

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi akan bahan kimia di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan, seiring dengan berkembang pesatnya sektor industri. Namun, peningkatan akan kebutuhan tersebut tidak diiringi dengan produksi bahan kimia dalam negeri itu sendiri. Untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia, Indonesia masih melakukan impor dari negara-negara produsen bahan kimia yang sudah maju. Sehingga impor bahan kimia akan terus meningkat nilainya dari tahun ke tahun apabila tidak diatasi. Upaya penanggulangan yang dapat dilakukan adalah dengan mendirikan pabrik untuk kebutuhan dalam negeri yang jumlahnya terus meningkat. Salah satu industri kimia Indonesia di Indonesia yang sampai saat ini masih kurang mencukupi kebutuhannya dalam negeri yaitu industri butil asetat.

Butil asetat merupakan salah satu produk yang cukup potensial untuk dikembangkan karena memiliki kegunaan yang cukup luas. Butil asetat mempunyai rumus kimia $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ atau $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$ dengan berat molekul 116,16 gram/mol dan juga titik didih $126,5^\circ\text{C}$ merupakan cairan yang tidak berwarna dan berbau khas. Kegunaan butil asetat diantaranya yaitu sebagai pelarut pada industri pembuatan lapisan pelindung, industri tekstil, industri plastik, farmasi, industri yang memproduksi oil, sebagai bahan baku dalam industri parfum, sebagai solvent pada persiapan pembuatan kulit buatan, dan lain sebagainya (Mc. Ketta, 1976).

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. Pendirian pabrik butil asetat ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri yang berarti menekan devisa negara, serta menyediakan lapangan kerja baru. Dengan pendiri

pabrik ini diharapkan dapat mendorong berkembangnya industri lain yang menggunakan butil asetat sebagai bahan baku di dalam prosesnya.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan meningkatnya kebutuhan butil asetat dalam negeri cukup tinggi, maka pabrik pembuatan butil asetat dari butanol dan asam asetat cukup potensial untuk didirikan baik untuk memenuhi kebutuhan industri di dalam negeri maupun untuk keperluan ekspor, sehingga dapat mengurangi kebutuhan impor butil asetat di dalam negeri dan meningkatkan nilai ekonomis serta devisa negara.

1.3 Tujuan Pra rancangan Pabrik

Tujuan prarancangan pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat menggunakan katalis asam sulfat adalah untuk menerapkan prinsip-prinsip ilmu Teknik Kimia yang meliputi neraca massa dan energi, perancangan proses dan peralatan, utilitas serta analisis ekonomi guna mengetahui kelayakan pembangunan pabrik. Selain itu, prarancangan ini bertujuan mendukung pemenuhan kebutuhan butil asetat dalam negeri sehingga mampu mengurangi impor dalam negeri dan meningkatkan potensial ekonomi nasional.

1.4 Manfaat Pra rancangan Pabrik

Manfaat prarancangan pabrik butil asetat dari butanol dan asam asetat menggunakan katalis asam sulfat adalah sebagai berikut:

1. Butil asetat (butil ester) banyak digunakan sebagai pelarut pada industri 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 dari prarancangan ini meliputi perancangan aliran proses dengan bahan baku asam asetat dan butanol menggunakan katalis asam sulfat, perhitungan neraca massa dan energi, penentuan spesifikasi peralatan dan unit utilitas, serta analisis ekonomi yang mencakup laba, IRR dan BEP.

1.6 Pemilihan Bahan Baku

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan butil asetat antara lain butanol dan asam asetat. Sifat dari masing-masing bahan baku dan produk adalah sebagai berikut.

1.6.1 Bahan Baku

1. Butanol (C_4H_9OH)

Butanol atau n-butyl alkohol primer dengan struktur 4-karbon dan memiliki rumus kimia (C_4H_9OH). Isomernya berupa isobutanol, 2-butanol, dan *tert*-butanol. n-Butanol adalah salah satu dari kelompok alkohol fusel yaitu alkohol yang memiliki lebih dari dua atom karbon dan mudah larut dalam air. nButanol alami biasanya ditemukan pada produk fermentasi gula dan karbohidrat lainnya, dan terdapat dalam kebanyakan bahan makanan dan minuman. Ini juga merupakan zat perisa buatan yang diizinkan di Amerika Serikat, digunakan dalam mentega, krim, buah, rum, *whiskey*, es krim, kembang gula, dan produk bakeri.

Senyawa ini juga digunakan luas untuk produk-produk konsumen. Penggunaan terbesar n-butanol sebagai produk antara dalam industri, terutama pada pabrikasi butil asetat (suatu zat perisa buatan dan pelarut industrial). Ini merupakan suatu petrokimia, dibuat dari propilena dan biasanya dimanfaatkan oleh industri (Mc Ketta, 1977).

