

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri kimia di Indonesia semakin bertambah seiring dengan tingginya konsumsi kebutuhan bahan kimia yang terus meningkat. Peningkatan kebutuhan dapat dipenuhi dengan membangun industri kimia yang baru. Namun Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk-produk suatu industri kimia dari luar negeri, salah satunya adalah isopropil asetat.

Saat ini, Indonesia masih belum mampu memproduksi isopropil asetat sendiri. Pada tahun 2022 jumlah impor isopropil asetat mencapai 15.000 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2022). Kebutuhan isopropil asetat di Indonesia dipenuhi melalui impor dari beberapa negara seperti Amerika Serikat, China, Inggris, dan Jerman (Badan Pusat Statistika Nasional, 2022). Ketergantungan impor ini dapat menyebabkan berkurangnya devisa negara mengingat kebutuhan isopropil asetat yang terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya untuk menanggulangi besarnya impor tersebut, salah satunya yaitu dengan mendirikan pabrik isopropil asetat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Senyawa isopropil asetat, $\text{CH}_3\text{COOCH}(\text{CH}_3)_2$, merupakan bahan yang banyak dipakai sebagai pelarut aktif beberapa resin sintesis seperti etil selulosa, selulosa asetat, selulosa butirat, selulosa nitrat, beberapa vinil kopolimer, polistiren, dan resin metakrilat. Isopropil asetat dapat digunakan sebagai pelarut, pada industri parfum/kosmetik. Oleh karena itu, sejalan dengan perkembangan di bidang industri, diperkirakan kebutuhan akan bahan ini juga akan meningkat di Indonesia.

Salah satu bahan dasar pembuatan produk isopropil asetat adalah asam asetat dan isopropanol, produk isopropil asetat selama ini dilakukan impor guna memenuhi kebutuhan isopropil asetat di Indonesia. Dengan didirikan pabrik isopropil asetat di Indonesia diharapkan mampu memberikan keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

- 1) Menghemat sumber devisa negara

Dengan adanya pabrik isopropil asetat ini, diharapkan kebutuhan isopropil asetat dalam negeri bisa lebih terpenuhi dan mengurangi pasokan dari luar negeri. Sehingga mengurangi anggaran untuk membeli isopropil asetat

dari luar. Begitu juga dapat membantu industri kecil yang menggunakan isopropil asetat untuk mendapatkan isopropil asetat dengan harga yang lebih murah. Jika produksi isopropil asetat dalam negeri sudah dapat terpenuhi dan mungkin berlebih, maka isopropil asetat ini juga bisa diekspor sebagai sumber devisa negara.

2) Membuka lapangan pekerjaan

Setelah pabrik isopropil asetat didirikan, akan dibutuhkan begitu banyak tenaga kerja dari semua bidang. Hal ini dapat mengurangi jumlah pengangguran dalam negeri. Juga dapat membantu dalam pemerataan ekonomi.

3) Proses alih teknologi

Adanya produk yang dihasilkan melalui teknologi modern membuktikan bahwa sarjan-sarjana Indonesia mampu menyerap ilmu serta teknologi modern, dengan demikian kita tidak tergantung pada tenaga asing.

4) Memanfaatkan bahan baku asam asetat yang mudah didapatkan di dalam negeri.

5) Di Indonesia khususnya pulau Jawa bahan baku asam asetat mudah didapatkan, sehingga dapat mengurangi angka pengeluaran jika dibandingkan dengan membeli bahan baku di luar negeri.

1.2 Kapasitas Perancangan Pabrik

Pemilihan kapasitas perancangan pabrik isopropil asetat didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan berikut.

