

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang memproyeksikan pemulihan ekonomi nasional melalui industri pengolahan nonmigas. Dikutip dari laman resmi kementerian perindustrian diketahui bahwa, pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) industri pengolahan nonmigas juga akan terus berlanjut dengan peningkatan ekspor dan *Purcahsing Manager's Index* (PMI) manufaktur Indonesia yang meningkat. Prediksi pertumbuhannya akan terkontraksi sekitar 4,5% hingga 5%. Adapun subsektor yang mendukung perbaikan kinerja manufaktur nasional, antara lain adalah industri farmasi, produk, obat kimia dan obat tradisional, industri bahan kimia dan barang dari bahan kimia, industri logam dasar, serta industri makanan. Pengembangan industri nasional diarahkan guna meningkatkan daya saing agar mampu masuk dalam pasar internasional dan dapat mempertahankan pasar dalam negeri.

Asam akrilat dengan nama IUPAC *propeonic acid* merupakan bentuk sederhana dari asam karboksilat tak jenuh dengan rumus kimia CH_2CHCOOH . Asam akrilat merupakan bahan *intermediate* yang digunakan untuk ester akrilik, polimer akrilik, dan *derivate* lainnya. Berdasarkan jenis aplikasinya, asam akrilat merupakan bahan untuk industri pelapis, perekat, bahan aditif plastik, surfaktan, flokulasi, tekstil, komestik serta cat. Seiring meningkatnya penggunaan plastik pada saat ini, maka kebutuhan pabrik plastik akan asam akrilat juga akan meningkat karena sebagai bahan aditif plastik (Ullman's, 2003).

Asam akrilat mulai diperdagangkan sejak tahun 1920 dan berkembang pesat sejak saat itu. Asam akrilat pertama kali diproduksi menggunakan metode *acetylene route*. Penemu dari proses ini adalah Walter Reppe. Penemu mereaksikan nikel karbonil dengan asetilen dan air untuk menghasilkan asam akrilat. Proses Reppe dimodifikasi oleh Rohm dan Haas dari Houston pada tahun 1976 dan menghasilkan proses oksidasi propilen. Berdasarkan data badan pusat statistik, sebagian kebutuhan asam akrilat di Indonesia masih didatangkan dari luar negeri khususnya

Jepang, sebagai negara pemasok Asam Akrilat terbesar di Asia.

1.2 Rumusan Masalah

Meningkatnya penggunaan plastik, kebutuhan pabrik plastik akan asam akrilat sebagai bahan aditif plastik, serta penanggulangan kebutuhan asam akrilat dalam negeri menjadi pertimbangan pembangunan pabrik asam akrilat. Prancangan pabrik asam akrilat melalui proses oksidasi propilen dapat meningkatkan nilai ekonomis dengan biaya yang rendah dibandingkan dengan proses lain.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan prancangan pabrik asam akrilat ini adalah merancang proses produksi asam akrilat dengan proses oksidasi propilen, untuk menerapkan disiplin ilmu Teknik Kimia khususnya di bidang perancangan, proses dan operasi teknik kimia sehingga dapat memberikan gambaran kelayakan prarancangan pabrik asam akrilat. Secara khusus, tujuan prarancangan pabrik ini adalah untuk mengurangi ketergantungan impor Indonesia serta menjadi pemasok asam akrilat bagi negara lain untuk menambah devisa negara sekaligus membuka lapangan pekerjaan baru.

1.4 Manfaat Perancangan Pabrik

Pendirian pabrik asam akrilat akan sangat tepat dan banyak memberikan dampak positif dalam segala bidang, antara lain:

1. Mencukupi jumlah kebutuhan asam akrilat dalam negeri yang diperkirakan akan terus meningkat sekaligus mengurangi ketergantungan Indonesia pada negara lain dengan membatasi jumlah import setiap tahunnya.
2. Memacu pertumbuhan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku maupun bahan penunjang asam akrilat seperti industri plastic, tekstil dan industri petrokimia lainnya.
3. Dibukanya lapangan kerja baru, mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia, dan meningkatkan devisa Negara.