2. Asam Asetat (CH_3COOH)

Asam asetat atau dikenal juga dengan asam cuka merupakan asam organik yang digunakan untuk pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam asetat

memiliki rumus CH_3COOH . Asam asetat murni adalah cairan higroskopis tak berwarna dan memiliki titik didih 118°C .

Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting. Asam asetat digunakan dalam produksi polimer seperti polietilena tereftalat, selulosa asetat, dan polivinil asetat, maupun berbagai macam serat dan kain. Dalam industri makanan, asam asetat digunakan sebagai pengatur keasaman (Fessenden, 1999).

1.6.2 Katalis

1. Asam Sulfat (H_2SO_4)

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan asam mineral anorganik yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Produksi dunia asam sulfat pada tahun 2001 adalah 165 juta ton dengan nilai perdagangan seharga US\$8 juta. Kegunaan utamanya termasuk dalam proses bijih mineral, sintesis kimia, proses pemurnian air limbah dan pengilangan minyak. Asam sulfat memiliki berbagai kegunaan di industri kimia. Asam sulfat juga digunakan untuk membuat asam klorida dari garam melalui proses Mannheim. Dalam pengilangan minyak bumi, asam sulfat digunakan sebagai katalis untuk reaksi isobutana dengan isobutilena yang menghasilkan isooktana (Fessenden, 1999).

1.6.3 Bahan Pendukung

1. Air (*Water*)

Air merupakan bahan pendukung yang sangat penting dalam pabrik butil asetat karena digunakan untuk berbagai keperluan utilitas seperti pendinginan, umpan boiler, kebutuhan domestik, serta sistem pemadam kebakaran. Dalam proses produksi butil asetat, air digunakan sebagai media pendingin pada kondensor dan heat exchanger untuk menyerap panas dari proses sehingga suhu operasi dapat tetap terkontrol. Selain itu, air juga digunakan sebagai bahan baku dalam pembentukan steam pada boiler yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai sumber panas dalam

proses produksi. Ketersediaan air yang cukup sangat diperlukan untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik secara kontinu (Ullmann, 2012).

2. Uap Air (*Steam*)

Steam merupakan sumber energi panas utama dalam pabrik butil asetat. Steam dihasilkan dari boiler dengan memanaskan air hingga menghasilkan uap bertekanan. Dalam proses produksi, steam digunakan untuk memanaskan bahan baku sebelum memasuki reaktor, sebagai media pemanas pada heat exchanger, serta sebagai sumber panas pada reboiler dalam kolom distilasi yang berfungsi untuk memisahkan produk butil asetat dari komponen lain. Penggunaan steam sangat penting karena reaksi esterifikasi antara asam asetat dan n-butanol memerlukan kondisi temperatur tertentu agar reaksi berlangsung secara optimal (Kirk & Othmer, 2014).

3. Listrik

Energi listrik merupakan salah satu bahan pendukung yang sangat diperlukan dalam pengoperasian pabrik butil asetat. Listrik digunakan untuk menjalankan berbagai peralatan seperti pompa, kompresor, agitator pada reaktor, sistem instrumentasi, sistem kontrol otomatis, serta penerangan di area pabrik. Selain itu, listrik juga digunakan dalam sistem utilitas seperti pengolahan air, sistem pendingin, dan pengolahan limbah. Ketersediaan listrik yang stabil sangat penting agar proses produksi dapat berjalan dengan aman dan efisien (Perry & Green, 2007).

4. Bahan Bakar (*Fuel*)

Bahan bakar digunakan sebagai sumber energi untuk menghasilkan panas pada boiler yang menghasilkan steam. Jenis bahan bakar yang umum digunakan dalam industri kimia antara lain gas alam, fuel oil, atau diesel. Bahan bakar dibakar dalam furnace atau boiler untuk memanaskan air hingga menghasilkan uap bertekanan tinggi yang kemudian digunakan dalam berbagai proses pemanasan pada pabrik butil asetat. Efisiensi penggunaan bahan bakar sangat berpengaruh terhadap biaya operasional pabrik secara keseluruhan (Towler & Sinnott, 2013).

1.7 Penentuan Kapasitas Pabrik dan Ekstrapolasi

Penggunaan butil asetat di Indonesia cukup banyak digunakan, diperkirakan kebutuhan butil asetat di Indonesia akan semakin meningkat dari tahun ke tahun, maka perlu didirikan pabrik butil asetat di Indonesia. Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik kerana akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomis. Berdasarkan faktor tersebut, dalam menentukan kapasitas perancangan pabrik butil asetat perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.7.1 Impor Butil Asetat

