

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi mempengaruhi pertumbuhan dari sektor industri kimia di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik, (2020) kebutuhan bahan baku petrokimia di dalam negeri terus mengalami peningkatan mencapai 6 juta ton/tahun, sedangkan produksi dalam negeri hanya dapat memenuhi 2 juta ton/tahun. Namun, meningkatnya jumlah kebutuhan konsumsi tidak diiringi dengan produksi bahan kimia dalam negeri, sehingga negara harus melakukan impor bahan baku dari negara-negara produsen yang sudah maju. Nilai impor tersebut akan terus meningkat pada tahun-tahun mendatang apabila tidak diatasi. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mendirikan pabrik untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri yang terus meningkat. Salah satu industri kimia di Indonesia yang sampai saat ini masih kurang mencukupi kebutuhan konsumsi dalam negeri adalah industri butil asetat.

Butil asetat merupakan senyawa ester yang banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama sebagai pelarut dalam industri cat, tinta, perekat, farmasi, serta industri kosmetik dan makanan (Smith et al., 2019). Butil asetat memiliki sifat volatilitas yang baik, daya larut tinggi, dan bau yang relatif harum, sehingga menjadi pilihan utama dalam aplikasi yang membutuhkan pelarut dengan karakteristik tersebut. Permintaan butil asetat di pasar global terus meningkat seiring dengan berkembangnya sektor industri yang bergantung pada bahan ini (Johnson & Lee, 2021).

Produksi butil asetat secara efisien dan ekonomis menjadi tantangan utama dalam memenuhi kebutuhan industri. Salah satu metode yang umum digunakan dalam produksi butil asetat adalah reaksi esterifikasi antara butanol dan asam asetat. Pemilihan katalis yang tepat sangat berpengaruh terhadap efisiensi proses dan hasil produksi. Butil asetat merupakan bahan baku yang digunakan sebagai *solvent* pada berbagai industri seperti industri cat pelapisan, industri tekstil, plastik dan kulit buatan. Selain itu, butil asetat juga digunakan sebagai senyawa kimia yang memiliki karakteristik umum yaitu cairan tidak berwarna dan

memiliki bau ringan seperti buah. Sampai saat ini, di Indonesia hanya satu pabrik yang memproduksi butil asetat yaitu PT. Continental Solvindo yang didirikan di Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 18.000 ton/tahun.

Melihat kegunaan dari butil asetat yang sangat beragam, maka diperkirakan kebutuhan butil asetat di Indonesia akan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Pendirian pabrik butil asetat ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri yang dapat menekan devisa negara serta menyediakan lapangan kerja baru. Pendirian pabrik butil asetat ini diharapkan dapat mendorong berkembangnya industri lain yang menggunakan butil asetat sebagai bahan baku di dalam prosesnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa pertimbangan dengan melihat data statistik kebutuhan impor butil asetat dan keadaan ekonomi di Indonesia yang menurun, maka perlu dilakukan pengembangan untuk mendirikan industri yang berpotensi dapat memperbaiki keadaan ekonomi negara. Salah satunya adalah dengan mendirikan pabrik yang memproduksi butil asetat. Karena dengan pendirian pabrik ini diperkirakan dapat menambah devisa negara, membuka lapangan kerja baru dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia. Dalam merancang pabrik butil asetat dapat dilakukan dengan beberapa pemilihan proses. Pabrik ini direncanakan akan memproduksi butil asetat dengan proses *continuous esterification*. Dengan memilih proses ini lebih ekonomis karna tidak menghasilkan produk samping, maka dari itu untuk memenuhi kebutuhan butil asetat dalam negeri perlu dilakukannya suatu usaha dengan cara membuat prarancangan butil asetat.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan Prarancangan Pabrik n-butil asetat dari asam asetat dan butanol ini adalah untuk menerapkan disiplin ilmu Teknik Kimia, khususnya dibidang rancang, proses dan operasi teknik kimia serta memenuhi kebutuhan butil asetat dalam negeri sehingga mampu mengurangi impor dalam negeri dan tidak menutup

kemungkinan produk tersebut bisa untuk diekspor. Dengan harapan dapat memberikan keuntungan negara dan mengurangi beban negara dalam bidang ekonomi.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat dari perancangan pabrik butil asetat adalah mahasiswa dapat menerapkan ilmu teknik kimia yang didapat selama perkuliahan yang diaplikasikan dalam bentuk perancangan butil asetat. Adapun manfaat lain dari pendirian pabrik butil asetat adalah sebagai berikut:

1. Butil asetat (butil ester) banyak digunakan sebagai pelarut pada industry pembuatan lapisan pelindung, bahan baku industri tekstil, industri plastik, farmasi, industri yang memproduksi oil, bahan baku dalam industri parfum, sebagai *solvent* pada persiapan pembuatan kulit buatan, dan lain sebagainya.
2. Kebutuhan butil asetat dalam negeri masih mengandalkan impor, sehingga didirikan pabrik butil asetat dapat menghemat devisa negara.
3. Memberikan keuntungan ekonomi bagi investor serta membuka peluang lapangan kerja bagi masyarakat sekitar.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk prarancangan pabrik butil asetat adalah aliran proses untuk menghasilkan butil asetat, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, utilitas hingga analisa ekonomi yang meninjau laba, IRR, dan BEP.