1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik *asam akrilat*, penyusun membatasi pada pemilihan bahan baku utama yaitu propilen menggunakan proses oksidasi dengan katalis bismuth molibdat, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, tugas khusus, unit utilitas, kapasitas prarancangan pabrik, analisa ekonomi, aspen hysys, autodesk P&ID.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian suatu pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan produksi dan ekonomis. Semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lainnya. Penentuan kapasitas pabrik dalam prancangan pabrik asam akrilat perlu memperhatikan data kebutuhan asam akrilat di Indonesia hingga dunia.

1.6.1 Predisi Kebutuhan Luar Negeri

Pertumbuhan ekonomi yang kuat di negara berkembang ditambah dengan meluasnya sektor manufaktur diperkirakan akan mendorong pertumbuhan pasar asam akrilat. Meningkatnya standar hidup seiring dengan meningkatnya investasi industri diharapkan dapat terus menguatkan pertumbuhan pasar. Pabrik asam akrilat yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Adapun data kebutuhan asam akrilat di Asia Tenggara dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Kebutuhan Asam Akrilat di Asia Tenggara

No	Negara	Jumlah Kebutuhan (Ton/Tahun)
1.	Brunei	73.514
2.	Kamboja	51.135
3	Laos	45.011
4	Malaysia	17.879
5.	Myanmar	74.856
6.	Philipina	32.906
7.	Singapur	62.036
8.	Thailand	39.567
9.	Vietnam	13.425

(Sumber: UNData, 2022)

1.6.2 Prediksi Kebutuhan Dalam Negeri

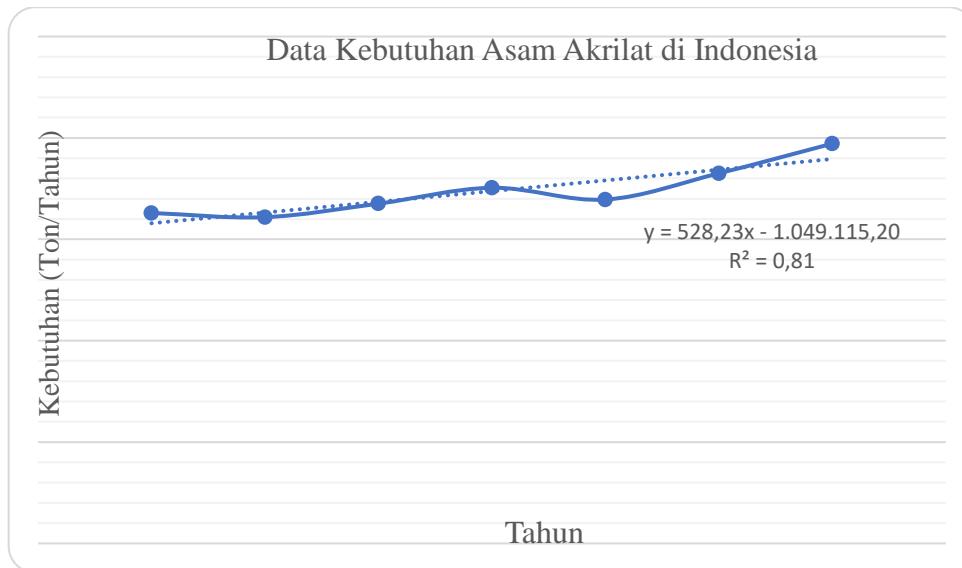
Data kebutuhan asam akrilat di Indonesia dilihat dari peninjauan data impor negara Indonesia terhadap asam akrilat. Berdasarkan data impor dari Badan Pusat Statistik di Indonesia dari tahun 2016-2022, Adapun data kebutuhan asam akrilat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Data Kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia

Tahun	Jumlah Kebutuhan (Ton/Tahun)
2016	16.298,35
2017	16.091,04
2018	16.758,78
2019	17.541,68
2020	16.959,19
2021	18.254,17
2022	19.719,58

(Sumber: BPS, 2022)

Dari data impor dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data impor pada sumbu y, Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Impor Asam Akrilat di Indonesia Tahun 2016-2022

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 528,23x - 1.049.115,20$ dengan $R^2 = 0,81$. Kebutuhan asam akrilat di Indonesia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 528,23x - 1.049.115,20$ dimana y adalah kebutuhan asam akrilat pada tahun

tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun ke yang akan dihitung. Kebutuhan impor asam akrilat di Indonesia pada tahun 2028 adalah sebagai berikut:

$$y = 528,23x - 1.049.115,20$$

$$y = 528,23 (2028) - 1.049.115,20$$

$$y = 22.135$$

Sehingga kebutuhan impor asam akrilat di Indonesia pada tahun 2028 diperkirakan sebesar 22.135 ton/tahun. Prediksi data kebutuhan impor pada tahun 2023 sampai 2028 menggunakan cara ekstrapolasi juga dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Prediksi Data Kebutuhan Asam Akrilat dalam Negeri

No	Tahun	Jumlah Kebutuhan Ton/Tahun
1	2023	19.494,09
2	2024	20.022,32
3	2025	20.550,55
4	2026	21.078,78
5	2027	21.607,01
6	2028	22.135,24

(Sumber: Data Ekstrapolasi, 2022)

Kebutuhan asam akrilat di dalam negeri untuk tahun 2028 dapat diperkirakan dengan cara ekstrapolasi hasilnya 22.135,24 Ton/Tahun. Sementara itu produksi Asam Akrilat diindonesia hanya dilakukan oleh PT. Nippon Shoukubai dengan kapasitas 240.000 Ton/Tahun. Sedangkan kebutuhan asam akrilat di luar negeri berada pada kisaran 13.000–75.000 Ton/Tahun. Untuk membantu memenuhi kebutuhan asam akrilat dalam negeri dan luar negeri, maka diambil 100.000 Ton/Tahun. Hal ini didasarkan pada kapasitas pabrik-pabrik yang sudah beroperasi maupun yang sedang dalam tahap pembangunan di berbagai negara juga kebutuhan pasar akan produk asam akrilat yang semakin meningkat.

Selain dari data impor dan kebutuhan asam akrilat di dunia, pertimbangan dalam penentuan kapasitas produksi asam akrilat juga dapat dilihat dari kapasitas produksi pabrik yang sudah ada. Hal tersebut dikarenakan pabrik yang telah didirikan memiliki analisis ekonomi yang memberikan keuntungan sesuai dengan kapasitas produksi yang dihasilkan. Berikut data pabrik dan kapasitas produksi yang ada didunia:

Tabel 1.4. Kapasitas Global Asam Akrilat

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Nippon Shokubai Co., Ltd	Himeji, Hyogo	360.000
2	LG Chem's	Yeosu, South Jeolla	128.000
3	Shanghai Huayi Acrylic Acid Co., Ltd,	Shanghai	230.000
4	BASF	Freeport, Texas	220.000
5	The Dow Chemical Company	Taft, Los Angeles	109.000
6	Arkema Group	Clear Lake, Texas	90.000

(Sumber : Expert Market Search, 2022)

1.7 Pemilihan Proses

Terdapat beberapa proses pembuatan asam akrilat yang pernah dijadikan proses komersial, diantaranya yaitu *Propylene Oxidation Route*, dan *Acetylene-based Route*. Reaksi oksidasi menjadi proses yang dipilih, oksidasi adalah penambahan oksigen ke senyawa organik (Speight, 2002).

