

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia, diperlukan sebuah usaha pembangunan ekonomi dalam jangka panjang demi terbentuknya infrastruktur ekonomi yang lebih maju dan seimbang. Hal ini berbanding lurus dengan kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang dalam proses industri yang juga meningkat. Salah satu bahan baku yang banyak dibutuhkan pada industri kimia Indonesia adalah Asam akrilat (Kumala, 2018).

Asam akrilat ($C_3H_4O_2$) atau biasa dikenal dengan *acroleic acid*, *vinil formic acid*, *propene acid*, *2-propene acid* dan *ethylene carboxylic* merupakan salah satu senyawa organik yang digunakan sebagai bahan dasar polimer. Selain itu, kegunaan utama dari asam akrilat yaitu sebagai bahan baku pembuatan ester akrilat, sebagai monomer untuk asam poliakrilat dan garamnya, sebagai komonomer dengan akrilamida untuk polimer yang digunakan sebagai flokulan, dan dengan etilen untuk polimer resin penukaran ion. Dari kegunaannya yang beragam menjadikan asam akrilat semakin banyak dibutuhkan sebagai bahan dasar maupun bahan penunjang pada proses industri kimia. Sehingga permintaan asam akrilat bagi industri kimia di Indonesia maupun mancanegara ikut meningkat. Hal ini menjadikan alasan mengapa asam akrilat cukup potensial untuk dikembangkan. Dengan begitu, prospek untuk mendirikan pabrik asam akrilat di Indonesia semakin luas (Nihayati, 2014).

Tujuan dari pendirian pabrik asam akrilat antara lain untuk mengoptimalkan perolehan nilai tambah dalam pemanfaatan bahan baku propylene di Indonesia. Pendirian pabrik asam akrilat di Indonesia juga diharapkan dapat meminimalisir impor bahan-bahan kimia dari luar negeri, dan menjadikan asam akrilat sendiri sebagai komoditi ekspor untuk memenuhi kebutuhan asam akrilat di lingkup Asia maupun secara global.

Disamping tujuan pendirian pabrik asam akrilat, terdapat beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam mendirikan pabrik asam akrilat antara lain:

1. Asam akrilat banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan polimer, cat, serta bahan-bahan sintetik lainnya.
2. Ketersediaan asam akrilat di dalam negeri sangat minim sehingga untuk memenuhi kebutuhan asam akrilat yang semakin meningkat di Indonesia, sebagian besar masih impor dari luar negeri.
3. Tersedianya bahan baku propylene di dalam negeri seperti dari PT Chandra Asri, Pertamina dan lainnya. Tentunya menjadikan harga bahan baku relatif terjangkau.
4. Pendirian pabrik asam akrilat ini dapat memacu berkembangnya industri kimia lainnya, terutama industri hilir dari industri petrokimia, seperti pabrik pembuatan polimer, cat maupun bahan-bahan sintesis.
5. Ditinjau dari segi ekonomi dan komersial, pendirian pabrik asam akrilat dapat membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan perekonomian penduduk Indonesia.

(Ikhsanto, 2020)

