

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Asam akrilat merupakan bahan kimia industri yang penting karena merupakan bahan kimia intermediate yang banyak digunakan dalam proses-proses produksi pada industri dan produk-produk konsumen. Asam akrilat ($C_3H_4O_2$) merupakan bahan dasar pembuat polimer, dari bentuk sederhana asam karboksilat tak jenuh. Dimana Asam akrilat berupa cairan yang tidak berwarna dan memiliki bau tajam yang khas. Asam akrilat terutama digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan ester akrilat, sebagai monomer untuk asam poliakrilat dan garamnya, sebagai komonomer dengan akrilamida untuk polimer yang digunakan sebagai flokulen dan dengan etilen untuk polimer resin penukar ion. Asam akrilat juga digunakan sebagai bahan baku pada industri tekstil, kosmetik, cat, kertas dan bahan sintetik lainnya.

Asam akrilat adalah salah satu produk industri kimia yang kebutuhannya mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dan cukup potensial untuk dikembangkan karena semakin banyak industri yang menggunakannya. Salah satunya digunakan sebagai bahan baku produksi Super Absorbent Polymer (SAP) yang merupakan turunan dari asam akrilat. SAP adalah salah satu bahan baku dalam produksi diapers (popok sekali pakai) di mana saat ini sudah di produksi di empat wilayah yaitu Jepang, Amerika, Eropa dan China. Permintaan global untuk asam akrilat diperkirakan meningkat 4,5% per tahun dengan didorong oleh pertumbuhan Super Absorbent Polymer (SAP) sebesar 5,5% per tahun dan ester akrilat sebesar 4% per tahun selama 2016 - 2021 (IHS, 2017).

Bahan baku utama pembuatan asam akrilat adalah propilen, dengan beroperasinya pabrik PT Chandra Asri Petrochemical, Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 240.000 ton/tahun maka kebutuhan propilen akan mudah diperoleh karena jaraknya yang dekat. Keuntungan dengan didirikannya pabrik asam akrilat juga memacu pertumbuhan industri hilir, dapat bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan asam akrilat di dalam negeri, dapat mengurangi

ketergantungan impor terhadap negara lain, dapat menghemat devisa negara, dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan. Dari banyaknya pertimbangan dan didapatkan banyak keuntungan pendirian pabrik asam akrilat di Indonesia merupakan hal yang tepat, maka dari itu diperlukan suatu perencanaan pendirian pabrik asam akrilat untuk dapat memaparkan bagaimana merancang suatu pabrik asam akrilat dari bahan baku propilen dan udara. Dan dengan adanya pengembangan-pengembangan dalam proses pembuatan asam akrilat untuk meningkatkan hasil dan mutu produk yang lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Asam akrilat digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan ester akrilat, sebagai monomer untuk asam poliakrilat dan garamnya, sebagai komonomer dengan akrilamida untuk polimer yang digunakan sebagai flokulen dan dengan etilen untuk polimer resin penukar ion. Asam akrilat juga digunakan sebagai bahan baku pada industri tekstil, kosmetik, cat, kertas dan bahan sintetik lainnya. Oleh karena itu diperlukan suatu perencanaan pendirian pabrik asam akrilat, sehingga dapat memaparkan bagaimana merancang suatu pabrik asam akrilat dari bahan propilen dan udara.

1.3 Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan pabrik asam akrilat dari bahan propilen dan udara melalui proses oksidasi propilen adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam asam akrilat, menerapkan disiplin ilmu teknik kimia khususnya di bidang prapancangan proses dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan kelayakan pabrik pembuatan asam akrilat.

1.4 Manfaat Perancangan Pabrik

Manfaat Prarancangan pabrik asam akrilat adalah sebagai berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan asam akrilat di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan impor terhadap negara lain dan dapat menghemat devisa negara.

2. Dapat meningkatkan devisa negara dari sektor non-migas bila hasil produk asam akrilat di ekspor.
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik asam akrilat ini yaitu :

1. Mengetahui perancangan produksi asam akrilat dengan proses oksidasi propilen dengan proses *flow diagram hysys* dan *P&ID*, perhitungan neraca massa dan neraca energi, spesifikasi peralatan, unit utilitas.
2. Analisis yang dilakukan hanya sampai analisis kelangsungan ekonomi.

1.6 Kapasitas Perancangan Pabrik

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik asam akrilat perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.6.1 Kapasitas Pabrik Asam Akrilat di Dunia

Data-data kapasitas pabrik yang telah beroperasi penghasil asam akrilat di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.1 Asam Akrilat

Tabel 1.1 Data Produksi Asam Akrilat Beserta Kapasitas di Dunia

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	Akrilat Dzerhinsk	Russia	25.000
2.	American Acryl	Bayport, Texas, US	120.000
3.	Arkema	Carling, France	275.000
4.	Ludwigshafen	Germany	270.000
5.	BASF	Antwerp, Belgium	320.000
6.	BASF Petronas Kuantan	Malaysia	160.000
7.	BASF –YPC	Nanjing, China	160.000
8.	Beijing Eastern Petrochemical	Beijing, China	80.000
9.	Celanese	Cangrejera, Mexico	40.000
10.	Dow Chemical	Bohlen, Germany	80.000
11.	Formosa Plastics	Kaohsiung, Taiway	60.000
12.	Hexion	Sokolov, Czech Republic	55.000

13.	Idemitsu Petrochemical	Aichi, Japan	50.000
14.	Jiangsu Jurong Chemical	Yangcheng, China	205.000
15.	Jilin Petrochemical	Jilin, China	35.000
16.	LG Chem	Naju, South Korea	65.000
17.	Mitsubishi Chemical	Yokkaichi, Japan	110.000
18.	Nippon Shokubai	Himeji, Japan	360.000
19.	Oita Chemical	Oita, Japan	60.000
20.	Sasol Acrylates	Sasolburg, South Afrika	80.000
21.	Shanghai Huayi	Shanghai, China	200.000
22.	Singapore Acrylics	Pulau Sakra, Singapore	75.000
23.	StoHaas Monomer	Deer Park, Texas , US	165.000
24.	Tri Polyta Acrylindo	Cilegon, Indonesia	60.000
25.	Others China	Various, China	280.000

(Sumber: Tecnon OrbiChem, 2021)