1.6 Kapasitas prarancangan Pabrik

Dilihat dari kegunaan butil asetat yang cukup banyak maka diperkirakan kebutuhan butil asetat di Indonesia akan semakin meningkat dari tahun ke tahun, serta sejauh ini untuk memenuhinya dilakukan dengan impor dari luar negeri, maka perlu didirikan pabrik butil asetat di Indonesia. Dalam menentukan kapasitas pabrik butil asetat, perlu diperhatikan beberapa pertimbangan, yaitu proyeksi kebutuhan akan butil asetat dan ketersediaan bahan baku. Kapasitas

pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomis. Berdasarkan faktor tersebut, dalam menentukan kapasitas perancangan pabrik butil asetat perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.6.1 Data Kebutuhan Butil Asetat

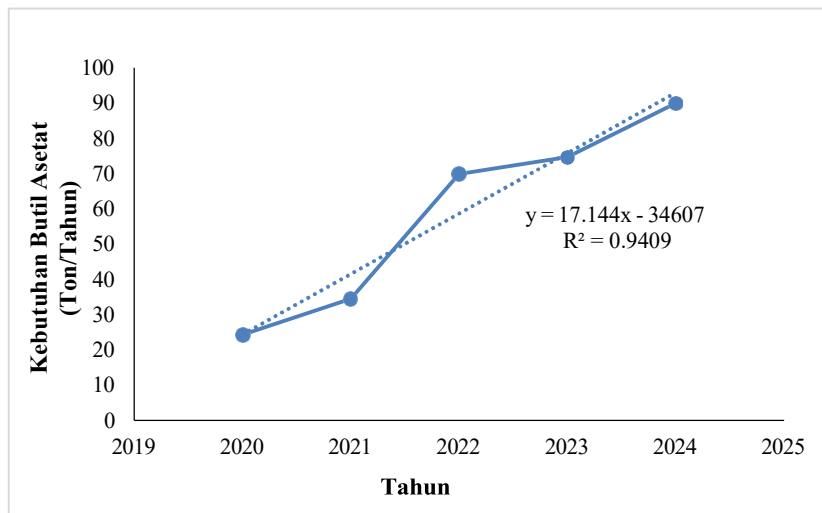
Berikut ini perkembangan data kebutuhan butil asetat di Indonesia dari tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Kebutuhan Butil Asetat dari tahun 2020-2024 di Indonesia

Tahun	Jumlah Kebutuhan (Ton)
2020	24.331
2021	34.500
2022	69.842
2023	74.751
2024	89.927

(Sumber : Statistik Manufaktur Industri Bahan Baku, 2025)

Adapun grafik kebutuhan Butil Asetat di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari Statistik Manufaktur Industri Bahan Baku, 2025 dapat dilihat pada Gambar 1.1.



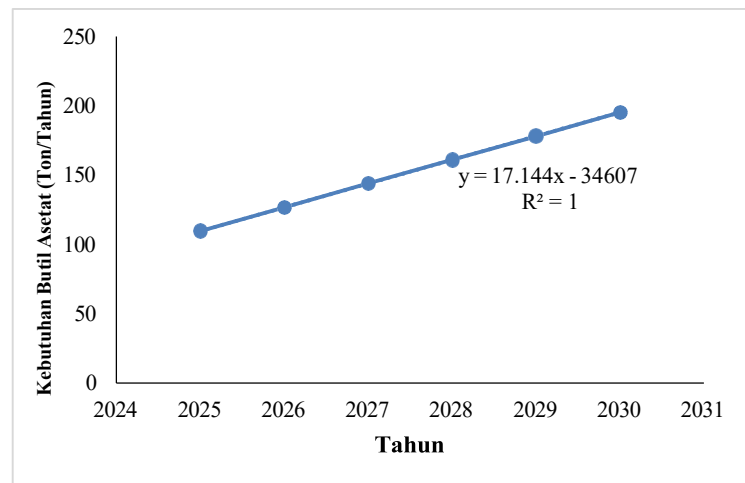
Gambar 1.1 Data Kebutuhan Butil Asetat di Indonesia

Berikut ini adalah data ekstrapolasi kebutuhan butil asetat di Indonesia dari tahun 2025-2030 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Butil Asetat di Indonesia

Tahun	Jumlah Kebutuhan (Ton)
2025	109.6
2026	126.74
2027	143.88
2028	161.03
2029	178.17
2030	195.32

Adapun grafik data ekstrapolasi Butil Asetat di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari Statistik Manufaktur Industri Bahan Baku pada tahun 2025 dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Butil Asetat di Indonesia

1.6.2 Data Impor Butil Asetat

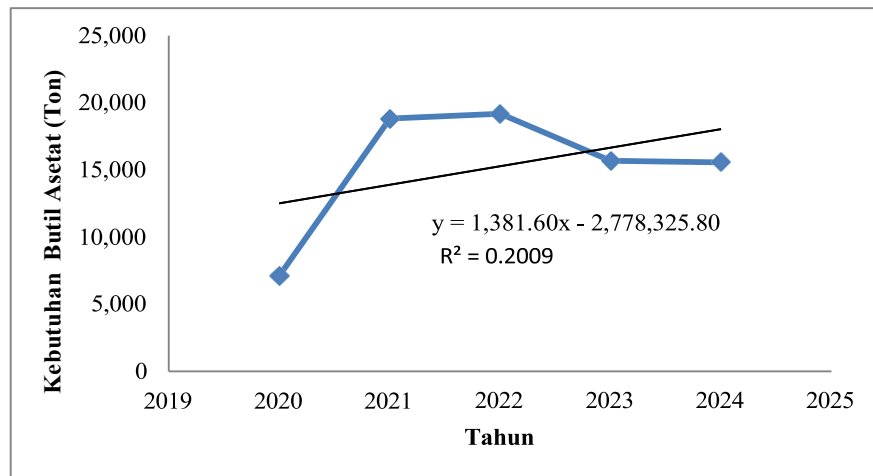
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, data impor butil asetat di Indonesia dari tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Impor Butil Asetat Tahun 2020-2024

Tahun	Impor
2020	7.093
2021	18.824
2022	19.178
2023	15.678
2024	15.574

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2025)

Adapun grafik data import Butil Asetat di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2025 dapat dilihat pada Gambar 1.3.