1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Isopropil Asetat di Indonesia

Kapasitas produksi pabrik berpengaruh pada perhitungan teknis maupun ekonomis, tetapi terdapat faktor-faktor lain menentukan produksi, yaitu: kebutuhan pasar, kapasitas minimum pabrik, dan ketersediaan bahan baku.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Proses pembuatan isopropil asetat dengan cara esterifikasi langsung propilen dengan asam asetat dipilih dengan pertimbangan bahan baku tersebut tersedia cukup memadai di Indonesia. Dengan adanya pabrik - pabrik yang memproduksi asam asetat di Indonesia saat ini diantaranya adalah PT. Indo

Acidatama Chemical Industry dengan kapasitas 36.000 ton/tahun; PT. Indo Acidatama Tbk. propilen diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas produksi sekitar 3,8 juta ton/tahun. Sehingga diharapkan kebutuhan akan bahan baku asam asetat dapat terpenuhi. Disamping itu penggunaan proses esterifikasi langsung tersebut diharapkan dapat membuat langkah-langkah proses menjadi lebih singkat dibanding dengan cara biasa, sehingga secara ekonomis akan lebih menguntungkan.

1.2.3 Proyeksi Kebutuhan Isopropil Asetat di Indonesia

- a. Data impor / ekspor isopropil asetat di Indonesia (BPS) 5-10 tahun ke belakang

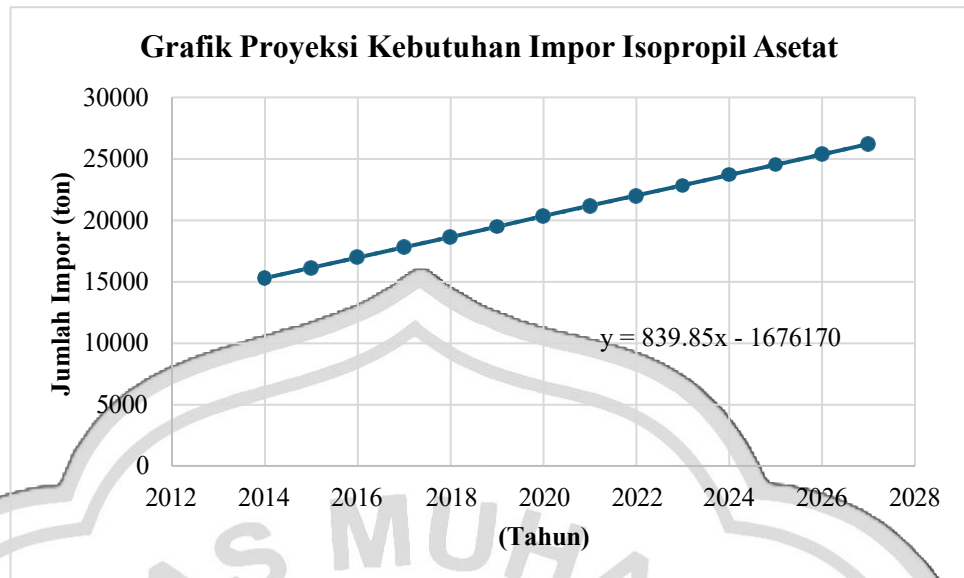
Tabel 1. 1 Data Impor Isopropil Asetat di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah Impor (Ton/Tahun)
1	2014	15.911,65
2	2015	15.774,84
3	2016	16.703,48
4	2017	17.632,12
5	2018	18.560,76
6	2019	19.489,40
7	2020	20.418,04
8	2021	21.346,68

(Badan Pusat Statistik Nasional, 2022)

- b. Kebutuhan isopropil asetat di Indonesia 5 tahun ke depan (2027)

Kebutuhan isopropil asetat di Indonesia 5 tahun kedepan (2027) dapat dilakukan menggunakan persamaan regresi dari data impor berdasarkan Badan Pusat Statistik. Grafik impor isopropil asetat dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Grafik Proyeksi Impor Isopropil Asetat Tahun 2014-2027

Dari data impor isopropil asetat di atas, memperlihatkan bahwa impor isopropil asetat di Indonesia mengalami peningkatan dengan persamaan garis lurus $y = 839.85x - 1676170$, y adalah impor isopropil asetat pada tahun tertentu dalam ton, x adalah tahun. Dari persamaan garis lurus besarnya impor isopropil asetat di Indonsia untuk tahun 2027 atau tahun ke-14 adalah sebesar 26.205,52 ton, sehingga perancangan pabrik berkapasitas 15.000 ton/tahun mampu mencukupi 57,23% kebutuhan impor tersebut.

