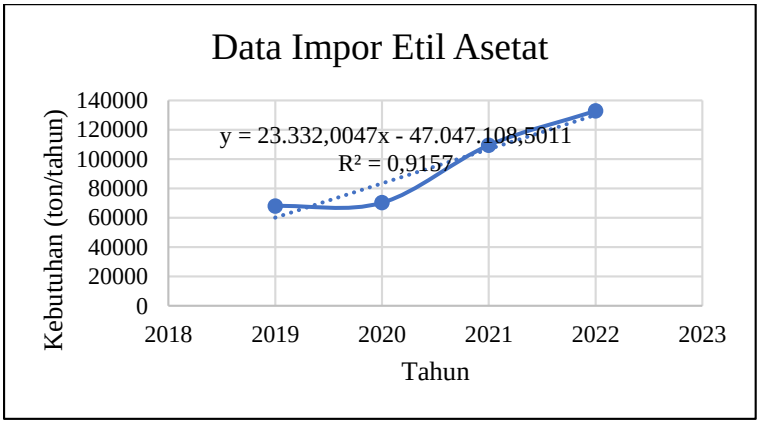
Etil Asetat yang dibutuhkan Indonesia berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 hingga 2022 dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. Data Nilai Impor Etil Asetat

Tahun	Jumlah (Ton/tahun)
2019	68.130,271
2020	70.346,690
2021	109.497,755
2022	132.853,265

(Sumber : BPS, 2024)

Berdasarkan tabel 1 tersebut dapat disimpulkan impor Etil Asetat di Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Untuk memperkirakan impor Etil Asetat tahun 2028 dapat dilakukan dengan cara regresi linear sehingga dapat diperoleh persamaan garis hubungan antara jumlah impor Etil Asetat dan tahun. Berikut hasil persamaan linear yang diperoleh.



Gambar 1. Grafik Data Impor Etil Asetat

Hasil grafik menunjukkan y = 23.332,0047x – 47.047.108,5011 yang memiliki nilai R hampir mendekati 1 yaitu sebesar 0,9157, pada grafik x merupakan tahun yang diproyeksikan dan y merupakan perkiraan kapasitas rancangan dalam satuan ton.

Apabila pabrik Etil Asetat didirikan pada tahun 2028, maka jumlah impor pada tahun tersebut dapat diperkirakan sebagai berikut :

y = 23.332,0047x – 47.047.108,5011
y = 23.332,0047(2028) – 47.047.108,5011
y = 270.197,0305 ton

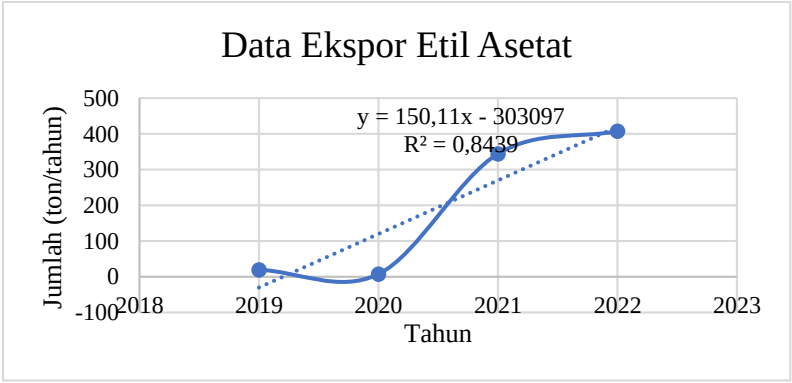
Selain data impor, penentuan kapasitas juga mempertimbangkan data ekspor Etil Asetat. Dari data BPS Indonesia diperoleh nilai ekspor sebagai berikut :

Tabel 2. Data Nilai Ekspor Etil Asetat

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

(Sumber : BPS, 2024)

Berdasarkan tabel tersebut diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut :



Gambar 2. Data Ekspor Etil Asetat

Dari hasil grafik tersebut diperoleh persamaan linear y = 150,11x – 303.097 yang memiliki nilai R sebesar 0,8439, pada grafik x merupakan tahun yang diproyeksikan dan y merupakan perkiraan kapasitas rancangan dalam satuan ton. Apabila pabrik Etil Asetat didirikan tahun 2028, maka perkiraan jumlah impornya sebagai berikut :

y = 150,11x – 303.097
y = 150,11(2028) – 303.097
y = 1.326 ton

1.2.2. Kapasitas Produksi Pabrik Komersial Yang Ada

Menentukan kapasitas produksi juga mempertimbangkan kapasitas pabrik Etil Asetat yang sudah beroperasi. Pada Indonesia pabrik Etil Asetat yang sudah beroperasi hanya terdapat satu pabrik yaitu PT. Indo Acidatama Karanganyar, Jawa Tengah menggunakan kapasitas produksi 7.921 ton/tahun (Kementerian Perindustrian, 2024), sedangkan secara menyeluruh pabrik yang sudah beroperasi antara lain :

Tabel 3. Daftar Perusahaan Pabrik Etil Asetat

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Wuxi Baichuan	China	500.000
Shandong Xinyimeng Group Co. Ltd.	China	400.000
Jubilant	India	150.000
Celanese	Singapura	100.000
INEOS	Inggris	245.000
Chiba Ethyl Acetate	Jepang	50.000
International Ester Co Ltd	South Korea	75.000
BP Chemicals	UK	220.000

Dalam menentukan kebutuhan pasar dapat dihitung menggunakan data-data yang sudah diperoleh dengan rumus berikut :

Kebutuhan pasar = (Impor + Produksi) – Ekspor
= (270.197,0305 + 7.921) - 1.326
= 276.792 ton /tahun

Mengacu pada pabrik Etil Asetat yang sudah berdiri dengan kapasitas pabrik ≥7921 ton/tahun merupakan kapasitas komersil yang artinya masih memberi keuntungan. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan kebutuhan pasar pada tahun 2028 dengan kebutuhan Etil Asetat sebanyak 276.792 ton per tahun, maka untuk mendirikan pabrik berkapasitas 85.000

ton/tahun akan memberi keuntungan dan dapat mengurangi nilai impor Etil Asetat di Indonesia.

1.3. Pemilihan Lokasi

Lokasi pendirian termasuk dalam faktor penting yang akan menentukan kesuksesan pabrik. Diperlukan beberapa pertimbangan dalam memilih lokasi pendirian agar proses operasi pada pabrik dapat berjalan lancar serta memberikan keuntungan yang besar untuk perusahaannya. Faktor yang menjadi pertimbangan dalam memilih lokasi yaitu ketersediaan bahan (utama dan pendukung), transportasi, sumber daya manusia, pemasaran, dan utilitas. Berdasarkan hasil tinjauan tersebut, perencanaan pendirian pabrik Etil Asetat akan dilakukan di daerah Manyar, Jawa Timur.

Gambar 3. Lokasi Pendirian Pabrik

1.3.1. Ketersediaan bahan

Menjadi faktor penting dalam menentukan lokasi karena bahan yang akan digunakan merupakan elemen penting untuk menjalankan operasi pabrik. Pemilihan lokasi yang tepat memperhitungkan kedekatan dengan sumber bahan baku utama guna mempercepat dan menyederhanakan proses pengiriman. Selain itu, hal ini juga bertujuan untuk mengurangi biaya pengiriman yang diperlukan. Bahan yang akan digunakan diperoleh dari :

Tabel 4. Perusahaan Bahan Baku (*Supplier I*)

Bahan Baku	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi	Jarak
Asam Asetat	PT. Indo Acidatama	36.600	Karanganyar, Jawa Tengah	251 km
Etanol	PT. Molindo Raya Industrial	80.000	Malang, Jawa Timur	108 km
Asam Sulfat	PT. Petrokimia	1.170.000	Gresik, Jawa Timur	14 km
NaOH	PT. Asahimas Chemical	680.000	Cilegon, Banten	896 km