**Gambar 1.3** Grafik Kebutuhan Impor Butil Asetat di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.3 di atas dapat diperkirakan kebutuhan butil asetat di Indonesia pada tahun 2030 adalah:

$$\text{Diketahui } y = 1.381,60x - 2.778.325,80$$

$$x = 2030$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } y &= 1.381,60x - 2.778.325,80 \\ &= 1.381,60 (2030) - 2.778.325,80 \\ &= 28.046,48 - 2.778.325,80 \\ &= 26.322,20 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan impor butil asetat di Indonesia pada tahun 2030 diperkirakan sebesar 26.322 ton/tahun. Prediksi data kebutuhan impor pada tahun 2025 sampai 2030 menggunakan cara ekstrapolasi juga dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Butil Asetat Dalam Negeri

No	Tahun	Konsumsi (Ton/tahun)
1.	2025	19.414,2
2.	2026	20.795,8
3.	2027	22.177,4
4.	2028	23.559
5.	2029	24.940,6
6.	2030	26.322,2

Dari hasil di atas kebutuhan butil asetat untuk tahun 2030 sebesar 26.322 ton/tahun yang diperoleh dari hasil persamaan $y = 1.381,60 (2030) - 2.778.325,80$.

1.6.3 Data Ekspor Butil Asetat

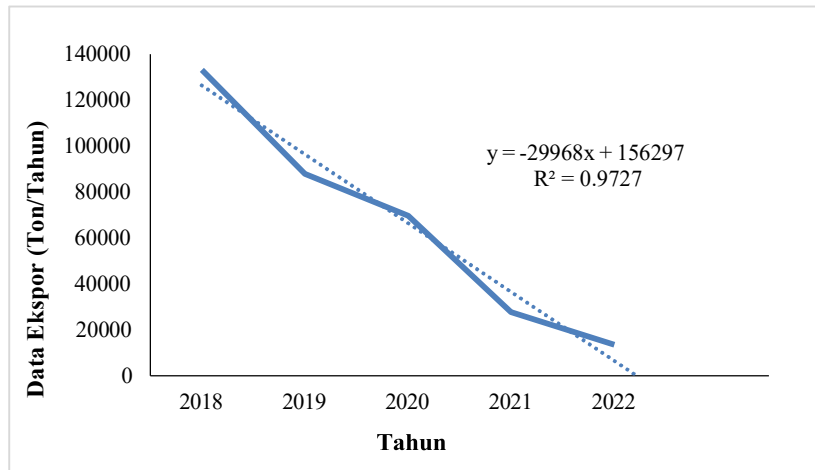
Berikut ini perkembangan data ekspor butil asetat dari tahun 2016-2020 dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Ekspor Butil Asetat Tahun 2018-2022

Tahun	Impor
2018	133.162
2019	69.642
2020	27.725
2021	5.675
2022	1.602

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2025)

Adapun grafik data import Butil Asetat di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2025 dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Data Ekspor Butil Astat di Indonesia

1.6.4 Data Kebutuhan Butil Astat Di Luar Negeri

Berikut ini perkembangan data kebutuhan etilen di luar negeri dari tahun 2017-2021 dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Kebutuhan Butil Astat di Luar Negeri

Negara	Jumlah Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)				
	2018	2019	2020	2021	2022
Singapura	134.982	138.638	140.084	141.096	145.352
Cina	2.719	3.456	4.603	5.035	5.791
Malaysia	5.233	5.841	6.099	6.484	6.935
Vietnam	150.657	153.098	160.341	164.193	169.241

Sumber: Worldbank, 2023

1.6.5 Daftar Pabrik Produksi Butil Astat di Dunia

Adapun daftar data produksi butil asetat yang sudah ada di dunia, dapat dilihat pada Tabel 1.7. Pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu Singapur dengan kapasitas 100.000 ton/tahun sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu PT. Continental Solvindo di Indonesia dengan kapasitas produksi 25.000 ton/tahun. Pada saat ini di Indonesia hanya memiliki satu perusahaan yang memproduksi butil asetat yakni PT. Continental Solvindo dengan kapasitas produksi 25.000 ton/tahun. Berdasarkan data konsumsi dan produksi dari

beberapa negara, maka pabrik butil asetat ini direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 37.000 ton/tahun. Pendirian pabrik butil asetat dengan kapasitas 37.000 Ton/Tahun berupaya untuk menutup kebutuhan impor butil asetat di Indonesia sebanyak 60% dan sisa nya di ekspor sebanyak 40%. Adapun tabel data kapasitas produksi butil asetat yang sudah ada dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Kapasitas Produksi Pabrik Butil Asetat yang Sudah Ada

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas produksi (ton/tahun)
Celenase	Singapore	100.000
Jiangment	China	100.000
Korea Alcohol	South Korea	85.000
Petronas	Malaysia	60.000
Continental Solvindo	Serang, Banten, Indonesia	25.000