Beberapa Negara penghasil isopropil asetat di dunia antara lain :

Tabel 1. 2 Daftar Produsen Isopropil Asetat di Dunia

Negara	Perusahaan	Produksi
Amerika Serikat	<i>Various</i>	80.000
Cina	<i>Various</i>	40.000
Inggris	<i>Various</i>	60.000
Jerman	<i>Various</i>	60.000

(marketresearch.com, 2022)

Pada tahun 1990 produksi isopropil asetat di Amerika Serikat mencapai 20.376 ton/tahun (Kirk Othmer, 1999). Berdasarkan data kebutuhan dalam negeri dan dunia, ketersediaan bahan baku dan referensi data produksi

isopropil asetat di beberapa negara dunia maka kapasitas pabrik isopropil asetat yang didirikan adalah sebesar 15.000 ton/tahun.

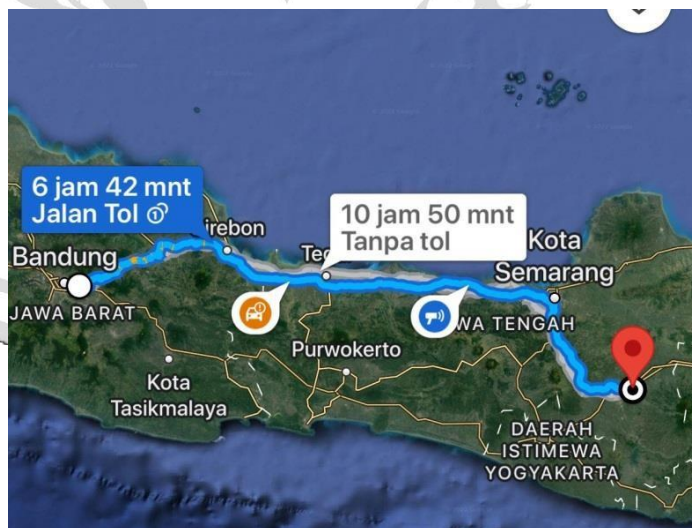
1.2.4 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karena hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Banyak faktor yang dipertimbangkan dalam memilih lokasi pabrik. Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka pabrik isopropil asetat dari asam asetat dengan propilen ini direncanakan berlokasi di Kawasan Industri Bandung Mekar Raya yang beralamat di Jl. Soekarno Hatta No.825, Babakan Penghulu, Kec. Cinambo, Kota Bandung, Jawa Barat 40293.

a) Faktor Utama

1. Bahan Baku

Bahan baku adalah faktor utama dalam penentuan lokasi pabrik. Pabrik isopropil asetat akan didirikan di Kawasan Industri Bandung, karena dekat dengan sumber bahan baku yaitu asam asetat. Bahan baku asam asetat diperoleh dari PT. Indo Acidatama, Surakarta dimana kapasitas produksinya sekitar 36.000 ton/tahun (PT Indo Acidatama, 2015). Dengan tersedianya bahan baku asam asetat yang relatif besar diharapkan kebutuhan bahan baku ini bisa terpenuhi. Sedangkan propilen diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas produksi sekitar 3,8 juta ton/tahun.



Gambar 1. 2 Jarak Tempuh Lokasi Pabrik dengan PT. Indo Acidatama,Tbk



Gambar 1. 3 Jarak Tempuh Lokasi Pabrik dengan PT. Chandra Asri Petrochemical, Tbk

2. Pemasaran

Pemilihan kawasan industri Bandung sebagai lokasi pabrik juga didasarkan pada kedekatannya dengan pasar, Pacific Paint and Ink Factory dan Perusahaan Cat Alfatex. Isopropil asetat dipakai sebagai pelarut aktif beberapa resin sintetis seperti etil selulosa, selulosa asetat, selulosa butirat, selulosa nitrat, beberapa vinil kopolimer, polistiren, dan resin metakrilat. Pemakaian lain yang tidak kalah penting dari senyawa ini adalah sebagai pelarut (*solvent*) untuk *paints*, *coating*, pelarut tinta cetak (*printing ink*), campuran (*ingredients*) pada pembuatan parfum/kosmetik, serta sebagai *extracting agent* pada produksi obat-obatan. Produk yang dihasilkan haruslah sesuai dengan permintaan pasar yang akan membeli produk tersebut, baik dari segi kualitas produk, harga, bentuk dan sebagainya yang semua itu harus terpenuhi.