(Sumber : Kementerian Perindustrian, 2024)

Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku selama pabrik beroperasi perlu memiliki lebih dari satu *supplier*, karena apabila hanya mengandalkan satu pabrik saja sebagai pemasok bahan dapat meningkatkan risiko terhadap perubahan harga, kebijakan, atau keadaan pasar yang mempengaruhi ketersediaan atau harga bahan baku. Dengan memiliki beberapa *supplier*, pabrik dapat mengurangi risiko tersebut dan lebih fleksibel dalam menanggapi perubahan lingkungan bisnis. Berikut daftar perusahaan yang akan menjadi *supplier* kedua apabila terjadi kendala dalam pemenuhan bahan baku pada *supplier* pertama.

Tabel 5. Daftar Perusahaan Pemasok Bahan Baku (*Supplier II*)

Bahan Baku	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)	Lokasi	Jarak
Asam Asetat	BP Petronas Acetyls	535.000	Malaysia	2.612 km
Etanol	PT. Indo Acidatama	58.825	Karanganyar, Jawa Tengah	251 km
Asam Sulfat	PT. Smelting	920.000	Gresik, Jawa Timur	17 km
NaOH	PT. Sulfindo Adiusaha	337.000	Serang, Banten	896 km

(Sumber : Kementerian Perindustrian, 2024)

Berdasarkan data bahan baku pada tabel tersebut, dengan mempertimbangkan jarak antara pabrik pemasok bahan dengan

lokasi pabrik yang akan dibuat, maka dipilihlah Manyar, Jawa Timur sebagai lokasi pendirian pabrik.

1.3.2. Transportasi

Transportasi dibutuhkan untuk mengirim bahan baku dan distribusi produk ke konsumen, pendirian pabrik berada di lokasi yang dekat dengan akses transportasi baik darat, laut ataupun udara. Gresik adalah salah satu wilayah di Jawa Timur yang letaknya strategis, karena wilayah tersebut memiliki akses untuk transportasi laut yang cukup memadai. Dekat dengan lokasi pendirian pabrik terdapat pelabuhan yang dapat digunakan untuk akses trasnportasi laut yaitu Pelabuhan Manyar. Untuk transportasi darat dan udara Jawa Timur memiliki akses jalan tol dan terdapat bandara besar yaitu Juanda International Airport. Dengan adanya beberapa akses transportasi tersebut sehingga mempermudah proses mengirim bahan baku ataupun distribusi produk ke konsumen.

1.3.3. Sumber Daya Manusia (SDM)

Tenaga kerja yang diperlukan sebagian besar sasarannya dari masyarakat sekitar dan untuk tenaga ahli diperoleh dari lulusan Perguruan Tinggi. Dengan memanfaatkan masyarakat sekitar lokasi untuk dijadikan sasaran, maka pendirian pabrik Etil Asetat ini juga dapat membantu dalam meminimalkan jumlah pengangguran yang ada di wilayah tersebut. Selain itu banyaknya perguruan tinggi di wilayah tersebut juga berpeluang untuk mendapatkan tenaga ahli yang mampu bekerja untuk pabrik Etil Asetat yang akan didirikan.

1.3.4. Pemasaran Produk

Menentukan lokasi dekat dengan industri juga menjadi faktor pertimbangan, karena untuk memudahkan pemasaran produk ke konsumen. Jawa Timur termasuk dalam kawasan yang strategis, berbagai macam industri yang membutuhkan bahan berupa Etil Asetat di wilayah tersebut. Berikut beberapa contoh industri yang menggunakan bahan berupa Etil Asetat :

Tabel 6. Perusahaan Dengan Kebutuhan Etil Asetat

No	Nama Industri	Lokasi
1	PT. Nipsea Paint and Chemical	Malang dan Gresik Jawa Timur
2	PT. Avia Avian	Sidoarjo, Jawa Timur
3	PT. Kosmetika Global Indonesia	Malang dan Surabaya, Jawa Timur
4	PT. Putra Jaya Adi Sentosa	Sidoarjo, Jawa Timur
5	Indana Paint	Jember, Jawa Timur