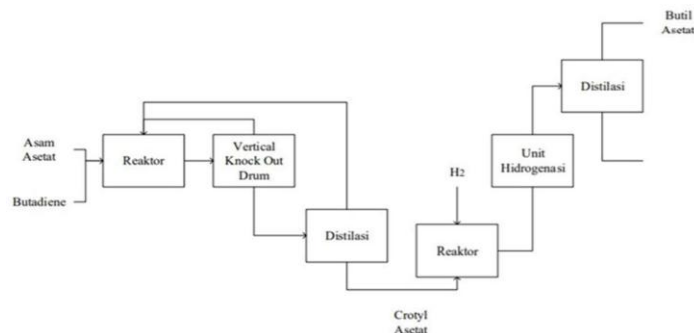
(Sumber : Bussines, 2023)

1.7 Seleksi Proses

Proses produksi pembuatan butil asetat terdapat beberapa jenis dengan berbagai bahan baku. Ada 2 proses pembuatan butil asetat, yaitu proses *continuou esterification* dan adisi hidrogenasi. Berikut beberapa metode yang bisa digunakan dalam memproduksi butil asetat antara lain sebagai berikut:

1.7.1 Proses Adisi dan Hidrogrnasi

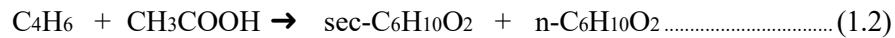
Adapun proses adisi dan hidrogenasi dapat dilihat pada Gambar 1.8.



Gambar 1.5 Proses Adisi dan Hidrogenasi

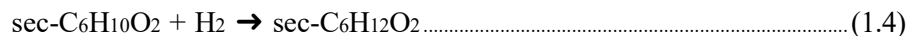
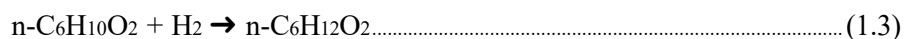
Proses adisi dan hidrogenasi adalah salah satu metode sintesis butil asetat yang melibatkan reaksi antara butadiena (C_4H_6) dan asam asetat (CH_3COOH). Berikut penjelasan tahapannya:

A. Reaksi Adisi



Pada Reaksi Adisi, 1,3 Butadiena dan Asam Asetat sebagai reaktan yang menghasilkan produk Esterifikasi 3 *Butenyl Acetate* atau 2-Vinyl Ethyl Acetate (*sec-Butenyl Acetate*) dan *Crotyl Acetate* atau *Trans 2 Butenyl Acetate* (*n-Butenyl Acetate*). Konversi reaksi yaitu 50 % terhadap Butadiena didalam reaktor Packed Column (Timm E. Paxson, 1984). Menggunakan Katalis Amberlyst-15H (Katalis Heterogen), karena keunggulannya sebagai penukar ion dengan sifat asam kuat sehingga reaksi berjalan baik dengan memisahkan produk utama dengan produk samping (Gracey et al, 2005).

B. Reaksi Hidrogenasi



n-Butenyl acetate yang telah dipisahkan kemudian dimasukkan ke dalam proses hidrogenasi untuk menghilangkan ikatan rangkapnya dan membentuk *n-Butil acetate* sama halnya dengan *sec-Butenyl Acetate* yang membentuk *sec-Butil acetate* (2 *Butil Acetate*). (Paul et al, 1977). Hidrogenasi menggunakan katalis yang wujud permukaannya hidrida kurang stabil. Raney Nickel atau Kobalt sering digunakan dalam proses ini. Golongan transisi seperti Fe, Ni, Co dan Pt bisa digunakan juga untuk hidrogenasi sama seperti transisi oksida dan sulfida lainnya. Katalis yang dipertimbangkan akan digunakan adalah nikel. Nikel biasanya beroperasi pada suhu $150^\circ C$ dan tekanan 15 atm (Perry, 1973).

Pada reaksi hidrogenasi, sangat dianjurkan menggunakan logam transisi (Nikel, Paladium, Platina, dan Oksidanya). Dipilih logam Nikel karena selektivitasnya terhadap produk *n-Butil Asetat* yang besar. Reaksi hidrogenasi diasumsikan dengan konversi 98%. (Demirel & Wiser, 1997). Namun, dengan adanya jurnal Gracey et al dan Paxson yang mengemukakan bahwa konversi

hidrogenasi terhadap butenil asetat menjadi butil asetat tidak menyisakan produk samping hidrogen (H_2).

1.7.1.1 Analisa Ekonomi Awal Proses Adisi dan Hidrogenasi

Tabel 1. 8 Analisa Ekonomi Awal Proses Adisi dan Hidrogenasi

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Butadiena	Asam Asetat	Butil Asetat
Berat Molekul	54,09 gr/mol	74,12 gr/mol	116,16 gr/mol
Harga per kg	Rp. 22.167	Rp. 7.172	Rp. 29.835
Kebutuhan	1 mol x 54,09 gr/mol = 54,09 gr = 0,05409 kg	1 mol x 72,12 gr/mol = 74,12 gr = 0,07412 kg	1 mol x 116,16 gr/mol = 116,16 gr = 0,11616 kg
Harga Total	Rp. 1.643	Rp. 530,72	Rp. 3.465

$$\begin{aligned}
 \text{Ekonomi Awal} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Total Bahan Baku} \\
 &= (\text{Rp. 3.465}) - (\text{Rp. 1.643} + \text{Rp. 530,72}) \\
 &= \text{Rp. 3.465} - \text{Rp. 2.173} \\
 &= \text{Rp. 1.292}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh sebagai berikut:

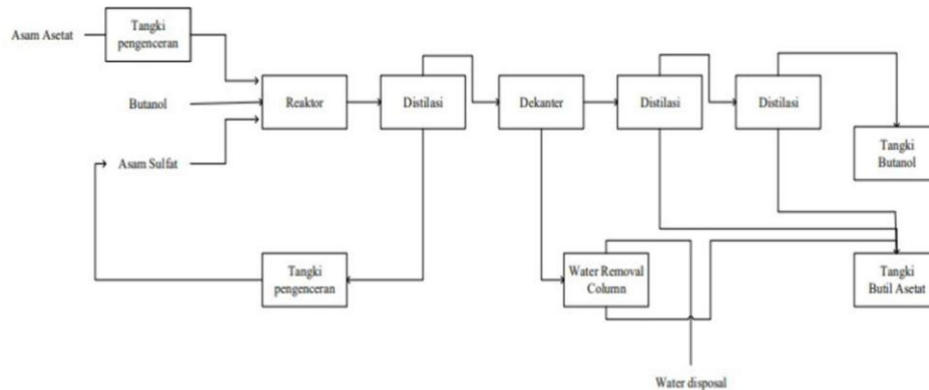
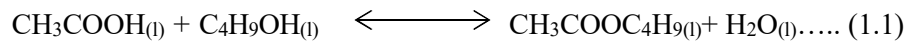
$$\begin{aligned}
 \% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 1.292}}{\text{Rp. 2.173}} \\
 &= 59,4\%
 \end{aligned}$$

Maka persen keuntungan yang didapat dari analisa ekonomi awal sebesar 59,4% dari produksi.

Pada reaksi ini katalis yang digunakan ada dua jenis yaitu nikel dan *Amberlyst-15* yang dimana harga yang tertera yaitu Rp. 270.000/kg untuk nikel yang dimana memiliki *shelf life* selama 3 tahun jika disimpan di tempat kering dan terlindungi dari bahaya kimia korosif (spectracer, 2025) dan Rp. 80.000/kg untuk *Amberlyst-15* jika disimpan akan bertahan selama lima tahun atau lebih (fisherscientific, 2013) total keseluruhan harga untuk katalis yang digunakan pada proses ini yaitu Rp. 350.000.

1.7.1 Proses Continuou Esterification

Adapun Proses *continuous esterification* merupakan salah satu proses pembuatan butil asetat dari asam asetat (CH_3COOH) dan butanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$). Reaksi katalitik ini berjalan menurut persamaan :



Gambar 1. 6 Proses *Continuous Esterification*

Proses produksi butil asetat dimulai dari unit pengenceran asam asetat, di mana asam asetat teknis terlebih dahulu diencerkan untuk mengatur konsentrasinya sehingga lebih aman dan stabil saat diproses di reaktor pada suhu 93°C dan tekanan 1 atm selama 90 menit dengan konversi 95% (Toor et al., 2011). Larutan asam asetat yang telah diencerkan kemudian dialirkan menuju reaktor bersama dengan butanol sebagai reaktan dan asam sulfat sebagai katalis. Di dalam reaktor terjadi reaksi esterifikasi antara asam asetat dan butanol yang menghasilkan butil asetat dan air sebagai produk samping. Campuran hasil reaksi yang keluar dari reaktor terdiri dari butil asetat, air, sisa butanol, sisa asam asetat, serta sedikit katalis. Campuran ini kemudian diarahkan ke unit distilasi pertama untuk dilakukan pemisahan awal.

Pada distilasi pertama, komponen yang lebih ringan seperti butanol dan sebagian air akan terangkat sebagai distilat, sementara komponen yang lebih berat tetap berada di bagian bawah kolom. Distilat dari kolom pertama selanjutnya dialirkan menuju dekanter. Di dalam dekanter terjadi pemisahan fase secara gravitasi karena butil asetat dan air memiliki sifat tidak saling larut. Akibatnya, terbentuk dua lapisan: fase organik di bagian atas yang mengandung butil asetat

dan sejumlah kecil butanol, serta fase air di bagian bawah yang mengandung air dan sedikit sisa organik. Fase organik kemudian diteruskan ke tahap distilasi berikutnya, sedangkan fase air dikirim ke *water removal column* untuk penghilangan kandungan organiknya sebelum dialirkan ke unit pembuangan.

Fase organik dari dekanter selanjutnya diproses pada distilasi kedua yang berlangsung pada suhu 114°C bertujuan untuk memurnikan butanol. Pada tahap ini butanol dipisahkan sebagai distilat dan ditampung di tangki butanol untuk digunakan kembali sebagai recycle ke reaktor, sedangkan aliran bawah dari kolom diteruskan ke distilasi tahap ketiga. Pada distilasi ketiga, komponen utama, yaitu butil asetat, dimurnikan sehingga mencapai spesifikasi produk. Produk butil asetat yang telah memenuhi standar kemudian ditampung di tangki butil asetat sebagai hasil akhir proses. Sementara itu, fase air dari dekanter yang masuk ke *water removal column* akan dipisahkan airnya sehingga layak untuk dibuang sebagai *water disposal*.

Secara keseluruhan, proses ini mengombinasikan reaksi kimia dan pemisahan fisik melalui distilasi serta pemisahan gravitasi untuk menghasilkan butil asetat dengan kemurnian tinggi. Recycle dari butanol yang berhasil dipisahkan membantu meningkatkan efisiensi proses dan mengurangi kebutuhan bahan baku baru.