Gambar 1. 4 Jarak Tempuh Lokasi Pabrik dengan Pacific Paint and Ink Factory

3. Transportasi

Transportasi dibutuhkan sebagai penunjang, terutama untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan produk, dan pemasaran. Kawasan industri Bandung memiliki sarana dan prasarana yang baik. Sarana transportasi, kedekatan dengan pelabuhan Cigugur dan PT. Pelabuhan Indonesia.



Gambar 1. 5 Jarak Tempuh Lokasi Pabrik dengan Pelabuhan Cigugur

4. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja baik tenaga kerja terdidik ataupun tenaga kerja terlatih yang cukup banyak merupakan faktor yang terpenting. Di dalam penentuan lokasi usaha harus dipertimbangkan besarnya kebutuhan tenaga kerja baik tenaga kerja *skilled*, *trained* dan *unskilled*. Untuk memenuhi kebutuhan perusahaan maka harus dipertimbangkan kemungkinan tersedianya tenaga-tenaga tersebut.

Banyaknya penduduk di Pulau Jawa menyebabkan banyaknya orang yang membutuhkan pekerjaan. Jumlah penduduk pada kota Bandung mencapai 2,44 juta jiwa. Dari jumlah tersebut sebanyak 2,23 juta jiwa berjenis kelamin laki-laki dan 1,21 juta jiwa berjenis kelamin perempuan. Dengan pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi pengangguran di Indonesia, terutama di Bandung.

5. Utilitas (Ketersediaan Air, Tenaga Listrik, dan Bahan Bakar)

Dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Kebutuhan tenaga listrik dapat diperoleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) Bandung dan dari generator pembangkit

sebagai cadangan yang dibangun sendiri. Air merupakan kebutuhan penting bagi suatu pabrik industri kimia, baik itu untuk keperluan proses maupun untuk keperluan lainnya. Kebutuhan air diperoleh dari air sungai Cikeruh, yang ada di sekitar pabrik dan dengan membeli dari PT. Krakatau Tirta Industri. Kebutuhan air ini berguna untuk proses, sarana utilitas dan keperluan domestik. Kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT. Pertamina Patraniaga TBBM Ujung Berung yang berjarak 1,1 km dari kawasan pabrik dan distributornya sebagai pemasok bahan bakar solar.

b) Faktor Pendukung

a. Harga Tanah dan Bangunan

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas, biaya harga tanah dan bangunan untuk pendirian pabrik relatif terjangkau. Harga tanah di lokasi pabrik berkisar Rp 6.900.000/m² (olx.co.id, 2022).

b. Perluasan dan Ekspansi Pabrik

Ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas di sekeliling pabrik dan hal ini tidak akan mengganggu pemukiman karena berada di Kawasan Industri. Regulasi ekspansi berdasarkan peraturan daerah kabupaten Bandung tentang Perizinan Industri di Kabupaten Bandung yaitu Lembaran Daerah Kabupaten Bandung Nomor 12 Tahun 2021.

c. Bencana Alam

Kota Bandung terletak pada ketinggian 700 m di atas permukaan laut (dpl). Titik tertinggi di kelurahan Ledeng kecamatan Cicadap dengan ketinggian 892 m dpl, dan titik terendah berada di Kelurahan Rancanumpang Kecamatan Gedebage dengan ketinggian 666 m dpl. Wilayah yang dikelilingi oleh pegunungan membentuk Kota Bandung menjadi semacam cekungan (Bandung Basin).

Kabupaten Bandung memiliki potensi hidrologi berupa sumber daya air yang cukup melimpah, baik air bawah tanah maupun air permukaan. Air permukaan terdiri dari 4 danau alam, 3 danau buatan serta 172 buah sungai dan anak-anak sungai. Pemanfaatan sumber air permukaan pada umumnya untuk memenuhi kebutuhan pertanian, industri, dan sosial lainnya.