1.7.1 Propylene Oxidation Route

Oksidasi propilen merupakan proses yang paling ekonomis untuk pembuatan asam akrilat karena ketersediaan katalis yang aktif dan selektif serta biaya propilen yang relatif rendah. Proses oksidasi propilen dibagi kedalam dua langkah yaitu dengan dua reaksi dan satu reaksi (Othmer, 1984).

1. Oksidasi Propilen Dua Reaksi

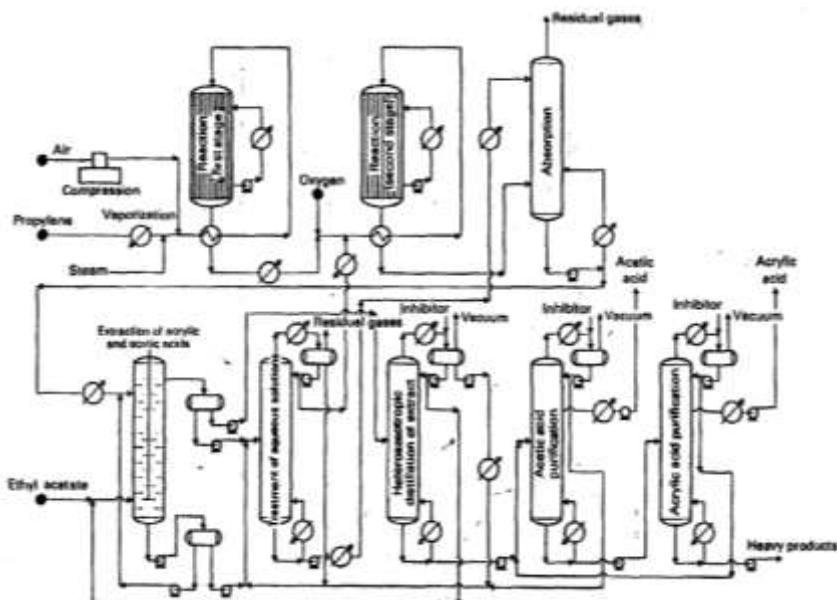
Proses yang berlangsung dua reaksi yaitu oksidasi propilen menjadi akrolein, kemudian oksidasi akrolein menjadi asam akrilat. Katalis yang lebih selektif untuk oksidasi propilen menjadi akrolein dibuat dari bismuth, kobalt, besi, nikel, timah, asam molibdat, molibdat fosfat, dan molibdat silikat. Sedangkan katalis reaksi kedua umumnya oksida kompleks yang mengandung molybdenum dan vanadium. Apabila pada suhu rendah, perlu penggabungan komponen lain seperti tungsten, tembaga, tellurium dan oksida arsenik (Othmer, 1984).

Untuk mengoksidasi propilen menjadi akrolein diperlukan suhu operasi 300-350°C dan tekanan 0,987 – 2,96 atm. Konversi pada reaksi ini mencapai 90-95%. Oksidasi akrolein menjadi asam akrilat bereaksi pada suhu 250-280°C dan tekanan 0,987 – 1,974 atm. Konversi pada reaksi kedua 95-97%. Reaksi oksidasi propilen menggunakan reaktor jenis *plug flow reactor* tipe *multitube*. Reaksi ini juga memungkinkan terbentuknya produk sampingan selama bertransformasi. Diantaranya yaitu asetaldehid, asam asetat, karbon monoksida, dan karbon dioksida yang berasal dari pembakaran parsial dan sempurna. Reaksi ini berlangsung pada fase gas (Chauvel & Lefebvre, 1989).