1.7.1.1 Analisa Ekonomi Awal Proses *Continuous Esterification*

Tabel 1. 9 Analisa Ekonomi Awal Proses Continuous Esterification

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Asam Asetat	Butanol	Butil Asetat
Berat Molekul	60,05 gr/mol	74,12 gr/mol	116,16 gr/mol
Harga per kg	Rp. 8.325	Rp. 7.172	Rp. 29.835
Kebutuhan	1 mol x 60,05 gr/mol = 60,05 gr = 0,06005 kg	1 mol x 72,12 gr/mol = 74,12 gr = 0,07412 kg	1 mol x 116,16 gr/mol = 116,16 gr = 0,11616 kg
Harga Total	Rp. 499,5	Rp. 530,72	Rp. 3.465

Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Total Bahan Baku = (Rp. 3.465) – (Rp.499,5 + Rp. 530,72) = Rp. 3.465 – Rp. 1.029,5 = Rp. 2.372
--------------	---

Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 2.372}}{\text{Rp. 1.092,5}} \\ &= 217,1\%\end{aligned}$$

Maka persen keuntungan yang didapat dari analisa ekonomi awal sebesar 217,1% dari produksi

Pada reaksi ini katalis yang digunakan adalah *Amberlyst-15* yang sudah diaktivasi dimana memiliki waktu simpan (*shelf life*) selama lima tahun atau lebih jika disimpan dengan benar (fisherscientific, 2013) dan harga yang tertera yaitu Rp. 80.000/kg.

1.8 Perbandingan Proses

Adapun tabel perbandingan proses pada pembuatan butil asetat dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 1. 10 Pertimbangan Proses Pembuatan Butil Asetat

Parameter	Proses	
	<i>Contionus Esterification</i>	Adisi dan Hidrogenasi
Jenis Katalis	Asam sulfat/ <i>Amberlyst-15</i>	<i>Amberlyst-15</i> (Reaksi Adisi) Nikel (Reaksi hidrogenasi)
Kemurnian	99%	50-60 % terhadap <i>butadiene</i> dan 95% terhadap butil asetat
Konversi	95% (Toor et.al.,2011)	50-60% terhadap <i>butadiene</i> dan 70-85% terhadap butil asetat
Tekanan	0,69-1 atm	1 atm (reaksi adisi) dan 30 atm (reaksi hidrogenasi)
Suhu Operasi	81-115 °C	60°C (reaksi adisi) dan 150°C (reaksi hidrogenasi)
Reaktor	CSTR	<i>Fixed Bed Multitube</i>
Fase Reaksi	Cair	Gas-Cair (adisi) dan Cair-cair (Hidrogenasi)
Kapasitas	Besar	Besar
Kelebihan	- Waktu reaksi	- Produk samping bernilai

	singkat - Dapat digunakan dalam skala besar Penggunaan energi lebih rendah - Produk stabil - konversi besar	- Katalis heterogen
Kekurangan	-Investasi awal lebih tinggi	- Konversi rendah - Biaya katalis mahal - Bahan baku sulit diperoleh

Berdasarkan pertimbangan proses pada Tabel 1.4 proses yang dipilih adalah proses kontinyu. Pertimbangan pertama adalah proses kontinyu dapat digunakan untuk produksi dalam kapasitas yang besar, memberikan konversi tinggi dan kemurnian produk yang baik dan waktu untuk proses reaksi singkat. Selain itu, penggunaan alat pada proses kontinyu yang lebih ekonomis, karena alat utama pada proses kontinyu menggunakan reaktor dan distilator.

1.9 Tinjauan Termodinamika

Untuk menentukan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan menentukan arah (*reversible/irreversible*), maka perlu perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298,15°K. Harga ΔH_f° masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1. 11 Harga ΔH_f° masing-masing komponen

Komponen	ΔH_f
CH ₃ COOH	-484,3
C ₄ H ₉ OH	-327,3
H ₂ O	-285,8
CH ₃ COOC ₄ H ₉	-529,2

(Sumber: Pedley, 1994)

Pada proses pembentukan butanol terjadi reaksi sebagai berikut:



Perhitungan panas reaksi konstanta kesetimbangan untuk reaksi di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Panas reaksi standar ($T = 25^\circ\text{C}$)

$$(\Delta H_f)_{298,15 \text{ K}} = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned}
 &= [(-484,3) + (-327,3)] \text{ kJ/kmol} - [(-529,2) + (-285,8)] \text{ kJ/kmol} \\
 &= -3,4 \text{ kJ/kmol} \\
 &= -3.400 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Karena ΔH_R° bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis (Atkins, 2014).

b. Energi Bebas Gibbs (ΔG°)

Tabel 1. 12 Harga (ΔG°_f) masing-masing komponen

Komponen	(ΔG°_f) (kJ/mol)
CH ₃ COOH	-382,9
C ₄ H ₉ OH	-150,2
H ₂ O	-228,60
CH ₃ COOC ₄ H ₉	-312,30

(Sumber: Yaws, 1994)

$$\begin{aligned}
 (\Delta G^\circ_f)_{298,15} &= \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta G^\circ_{f \text{ CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9} + \Delta G^\circ_{f \text{ H}_2\text{O}}) - (\Delta G^\circ_{f \text{ CH}_3\text{COOH}} + (\Delta G^\circ_{f \text{ C}_4\text{H}_9\text{OH}})) \\
 &= [(-312,30) + (-228,60)] - [(-382,9) + (-150,2)] \text{ kJ/kmol} \\
 &= -7,8 \text{ kJ/kmol} \\
 &= -7800 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Didapat harga $\Delta G^\circ < 0$, sehingga reaksi dapat berlangsung (Atkins, 2014).