Pemanfaatan air tanah dalam (kedalaman 60-200 *m*) dipergunakan untuk keperluan industri, non industri, dan sebagian kecil untuk rumah tangga. Sebagian besar masyarakat memanfaatkan air tanah bebas (sumur gali) dan air tanah dangkal (kedalaman 24 sampai 60 *m*) untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga serta sebagian kecil menggunakan fasilitas dari PDAM terutama di wilayah perkotaan. Kabupaten Bandung memiliki kondisi curah hujan rata-rata mencapai 1.500-4.000 *mm* per tahun atau jika dihitung luas lahan yang ada maka volume air yang turun di wilayah Kabupaten Bandung dapat mencapai 2,643-7,05 milyar *m*³. Potensi air yang begitu besar tersebut apabila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan banyak genangan banjir di berbagai wilayah.

d. Peraturan daerah setempat terkait pendirian pabrik

Untuk daerah Bandung, telah ada peraturan daerah kabupaten Bandung tentang Perizinan Industri di Kabupaten Bandung yaitu Lembaran Daerah Kabupaten Bandung Nomor 12 Tahun 2021 yang berbunyi “Peraturan Daerah Tentang Penyelenggaraan, Retribusi Izin Mendirikan Bangunan dan Retribusi Penggantian Biaya Cetak Peta”, sehingga terakut perancangan pabrik isopropil asetat yang akan dilakukan ini bisa untuk didirikan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

e. Iklim

Kabupaten Bandung memiliki iklim tropis yang dipengaruhi oleh iklim muson dengan curah hujan rata-rata antara 1.500 *mm* sampai dengan 4.000 *mm* per tahun. Suhu udara berkisar antara 12°C sampai 24°C dengan kelembaban antara 78% pada musim hujan dan 70% pada musim kemarau. Berdasarkan hal tersebut maka pabrik layak untuk dirancang dan didirikan.

f. Kondisi tanah

Keadaan geologis di Kota Bandung dan sekitarnya terdiri atas lapisan aluvial hasil letusan Gunung Tangkuban Perahu. Jenis material di wilayah bagian Utara umumnya jenis tanah andosol, sedangkan di bagian Selatan serta Timur terdiri atas jenis aluvial kelabu dengan bahan endapan liat. Di bagian tengah dan Barat tersebar jenis tanah andosol. Secara geologis Kota Bandung berada di Cekungan Bandung yang dikelilingi oleh Gunung

Berapi yang masih aktif dan berada di antara tiga daerah sumber gempa bumi yang saling melingkup, yaitu

- a. sumber gempa bumi Sukabumi-Padalarang-Bandung
- b. sumber gempa bumi Bogor-Puncak-Cianjur
- c. sumber gempa bumi Garut-Tasikmalaya-Ciamis. Daerah-daerah ini aktif di sepanjang sesar-sesar yang ada, sehingga menimbulkan gempa tektonik yang sewaktu-waktu dapat terjadi. Selain itu, Kota Bandung yang berpenduduk banyak dan padat serta kerapatan bangunan yang tinggi juga berisiko tinggi pada berbagai bencana.

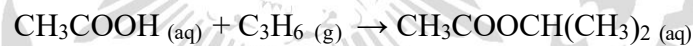
Akan tetapi, terkait permasalahan tersebut, dapat diantisipasi dengan merancang bangunan dan perlengkapannya sesuai dengan standar yang berlaku agar menghindaribencana yang mungkin terjadi.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.1 Dasar Pemilihan Proses Pembuatan Isopropil Asetat

Isopropil asetat dapat dibuat dengan metode esterifikasi. Ada dua macam metode esterifikasi dalam pembuatan isopropil asetat yaitu:

1. Esterifikasi antara asam asetat dengan propilena. Dengan reaksi sebagai berikut:



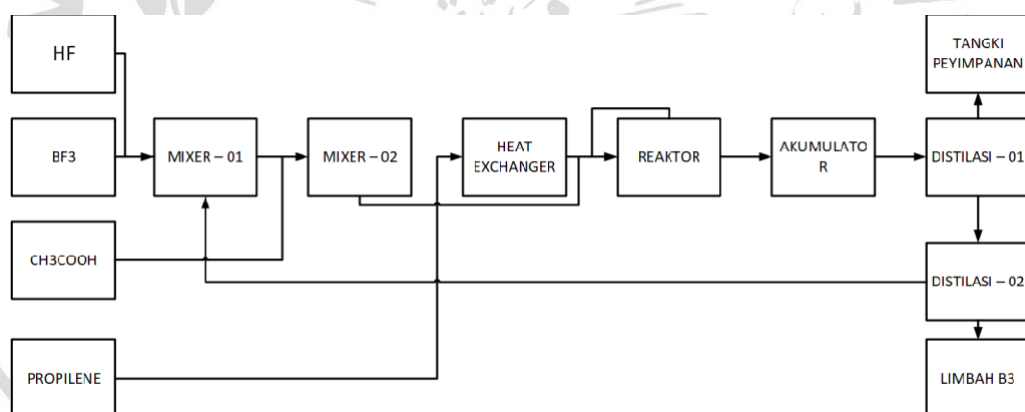
Reaksi ini terjadi pada kondisi temperatur $70^\circ\text{C} - 120^\circ\text{C}$, tekanan $15 \text{ kg/cm}^2 - 50 \text{ kg/cm}^2$ ($14,5 \text{ atm} - 48,4 \text{ atm}$) dengan *range ratio* molar asam asetat dengan propilena antara 1.0 – 2.0, dan menggunakan katalis BF_3 dengan promotor HF. Dengan konversireaksi antara 70-80%. Dengan hasil akhir kemurnian isopropil asetat 99.5% (Ohyamaet al, 1995).

Pada dasarnya katalisator yang dapat dipakai dalam reaksi ini adalah asam kuat, seperti H_2SO_4 , BF_3 , HClO_4 , AlCl_3 dan sebagainya (Groggins, 1935).

Katalisator yang paling efektif dalam proses ini adalah BF_3 dengan promotor HF (Bears, 1947). Permasalahan yang timbul dari pemakaian katalisator tersebut adalah terjadinya polimerisasi propilen dan pembentukan ester dengan berat molekul lebih tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, Bears merekomendasikan untuk mencampur terlebih dahulu BF_3

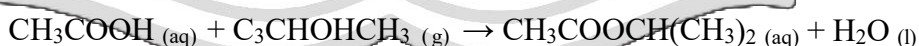
dan HF dengan asam asetat sebelum direaksikan dengan propilen, sehingga kemungkinan terjadinya polimerisasi akan dapat dihindari.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bearse (1947), maka kondisi yang dianjurkan untuk reaksi esterifikasi propilen dengan asam asetat adalah suhu 100°C, tekanan 20 atm, dengan perbandingan katalisator HF/BF₃ adalah 3/1 (perbandingan mol) dan jumlah katalisator (HF + BF₃) sebanyak 5% dari asam asetat dalam campuran reaksi tersebut. Katalisator yang ada pada campuran hasil reaksi dapat dipergunakan kembali dengan memisahnya dengan cara distilasi dan diumpankan kembali ke reaktor. Dalam kondisi operasi yang dianjurkan tersebut, jumlah propilen yang dipakai berlebihan dari kebutuhan teoritis, sehingga kelebihan akan di-*recycle*. Sedangkan konsentrasi asam asetat juga harus dijaga cukup tinggi dibanding kandungan propilen dalam cairan reaksi dan kelebihan asam asetat juga di-*recycle* kembali (Bearse, 1947). Adapun BFD pada proses esterifikasi asam asetat dengan propilena dapat dilihat pada Gambar 1.6 berikut.



Gambar 1. 6 Block Flow Diagram Pada Proses Pembentukan Isopropil Asetat

2. Esterifikasi antara asam asetat dengan isopropanol. Dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi ini terjadi pada kondisi temperatur 80°C-100°C, dengan konstanta keseimbangan reaksi 8,7 pada 90°C, dan menggunakan katalis asam kuat. Dengan hasil akhir kemurnian isopropil asetat 98.5% (Auburn University, 2012).

Dari uraian kedua proses diatas maka dapat diketahui keunggulan dan kelemahan dari proses esterifikasi asam asetat dengan propilena dan proses esterifikasi asam asetat dengan isopropanol. Keunggulan dan kelemahan dari kedua proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.3 di bawah ini.