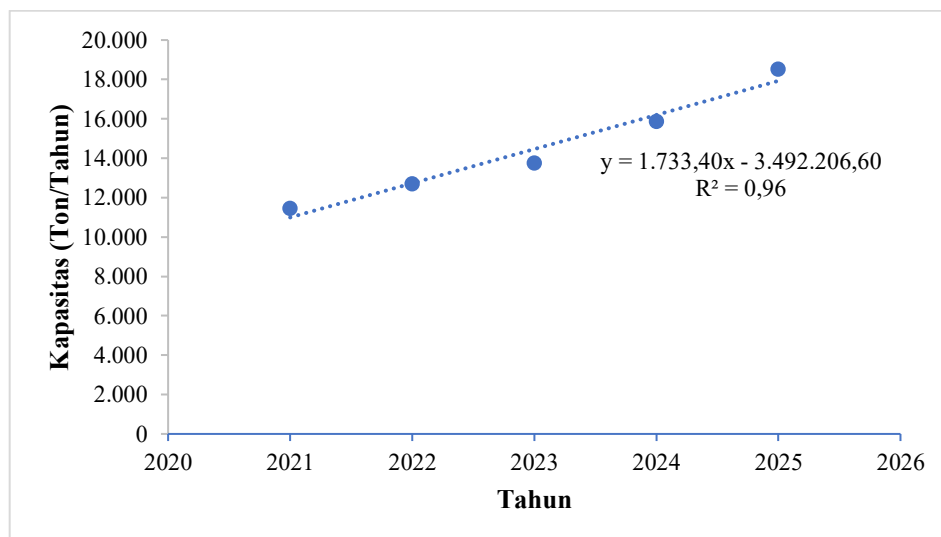
Berikut ini perkembangan data kebutuhan butil asetat di Indonesia dari tahun 2021-2025 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor Butil Asetat

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2021	11.451
2022	12.693
2023	13.764
2024	15.871
2025	18.529

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

Adapun grafik kebutuhan Butil Asetat di Indonesia setiap tahunnya berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Butil Asetat di Indonesia

Persamaan garis lurus yang didapatkan pada grafik tersebut Adalah $y = 1.733,40x - 3.492.206,60$, dimana x adalah tahun pabrik butil asetat yang akan didirikan yaitu tahun 2029, sedangkan y adalah nilai kebutuhan butil asetat di Indonesia. Dari persamaan garis lurus di atas maka dapat diketahui bahwa kebutuhan butil asetat di Indonesia pada tahun 2029 adalah sebagai berikut:

$$y = 1.733,40x - 3.492.206,60$$

$$y = 1.733,40(2029) - 3.492.206,60$$

$$y = 24.862 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga kebutuhan impor butil asetat di Indonesia pada tahun 2029 diperkirakan sebesar 24.862 ton/tahun. Prediksi data kebutuhan pada tahun 2026 sampai 2029 menggunakan cara ekstrapolasi juga dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Hasil Ekstrapolasi Impor Butil Asetat

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2026	19.662
2027	21.395
2028	23.129
2029	24.862

Hasil prediksi dari tabel 1.2 menunjukkan bahwa kebutuhan butil asetat di Indonesia pada tahun 2029 mencapai 24.862 ton/tahun. Dari hasil pemaparan di atas dapat diketahui kebutuhan butil asetat didalam negeri.

1.7.2 Ekspor Butil Asetat di Beberapa Negara

Berikut ini perkembangan data ekspor butil asetat di luar negeri dari tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Ekspor Butil Asetat di Beberapa Negara

Tahun	Negara (Ton/Tahun)			
	Singapura	India	Italia	Jerman
2020	121.081	41.286	30.482	25.034
2021	129.774	46.217	32.918	27.105
2022	134.925	50.334	34.275	28.493
2023	140.632	55.402	35.920	29.133

Tahun	Negara (Ton/Tahun)			
	Singapura	India	Italia	Jerman
2024	227.533	63.365	35.300	27.272

(Sumber: UN Data 2020-2024)

Data ekstrapolasi ekspor beberapa negara berdasarkan persamaan garis linear hingga tahun 2029 dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Hasil Ekstrapolasi Ekspor Butil Asetat di Beberapa Negara

Tahun	Negara (Ton/Tahun)			
	Singapura	India	Italia	Jerman
2025	217.918	67.324	37.570	29.359
2026	240.294	72.658	38.834	30.009
2027	262.670	77.992	40.098	30.659
2028	285.046	83.327	41.362	31.310
2029	307.422	88.661	42.626	31.960

Dari Tabel 1.4, diperoleh total kebutuhan ekspor butil asetat dari keempat negara tersebut pada tahun 2029 semakin meningkat secara signifikan. Selain itu, ada beberapa daftar data produksi butil asetat yang sudah ada di dunia dimana pabrik yang memiliki kapasitas terbesar yaitu China dengan kapasitas 450.000 ton/tahun, sedangkan pabrik yang memiliki kapasitas terkecil yaitu Jepang dengan kapasitas produksi 22.000 ton/tahun. Pada saat ini di Indonesia hanya memiliki satu perusahaan yang memproduksi butil asetat yakni PT. Mega Prima Solvindo dengan kapasitas produksi 25.000 ton/tahun. Adapun tabel data kapasitas produksi butil asetat yang sudah ada dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Kapasitas Produksi Pabrik Butil Asetat yang Sudah Ada