1.2 Analisis Pasar

1.2.1 Penentuan kapasitas Produksi

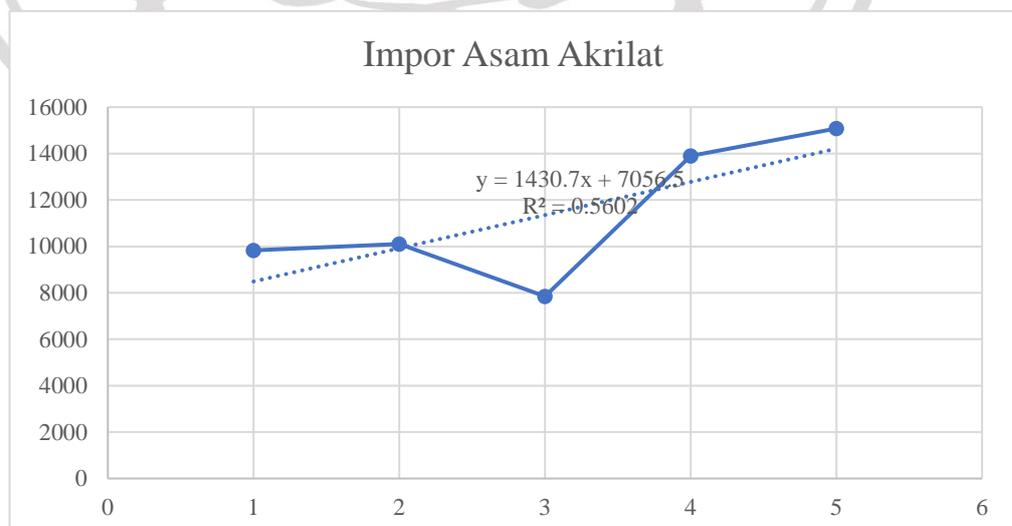
Penentuan kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis, selain itu beberapa faktor lain juga berperan dalam penentuan proses produksi seperti: kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku, serta kapasitas minimum pabrik yang sudah berproduksi. Berdasarkan data statistik, kebutuhan asam akrilat mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Sehingga kebutuhan asam akrilat yang masih belum terpenuhi diimpor setiap tahunnya. Data impor asam akrilat di Indonesia disajikan pada tabel 1.1

Tabel 1.1. Data Impor Asam Akrilat di Indonesia

(Sumber : Biro Statistik, 2023)

Asam Akrilat	
Tahun	Kebutuhan (ton/tahun)
2016	6.821,114
2017	8.462,941
2018	9.823,26
2019	10.098,151
2020	7.848,159
2021	13.893,865
2022	15.078,685

Berdasarkan data pada Tabel 1.1. diperoleh grafik dengan plotting data tahun dan kapasitas impor kebutuhan asam akrilat pada 7 tahun terakhir. Grafik kebutuhan impor asam akrilat dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1. Grafik kebutuhan impor asam akrilat di Indonesia.

Berdasarkan grafik pada Gambar 1.1. mengalami kenaikan secara signifikan dari tahun ke tahun, namun pada tahun 2020 mengalami penurunan dikarenakan terjadinya pandemi COVID 19 yang mengakibatkan turunnya angka kebutuhan impor asam akrilat di Indonesia. Untuk perkiraan kebutuhan asam akrilat pada tahun 2029 dapat dihitung menggunakan persamaan regresi linier dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 y &= 1430,7 x - 706,5 \\
 &= 1430,7 (12) - 706,5 \\
 &= 24. 233,9
 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas dapat diperoleh perkiraan kebutuhan asam akrilat pada tahun 2029 adalah 24. 233,9 ton/tahun.

Selain data impor asam akrilat di Indonesia, terdapat kapasitas produksi pabrik asam akrilat di Asia yang dapat dijadikan acuan dalam perkiraan penentuan kapasitas produksi pabrik asam akrilat di Indonesia. Data kapasitas produksi pabrik asam akrilat di Asia disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Kapasitas produksi pabrik asam akrilat di Asia (Sumber : Techno OrbiChem, 2010)

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	BASF Petronas	Kuantan, Malaysia	160.000
2.	BASF-YPC	Nanjing, China	160.000
3.	Beijing Eastern Petrochemical	Beijing, China	80.000
4.	Formosa Plastic	Kaohsiung, Taiwan	160.000
		Mailiao, Taiwan	60.000
		Ningbo, China	160.000
5.	Idemitsu Petrochemical	Aichi, Japan	50.000