(Sumber : Kementerian Perindustrian, 2024)

1.3.5. Penyediaan Utilitas

Utilitas bertujuan untuk mendukung operasi unit proses agar dapat berjalan secara maksimal dengan menyediakan kebutuhan air dan listrik. Oleh karena itu, lokasi pendirian pabrik juga perlu mempertimbangkan ketersediaan air dan listrik. Mengingat pabrik tersebut berlokasi di Gresik, maka sumber energi listriknya dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) oleh PT. PLN Nusantara Power di Kabupaten Gresik. Untuk kebutuhan air diambil dari Sungai Kali Mireng di Manyar.

1.4. Pemilihan Proses

Etil Asetat dapat diproduksi dengan beberapa proses, dalam memilih proses untuk suatu pabrik perlu diketahui kondisi operasi dari masing-masing proses. Adapun proses yang dapat digunakan antara lain :

a. Reaksi Tischenko

Dalam proses ini, Etanol diubah menjadi Asetaldehida untuk sintesis komersial Etil Asetat, menggunakan aluminium alkoksida sebagai agen katalitik. Reaksi Tischenko terjadi dalam fase gas pada suhu -20°C, menghasilkan rendemen sebesar 61% (Piotrowski & Kubica, 2021).

Reaksi yang terjadi yaitu :

$$2CH_3CHO \rightarrow CH_3COOCH_2CH_3$$

b. Reaksi Esterifikasi Dengan Katalis Asam Sulfat

Reaksi esterifikasi yang terjadi pada Asam Asetat dan Etanol dengan tambahan katalis Asam Sulfat. Berikut persamaan reaksi yang terjadi :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \leftrightharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

Reaksi terjadi pada fase cair dan bersifat reversibel. Proses esterifikasi ini terjadi pada suhu operasi antara 70°C – 90°C dengan tekanan sebesar 1 atm, konversi reaksi yang dihasilkan mencapai 66 – 68%, dalam sintesis Etil Asetat tingkat konversi reaktan dapat mencapai 100%. Namun tergantung pada katalis yang digunakan (Piotrowski & Kubica, 2021).

c. Etil Asetat dari Asam Asetat dan Etilena

Sintesis Etil Asetat dapat dibuat dari Asam Asetat dan Etilen dengan katalis tungstophosporic acid. Reaksi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$CH_3COOH + C_2H_4 \rightarrow 2CH_3COOC_2H_5$$

Proses reaksi pembentukan Etil Asetat ini berlangsung pada rentang suhu 100°C hingga 300 °C dengan tekanan 10 atm konversi yang dihasilkan 43,6% (Inoue, 1993). Pada proses ini membutuhkan kondisi proses yang sulit karena suhu dan tekanan yang digunakan cukup tinggi, secara signifikan akan meningkatkan biaya operasi (Piotrowski & Kubica, 2021).

Berdasarkan penjelasan beberapa metode tersebut, maka dipilih proses esterifikasi dengan bahan baku dari Asam Asetat dan Etanol dengan penambahan katalis Asam Sulfat untuk memproduksi Etil Asetat dengan pertimbangan seperti bahan baku yang digunakan mudah untuk diperoleh, proses lebih mudah dan sederhana jika dibandingkan dengan metode lainnya, kondisi operasi pada reaksi esterifikasi tidak terlalu menimbulkan risiko, dan konversi yang dihasilkan cukup tinggi.