1.10 Uraian Proses

Pembuatan butil asetat di bagi menjadi empat tahap, yaitu :

1. Tahap penyimpanan dan persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemurnian produk
4. Tahap penyimpanan produk

1.10.1 Tahap Penyimpanan Produk

Bahan baku untuk memproduksi butil asetat adalah asam asetat dan butanol, di mana asam asetat dengan kemurnian 99,8% disimpan dalam tangki penyimpanan (T-101) dan butanol dengan kemurnian 99,5% disimpan pada tangki penyimpanan (T-102) masing-masing pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam fase cair. Penyimpanan ini bertujuan untuk menjaga kualitas dan stabilitas bahan baku sebelum digunakan dalam proses produksi. Dari tangki penyimpanan,

masing-masing bahan baku di alirkan ke *Heat exchanger* (HH-102) dan *Heat exchanger* (HE-102), yang berfungsi pemanas awal bahan baku dari 30°C menjadi 35°C. Selanjutnya bahan baku yang telah dipanaskan dari Heat Exchanger akan dialirkan menuju heater (H-101) dan (H-102) untuk pemanasan lebih lanjut. Proses ini berlangsung pada suhu 70°C, yang memungkinkan bahan baku asam asetat dan butanol mencapai kondisi optimal untuk memasuki tahap reaksi.

1.10.2 Tahan Reaksi

Setelah mengalami pemanasan, asam asetat dan butanol menuju ke Reaktor (CSTR-201) yang berupa *Continuous Stirred Tank Reactor*, dengan suhu operasi 90°C dan tekanan 1 atm selama 90 menit dengan konversi 95%. Reaksi ini berlangsung secara eksotermis dalam fase cair-cair. Pemilihan jenis reaktor ini sangat penting karena *Continuous Stirred Tank Reactor* memungkinkan distribusi panas lebih merata dan meningkatkan efisiensi reaksi.

1.10.3 Tahap Pemurnian Produk

Proses ini berfungsi memisahkan komponen yang lebih ringan seperti butanol dan sebagian air. Setelah keluar dari reaktor, butil asetat akan dialirkan menuju dekanter (SP-201), di dalam dekanter terjadi pemisahan fase secara gravitasi karena butil asetat dan air memiliki sifat tidak saling larut. Akibatnya, terbentuk dua lapisan: fase organik di bagian atas yang mengandung butil asetat dan sejumlah kecil butanol, serta fase air di bagian bawah yang mengandung air dan sedikit sisa organik. Fase organik kemudian diteruskan ke tahap distilasi berikutnya. Fase organik dari dekanter selanjutnya diproses pada distilasi (D-301) yang bertujuan untuk memurnikan komponen utama, yaitu butil asetat, dimurnikan sehingga mencapai spesifikasi produk.

1.10.4 Tahap Penyimpanan Produk

Sebelum masuk ke tahap penyimpanan, suhu butil asetat perlu diturunkan sampai 30°C menggunakan cooler (C-301) agar tetap dalam kondisi optimal untuk disimpan. Butil asetat dalam fase cair kemudian disalurkan ke tangki penyimpanan produk (T-301) sebelum didistribusikan ke berbagai industri yang membutuhkannya. Sementara butanol dipisahkan sebagai distilat dialirkan untuk digunakan kembali sebagai *recycle* ke reaktor.

1.11 Lokasi dan Tata Letak Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik akan berpengaruh terhadap penentuan kelangsungan produksi dan keberhasilan suatu pabrik. Lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan akan menentukan harga jual produk yang dapat memberikan keuntungan dalam jangka panjang. Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan yang secara praktis lebih menguntungkan, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Menurut Teori Splenger dan Kleir, penentuan lokasi pabrik dibagi menjadi 2 faktor yaitu:

1. Faktor Utama

a. Penyediaan Bahan Baku

Kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik yang sangat diprioritaskan yaitu bahan baku. Bahan baku harus selalu tersedia dalam jumlah yang cukup agar kontinuitas ketersediaan bahan baku dapat dijamin. Salah satu karakteristik letak pabrik yang ideal adalah yang dekat dengan sumber bahan baku.

b. Utilitas

Pada suatu pabrik unit utilitas sangatlah penting, unit ini merupakan sarana kelancaran untuk proses produksi. Unit utilitas terbagi atas air, listrik dan bahan bakar. Air merupakan salah satu kebutuhan penting bagi suatu industri yang digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Untuk kebutuhan air, industri dapat memperolehnya dari sungai. Sementara kebutuhan listrik diperoleh dari PLN sebesar 3.400 MVA dan cadangan generator.

c. Sarana dan Transportasi

Dalam mempermudah pengangkutan bahan baku, produk maupun bahan pendukung lainnya sebaiknya dipilih lokasi pabrik yang berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan-kendaraan besar. Dengan adanya sarana transportasi yang memadai seperti transportasi darat, laut maupun udara dapat mempermudah pemenuhan kebutuhan dalam negeri maupun proses ekspor ke luar negeri. Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) memiliki akses darat yang memadai dan berdekatan dengan pelabuhan besar.