Lanjutan Tabel 1.2 Kapasitas produksi asam akrilat di Asia

6.	Jiangsu Jurong Chemical	Yangcheng, China	205.000
7.	Jilin Petrochemical	Jilin, China	35.000
8.	LG Chem	Naju, South Korea	65.000
		Yeochun, South Korea	128.000
9.	Mitsubishi Chemical	Yokkaichi, Japan	110.000
10.	Nippon Shokubai	Himeji, Japan	360.000
11.	Oita Chemical	Oita, Japan	60.000
12.	Shanghai Huayi	Shanghai, China	200.000
13.	Singapore Acrylics	Sakra Island, Singapura	75.000
14.	Nippon Shokubai Indonesia	Cilegon, Indonesia	140.000
15.	Others China	Various, China	280.000

Berdasarkan Tabel 1.2 , didapatkan data pabrik asam akrilat yang ada di Asia beserta kapasitas produksi tiap tahunnya. Diperoleh rata-rata kapasitas produksi pabrik asam akrilat di Asia pada *range* 35.000 - 360.000 ton per tahun. Data tersebut dapat dijadikan acuan dalam penentuan kapasitas produksi pabrik asam akrilat yang akan didirikan. Beberapa pabrik penghasil propylene di Indonesia adalah PT. Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas produksi 473.000 ton/tahun (*chandra-asri.com*), PT. Polytama Propindo yang memproduksi sebesar 308.647 ton/tahun (*polytama.co.id*), dan PT. Pertamina yang memproduksi sebesar 197.313 ton/tahun (*tempo.co*).

Perhitungan kapasitas produksi pabrik asam akrilat dapat ditinjau dari dua pertimbangan. Pertimbangan pertama yaitu dari hasil perhitungan regresi linear pada Tabel 1.1 dengan perkiraan kapasitas

produksi asam akrilat 24. 233,9 ton/tahun. Pertimbangan yang kedua yaitu data kapasitas produksi asam akrilat di Asia yang disajikan pada Tabel 1.2. Dari data tersebut kapasitas produksi asam akrilat paling besar yaitu pabrik Nippon Shokubai yang terletak di kota Himeji, Jepang sebesar 360.000 ton/tahun dan kapasitas produksi asam akrilat paling kecil di Asia yaitu Jilin Petrochemical dengan kapasitas produksi sebesar 35.000 ton/tahun. Dari kedua pertimbangan tersebut, dapat diperkirakan kapasitas produksi asam akrilat pada pabrik yang akan didirikan pada tahun 2029 adalah 35.000 ton/tahun. Kapasitas ini didapat dari hasil regresi linier sebesar 24. 233,9 ton untuk memenuhi kebutuhan asam akrilat di Indonesia serta sisanya sebesar 10.767 ton diekspor ke luar negeri.

1.2.2 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting bagi pendirian suatu pabrik. Penentuan lokasi akan mempengaruhi persaingan, pasokan bahan baku, dan keberlangsungan pabrik tersebut. Penentuan lokasi pabrik dengan tepat akan sangat membantu efektivitas dan efisiensi pengoperasian pabrik tersebut. Oleh karena itu, penentuan lokasi pabrik memiliki pertimbangan-pertimbangan yang dilakukan secara teknik maupun ekonomis. Pertimbangan yang pertama yaitu pada sektor produksi dimana memerlukan lokasi yang strategis untuk melakukan kegiatan produksi. Pertimbangan kedua dalam perencanaan dan pemilihan lokasi pabrik meliputi faktor primer dan faktor sekunder, contohnya ketersediaan bahan baku, iklim suatu daerah, ketersediaan energi, utilitas, transportasi hingga area pemasaran.

Faktor penting yang harus diperhatikan dalam penentuan lokasi pabrik salah satunya adalah keuntungan. Pabrik yang didirikan harus dapat memberikan keuntungan dalam jangka waktu yang lama, untuk memberikan keuntungan dalam jangka waktu yang lama maka harus melalui pertimbangan seperti memperluas lahan pabrik di masa depan. Berdasarkan beberapa pertimbangan yang didasari oleh faktor-faktor

penting dalam penentuan lokasi pabrik, maka lokasi pembangunan pabrik Asam akrilat akan didirikan di wilayah Cilegon, Banten.