1.4.1. Persamaan Reaksi

Persamaan reaksi untuk pembentukan Etil Asetat dari Asam Asetat dan Etanol adalah sebagai berikut :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \leftrightharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

(US Patent 6809217)

1.4.2. Kondisi Operasi

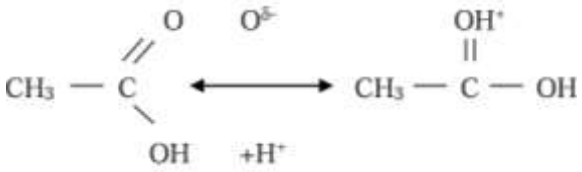
Pada proses pembuatan Etil Asetat dipilih proses Esterifikasi yang menghasilkan konversi 66 – 68% dengan tambahan katalis berupa Asam Sulfat berlangsung pada Reaktor Batch yang beroperasi pada suhu (T) 75°C tekanan (P) 1 atm dengan rasio mol antara Etanol dan Asam Asetat 1:1,1 waktu tinggal 90 menit

hasil konversi dapat meningkat hingga diperoleh 96,63% (Asep Kadarohman, 2022). Fase pada saat reaksi adalah fase cair, umpan dan produk yang dihasilkan juga dalam keadaan fase cair. 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

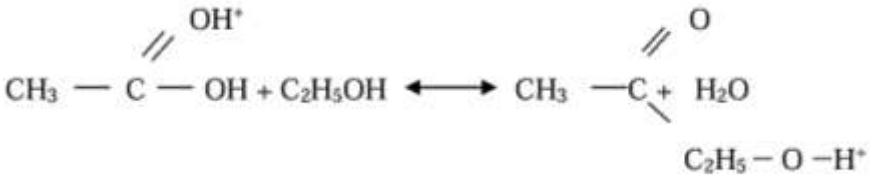
Proses yang terjadi pada reaksi esterifikasi pembentukan Etil Asetat dari bahan baku Asam Asetat dan Etanol :

a. Penambahan proton untuk menambah gugus karbonil.
   Reaksi :



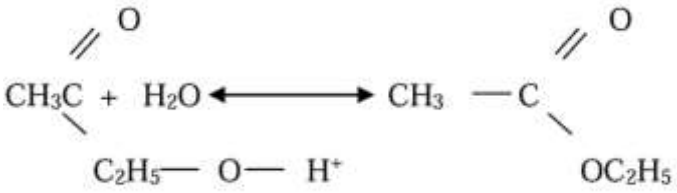
   Ion oxonium terbentuk ketika proton asam mineral diikat oleh elektron bebas (tak berpasangan) dari atom O dalam gugus OH asam organik.

b. Formasi keadaan transisi dihasilkan oleh penggabungan gugus nukleofilik melalui alkohol.
   Reaksi :



   Ion hydronium dari alkohol membentuk H_2O dan gugus R^+O dari alkohol akan menggantikan ion oxonium.

c. Pergeseran proton menghasilkan H_2O



Hasil dari reaksi tahap b adalah pelepasan ion H+, yang mengakibatkan pembentukan gugus ester.

(Groggins, 1958)

1.4.4. Tinjauan Kinetika

Kinetika reaksi esterifikasi

$$rA = k_1 C_{AA}^{0,5} C_E^{0,5} - k_2 C_{EA} C_W$$

dimana :

$$k_1 = 2.145\exp(-13494/(RT))$$
$$k_2 = 0.0545\exp(-9314/(RT))$$

(Piotrowski & Kubica, 2021)

Keterangan :
- rA = Laju reaksi (kmol/m3 min)
- k_1 = konstanta kecepatan reaksi *(forward)*
- k_2 = konstanta kecepatan reaksi *(reverse)*
- C_E = Konsentrasi Etanol (kmol/m3)
- C_{AA} = Konsentrasi Asam Asetat (kmol/m3)
- C_W = Konsentrasi Water (kmol/m3)
- C_{EA} = Konsentrasi Etil Asetat (kmol/m3)

1.4.5. Tinjauan Thermodinamika

Tinjauan ini digunakan untuk mengetahui sifat dari reaksi yang terjadi, eksotermis (menghasilkan panas) atau endotermis (membutuhkan panas) dan arah reaksinya bersifat searah (*irreversible*) atau bolak-balik (*reversible*). Untuk mengetahuinya dapat dihitung dari panas pembentukan standar ($\Delta H^o f$) dan nilai energi *Gibbs* ($\Delta G^o f$) pada suhu (T) 298°K dan tekanan (P) 1 atm.