Di sisi transportasi air, terdapat tiga lokasi yang melayani pelayanan kargo atau peti kemas. Pelabuhan Cigading memiliki kapasitas untuk menampung kapal dengan ukuran 150.000 DWT (*Dead Weight Ton*), sehingga pengangkutan atau bongkar muat bahan baku dapat dilakukan dengan baik. Sedangkan untuk akses udara, Bandara Internasional Soekarno-Hatta yang berlokasi di Cengkareng, Jakarta Barat melayani berbagai rute domestik dan internasional diharapkan mampu menunjang akses pabrik.

d. Tenaga Kerja

Dalam pendirian suatu pabrik, juga perlu ditunjang dengan sumber daya manusia yang memadai dan produktif. Sehingga dalam hal ini tenaga kerja yang dipilih diperoleh dari lulusan strata 1, diploma 4, diploma 3, maupun lulusan SMA/SMK sederajat yang memiliki pengalaman dan keahlian dibidang tersebut. Tentunya di Cilegon, Banten tidak akan mengalami kesulitan dalam pemenuhan tenaga kerja.

e. Letak Pabrik dengan Daerah Pemasaran

Salah satu faktor penting dalam suatu industri adalah pemasaran. Berhasil atau tidaknya pemasaran produk merupakan parameter keuntungan yang didapatkan dari industri tersebut. Letak pabrik yang strategis dan berdekatan dengan pasar menjadi salah satu pertimbangan untuk kemudahan konsumen dalam memperoleh barang yang dipasarkan. Dengan prioritas utama butil asetat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, maka diharapkan hasil penjualan buti asetat optimal serta sebagian produk akan di ekspor ke luar negeri.

f. Perluasan Area Pabrik

Pendirian pabrik harus memperhitungkan rencana area pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 sampai 20 tahun kedepan dan apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak mengalami kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

2. Faktor Pendukung

a. Kondisi Iklim dan Gempa

Indonesia memiliki iklim tropis serta letaknya sebagai daerah yang rawan gempa bumi. Pengaruh angin kencang pada saat musim hujan, suhu yang relatif

tinggi saat musim kemarau, serta gempa dapat diantisipasi dengan menyertakan pengaruh-pengaruh tersebut ke dalam perhitungan perancangan pemilihan bahan material alat sehingga peralatan dapat tetap beroperasi secara maksimal. Kondisi iklim dari suatu area yang akan dibangun pabrik juga harus mendukung, artinya situasi dan kondisi tidak terlalu mengganggu jalannya operasi pabrik.

b. Bahaya Banjir dan Kebakaran

Pabrik yang akan didirikan harus memperhatikan keselamatannya. Pemilihan lokasi pabrik harus menghindari daerah yang rawan banjir.

c. Pembuangan Limbah

Pendirian suatu pabrik haruslah mempunyai pengolahan limbah yang baik agar limbah buang pabrik tidak mencemari lingkungan. Pemilihan lokasi pabrik dekat dengan sungai dan laut menjadi alasan penting berdirinya suatu pabrik.

d. Kondisi Tanah dan Daerah

Kondisi tanah yang relatif masih luas dan merupakan tanah datar dengan kondisi iklim yang relatif stabil sepanjang tahun sangat menguntungkan untuk pendirian suatu pabrik.

e. Kebijakan Pemerintah dan Perundang-Undangan

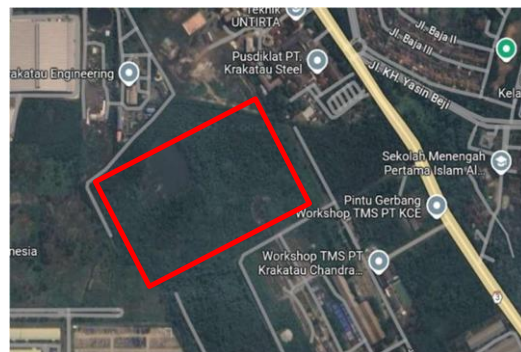
Pendirian pabrik merupakan suatu usaha untuk mewujudkan kebijakan pemerintah mengenai perkembangan industri dan pemerataan serta kesempatan kerja. Kelangsungan suatu pabrik akan sangat dipengaruhi kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah. Keuntungan dapat diperoleh jika pabrik diberikan kemudahan dari pemerintah, sedangkan pabrik juga berperan aktif dalam pemberian kontribusi kepada pemerintah berupa pemasukan pajak serta pembukaan lapangan kerja baru bagi masyarakat.

Setelah meninjau hasil di atas maka lokasi yang dipilih untuk pembangunan pabrik butil asetat adalah pada Krakatau *Industrial Estate* Cilegon (KIEC), Banten. Pertimbangan-pertimbangan yang mendasari pemilihan Kota Cilegon adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku asam asetat diperoleh dari Lotte Bp Chemical yang berlokasi di Cilegon sebagai kawasan industri sangat dekat dengan pelabuhan laut Cilegon sehingga biaya transportasi bahan baku dapat lebih ditekan.

Kapasitas pelabuhan Cilegon pun juga relatif cukup besar. Untuk bahan baku n-butanol diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara di Gresik.

2. Penyediaan air diperoleh dari air laut yang harus melalui proses desalinasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Cilegon merupakan kawasan industri terpadu. Dimungkinkan juga kebutuhan utilitas seperti *steam*, air dan listrik disediakan oleh sejumlah pabrik tertentu.
3. Kebutuhan tenaga kerja untuk pabrik butil asetat ini dapat dipenuhi dari wilayah di sekitar dekat pabrik. Adanya pabrik akan menyerap tenaga sehingga dapat mengurangi tingkat pengangguran.
4. Harga tanah di daerah Cilegon telah diatur oleh pemerintah dan ditetapkan sebagai kawasan industri sehingga tidak perlu pembebasan tanah penduduk. Dikarenakan Cilegon sebagai kawasan industri maka perluasan permukiman penduduk dibatasi untuk memperlancar perluasan area pabrik. Pemerintah daerah setempat pun banyak memberi kemudahan bagi pengembangan pabrik sehingga hal ini akan membantu industri-industri yang didirikan disana. Ketersediaan lahan di Cilegon pun lebih besar dibandingkan Kawasan Industri Gresik dan Semarang yang relatif padat, begitu juga dengan infrastruktur transportasi.



Gambar 1. 7 Pemilihan Lokasi Pabrik