Gambar 1.2 Lokasi Pembangunan Pabrik (Google Earth)

Faktor-faktor yang secara umum dipakai sebagai pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu:

1.2.2.1 Faktor Primer

a. Ketersediaan sumber bahan baku

Produksi Asam akrilat menggunakan bahan baku propylene dan udara

1. Propylene (C_3H_6) didatangkan dari PT. Chandra Asri Petrochemical yang berlokasi di Cilegon, Banten dengan kapasitas 473.000 ton/tahun.
2. Udara (O_2) diperoleh dari alam semesta yang mana tidak memerlukan perhitungan kapasitas, dan dapat diperoleh dimana saja.

b. Lokasi Pemasaran Produk

Tujuan utama suatu pabrik didirikan karena adanya permintaan akan barang yang dihasilkan. Apabila pemilihan lokasi pabrik yang akan didirikan dekat dengan lokasi pemasaran hasil produksinya, maka produk akan dengan cepat sampai pada tujuan sehingga mempengaruhi harga produk, biaya produksi, serta akomodasi. Mengingat asam

akrilat merupakan produk setengah jadi (*intermediate product*) yang digunakan sebagai bahan baku ester akrilat dan produksi resin, dimana sebagian besar bahan baku berada di Cilegon Banten maka lokasi pabrik ini harus dapat mensuplai produknya ke pabrik-pabrik yang memerlukan, tanpa menghambat transportasi, dan meminimalisir kemungkinan bahaya kerusakan produk selama pengiriman berlangsung.

c. Fasilitas Transportasi

Kelancaran transportasi sangat mempengaruhi kelangsungan pabrik. Lokasi pabrik yang terletak dekat dengan laut Jawa mempermudah transportasi jalur laut, dan logistik dalam pendistribusian barang menggunakan kapal melalui dermaga yang tersedia. disamping itu sarana transportasi darat dari lokasi pabrik cukup baik dan disertai fasilitas jalan raya yang memadai. Keadaan ini sangat mendukung pengiriman dan penerimaan barang, baik bahan baku maupun produk. Dengan adanya sarana darat dan laut yang sangat mendukung diharapkan kelancaran kegiatan proses produksi dan distribusi dapat berjalan lancar.

1.2.2.2 Faktor Sekunder

a. Unit Pendukung (Utilitas)

Lokasi pabrik yang baik terletak cukup dekat dengan sumber energi listrik dan bahan bakar yang digunakan pada kegiatan pabrik itu sendiri. Tenaga listrik disediakan dari sumber listrik sendiri (generator). Bahan bakar serta minyak pelumas diperoleh melalui kerjasama dengan PT. Pertamina setempat. Selain sumber energi dan listrik, lokasi pabrik haruslah cukup dekat dengan sumber air yang mampu memenuhi semua kebutuhan untuk berbagai keperluan kegiatan pabrik dalam jangka waktu yang panjang. Untuk memenuhi kebutuhan listrik, air dan bahan bakar dapat

terpenuhi karena lokasi pabrik terletak di kawasan industri Cilegon, Banten.

b. Perluasan Area Pabrik (Ekspansi)

Semakin meningkatnya permintaan produk akan menuntut adanya ekspansi atau perluasan pabrik. Dalam hal ini Kabupaten Indramayu memiliki potensi untuk dilakukan perluasan area pabrik.

c. Ketersediaan Tenaga Kerja

Lokasi pabrik yang terletak di Kabupaten Cilegon, Banten yang mana merupakan kawasan industri menjadikan tenaga kerja tercukupi. Tenaga kerja terdidik dan terlatih dapat direkrut dari kerjasama pabrik-pabrik besar, dan penerimaan karyawan dari perguruan tinggi negeri maupun swasta yang ada disekitarnya maupun seluruh Indonesia. Sedangkan untuk tenaga kasar dapat direkrut dari warga sekitar.

d. Kebijakan Pemerintah

Kebijakan pemerintah dan kebijaksanaan pengembangan industri menjadi salah satu faktor kepentingan yang ada dalam pabrik. Hal tersebut berhubungan dengan pemerataan kesempatan kerja bagi masyarakat, kesejahteraan, dan hasil pembangunan. Disamping itu perlu diperhatikan juga dampak pabrik terhadap lingkungan, artinya keberadaan produk tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan sekitar.