1.6.2 Kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia

Selama ini Indonesia masih mengimpor Asam Akrilat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kegunaan Asam Akrilat di Indonesia yang terbesar digunakan untuk bahan baku pembuatan senyawa ester akrilat. Berikut ini merupakan data impor Asam Akrilat pada tahun 2016-2021 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Data Impor Asam Akrilat di Indonesia dari tahun 2016 - 2021 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

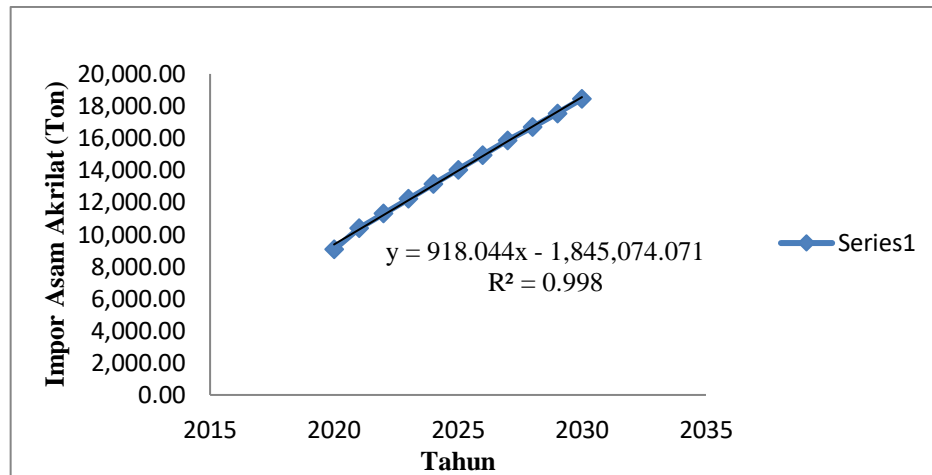
Tabel 1.2 Data Kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia

No	Tahun	Konsumsi (ton/tahun)
1.	2016	5.562,8
2.	2017	6.169,8
3.	2018	9.058,7
4.	2019	8.327,1
5.	2020	9.058,8
6.	2021	10.380,23

(Sumber: Biro Pusat Statistik, 2021)

Dari data kebutuhan asam akrilat dari tahun 2016 sampai 2021 terus meningkat, untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, serta diharapkan Indonesia menjadi negara pengeksport asam akrilat khususnya untuk wilayah Asia, ditargetkan dapat memenuhi kebutuhan asam akrilat khususnya wilayah ASEAN, maka perlu didirikan pabrik asam akrilat agar meningkatkan asam akrilat pada tahun-tahun yang akan mendatang. Berdasarkan data tersebut maka dapat dilihat

kebutuhan asam akrilat pada tahun 2030 dengan cara ekstrapolasi data. Hasil ekstrapolasi kebutuhan asam akrilat di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Data Kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia

Berdasarkan grafik kebutuhan asam akrilat di Indonesia didapatkan persamaan garis lurus $y = 918.044x - 1,845,074.071$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,998$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan asam akrilat dalam negeri pada tahun 2030 mendatang. Hasil ekstrapolasi data kebutuhan asam akrilat pada tahun 2030 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Ekstrapolasi Data Kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia

No	Tahun	Konsumsi (ton/tahun)
1.	2020	9.058,8
2.	2021	10.380,23
3.	2022	11.295,16
4.	2023	12.210,09
5.	2024	13.125,02
6.	2025	14.039,95
7.	2026	14.954,88
8.	2027	15.869,81
9.	2028	16.685,74
10.	2029	17.550,03
11.	2030	18.455,73

Berdasarkan Tabel 1.3 didapatkan kebutuhan asam akrilat di Indonesia pada tahun 2030 meningkat sebesar 18.455,73 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik asam akrilat ini direncanakan berdiri pada tahun 2030 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun melalui pertimbangan sebagai berikut :

- a. Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan dan kapasitas pabrik baru yang menguntungkan (Mc. Ketta,1976).
- b. Kapasitas produksi pabrik asam akrilat yang sudah beroperasi di dunia berkisar 25.000 ton/tahun sampai 360.000 ton/tahun.
- c. Total kebutuhan dalam negeri pada saat pabrik beroperasi tahun 2027 adalah sebesar 15.869,81 ton/tahun dan kemungkinan akan terus meningkat.
- d. Kapasitas prarancangan pabrik asam akrilat ini sebesar 50.000 ton/tahun.
- e. Produk asam akrilat yang dihasilkan direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebanyak 32% dari kapasitas prarancangan pabrik ini dan 68% akan di ekspor ke negara-negara di Asia terkhususnya kawasan ASEAN, terutama untuk negara-negara Malaysia, Thailand, Vietnam, dan lain-lain.

1.6.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di proritaskan. Bahan baku utama pembuatan asam akrilat yaitu propilen yang diperoleh dari PT. Chandra Asri, Cilegon, Provinsi Banten yang memiliki kapasitas produksi 240.000 ton/tahun dan konsentrasi sebesar 99% dalam fase gas. Mengingat ketersediaan bahan baku yang melimpah dan kebutuhan akan asam akrilat yang banyak, maka dapat dipertimbangkan lebih lanjut untuk mendirikan pabrik tersebut.

Pemilihan bahan baku merupakan hal yang penting dalam produksi asam akrilat, karena kemurnian produk yang dihasilkan dan desain pabrik tergantung dari kualitas bahan bakunya. Bahan baku yang digunakan adalah propilen dan oksigen dari udara. Beberapa hal yang mendasari pemilihan bahan baku tersebut adalah :

1. Bahan baku yang relatif lebih murah.
2. Bahan baku yang mudah didapat karena telah diproduksi di Indonesia.
3. Bahan baku tersedia cukup banyak sehingga kelangsungan pabrik serta kontinuitasnya dapat terjamin.