Perusahaan	Lokasi Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Jiangmen Handsome Chemical Development	Jiangmen, China	450.000
Wuxi Baichuan Chemical Industrial Co., Ltd.	Jiangyin, Jiangsu, China	150.000
Korea Alcohol Industrial Co., Ltd.	Ulsan, Korea Selatan	85.000

Perusahaan	Lokasi Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Shandong Jinyimeng Chemical Co., Ltd.	Linshu, Shandong, China	80.000
Shiny Chemical Industrial Co., Ltd.	Kaohsiung, Taiwan	60.000
Petronas Chemicals Group Berhad	Kerteh, Malaysia	50.000
Dragon Sky Chemical Co., Ltd.	Shanghai, China	50.000
KH Neochem Co., Ltd.	Yokkaichi, Jepang	40.000
Chang Chun Group	Miaoli, Taiwan	40.000
Daicel Corporation	Ohtake, Jepang	22.000
PT Mega Prima Solvindo	Cilegon, Indonesia	25.000

(Sumber: Bussines, 2023)

1.7.3 Penentuan Kapasitas Perancangan

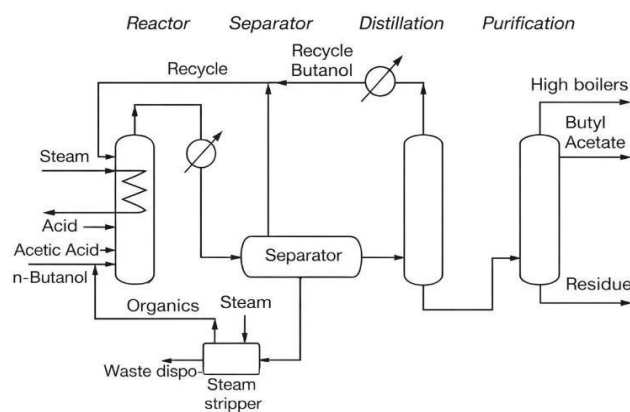
Pabrik yang akan didirikan harus memiliki kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik acuan yang sedang berjalan (Mc Ketta, 1976). Berdasarkan kapasitas pabrik butil asetat yang telah ditetapkan dan disesuaikan dengan data pabrik acuan, maka pabrik butil asetat ini direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Produk dari pabrik ini sebanyak 25% akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri, sedangkan 75% akan diekspor untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kapasitas perancangan pabrik butil asetat ini sengaja ditetapkan sebesar itu dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan butil asetat dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun, serta mengurangi ketergantungan pada negara lain. Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri, sisa produk dapat diekspor keluar negeri diantaranya sehingga dapat menambah devisa negara.

1.8 Perbandingan Proses dan Analisa Ekonomi Awal

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

1.8.1 Proses *Continuous 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 1.2 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.

1.8.1.1 Analisa Ekonomi Awal Proses *Continuous Esterification*



Adapun harga bahan baku dan harga produk pada prarancangan pabrik butil asetat dengan proses *Continuous Esterification* dapat dilihat pada Tabel 1.6.

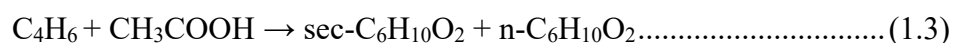
Tabel 1.6 Harga Bahan dan Produk Proses *Continuous Esterification*

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Asam Asetat	Butanol	Butil Asetat
Berat Molekul	60,05 gr/mol	74,12 gr/mol	116,16 gr/mol
Harga perKg	Rp 6.500	Rp 9.820	Rp 29.835
Kebutuhan	= 1 mol x BM = 1 mol x 60,05 gr/mol = 60,05 gr = 0,06005 kg	= 1 mol x BM = 1 mol x 74,12 gr/mol = 74,12 gr = 0,07412 kg	= 1 mol x 116,16 gr/mol = 116,16 gr = 0,11616 kg
Harga total	Rp 390,32	Rp 727,85	Rp 3.465,63
Analisa ekonomi awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = (Rp 3.465,63) – (Rp 390,32 + Rp 727,85) = Rp 3.465,63 – Rp 1.118,17 = Rp 2.347,46		
Profit Margin	$= \frac{\text{Analisa Ekonomi Awal}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$ $= \frac{2.347,46}{1.118,17} \times 100\%$ $= 209\%$		

1.8.2 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:

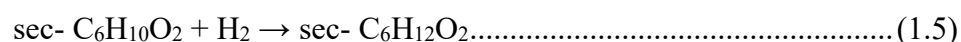
A. Reaksi Adisi



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

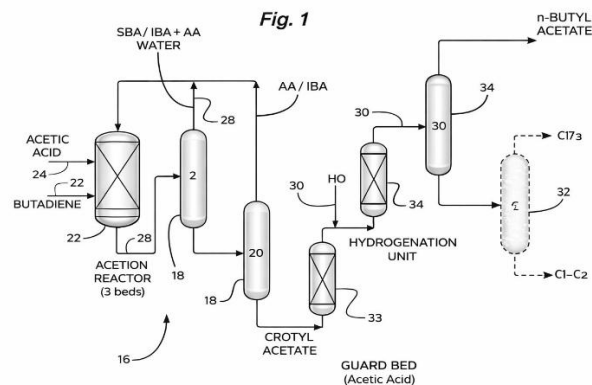
Column (Timm E. Paxson, 1984). Menggunakan Katalis Amberlyst-15H (Katalis Heterogen), karena keunggulannya sebagai penukar ion dengan sifat asam kuat sehingga reaksi berjalan baik dengan memisahkan produk utama dengan produk samping (Gracey et al, 2005).

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°C dan tekanan 15 atm (Perry, 1973).

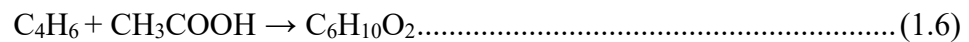
Pada reaksi hidrogenasi, sangat dianjurkan menggunakan logam transisi (Nikel, Paladium, Platina, dan Oksidanya). Dipilih logam nikel karena selektivitasnya terhadap produk *n*-Butil Asetat yang besar. Reaksi hidrogenasi diasumsikan dengan konversi 98% (Demirel & Wiser, 1997). Namun, dengan adanya jurnal Gracey et al dan Paxson yang mengemukakan bahwa konversi hidrogenasi terhadap butenil asetat menjadi butil asetat tidak menyisakan produk samping hidrogen (H_2). Adapun proses adisi dan hidrogenasi dapat dilihat pada Gambar 1.3



Gambar 1.3 Pembuatan Butil Asetat dengan Proses Adisi Hidrogenasi
(Gracey & Kamp, 2002)

1.8.2.1 Analisa Ekonomi Awal Proses Adisi dan Hidrogenasi

A. Reaksi Adisi



Adapun harga bahan baku dan harga produk pada prarancangan pabrik butil asetat dengan proses adisi dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Harga Bahan dan Produk Proses Adisi

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Asam Asetat	Butadiena	Butilen Asetat
Berat Molekul	60,05 gr/mol	54,09 gr/mol	114,14 gr/mol
Harga perKg	Rp 6.500	Rp 16.850	Rp 8.402
Kebutuhan	= 1 mol x BM = 1 mol x 60,05 gr/mol = 60,05 gr = 0,06005 kg	= 1 mol x BM = 1 mol x 54,09 gr/mol = 54,09 gr = 0,05409 kg	= 1 mol x 114,14 gr/mol = 114,14 gr = 0,11414 kg
Harga total	Rp 390,32	Rp 911,41	Rp 959

Analisa ekonomi awal	$= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$ $= (\text{Rp } 959) - (\text{Rp } 390,32 + \text{Rp } 911,41)$ $= \text{Rp } 959 - \text{Rp } 1.301,73$ $= \text{Rp } -342,73$
----------------------	--

B. Reaksi Hidrogenasi



Adapun harga bahan baku dan harga produk pada prarancangan pabrik butil asetat dengan proses hidrogenasi dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Harga Bahan dan Produk Proses Hidrogenasi

Parameter	Bahan Baku		Produk
	Butilen Asetat	Hidrogen	Butil Asetat
Berat Molekul	114,14 gr/mol	2,01 gr/mol	116,16 gr/mol
Harga perKg	Rp 8.402	Rp 84.250	Rp 29.835
Kebutuhan	$= 1 \text{ mol} \times 114,14 \text{ gr/mol} = 114,14 \text{ gr}$ $= 0,11414 \text{ kg}$	$= 1 \text{ mol} \times \text{BM}$ $= 1 \text{ mol} \times 2,01 \text{ gr/mol} = 2,01 \text{ gr}$ $= 0,00201 \text{ kg}$	$= 1 \text{ mol} \times 116,16 \text{ gr/mol}$ $= 116,16 \text{ gr}$ $= 0,11616 \text{ kg}$
Harga total	Rp 959	Rp 169,34	Rp 3.465,63
Analisa ekonomi awal	$= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$ $= (\text{Rp } 3.465,63) - (\text{Rp } 959 + 169,34)$ $= \text{Rp } 3.465,63 - \text{Rp } 1.128,34$ $= \text{Rp } 2.337,29$		