1.3 Tinjauan Pustaka

Asam akrilat merupakan senyawa organik dengan rumus molekul $C_3H_4O_2$. Asam akrilat termasuk dalam golongan asam karboksilat paling sederhana yang terdiri dari gugus vinil yang terhubung langsung dengan terminal asam karboksilat. Asam akrilat berwujud cair, tidak memiliki warna dan memiliki aroma tajam dan khas yang dapat larut dalam air, eter, kloroform, dan eter (Ikhsanto, 2020)

Asam akrilat merupakan salah satu bahan kimia industri yang penting karena merupakan bahan kimia *intermediate* yang banyak dipergunakan pada proses produksi pada industri dan produk-produk konsumen. Terdapat dua penggunaan utama asam akrilat, yang pertama adalah penggunaan asam akrilat sebagai *intermediate* bahan kimia dalam produksi ester akrilat dan produksi resin. Ester akrilat meliputi senyawa alkil akrilat seperti metil akrilat, etil akrilat, butil akrilat, dan 2-etilheksil akrilat. Senyawa tersebut kemudian dipolimerisasikan menjadi bahan dalam formulasi produk cat, pelapis, tekstil, perekat, polis, dan plastik. Metil akrilat juga digunakan dalam pembuatan vitamin B1. Penggunaan kedua asam akrilat yaitu sebagai blok bangunan dalam produksi polimer asam poliakrilat. Polimer-polimer tersebut merupakan jenis *cross-linked poliacrilat* dan absorben yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan mempertahankan lebih dari seratus kali berat polimer itu sendiri. Berdasarkan penggunaan utama asam akrilat yang telah dijelaskan, terdapat pula kegunaan lain asam akrilat antara lain :

1. Digunakan dalam industri plastik.
2. Larutan polimernya dapat digunakan untuk pelapisan, pembuatan cat, pernis, finishing kulit dan pelapis kertas.
3. Asam akrilat monomer digunakan dalam pembuatan karet sintetis.
4. Sebagai bahan aditif pada minyak pelumas.
5. Sebagai flokulan pada pengolahan limbah.

1.4 Pemilihan Proses

Pembuatan asam akrilat memiliki beberapa proses komersial yang dapat digunakan dan memiliki beberapa kelemahan dan kelebihan sebagai berikut:

1. Proses *Propylene Oxidation Route*

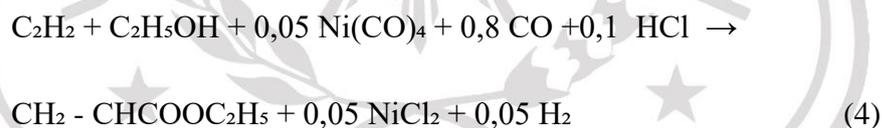
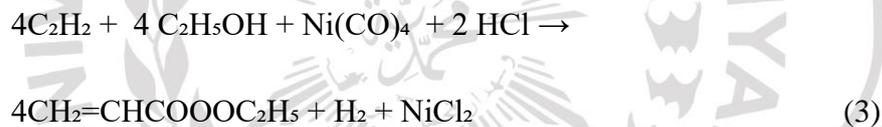
Pada proses oksidasi, ketersediaan katalis sangat aktif dan bahan baku yang digunakan yaitu propylene yang biayanya relatif ekonomis. Proses ini berlangsung dua tahap yaitu akrolein pertama setelah itu asam akrilat. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Campuran propylene, udara, dan uap diubah ke akrolein dalam reaktor pertama. Efluen dari reaktor pertama kemudian dialirkan ke reaktor kedua dimana akrolein dioksidasi menjadi asam akrilat. Katalis untuk tahap pertama menggunakan katalis yang lebih selektif untuk mengoksidasi propylene menjadi akrolein, katalis yang digunakan yaitu bismuth molybdate. Pada proses tahap kedua untuk menjadi produk asam akrilat dengan katalis molybdenum vanadium.