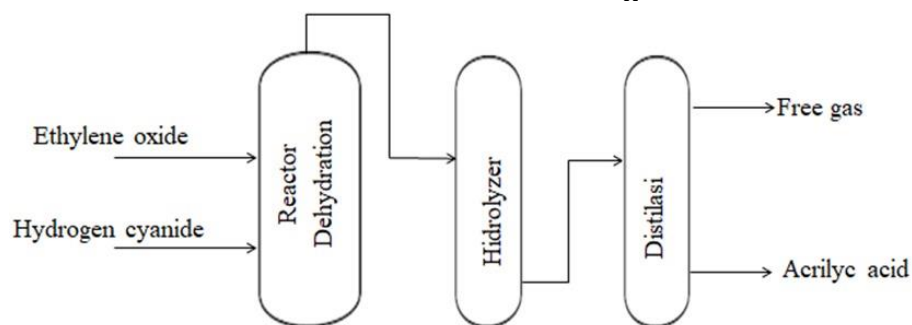
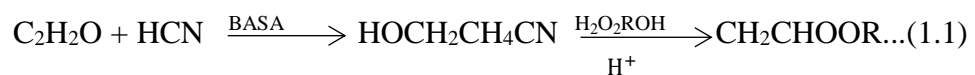
1.7 Seleksi Pemilihan Proses

Pada dasarnya proses pembuatan asam akrilat yang beragam memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Adapun beberapa proses pembuatan asam akrilat secara komersial yang dikembangkan dewasa ini adalah :

1.7.1 Proses *Ethylene Cyanohydrin*

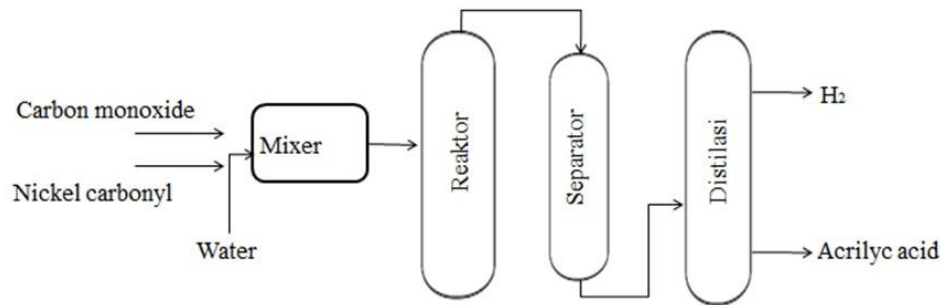
Proses etilen sianohidrin merupakan proses pertama kali digunakan untuk menghasilkan asam akrilat dengan mereaksikan *ethylene oxide* dengan *hydrogen cyanide* dengan menggunakan katalis basa dan diikuti dengan *dehydration* dan *hydrolisis* atau *alcoholysis* di bawah kondisi asam kuat, dengan etilena sianohidrin 85% asam sulfat untuk menghasilkan asam akrilat dan produk sampingan amonium hidrogen Sulfat. Kondisi operasi pada proses ini yaitu $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 200^\circ\text{C}$.

Persamaa reaksi:



Gambar 1.2 Proses Ethylene Cyanohydrin

Sumber : (Petrochemical, 2022)



Gambar 2.3 Proses Carbonylation Acetylene

Sumber : (Petrochemical, 2022)

Harga bahan baku dan produk berdasarkan Persamaan 1.2 dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Harga Bahan Baku dan Produk

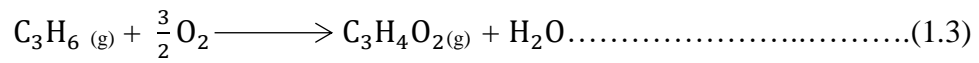
No	Parameter	Bahan Baku				Produk		
		Asetilen	Nikel karbonil	Air	Asam klorida	Asam akrilat	Hidrogen	Nikel klorida
1	BM	26,04	170,73	18,01528	0	0	0-	0
2	Harga	Rp.90.000	Rp.248.000	Rp.0	Rp.120.000	Rp.78.000	Rp.24.000	Rp.173.000
3.	Kebutuhan	0,104 kg	0,17 kg	0,072 kg	0,072 kg	0,28824 kg	0,002016 kg	0,1296 kg
4	Harga Total	Rp. 9.630	Rp. 42.160	Rp. 0	Rp. 8.640	Rp. 22.482,72	Rp. 48,484	Rp. 22.420,8
5	Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 93.387,52 – Rp. 60.430 = Rp. 32.957,52						

Sumber : (Petrochemical, 2022)

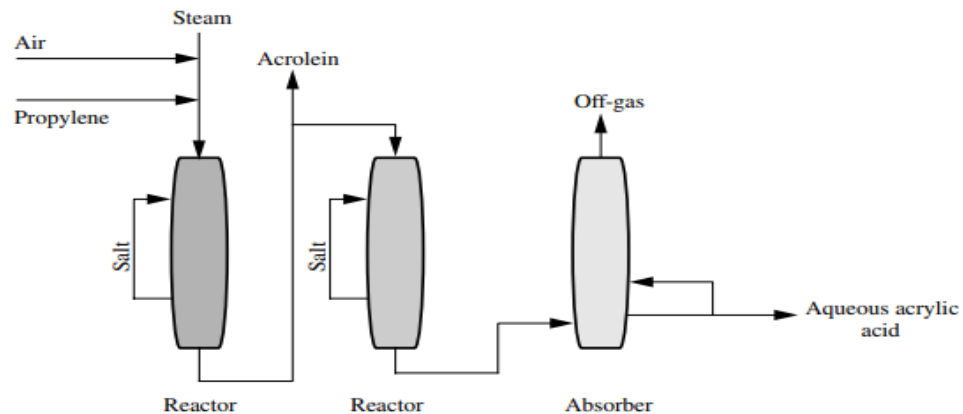
1.7.3 Proses Oksidasi *Propylene*

Proses oksidasi *propylene* fasa gas untuk menghasilkan asam akrilat menggunakan katalis dan temperatur optimum. Proses yang paling ekonomis untuk pembuatan Asam Akrilat yang didasarkan pada dua tahap, pertama menghasilkan akrolein kemudian dioksidasi menjadi Asam Akrilat. Reaksi ini di bantu oleh katalis Molybdenum Oxide, konversi yang terjadi 97,50 %. Kondisi operasi pada proses ini yaitu $P = 1 \text{ atm}$ $T = 280\text{-}360 \text{ }^\circ\text{C}$.