Kemudian Analisa profit margin dari proses tersebut adalah:

$$\text{Profit Margin} = \frac{\text{Analisa Ekonomi Awal}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$$

$$= \frac{2337,29 - 342,73}{1301,73 + 1128,34} \times 100\%$$

$$= \frac{1.994,56}{2.430,07} \times 100\%$$

$$= 82\%$$

1.8.3 Perbandingan Proses

Adapun Tabel 1.9 perbandingan proses pada pembuatan butil asetat dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1.9 Perbandingan Proses Pembuatan Butil Asetat

Parameter	Proses	
	<i>Contionus Esterification</i>	Adisi dan Hidrogenasi
Jenis Katalis	Asam sulfat	Amberlyst-15 dan Nikel
Kemurnian	98% butil asetat	50-60 % terhadap butadiene dan 95% terhadap butil asetat
Konversi	95%	50-60% terhadap butadiene dan 70-85% terhadap butil asetat
Tekanan	0,69- 2 atm	1 atm (adisi) dan 30 atm (hidrogenasi)
Suhu Operasi	80-160 °C	60°C (adisi) dan 150°C (hidrogenasi)
Reaktor	<i>Countinuous Stirred-Tank (CSTR)</i>	Fixed Bed Multitube
Fase Reaksi	Cair	Gas-Cair (adisi) dan Cair (Hidrogenasi)
Kapasitas	Besar	Besar
Kelebihan	- Waktu reaksi singkat - Dapat digunakan dalam skala besar - Penggunaan energi lebih rendah - Produk stabil - konversi besar	- Produk samping bernilai - Katalis heterogen
Kekurangan	-Investasi awal lebih tinggi	- Konversi rendah - Biaya katalis mahal - Bahan baku sulit diperoleh

Dengan melihat kedua macam proses diatas, maka dalam prarancangan pabrik butil asetat dipilih dengan proses *Continuous Esterification* dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Konversi tinggi (95%), sehingga efisiensi pemakaian bahan baku lebih optimal.
- b. Kemurnian produk mencapai 98%, yang sangat menguntungkan untuk pasar dengan spesifikasi tinggi.
- c. Kondisi operasi relatif ringan (tekanan 0,69 – 2 atm dan suhu 80–160°C), sehingga lebih aman dan menurunkan risiko operasional dibanding proses adisi dan hidrogenasi yang memerlukan tekanan hingga 30 atm.
- d. Fase reaksi cair–cair dalam reaktor CSTR yang lebih sederhana dan mudah dikendalikan dalam skala industri besar.
- e. Konsumsi energi lebih rendah dan produk lebih stabil.
- f. Proses *continuous esterification* lebih menguntungkan dibandingkan proses adisi dan hidrogenasi.

1.9 Uraian Singkat Proses yang Dipilih

Pembuatan butil asetat pada perancangan pabrik ini dilakukan melalui reaksi esterifikasi antara asam asetat (CH_3COOH) dan n-butanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) dengan bantuan katalis asam sulfat (H_2SO_4). Reaksi esterifikasi ini menghasilkan butil asetat sebagai produk utama dan air sebagai produk samping. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi ini bersifat kesetimbangan sehingga tidak seluruh reaktan akan berubah menjadi produk. Oleh karena itu diperlukan tahap pemisahan dan pemurnian agar diperoleh butil asetat dengan kemurnian yang diinginkan. Secara umum proses pembuatan butil asetat dalam perancangan ini dibagi menjadi tiga tahap utama yaitu tahap penyiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian produk.

1.9.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pada proses ini adalah asam asetat dan n-butanol, sedangkan asam sulfat digunakan sebagai katalis untuk mempercepat reaksi esterifikasi. Asam asetat disimpan di dalam tangki penyimpanan TK-104 pada kondisi temperatur sekitar 30°C dan tekanan 1 atm. Dari tangki penyimpanan, asam asetat dialirkan menggunakan pompa P-105 menuju unit pencampuran. Sementara itu, n-butanol disimpan di dalam tangki penyimpanan TK-101 pada temperatur sekitar 30°C dan tekanan 1 atm. Butanol kemudian dialirkan menggunakan pompa P-101 menuju unit pencampuran sehingga tekanannya meningkat sesuai kebutuhan proses. Aliran asam asetat dan n-butanol kemudian dicampurkan di dalam Mixer MIX-101 hingga diperoleh campuran reaktan yang homogen. Campuran ini selanjutnya dialirkan menuju Heat Exchanger HE-102 untuk dipanaskan sebelum memasuki reaktor. Pemanasan dilakukan dengan memanfaatkan panas dari aliran produk reaktor (heat recovery) sehingga temperatur umpan meningkat hingga mendekati kondisi operasi reaktor. Penggunaan sistem ini bertujuan untuk mengurangi kebutuhan energi pemanasan dari utilitas.