2. Proses *Acetylene Route*

Pada proses ini dilakukan dengan cara menemukan reaksi nikel karbonil dengan asetilena dan air atau alkohol yang menghasilkan asam akrilat atau ester. Proses bereaksi pada suhu sekitar 200°C untuk menghasilkan produk asam akrilat. Produk samping lainnya masih mudah dipisahkan.



Nikel karbonil mudah menguap, sedikit bau, dan sangat beracun. Maka dari itu apabila menggunakan nikel karbonil pabrik harus dirancang untuk memastikan keamanan untuk mencegah kontak. Dengan beberapa kelemahan penggunaan proses ini maka di beberapa pabrik asam akrilat mengganti prosesnya ke oksidasi propylen.

3. Proses *Ethylene Cyanohydrin*

Proses ini adalah proses pertama pembuatan asam akrilat dan ester. Tetapi dengan pembaruan yang jauh lebih ekonomis. Pada proses ini ethylene cyanohydrin menggunakan bahan baku atilen khlorodin dan natrium sianida. Dengan beberapa pembaruan ethylene oxidation bereaksi dengan hidrogen sianida dengan adanya katalis dasar untuk menghasilkan ethylene cyanohydrin. Setelah itu dihidrolisis dan diubah menjadi asam akrilat dan produk samping yaitu asam amonium sulfat. Kerugian dari proses ini adalah pada tahap pembentukan polimer asam akrilat menjadi 60 - 70%. Sebaiknya, ester dibuat langsung secara simultan dehidrasi - esterifikasi proses

4. Proses *Acrylonitrile Route*

Proses ini yaitu hidrolisis asam sulfat dengan proses batch atau kontinyu. Acrylonitrilic direaksikan dengan sedikit asam sulfat 85% pada suhu 80 - 100°C. Campuran reaksi dapat dihidrolisis dan asam akrilat yang terdapat kandungan air diperoleh melalui ekstraksi dan dimurnikan yang diuraikan dalam proses oksidasi propylene sebelum esterifikasi.



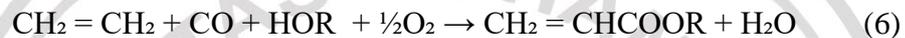
Kerugian proses ini yaitu hasil yang didapat lebih rendah dari pada proses oksidasi propylene. Pembuatan akrilat dengan proses ini dalam jumlah besar akan melibatkan proses-proses tambahan. Pada proses ini asam akrilat merupakan produk samping.

5. Proses *Ketene Route*

Proses ini menggunakan bahan baku asam asetat atau aseton. Akan tetapi proses ini tidak digunakan lagi secara komersial karena diduga bersifat karsinogenik. Selain itu, tidak dapat bersaing dengan proses oksidasi propylene yang lebih baik.

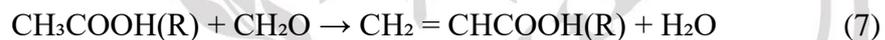
6. Proses *Oxidation Carbonylation of Ethylene-Elimination of Alcohol from β -Alkoxypropionates*

Pada beberapa perkembangan pesat terdapat penemuan bahwa karbonilasi oksidatif etilen dapat menghasilkan asam akrilat dan ester. Proses ini didasarkan pada karbonilasi etilena yang dikatalis paladium dalam fase cair pada suhu 50-200°C. Selama proses reaksi, katalis paladium akan berkurang. Hal ini dikarenakan direoksidasi oleh sistem co-katalis seperti tembaga klorida dan oksigen. Produknya adalah asam akrilat dalam campuran asam karboksilat-anhidrida atau ester akrilik dalam pelarut alkohol. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