Tabel 1. 3 Keunggulan dan Kelemahan Proses

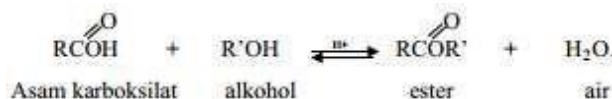
Proses Esterifikasi	Keunggulan	Kelemahan
Asam asetat dengan propilena: 1. Temperatur 70°C - 120°C . 2. Tekanan 14,5 atm - 48,4 atm. 3. Kemurnian 99,5%. 4. Konversi reaksi 70-80 %.	1. Bahan baku cukup banyak tersedia di Indonesia. 2. Langkah-langkah proses pembuatan lebih singkat. 3. Katalis BF_3 dengan promotor HF.	1. Prosesnya baru sehingga belum banyak penggunaanya. 2. Reaksi heterogen.
Asam asetat dengan isopropanol: 1. Temperatur 80°C - 100°C . 2. Kemurnian 98,5%	1. Prosesnya sudah lama diketahui dan secara komersil cukup banyak digunakan. 2. Reaksi homogen.	1. Isopropanol lebih banyak diimpor dari luar. 2. Langkah - langkah proses lebih lama dan panjang. 3. Katalis dengan menggunakan asam kuat.

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih proses esterifikasi antara asam asetat dan propilena karena lebih unggul dan diharapkan dapat membuat langkah-langkah proses menjadi lebih singkat dibanding dengan proses esterifikasi antara asam asetat dan isopropanol, sehingga secara ekonomis akan lebih menguntungkan.

1.2 Tinjauan Proses Secara Umum

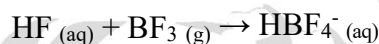
Proses yang terjadi pada pembuatan isopropil asetat adalah proses esterifikasi. Esterifikasi adalah proses pembentukan ester. Suatu ester asam

karboksilat adalah suatu senyawa yang mengandung gugus $\text{-CO}_2\text{R}$ dengan R dapat berbentuk alkil atau aril. Suatu ester dapat dibentuk dengan reaksi antara suatu asam karboksilat dan suatu alkohol dengan atau antara suatu asam karboksilat dengan suatu senyawa olefin. Reaksi esterifikasi secara umum :

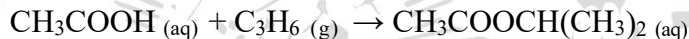


Deskripsi Proses

Katalisator HF dan BF_3 disimpan pada tangki penyimpanan yang dialirkan ke dalam mixer-01. Kemudian hasil pelarutan dari mixer-01 dan bahan baku cairan asam asetat dari tangki penyimpan dialirkan untuk dihomogenkan di dalam mixer-02. Reaksi dalam mixer-01 sebagai berikut:



Produk cairan dari mixer-01 kemudian dialirkan masuk ke reaktor-01. Bahan baku gas propilen dari tangki penyimpanan dikompres dan kemudian dipanaskan dengan heat exchanger sebelum masuk ke reaktor-01. Reaksi dalam reaktor-01 sebagai berikut:



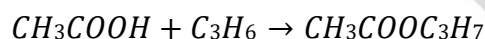
Pada reaktor-01 menghasilkan 2 fase produk, gas keluar dari atas dan produk cairan dari reaktor-01 menuju *accumulator*. Cairan dari *accumulator* mengalir menuju menara destilasi-01. Hasil atas menara destilasi keluar dalam fase gas yang berupa campuran isopropil asetat, air. Kemudian terkondensasi menjadi cairan melalui kondensor. Produk cairan isopropil asetat dari menara distilasi dialirkan ke tangki penyimpanan. Hasil bawah menara distilasi dalam fase cair terdiri atas air, asam asetat, HBF_4 , kemudian campuran ini diumpankan kembali ke menara distilasi-02.

Hasil atas menara distilasi-02 yang berupa cairan sebagian terdiri dari produk asam asetat dan air. Kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan. Hasil bawah menara distilasi-02 berupa senyawa HFB_4 dialirkan kebalik ke mixer-01, sedangkan sebagian yang lain dialirkan ke tempat penampungan sementara limbah B3.