Persamaan reaksi :



Propilen Oksigen Asam akrilat Air



Gambar 3.4 Proses Oksidasi propylene

Sumber: (Speight, 2002)

Untuk mengetahui beberapa perbandingan pada setiap proses tersebut, dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan Oksidasi Propylene

No	Parameter	Proses		
		<i>Ethylene Cyanohydrin</i>	<i>Carbonylation Acetylene</i>	<i>Oksidasi Propylene</i>
1	Bahan baku	<i>Hydrogen cyanide</i> dengan <i>ethylene oxide</i>	<i>Carbonmonoxide</i> , air atau <i>alcohol</i> dengan penambahan <i>nickel carbonyl</i> .	<i>Propylene</i> dan Udara
2	Kondisi operasi	P = 1 atm T = 50-200 °C	P = 138 atm T = 200 °C	P = 1 atm T = 280-360 °C
3	Konversi	30-70%	85%	98,5%
4	Yield	60-70%	95-98%	80-85%
5	Katalis	Palladium/Rhenium Chloride	Nikel Bromida dan Copper (II) Bromida	<i>Molibdenum Oxide</i>
6	Segi ekonomi	Harga ethylene oxide sangat mahal, sehingga	Bahan baku dan peralatan yang digunakan	Bahan baku dan peralatan yang digunakan

		dapat menghabiskan banyak biaya.	menghabiskan banyak biaya. Inpuritisnya sangat sulit dipisahkan.	sederhana, sehingga biaya pemeliharaan dan pengendalian lebih murah.
7	Harga ekonomi awal	Rp. 2.669,861	Rp. 32.957,52	Rp. 4.828,248

(Sumber: Kirk *and* Ortmer, 2014)

Berikut ini kelebihan dan kekurangan masing-masing proses :

1. Proses *Ethylene Cyanohydrin*

Kelebihan dan kekurangan pada proses *Ethylene Cyanohydrin* dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Kelebihan dan Kekurangan Proses *Ethylene Cyanohydrin*

Kelebihan	Kekurangan
1. Suhu dan tekanan operasi reaksi standar berkisar 50-200°C dan 1 atm.	1. Biaya produksi lebih mahal 2. Memerlukan rangkaian alat yang cukup banyak. 3. Koversi rendah berkisar 30-70%

2. Proses *Carbonylation Acetylene*

Kelebihan dan kekurangan pada proses *Carbonylation Acetylene* dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Kelebihan dan Kekurangan Proses *Carbonylation Acetylene*

Kelebihan	Kekurangan
1. Selektivitas proses berkisar 95-98%	1. Bahan baku dan peralatan yang digunakan menghabiskan banyak biaya. 2. Inpuritisnya sangat sulit dipisahkan. 3. Proses reaksi berlangsung pada tekanan tinggi yaitu 138 atm.

3. Proses Oksidasi *Propylene*

Kelebihan dan kekurangan pada proses Oksidasi *Propylene* dapat dilihat pada Tabel 1.9.

Tabel 1.9 Kelebihan dan Kekurangan Proses Oksidasi *Propylene*

Kelebihan	Kekurangan
1. Udara mudah didapat	1. Memerlukan katalis yang lebih

<ol style="list-style-type: none"> 2. Selektivitas dan konversi proses ini cukup tinggi berkisar 80-85%. 3. N₂ pada udara merupakan <i>diluent</i> sebagai pendingin/penyerap panas selama reaksi. 4. Konversi yang diperoleh merupakan yang tertinggi dari ketiga proses yaitu 98,5% 5. Bahan baku dan peralatan yang digunakan sederhana, sehingga biaya pemeliharaan dan pengendalian lebih murah. 6. Proses Oksidasi Propylene paling sederhana dibandingkan proses-proses lainnya. Bahan baku yang digunakan berupa propylene dan udara mudah diperoleh dan tersedia dalam jumlah yang cukup. 	<p>banyak.</p>
--	----------------

Dari ketiga proses diatas dipilih pembuatan asam akrilat dengan proses oksidasi propilen menggunakan udara dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku yang digunakan berupa propilen mudah diperoleh dan tersedia dalam jumlah cukup.
2. Udara yang mudah didapat dan relatif lebih murah.
3. N₂ pada udara merupakan *diluent* yang berfungsi sebagai penyerap panas.
4. Konversi dan *yield* proses ini cukup tinggi berkisar 80-85%
5. Kondisi suhu dan tekanan yang tidak terlalu tinggi yaitu 280 - 360°C dan 1 atm.

1.8 Uraian Proses

Proses oksidasi propilen fasa gas untuk menghasilkan asam akrilat menggunakan katalis *Molibdenum Oxide* (MoO₃). Kondisi operasi dalam reaktor berlangsung pada suhu 263 °C dan tekanan 5 atm. Ini merupakan proses yang paling ekonomis untuk pembuatan asam akrilat. Reaksi ini berjalan secara eksotermis dan konversi yang terjadi 95%. Proses pembuatan asam akrilat secara garis besar dibagi menjadi tahap proses, yaitu :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku.
2. Tahap Reaksi

1.8.3 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Gas keluaran reaktor yang telah didinginkan akan masuk ke separator (Sp-301), asam akrilat akan keluar sebagai hasil bawah pada ($T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 5\text{ atm}$) sedangkan hasil atas berupa gas sisa reaktan. Larutan asam akrilat pada ($T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 5\text{ atm}$) dialirkan menuju menara Distilasi (D-301) dengan tujuan untuk pemurnian produk asam akrilat dari air. Hasil bawah menara distilasi (D-301) adalah produk asam akrilat pada ($T = 132,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 1\text{ atm}$) dengan kemurniaan 95 % sebanyak 6964,51040 kg/jam, selanjutnya asam akrilat dialirkan menuju Cooler (C-301) untuk menurunkan suhu menjadi $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Produk asam akrilat kemudian disimpan pada fase cair di tangki penyimpanan (TA-301) dan digunakan valve untuk mengontrol tekanan ($T = 25^{\circ}\text{C}$, $P = 0,8\text{ atm}$).

1.9 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan dibangun. Pabrik asam akrilat ini direncanakan akan dibangun di Cilegon, Banten. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang kita rancang agar secara teknis dan ekonomis menguntungkan. Diantara faktor tersebut yaitu, faktor utama dan faktor pendukung

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuat asam akrilat adalah propilen yang diperoleh dari PT. Chandra Asri, Cilegon, Banten. Dengan pertimbangan dekat akan bahan baku tersebut maka biaya transportasi bahan baku dapat dihemat.

2. Pemasaran

Orientasi pemasaran ditujukan pada pemenuhan kebutuhan asam akrilat dalam negeri dan untuk ekspor. Daerah Cilegon merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan Jakarta sebagai pusat perdagangan Indonesia. Asam akrilat yang dihasilkan dapat dipasarkan untuk industri-industri polimer, cat, perekat serta industri tekstil yang juga berada di

Cilegon, Banten. Disamping itu, dekatnya lokasi pabrik dengan pelabuhan laut Banten akan mempermudah pemasaran produk baik di dalam maupun luar negeri.