Selain kedua bahan baku utama tersebut, proses ini juga menggunakan asam sulfat sebagai katalis. Asam sulfat disimpan di dalam tangki penyimpanan TK-102 pada temperatur sekitar 30°C dan tekanan atmosfer. Selanjutnya asam sulfat dipompa menggunakan P-102 kemudian dipanaskan di dalam Heat Exchanger HE-101 hingga mencapai temperatur operasi sebelum dialirkan menuju reaktor. Setelah seluruh aliran umpan mencapai kondisi operasi yang diinginkan, campuran reaktan bersama katalis dialirkan ke dalam Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR-101).

1.9.2 Tahap Reaksi

Reaksi pembentukan butil asetat berlangsung di dalam Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR-101). Reaktor ini dilengkapi dengan pengaduk yang berfungsi menjaga campuran reaktan tetap homogen sehingga perpindahan massa dan panas berlangsung secara merata selama reaksi berlangsung. Reaktor dioperasikan pada temperatur sekitar 156°C dengan tekanan 1 atm dan waktu tinggal sekitar 80,1987 menit sehingga diperoleh konversi reaksi sebesar 95%.

Di dalam reaktor terjadi reaksi esterifikasi antara asam asetat dan n-butanol dengan bantuan katalis asam sulfat sehingga menghasilkan butil asetat sebagai produk utama dan air sebagai produk samping. Karena reaksi esterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan, aliran keluar reaktor masih mengandung sisa asam asetat, sisa n-butanol, air, butil asetat, serta katalis asam sulfat.

Produk hasil reaksi selanjutnya dialirkan kembali menuju Heat Exchanger HE-102 sebagai fluida panas untuk memanaskan aliran umpan yang akan memasuki reaktor. Setelah proses pertukaran panas selesai, temperatur aliran diturunkan menggunakan Cooler C-102 sehingga sesuai dengan kondisi operasi yang dibutuhkan pada tahap pemisahan berikutnya.

1.9.3 Tahap Pemurnian Produk

Campuran hasil reaksi yang telah didinginkan selanjutnya dialirkan menuju kolom distilasi pertama MD-102. Pada kolom ini dilakukan pemisahan awal berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing komponen. Kolom distilasi pertama dilengkapi dengan kondensor pada bagian atas dan reboiler pada bagian bawah untuk mempertahankan kondisi operasi sehingga proses pemisahan berlangsung secara optimal. Komponen-komponen yang lebih mudah menguap dipisahkan sebagai produk atas, sedangkan komponen yang memiliki titik didih lebih tinggi diperoleh sebagai produk bawah.

Produk bawah dari MD-102 kemudian dialirkan menggunakan pompa P-104 menuju Cooler C-105 untuk menyesuaikan temperatur aliran sebelum memasuki tahap pemurnian berikutnya. Pendinginan ini bertujuan agar kondisi umpan sesuai dengan kondisi operasi kolom distilasi kedua sehingga proses pemisahan dapat berlangsung lebih efektif.

Selanjutnya aliran tersebut dialirkan menuju kolom distilasi kedua MD-101 untuk proses pemurnian lanjutan. Kolom ini berfungsi memisahkan butil asetat dari komponen-komponen lain yang masih tersisa sehingga diperoleh produk dengan kemurnian yang memenuhi spesifikasi. Kolom distilasi kedua juga dilengkapi dengan kondensor pada bagian atas dan reboiler pada bagian bawah untuk menjaga keseimbangan panas selama proses pemisahan berlangsung. Produk bawah dari kolom MD-101 merupakan butil asetat dengan kemurnian tinggi. Produk tersebut

kemudian didinginkan menggunakan Cooler C-103 hingga mencapai temperatur penyimpanan. Selanjutnya butil asetat dipompa menggunakan P-103 menuju tangki penyimpanan produk TK-103 pada kondisi tekanan atmosfer sebagai produk akhir proses.

1.10 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam mendirikan suatu industri dimana penentuan ini berdasarkan pada faktor teknis maupun ekonomis yaitu diharapkan dapat memberikan keuntungan yang maksimum bagi pendiri pabrik maupun bagi masyarakat di sekitar pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik butil asetat direncanakan akan didirikan di daerah Prambangan, Kec. Kebonmas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Dengan ukuran lahan diperkirakan mencapai luas ± 4 hektar dengan koordinat $-7,1904706^{\circ}\text{S}$, $112,6218172^{\circ}\text{E}$.