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Berdasarkan dari buku *Petrochemical Process* (Chauvel & Lefebvre, 1989), *flow diagram* produksi asam akrilat dengan proses oksidasi propilen dapat dilihat pada Gambar 1.2 sebagai berikut

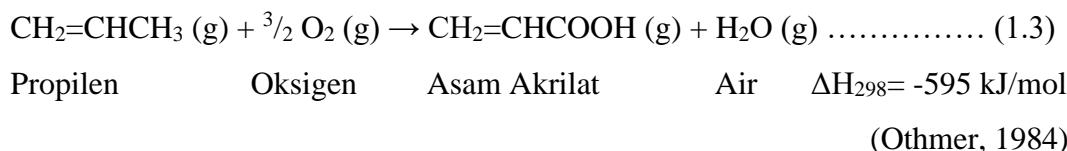


Gambar 1.2 Flowsheet Proses Propylene Oxidation Route

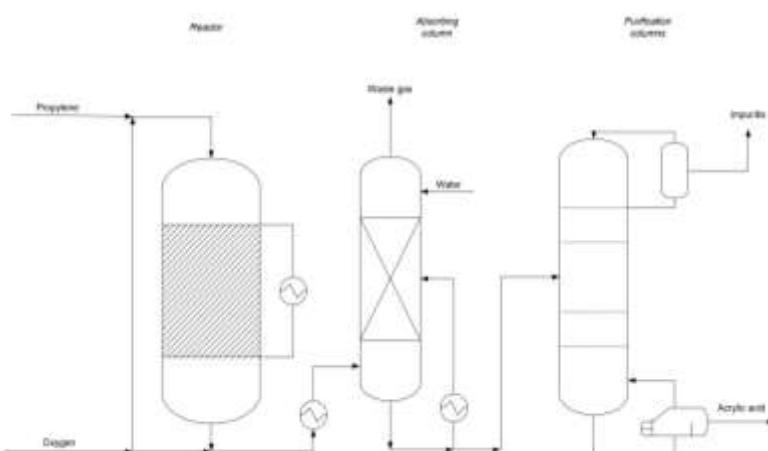
2. Oksidasi Propilen Satu Reaksi

Proses yang berlangsung satu reaksi yaitu oksidasi propilen menjadi asam akrilat dan air. Perbedaan dari kedua metode oksidasi ini adalah pada jumlah mol oksigen yang direaksikan dengan propilen. Proses oksidasi propilen dilakukan pada suhu 350°C dan tekanan 2,5 atm untuk menjadi asam akrilat. Katalis yang digunakan golongan logam oksida yang berupa katalis padat seperti molibdenum oksida, vanadium oksida, besi oksida dan bismuth molibdat. Konversi yang dihasilkan adalah 96% dengan kemurnian 98-99%. Yield yang dihasilkan pada reaksi ini 95-98%. Reaksi oksidasi propilen menggunakan reaktor jenis *plug flow reactor* dengan umpan masuk gas-gas. Hasil keluaran reaktor diumpulkan ke absorber dengan solvent air atau pelarut organik kemudian dimurnikan dengan distilasi (Chauvel & Lefebvre, 1989).

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Berdasarkan dari McGraw Hill *Handbooks* (Speight, 2002), *flow diagram* produksi asam akrilat dengan proses oksidasi propilen satu reaksi dapat dilihat pada Gambar 1.3 sebagai berikut



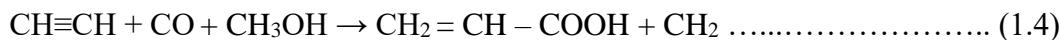
Gambar 1.3 *Flow Diagram* Pembuatan Asam Akrilat dengan Oksidasi Propilen

1.7.2 Acetylene-based Route

Proses pembuatan akrilat dari asetilena melibatkan penambahan karbon monoksida dan alkohol ke asetilena. Reaksi ini terbagi lagi menjadi reaksi reppe, proses Rohm dan Haas (semi-katalitik) dan proses BASF katalitik. Namun proses yang komersial sampai saat ini yaitu proses katalitik BASF (Chauvel & Lefebvre, 1989). Pada proses BASF menghasilkan asam akrilat sedangkan proses Rohm dan Haas menghasilkan ester akrilat secara langsung (Othmer, 1984).