3. Sarana Transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Dengan adanya fasilitas jalan raya, rel kereta api, dan pelabuhan laut yang memadai, maka pemilihan lokasi di Cilegon sangat tepat.

4. Penyediaan Utilitas

Proses industri membutuhkan air dalam jumlah besar antara lain untuk pendinginan, bahan baku, steam dan lain-lain. Karena itu pabrik sebaiknya terletak dekat dengan sumber air untuk mengantisipasi adanya pengaruh musim terhadap fruktusasi persediaan air maka dibuat juga reservoir air. Dalam hal ini dapat dipenuhi dari air sungai Ciujung yang bermuara di daerah Cilegon.

5. Tenaga Kerja

Melihat keberadaan dan kemampuan tenaga ahli di bidang kimia di Indonesia yang begitu banyak, maka akan menjamin terlaksananya pendirian pabrik produksi asam akrilat di Indonesia. Ketersediaan tenaga kerja yang melimpah di Indonesia membuat produksi asam akrilat akan berjalan lancar, serta perekrutan tenaga kerja menurut kualifikasi tertentu merupakan pertimbangan yang penting demi kemajuan suatu pabrik. Tidak kalah juga para tenaga ahli dan pekerja-pekerja yang ada di daerah Cilegon. Dengan pertimbangan demikian rencana pendirian pabrik asam akrilat di Cilegon tersebut akan dapat terlaksana dan terwujud dengan baik. Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun luar lokasi pabrik sesuai dengan kebutuhan dan kriteria perusahaan. Tenaga kerja yang dibutuhkan berasal dari lulusan Universitas, Politeknik, serta sekolah menengah kejuruan (SMK) dan sekolah menengah atas (SMA) yang memenuhi kualifikasi sesuai kebutuhan perusahaan. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia, sehingga dengan meningkatnya lapangan kerja di Indonesia mampu membuat roda ekonomi menjadi jauh lebih baik.

6. Kebutuhan Energi

Kebutuhan energi pabrik asam akrilat ini direncanakan untuk menggunakan sumber listrik dari PLN. Dan juga tersedia unit generator untuk keadaan darurat. Sedangkan sebagai bahan bakar boiler dan mobil kontainer digunakan solar yang dapat dipasok dari daerah sekitar lokasi pabrik.

7. Kondisi Daerah

Karakteristik lokasi ini menyangkut iklim di daerah tersebut, kemungkinan terjadinya banjir, serta kondisi sosial masyarakatnya. Dalam hal ini, Cilegon sebagai kawasan industri adalah daerah yang telah ditetapkan menjadi daerah industri sehingga pemerintah memberikan kelonggaran hukum untuk mendirikan suatu pabrik di daerah tersebut.

8. Kebijakan Pemerintah

Kawasan Industri Krakatau Steel merupakan kawasan industri dan berada dalam teritorial negara Indonesia sehingga secara geografis pendirian pabrik di kawasan tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah yang berlaku.

9. Keadaan 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.

10. Lokasi Pabrik

Berikut ini peta lokasi dari pabrik Asam Akrilat yang akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Jalan Raya Anyer, Cilegon yang terletak di Provinsi Banten

3.	Kebutuhan	1 mol x 42 gr/mol = 42 gr = 0,042 kg	3/2 mol x 32 gr/mol = 48 gr = 0,048 kg	1 mol x 72 gr/mol = 72 gr = 0,072 kg	1 mol x 18 gr/mol = 18 gr = 0,018 kg
4.	Harga Total	0,042 kg x Rp. 20.364 = Rp. 855,288	0,048 kg x Rp. 0 = Rp. 0	0,072 kg x Rp. 78.938 = Rp. 5.683,536	0,018 kg x Rp. 0 = Rp. 0
5.	Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = Rp. 5.683,536 – Rp. 855,288 = Rp. 4.828,248			

Sumber : (Petrochemical, 2022)

Dilihat dari Tabel 1.10 maka didapatkan hasil keuntungan, hasil analisa ekonomi awal didapat keuntungan dari harga bahan baku maka prarancangan pabrik asam akrilat layak dilanjutkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Asam Akrilat

Asam akrilat pertama dibuat pada tahun 1843. Asam metakrilat, yang berasal dari asam akrilat, diformulasikan pada tahun 1865. Reaksi antara asam metakrilat dan metanol menghasilkan ester metil metakrilat. Pada tahun 1877 ahli kimia Jerman Wilhelm Rudolph Fittig menemukan proses polimerisasi yang mengubah metil metakrilat menjadi polimetil metakrilat.

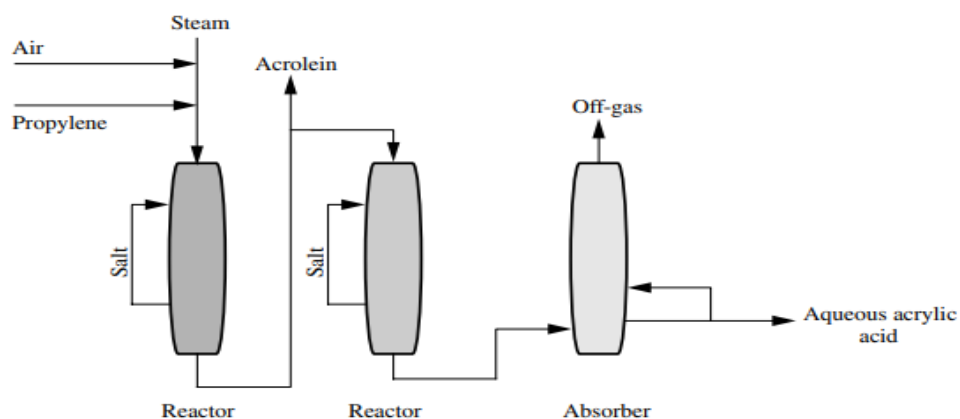
Asam akrilat adalah senyawa organik dengan rumus $C_3H_4O_2$ yang dikenal dengan nama lain *acroleic acid*, *2-propenoic acid*, *vinilformic acid*, propene acid dan *ethlyne-carboxylic acid*. Asam ini merupakan asam karboksilat yang paling sederhana yang terdiri dari gugus vinyl asam karboksilat. Wujud dari asam akrilat berupa cairan tak berwarna yang memiliki bau tajam atau khas yang larut dalam air, alkohol, eter, dan kloroform. Asam akrilat merupakan salah satu produk turunan dari propylene yang memiliki daya serap cairan tinggi.