Gambar 1.4 Peta Lokasi Pabrik

Alasan lain pemilihan lokasi yang tepat dan menguntungkan bagi pendirian pabrik butil asetat dipengaruhi beberapa faktor primer dan factor sekunder berikut ini:

1.10.1 Faktor Primer

1. Penyediaan Bahan Baku

Terdapat dua bahan baku utama dalam proses produksi butil asetat yaitu butanol dan asam asetat dan bahan pembantu berupa katalis dari asam sulfat. Penyediaan bahan baku butanol diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara, Gresik, Jawa Timur dengan jarak 5,68 km. Untuk bahan baku asam asetat diperoleh dari

PT. Indo Acidatama Chemical Industri di Surakarta dengan jarak 195,65 km Serta bahan pembantu berupa asam sulfat diperoleh dari PT. Liku Telaga di Gresik dengan jarak 8,02 km. Ketiga lokasi pabrik tersebut dekat dengan pabrik yang akan didirikan sehingga memudahkan transportasi.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan berhasil atau tidaknya pemasaran dalam suatu industri, yaitu penentuan keuntungan yang diperoleh dari industri tersebut. Selain itu, lokasi pabrik yang strategis serta kedekatan dengan pasar menjadi salah satu pertimbangan terpenting untuk kenyamanan konsumen dalam mendapatkannya. Dengan mengutamakan pasar dalam negeri, diharapkan hasil penjualan akan optimal serta sebagian akan diekspor ke luar negeri. Industri di Indonesia yang menggunakan butil asetat masih terpusat di pulau Jawa, seperti PT. Wiharta Karya Agung Factory di Gresik, PT Nippon Paint di Gresik, PT. Novapharin Pharmaceutical Industries di Gresik dan PT Aditamaraya Farmino di Surabaya.

3. Sarana Transportasi

Transportasi merupakan hal yang sangat penting dalam kelancaran pasokan bahan baku dan penyaluran produk dengan jaminan biaya dan dalam waktu singkat bahan baku atau produk dapat secepat mungkin tersalurkan. Jalan raya dan pelabuhan merupakan contoh sarana transportasi yang sesuai dan dapat dimanfaatkan untuk keberlangsungan pabrik, baik dalam kemudahan transportasi bahan baku maupun ekspor produk. Dengan dukungan adanya sarana transportasi yang memadai, distribusi bahan baku dan pemasaran produk di dalam dan di luar Pulau Jawa cukup baik karena adanya fasilitas pelabuhan laut (Pelabuhan Lumpur Gresik).

4. Utilitas

a. Kebutuhan Air

Air merupakan salah satu kebutuhan terpenting bagi suatu industri. Dimana air tersebut digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Di Gresik, air dapat diperoleh dengan mudah yaitu karena lokasi pabrik dekat dengan Sungai Begawan Solo yang memiliki panjang 7,55 km.

b. Kebutuhan Listrik

Listrik dibutuhkan dalam pabrik untuk mengoperasikan alat-alat proses misalnya pompa maupun sarana pendukung seperti komputer. Kebutuhan listrik pada pabrik ini didapatkan dari PT. PLN (Persero).

c. Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar di butuhkan untuk pengoperasian generator yang di gunakan sebagai sumber listrik cadangan yaitu berasal dari Generator yang di peroleh dari Pertamina.

d. Tenaga Kerja dan Tenaga Ahli

Kelancaran proses produksi tergantung pada tenaga kerja yang berkualitas dan terlatih. Tenaga kerja yang berkualitas dan berpotensi dipenuhi oleh lulusan perguruan tinggi dari seluruh Indonesia. Dengan adanya pabrik butil asetat di Gresik akan memberikan lapangan kerja baru dan memenuhi kebutuhan tenaga kerja bagi lulusan universitas dan pendudukan lokal di seluruh Indonesia.

1.10.2 Faktor Sekunder

1. Kebijakan Pemerintah

Alasan dipilih lokasi Kawasan Industri Gresik (KIG) karena lokasi ini telah memadai secara sarana sebagai sebuah kawasan Industri sejak tahun 1990. Mulai dari perlindungan terhadap banjir, pengadaan listrik yang sudah seragam yang berasal dari PT. PLN (Persero). Kawasan ini juga telah menjadi bagian dari otonomi daerah yang dimana telah mendapat dukungan dari pemerintah.

2. Tanah dan Iklim

Kondisi iklim di Gresik relatif cukup stabil sepanjang tahun. Seperti daerah-daerah lain di Indonesia yang memiliki iklim tropis dengan suhu berkisar 20-35°C. Selain itu, Gresik termasuk kota dengan kawasan industri yang cukup mumpuni. Tanah di daerah Gresik juga relatif datar dimana hanya memiliki kemiringan 0 – 2%, sehingga pembangunan kawasan pabrik lebih mudah.

3. Keadaan Lingkungan Masyarakat

Masyarakat di daerah industri akan terbiasa untuk menerima kehadiran suatu pabrik di daerahnya, selain itu masyarakat juga akan dapat mengambil

keuntungan dengan pendirian pabrik ini, antara lain dengan adanya lapangan kerja yang baru maupun membuka usaha kecil di sekitar lokasi pabrik