1.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi dalam proses berjalan secara melepaskan panas (eksotermis) atau membutuhkan panas (endotermis), dan juga mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau berbalik (*reversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

Reaksi yang terjadi dituliskan di dalam persamaan berikut:



Tabel 1. 4 Tabel Entalpi Pembentukan Pada 298 K

Komponen	Harga ΔH_f° , 298 K (kJ/mol)	Harga ΔG_f° , 298 K (kJ/mol)
Propilen (C_3H_6)	+20,41	+63,70
Asam Asetat (CH_3COOH)	-434,84	-376,69
Isopropil Asetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$)	-468,70	-350,90

Perhitungan ΔH° Reaksi

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ \text{ Reaksi} &= \Sigma \Delta H \text{ produk} - \Sigma \Delta H \text{ reaktan} \\ &= (-468,70) - (20,41 + (-434,84)) \\ &= -468,70 - (-414,43) \\ &= -54,27 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Dari perhitungan ΔH° reaksi di atas, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan isopropil asetat bersifat eksotermis.

Perhitungan ΔG° Reaksi

$$\begin{aligned}\Delta G \text{ Reaksi} &= \Sigma \Delta G \text{ produk} - \Sigma \Delta G \text{ reaktan} \\ &= (-350,90) - (63,70 + (-376,69)) \\ &= -350,90 - (-312,99) \\ &= -37,91 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Karena ΔG° reaksi bernilai negatif, reaksi ini bersifat spontan pada suhu 298 K.

Perhitungan Konstanta Keseimbangan (K) pada 298 K

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

ln K saat 298 adalah :

$$\ln K = -\frac{-37,91}{8,314 \times 298}$$

$$K = 4.418.322,95$$

Nilai konstanta keseimbangan (K) yang sangat besar menunjukkan bahwa reaksi berjalan hampir sempurna menuju pembentukan produk.

Analisis pada Suhu Operasi (T = 373,15 K = 100°C)

Untuk mengetahui apakah pada suhu operasi reaksi bersifat reversible atau irreversible, digunakan persamaan berikut:

$$\ln \left(\frac{K}{K_1} \right) = \frac{\Delta H}{R} \times \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right]$$

Saat T = 373,15 maka K = 53.628,93

Karena konstanta keseimbangan pada suhu operasi (K) sangat besar, reaksi tetap bersifat searah atau irreversible pada suhu 373,15 K

1.4 Tinjauan Kinetika

Perhitungan Kinetika Reaksi Orde 2

$$-r_a = k [A] \cdot [B]$$

Untuk persamaan reaksi :

	A	+	B	→	C
m	Cao		Cbo		0
r	Cao.X		Cao.X		Cao.X
s	Cao.(1-X)		Cbo-Cao.X		Cao.X

sehingga :

$$[A] = \text{Cao} \cdot (1-X)$$

$$[B] = \text{Cbo} - \text{Cao} \cdot X$$

$$-r_a = k [A] \cdot [B]$$

$$-r_a = k (\text{Cao} \cdot (1 - X)) \cdot (\text{Cbo} - \text{Cao} \cdot X)$$

Nilai K untuk reaksi orde 2 pembuatan isopropil asetat :

No.	T (K)	k (L ² /mol.g.min)
1	333.15	1.24 x 10 ⁻³
2	338.15	1.64 x 10 ⁻³
3	343.15	2.47 x 10 ⁻³
4	348.15	3.18 x 10 ⁻³
5	353.15	4.64 x 10 ⁻³

(Liu, 2019)

Untuk kondisi operasi T = 100 °C = 373.15 K

Ekstrapolasi dengan menggunakan data 1 dan data 5 dengan rumus :

$$y_2 = \frac{(x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} + y_1$$

Dimana :

	X	Y
1	333.15	1.24 x 10 ⁻³
2	373.15	Y ₂
3	353.15	4.64 x 10 ⁻³

Sehingga didapatkan nilai y₂ = k pada 100°C = 0.0680755

Bertambahnya suhu reaksi maka akan memperbesar harga konstanta kecepatan reaksi (k), sehingga kecepatan reaksi pun bertambah. Akan tetapi perlu diperhatikan bahwa berdasarkan tinjauan termodinamika, reaksi bersifat eksotermis. Oleh karena itu, harus tetap dijaga pada suhu optimum yang aman dan menguntungkan terhadap konversi dan *yield* yang diinginkan.