Asam akrilat adalah bahan kimia yang penting di dunia industri karena asam akrilat merupakan bahan kimia intermediate yang banyak digunakan dalam proses-proses produksi pada industri dan produk-produk konsumen. Penggunaan utama asam akrilat yaitu sebagai bahan baku pada pembuatan ester akrilat, monomer untuk asam poliakrilat dan garamnya, sebagai komonomer dengan akrilamida untuk polimer yang digunakan sebagai flokulan dan dengan etilen untuk polimer resin penukar ion. Asam akrilat juga digunakan dalam produksi polimer dan deterjen dalam produksi flokulan yang digunakan dalam pengelolaan air limbah pabrik (Solventis, 2010).

Asam akrilat digunakan sebagai bahan baku untuk Ester akrilat metil, etil akrilat, butil akrilat dan akrilat *2-ethylene-xyl* yang pada awalnya digunakan untuk memproduksi resin akrilik berbasis pelarut, namun karena pertimbangan terhadap kondisi lingkungan mengakibatkan perkembangan akrilat yang berbasis air. Kegunaan akrilat berbasis air terutama dalam industri dekoratif, batu dan *coating* serta kegunaan lainnya seperti perekat, pelapis kertas dan kulit, pemoles, dan

coating tablet. Selain itu, digunakan asam akrilat yang utama lainnya yaitu dalam pembuatan poli akrilat yang digunakan sebagai pengental, dispersan dan pengontrol reologi (Badan POM RI 2012).

Penggunaan yang kedua asam akrilat adalah sebagai sebuah blok bangunan dalam produksi polimer asam poliakrilat. Polimer-polimer ini merupakan jenis cross-linked poliakrilat dan absorben dengan kemampuan untuk menyerap dan mempertahankan lebih dari seratus kali berat mereka sendiri. Mereka digunakan untuk membuat popok, dan produk kesehatan feminin.



Gambar 2.1 Proses Oksidasi propylene

Sumber: (Speight, 2022)

2.2 Kegunaan Asam Akrilat

Asam akrilat digunakan sebagai bahan baku untuk ester akrilik akrilat metil, etil akrilat, butil akrilat dan akrilat *2-ethylhexyl* yang pada awalnya digunakan untuk memproduksi resin akrilik berbasis pelarut akan tetapi kepedulian terhadap lingkungan menyebabkan perkembangan akrilik berbasis air. Kegunaan akrilik berbasis air terutama dalam industri dekoratif, batu dan coating serta kegunaan lainnya seperti perekat, pelapis kertas dan kulit, pemoles, dan coating tablet. Penggunaan asam akrilat yang utama lainnya yaitu dalam pembuatan polyakrilat yang digunakan sebagai pengental, dispersan dan pengontrol reologi. Asam akrilat juga digunakan sebagai komonomer dengan akrilamida dalam poliakrilamida anionik dan menghasilkan hidroksiakrilat yang digunakan dalam formulasi industri coating. Kegunaan asam akrilat antara lain :

- a. Digunakan dalam industri plastik.
- b. Digunakan dalam pembuatan penggosok lantai (floor polishes).
- c. Sebagai bahan intermediate untuk pembuatan etil akrilat, n-butil akrilat, metil akrilat dan 2-etil heksil akrilat.
- d. Larutan polimernya untuk pelapisan, pembuatan cat, pernis, finishing kulit dan pelapisan kertas.
- e. Asam akrilat monomer digunakan dalam pembuatan karet sintetis.
- f. Sebagai bahan aditif pada minyak pelumas.
- g. Sebagai flokulan pada pengolahan limbah.

1.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku.

2.3.1 Propilen

Propilen (C_3H_6) adalah senyawa kimia yang pada suhu kamar dan tekanan atmosfer berupa gas tidak berwarna, larut dalam alkohol dan eter serta sedikit larut dalam air (Othmer, 1968). Propilen merupakan gas bahan bakar tak berwarna dengan aroma alami yang menyengat. Meski hampir sama dengan propana, propilen memiliki ikatan rangkap yang memberikan keunggulan pembakaran yaitu terbakar lebih panas. Propilen diproduksi dari produk sampingan pemurnian minyak bumi dan produksi etilen oleh uap retak *fit stock* hidrokarbon. Turunan propilen yang paling penting adalah polimer propilen, aprilonitril, propilen oksida, isopropanol, dan *cumune*. Propilen juga terbentuk dari proses vegetasi alami dan juga merupakan hasil pembakaran bahan organik (asap kendaraan bermotor dan asap tembakau) (Othmer, 1968).

Berikut beberapa sifat kimia dari propilen antara lain :

1. Hidrasi

Propylene dengan adanya katalis H_2SO_4 akan bereaksi membentuk isopropyl alcohol. Reaksinya dapat dilihat pada persamaan 6.



2. Disproposinasi

Disproposinasi propylene pada temperatur 450oC dan tekanan 17 atm akan menghasilkan ethylene dan buthylene. Proses berlangsung dengan katalis tungsten. Reaksinya dapat dilihat pada persamaan 7.



3. Oksidasi Katalitik

Oksidasi propylene dengan adanya katalis PdCl₂ menghasilkan acetone. Reaksinya dapat dilihat pada persamaan 8.



4. Ammoksidasi

Propylene bereaksi dengan ammonia dan udara pada temperatur 450 °C tekanan 5 - 30 psig dengan katalis bismuth phosphore molybdate on silica gel.

Berikut adalah sifat fisik dari Propilen dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-sifat Fisik Propilen

1.	Nama IUPAC	Propena
2.	Nama lain	Propilena
3.	Rumus molekul	C ₃ H ₆
4.	Massa molar	42,08 g·mol ⁻¹
5.	Fase	Gas
6.	Warna	Tidak berwarna
7.	Kelarutan dalam air	0.61 g/m ³
8.	Titik lebur	-102,7°C
9.	Titik didih	-47,57°C
10.	Titik nyala	-108 °C (-162 °F; 165 K)
11.	Tekanan Kritis (bar)	91,95°C

(Kirk-Othmer, 1998)

2.3.2 Oksigen

Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massa dan unsur paling melimpah di kerak bumi. Gas Oksigen diatomic mengisi 21% volume atmosfer bumi. Oksigen bebas juga terdapat dalam air sebagai larutan. Peningkatan kelarutan O₂ pada temperatur yang rendah memiliki implikasi yang besar pada kehidupan laut. Lautan di sekitar kutub bumi dapat menyokong kehidupan laut yang lebih banyak oleh karena kandungan oksigen yang lebih tinggi.