7. Proses *Vapor-Phase Condensations of Acetic Acid or Esters with Formaldehyde*

Pada proses ini terdapat penambahan gugus methlol ke α -carbon asam asetat atau ester, setelah itu diikuti dengan dehidrasi yang menghasilkan akrilat. Reaksi ini umumnya menggunakan tekanan atmosfer pada suhu 350-400°C. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Perbandingan proses pembuatan asam akrilat dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1.3. Perbandingan proses pembuatan Asam akrilat

No.	Proses	Bahan baku	Katalis	Kondisi operasi	Hasil samping
1.	<i>Peopylene Oxidation Route</i>	Propylene dan udara	Molybdenum vanadium	200 - 400°C	Asam asetat dan air
2.	<i>Acrylene Route</i>	Nikel klorida	Nikel bromida dan copper (II) bromida	200°C	-
3.	<i>Ethylene Cyanohydrin</i>	Etilen khlorodin, Hidrogen sianida	Palladium/Rhenium chloride	50 - 200°C	Asam amonium sulfat
4.	<i>Acryllonitrile Route</i>	Akrilonitril, Asam sulfat dan air	-	80 - 100°C	-
5.	<i>Ketene Route</i>	Asam asetat	Asam sulfat	-	-
6.	<i>Oxidation Carbonylation of Ethylene-Elimination of Alcohol from β- Alkoxypropionates</i>	Karbonilasi oksidatif etilen	Tembaga klorida	50 - 200°C	Air
7.	<i>Vapor-Phase Condensations of Acetic Acid or Esters with Formaldehyde</i>	Asam Asetat	-	350 - 400°C	-

(Sumber : Kirk, R.E Othmer Vol.1)

Dari beberapa proses pembuatan asam akrilat diatas maka dalam perancangan ini dipilih proses *Propylene Oxidation Route* dengan pertimbangan dibawah ini :

1. Konversi yang didapat pada tahap satu dan dua cukup tinggi yaitu 97,50% dan 98,30%
2. Biaya untuk bahan baku propylene dan udara yang digunakan mudah didapat, biaya juga ekonomis, dan jumlah propylene di Indonesia yang terdapat di Indonesia cukup melimpah.
3. Beberapa pabrik menggunakan proses ini karena proses dan peralatan yang digunakan cukup sederhana sehingga biaya untuk pemeliharaan dan pengendaliaannya lebih murah.

1.5 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan Termodinamika yaitu suatu tinjauan untuk mengetahui sifat reaksi, apakah reaksi tersebut bersifat eksotermis atau endotermis, untuk mengetahui apakah reaksi tersebut berjalan searah (*irreversible*) atau reaksi berjalan bolak-balik (*reversible*) serta menentukan reaksi berjalan, tidak berjalan, atau berjalan secara spontan. Tinjauan termodinamika dapat dihitung menggunakan perhitungan perubahan entalpi selama reaksi, menghitung energi gibbs, serta menghitung panas pembentukan standar pada suhu 25°C/ 298°K

Reaksi yang digunakan pada proses produksi asam akrilat yaitu reaksi *Propylene Oxidation Route*



Tabel 1.4. Data Panas Pembentukan (ΔH°_{f298}) dan Energi Gibbs (ΔG°_{f298})

(Sumber : Coulson Yaws, 1991)

Komponen	ΔH°_{f298} (Kj/mol)	ΔG°_{f298} (Kj/mol)
C ₃ H ₆	20,42	62,72
O ₂	0,00	0,00
C ₃ H ₄ O	-81,00	-55,98
H ₂ O	-241,80	-228,60
½ O ₂	0,00	0,00
C ₃ H ₄ O ₂	-363,23	-286,06

$$\Delta H^\circ_{r298} = \Sigma \Delta H_{\text{Produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