Reaksi : $CH_3COOH + C_2H_5OH \leftrightharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

Data nilai $\Delta H^o f$ pada suhu 298°K dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. Data nilai ΔHf pada suhu 298K

Komponen	Nilai $\Delta H^o f$ (kJ /mol)
Asam Asetat (CH_3COOH)	-434,84
Etanol (C_2H_5OH)	-234,81
Etil Asetat ($CH_3COOC_2H_5$)	-442,92
Air (H_2O)	-241,80

Sumber: Yaws, 1999.

$\Delta H^o f$ (298°K) = $\Delta H^o f$ produk - $\Delta H^o f$ reaktan

= {(-442,92) + (-241,80)} - {(-434,84) + (-234,81)} kj/mol

= -15,07 kJ/mol

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

Tabel 8. Data Komponen

Komponen	A	B	C
Asam Asetat (CH_3COOH)	-417,910	-0,0582430	-0,000033466
Etanol (C_2H_5OH)	-217,030	-0,0704170	-0,000034007
Etil Asetat ($CH_3COOC_2H_5$)	-422,780	-0,0862620	-0,000044960
Air (H_2O)	-238,410	-0,0122560	-0,000002766

(Sumber : Yaws, 1999.)

Berdasarkan data pada tabel tersebut maka nilai $\Delta H^o f$ pada masing-masing komponen dapat dihitung dengan rumus

$\Delta H^o f = A+BT+CT^2$

Tabel 9. Data nilai ΔHf pada suhu 348K

Komponen	Nilai $\Delta H^o f$ (kJ /mol)
Asam Asetat (CH_3COOH)	-442.231
Etanol (C_2H_5OH)	-245.653
Etil Asetat ($CH_3COOC_2H_5$)	-458.244
Air (H_2O)	-243.01

$\Delta H^o f$ (348°K) = $\Delta H^o f$ produk - $\Delta H^o f$ reaktan

= {(-458.244) + (-243.01)} - {(-442.231) + (-245.653)}

= -13,3691 kJ/mol

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai $\Delta H^o f$ negatif (-), maka kesimpulan yang dapat diambil bahwa reaksi yang terjadi 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.*

Tabel 10. Data nilai ΔGf pada suhu 298K

Komponen	Nilai $\Delta G^o f$ (kJ/mol)
Asam Asetat (CH_3COOH)	- 376,69
Etanol (C_2H_5OH)	-168,28
Etil Asetat ($CH_3COOC_2H_5$)	-327,40
Air (H_2O)	-228,60

Sumber : Yaws, 1999.

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

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

$\Delta G^o f$ = -RT lnK_{298^oK}

-11.030 J /mol = -8,314 J/mol x 298^{o}K x lnK_{298^oK}

$$\ln K_{298^oK} = \frac{-11.030\ J/mol}{-8{,}314\ J/mol\ x\ 298K}$$

ln K_{298^oK} = 4,4519

K_{298^oK} = 85,789

Nilai konstanta keseimbangan pada suhu operasi 75^{o}C dapat dihitung menggunakan persamaan (Smith, Ness, Abbott, & Swihart, 2017) dengan rumus sebagai berikut :

$$ln\frac{K2}{K1} = -\frac{\Delta H}{R}\ x\ (\frac{1}{T2} - \frac{1}{T1})$$

$$ln\frac{K2}{85{,}789} = -\frac{-133691}{8{,}314}\ x\ (\frac{1}{348} - \frac{1}{298})$$

K2 = 0,0368

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai $\Delta G^o f$ pada suhu 298^{o}K bernilai negatif (-) dengan nilai K < 1 yaitu sebesar 0,0368 , maka dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi spontan dan bersifat *reversible*.