Air yang terkena polusi dapat mengurangi jumlah O₂ dalam air tersebut. Para ilmuwan menaksir kualitas air dengan mengukur kebutuhan oksigen biologis

atau jumlah O₂ yang diperlukan untuk mengembalikan konsentrasi oksigen dalam air itu seperti semula.

Udara bebas memiliki komposisi oksigen sebesar 21% dan sebesar 79% nitrogen. Berbagai macam cara untuk mendapatkan oksigen terlarut, diantaranya adalah dengan proses elektrolisis, penguraian suatu peroksida, penguraian panas oksida logam, penguraian proses garam-garam yang mengandung anion kaya oksigen.

Berikut beberapa sifat kimia dari oksigen (Kirk-Othmer, 1994) antara lain:

1. Oksigen bereaksi dengan semua elemen lain kecuali cahaya, gas helium langka, neon, dan argon. Reaktan biasanya harus diaktifkan dengan pemanasan sebelum reaksi berlangsung dengan laju yang cukup besar. Untuk unsur-unsur tertentu, seperti rubidium dan cesium logam alkali, energi aktivasi yang disediakan pada suhu kamar maka reaksi kimia menjadi spontan setelah kontak.
2. Oksigen dapat berinteraksi langsung dengan unsur-unsur yang paling reaktif.
3. Reaksi yang melibatkan oksigen pada umumnya merupakan reaksi eksotermis.

Berikut adalah sifat fisik dari oksigen dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Fisik Oksigen

No	Sifat Fisik Oksigen	<i>Oxygen</i>
1.	Rumus molekul	O ₂
2.	Fase	Gas
3.	Warna	Tidak berwarna
4.	Massa jenis	16 g/mol
5.	Titik lebur	-218,79 °C
6.	Titik didih	-182,95 °C
7.	Titik kritis	154,59 K, 5,043 Mpa
8.	Tekanan kritis	49,8 atm
9.	Kalor peleburan	0,444 kJ/mol
10.	Kalor penguapan	6,82 kJ/mol
11.	Kapasitas kalor molar	29,378 J/(mol.K)

(Kirk-Othmer, 1998)

2.3.3 *Molibdenum Oxide*

Adapun sifat kimia dari *Molibdenum Oxide* (Kirk-Othmer, 1994) adalah Dalam kondisi tertentu molibdenum trioksida bereaksi dengan bromine pentafluoride (BrF₅), chlorine trifluoride (ClF₃) dan zat pereduksi, misalnya karbon/grafit, natrium, potasium, magnesium, dan litium.

Berikut adalah sifat fisik dari *Molibdenum Oxide* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisik *Molibdenum Oxide*

No	Sifat Fisik <i>Molibdenum Oxide</i>	<i>Molibdenum Oxide</i>
1.	Rumus molekul	MoO ₃
2.	Fase	padatan kristal
3.	Warna	Ungu kecoklatan
4.	Massa jenis	143,95 g/gmol
5.	Titik lebur	795 °C
6.	Titik didih	1155 °C
7.	Titik kritis	Mpa
8.	Tekanan kritis	Atm
9.	Kalor peleburan	kJ/mol
10.	Kalor penguapan	kJ/mol
11.	Kapasitas kalor molar	J/(mol.K)

(MSDS NM & CC, 2015)

2.3.4 *Asam Akrilat*

Tabel 2.4 Sifat Fisik *Asam Akrilat*

No	Sifat Fisik <i>Asam Akrilat</i>	<i>Asam Akrilat</i>
1.	Rumus molekul	C ₃ H ₆ O ₂
2.	Fase	liquid
3.	Warna	Tak berwarna (jernih)
4.	Massa jenis	0,346 g/gmol
5.	Titik beku	13,5 °C
6.	Titik didih	141 °C
7.	Temperatur kritis	380 °C
8.	Tekanan kritis	Atm
9.	Panas pembakaran	1376 kJ/mol
10.	Panas pelelehan	11,1 kJ/mol
11.	Impuritis, maks: air	0,4 % berat

(Ferry, 1997)

2.4 Spesifikasi Bahan Baku

2.4.1 Spesifikasi Propena (*propylene*)

Adapun spesifikasi dari Propena (*Propylene*) dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Spesifikasi Bahan Baku Propilen

Wujud	Gas
Rumus Molekul	C ₃ H ₆
Berat Molekul	42,08 kg/kmol
Titik Didih	-47,57°C
Densitas	0,612 gr/ml
Titik Leleh	-102,7°C
Spesifikasi gravity	0,613
Temperatur Kritis	91,95°C
Tekanan Kritis	45,4 atm

(John, 1999)

2.4.2 Spesifikasi Oksigen

Adapun spesifikasi dari Oksigen dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Spesifikasi Bahan Baku Oksigen

Wujud	Gas
Rumus Molekul	O ₂
Berat Molekul	32 kg/kmol
Titik Didih	-183°C
Densitas	0,612 gr/ml
Titik Leleh	-218,9°C
Spesifikasi gravity	1,151
Temperatur Kritis	-154,6°C
Tekanan Kritis	49,8 atm

(John, 1999)

2.4.3 Spesifikasi *Molibdenum Oxide*

Adapun spesifikasi dari katalis *Molibdenum Oxide* dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Spesifikasi Bahan Baku Katalis *Molibdenum Oxide*

Wujud	Padat
Rumus Molekul	MoO ₃
Berat Molekul	143,95 g/gmol
Titik didih	1155 °C
Titik Lebur	795 °C
Densitas	6.47 g/cm ³
Spesifikasi gravity	4,50 ^{19,5}

(John, 1999)

2.5 Spesifikasi Produk

2.5.1 Spesifikasi Asam Akrilat

Adapun spesifikasi Asam Akrilat sebagai produk utama dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.8 Spesifikasi Asam Akrilat Sebagai Produk Utama

Wujud	Liquid
Rumus Molekul	C ₃ H ₆ O ₂
Berat Molekul	72 kg/kmol
Titik Didih	141,15°C
Titik Beku	-13,65°C
Spesifikasi grafity	1,11
Temperatur Kritis	341,85°C
Tekanan Kritis	56,7 atm

(John, 1999)