Reaksi 1

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{r298} &= ((-81,00) + (-241,80)) - 20,42 \\ &= -322,8 - 20,42 \\ &= -302,38 \text{ Kj/mol}\end{aligned}$$

Reaksi 2

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ_{r298} &= -336,23 - (-81,00 + (1/2 \times 0,00)) \\ &= -255,23 \text{ Kj/mol}\end{aligned}$$

Karena hasil reaksi bernilai Negatif maka reaksi 1 dan reaksi 2 bersifat Eksotermis (menghasilkan panas)

$$\Delta G^\circ_{r298} = \Sigma \Delta G_{\text{Produk}} - \Delta G_{\text{reaktan}}$$

Reaksi 1

$$\Delta G^\circ_{r298} = (-55,98 + (-228,60)) - (62,72 + 0,00)$$

Mencari K pada keadaan standar 298 K.

$$\begin{aligned}K &= e^{-\Delta G^{\circ}/RT} \\&= e^{-(-280,25)/(0,0008314 \times 298)} \\&= 1,33 \times 10^{49}\end{aligned}$$

K pada temperatur operasi stage 1 593 K

$$\begin{aligned}K &= e^{-\Delta G^{\circ}/RT} \\&= e^{-(-347,3)/(0,0008314 \times 623)} \\&= 1,8808 \times 10^{48}\end{aligned}$$

Karena harga $K \gg 1$, maka reaksi yang berjalan searah (*irreversible*)

$$\begin{aligned}&= -284,58 - 62,72 \\&= -347,3\end{aligned}$$

Reaksi 2

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ}_{r\ 298} &= -336,23 + 55,98 \\&= -280,25\end{aligned}$$

Karena hasil reaksi bernilai Negatif maka reaksi 1 dan reaksi 2 dapat berjalan secara spontan

1.6 Tinjauan Kinetika

Sebelum melakukan perhitungan data kinetika, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan kondisi operasi pada tiap stage.

Tabel 1.5 Kondisi operasi pada stage

Kondisi Operasi	Stage
Temperatur	350°C/ 623 K
Tekanan	4,9 atm
Konversi	98,30%
Katalis	Molybdenum Oxides

Setelah kondisi operasi ditentukan, maka diperlukan perhitungan data kinetika dari reaksi produksi asam akrilat untuk menentukan jenis rancangan aliran reaktor. Menurut jurnal referensi didapatkan harga k_0 dan E_a sebagai berikut :

Tabel 1.6 Data kinetika reaksi (Hubert Redlingshofer,2003)

Reaksi	k_0 (mol/kg.s bar)	E_a (kJ/mol)
1	$1,6 \times 10^6$	114,0
2	147,00	1,4

Reaksi	k_0 (mol/kg.s bar)	E_a (kJ/mol)
3	$4,74 \times 10^3$	13,500

(Melshe,2007)

Didapatkan laju alir reaksi dengan persamaan :

$$r_A = k_1.C_a.C_b$$

$$r_B = k_1.C_a.C_b + k_2.C_a.C_b^{3/2} + k_3.C_c.C_b^2$$

$$r_C = -k_1.C_a.C_b + k_3.C_c.C_d^2$$

$$r_D = -k_1.C_a.C_b - k_2.C_a.C_b^{3/2} - k_3.C_c.C_b^2$$

$$r_E = -k_2.C_a.C_b^{3/2}$$

$$r_F = -k_3.C_c.C_d^2$$

dengan :

r_A = laju alir propilen

r_B = laju alir oksigen

r_C = laju alir akrolein

r_D = laju alir air

r_E = laju alir asam aasetat

r_F = laju alir asam akrilat

k_1 = konstanta laju alir reaksi 1

k_2 = konstanta laju alir reaksi 2

k_3 = konstanta laju alir reaksi 3