2.6 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika di tujukan untuk mengetahui sifat reaksi yaitu eksotermis atau endotermis dan arah reaksi *reversible* atau *irreversible*. Untuk menentukan reaksi eksotermis atau endotermis panas reaksi dapat dihitung dengan pehitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada P=1 atm dan T=25° C. Harga ΔH_f° dan ΔG_f° masing-masing komponen dapat di lihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Harga ΔH_f° da ΔG_f° masing-masing komponen

No.	Komponen	ΔH_f° , kJ/mol	ΔG_f° , kJ/mol
1.	C ₃ H ₆	20,43	62,72
2.	O ₂	0	0
3.	C ₃ H ₄ O ₂	-336,230	-286,06
4.	H ₂ O	-240,56	--227,36

(Sumber : Yaws, 1999)

1. Mencari nilai ΔH_f° 298 K.

Reaksi utama pada tekanan 1 atm dengan suhu 25°C (298 K)



$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ \text{ 298 K} &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2 + \Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{ C}_3\text{H}_6 + \Delta H_f^\circ \frac{3}{2} \text{O}_2) \\ &= ((-336,230 \text{ kJ/mol}) + (-240,56 \text{ kJ/mol})) - (20,43 \text{ kJ/mol} - 0 \text{ kJ/mol}) \\ &= -597,22 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, harga ΔH_f° reaksi bernilai negatif, maka dapat di simpulkan reaksi tersebut bersifat eksotermis. Sedangkan reaksi berjalan searah atau bolak-balik dapat di ketahui dari harga konstanta kesetimbangan (K), menurut persamaan perubahan energi Gibbs yakni :

$$\Delta G_{298} = -RT \ln K \dots\dots\dots(2.5)$$

(Smith Van Ness,1987)

Dimana :

ΔG_{298} : Energi bebas Gibbs standar suatu reaksi pada 298 K (kJ/mol)

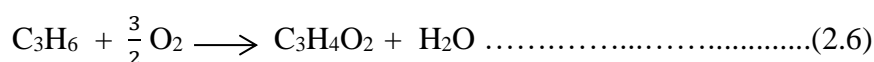
R : Konstanta gas (R = 0,008314 kJ/mol K)

T : Temperature (K)

K : Konstanta kesetimbangan reaksi

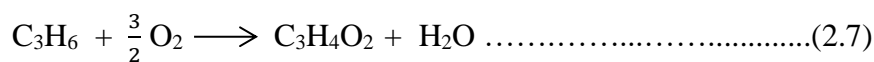
2. Mencari nilai ΔG_f° 298 K.

Reaksi utama pada tekanan 1 atm dengan suhu 25°C (298 K)



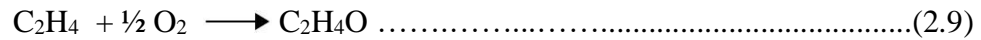
$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ 298 K &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G_f^\circ C_3H_4O_2) - (\Delta G_f^\circ C_3H_6 + \Delta G_f^\circ O_2) \\ &= ((-286,06 \text{ KJ/mol}) + (-227,36 \text{ KJ/mol})) - (62,72 \text{ KJ/mol} - 0 \text{ KJ/mol}) \\ &= -121,42 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

3. Mencari nilai K 298 reaksi pada tekanan 1 atm dengan suhu 25°C (298 K)



$$\begin{aligned} \Delta G_f^\circ 298 K &= - R T \ln K 298 \dots\dots\dots(2.8) \\ -121,42 \text{ kJ/mol} &= - (0,008314 \text{ kJ/mol K}) \times (298 \text{ K}) \times \ln K 298 \\ -121,42 \text{ kJ/mol} &= -2,477572 \text{ kJ/mol} \times \ln K 298 \\ \ln K 298 &= \frac{-121,42 \text{ kJ/mol}}{-2,477572 \text{ kJ/mol}} \\ \ln K 298 &= 49,008 \\ K 298 &= 3,89 \times 10^{14} \end{aligned}$$

4. Mencari nilai K 523 reaksi pada tekanan 10-30 bar dengan suhu 250°C (523 K)



$$\ln \frac{K_{(523 \text{ K})}}{K_{(298 \text{ K})}} = \left(\frac{-\Delta H_f(298 \text{ K})}{R} \right) \left(\frac{1}{T_{(523 \text{ K})}} - \frac{1}{T_{(298 \text{ K})}} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\ln \frac{K_{(523 \text{ K})}}{K_{(298 \text{ K})}} = \left(\frac{-(-597,22 \text{ kJ/mol})}{0,008314 \text{ kJ/mol K}} \right) \left(\frac{1}{523 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\frac{K_{(523 \text{ K})}}{K_{(298 \text{ K})}} = 0,7183$$

$$K_{523} = 0,7183 \times (3,89 \times 10^{14}) = 2,8 \times 10^{14}$$

Karena harga K untuk masing-masing reaksi sangat besar, maka kedua reaksi tersebut bersifat searah (*irreversible*).

2.7 Tinjauan Kinetika Reaksi

Reaksi pembentukan asam akrilat melalui oksidasi propilen merupakan reaksi katalitik dengan menggunakan katalis *Molibdenum Oxide* (MoO_3). Katalis yang di gunakan merupakan katalis heterogen, artinya fase katalis berbeda dengan fasa reaktan yang masuk. Jika di tinjau dari kinetika reaksinya, kecepatan reaksi pembentukan asam akrilat dari propilen akan semakin membesar dengan kenaikan suhu. Sesuai dengan persamaan *Arrchenius*.

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

k = konstanta kecepatan reaksi

A = faktor frekuensi tumbukan

E_a = energi aktivasi

R = konstanta gas

T = suhu

Dari persamaan di atas, harga A , E_a dan R konstan. Sehingga harga konstanta kecepatan reaksi (k) hanya di pengaruhi oleh suhu, dimana dengan kenaikan suhu maka kecepatan reaksinya akan semakin besar.

Dari *Dettwiler* di peroleh harga konstanta kecepatan reaksi (k) untuk reaksi pembentukan Etilen Oksida adalah :

$$r_1 = k_1 \frac{(Pc) \cdot KC_3H_6}{1+(Pc) \cdot KC_3H_6} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$r_2 = k_2 \frac{(Pc) \cdot KC_3H_6}{1+(Pc) \cdot KC_3H_6} \dots\dots\dots(2.14)$$

(Dettwiler, 1997)