Sebelum direaksikan, asetilen dilarutkan terlebih dahulu dengan tetrahydrofuran sebagai pelarut inert. Proses ini memerlukan katalis nikel dan tembaga bromida atau klorida dengan konversi 80% serta kemurniaan 90%. Reaksi ini beroperasi pada suhu antara 150-290 °C (rata-rata 225 °C) dan tekanan 29,6 – 197,38 atm (sebaiknya 98,69 atm) (Chauvel & Lefebvre, 1989).

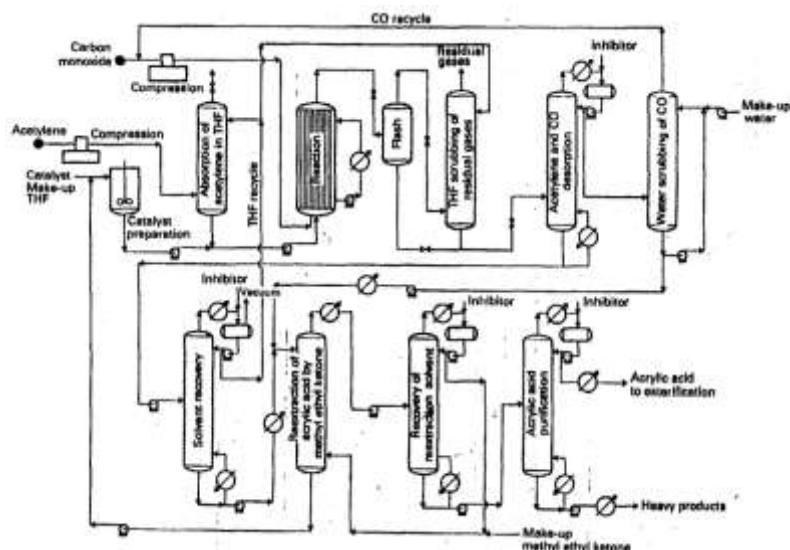
Mekanisme reaksi berdasarkan buku *Petrochemical Process* (1989), adalah sebagai berikut:



Asetilen + Karbon monoksida + Methanol → Asam Akrilat + Metena

$$\Delta H_{298} = -240 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan dari buku *Petrochemical Process* (Chauvel & Lefebvre, 1989), flow diagram produksi asam akrilat dengan proses proses BASF dari asetilen dapat dilihat pada Gambar 1.4 sebagai berikut



Gambar 1.4 Flowsheet Proses Acetylene-based Route

1.8 Perbandingan Proses

Adapun perbandingan proses pada pembuatan asam akrilat dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Akrilat

Variabel	<i>Propylene Oxidation Route</i> (satu reaksi)	<i>Acetylene-based Route</i>	<i>Propylene Oxidation Route</i> (dua reaksi)
Bahan Baku	Propilen, Oksigen	Asetilen, karbon monoksida, alkohol	Propilen Oksigen
Tekanan	2,5 atm	98,69 atm	Reaksi I: 0,987 – 2,96 atm Reaksi II: 0,987 – 1,974 atm
Temperatur	350 °C	225 °C	Reaksi I: 300-350 °C Reaksi II: 250-280 °C
Konversi	96 %	80 %	Reaksi I: 90-95% Reaksi II: 95-97%
Kemurnian	98-99 %	90 %	95-97 %
Reaktor	<i>Plug flow reactor</i>	CSTR	<i>Plug flow reactor</i>
Fase reaksi	Gas-gas	<i>Liquid</i>	<i>Gas-gas</i>
Katalis	Bismut Molibdat	Nikel Bromida	Vanadium Oksida
Produk samping	Air	Metena	Reaksi I: Akrolein dan air Reaksi II: Asam Akrilat

(Sumber: Chauvel & Lefebvre, 1989; Othmer, 1984; Ullman's, 2003)

Berdasarkan Tabel 1.5 dari ketiga proses maka dalam prancangan pabrik asam akrilat dipilih proses oksidasi propilen dengan katalis molibdenum oksida mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

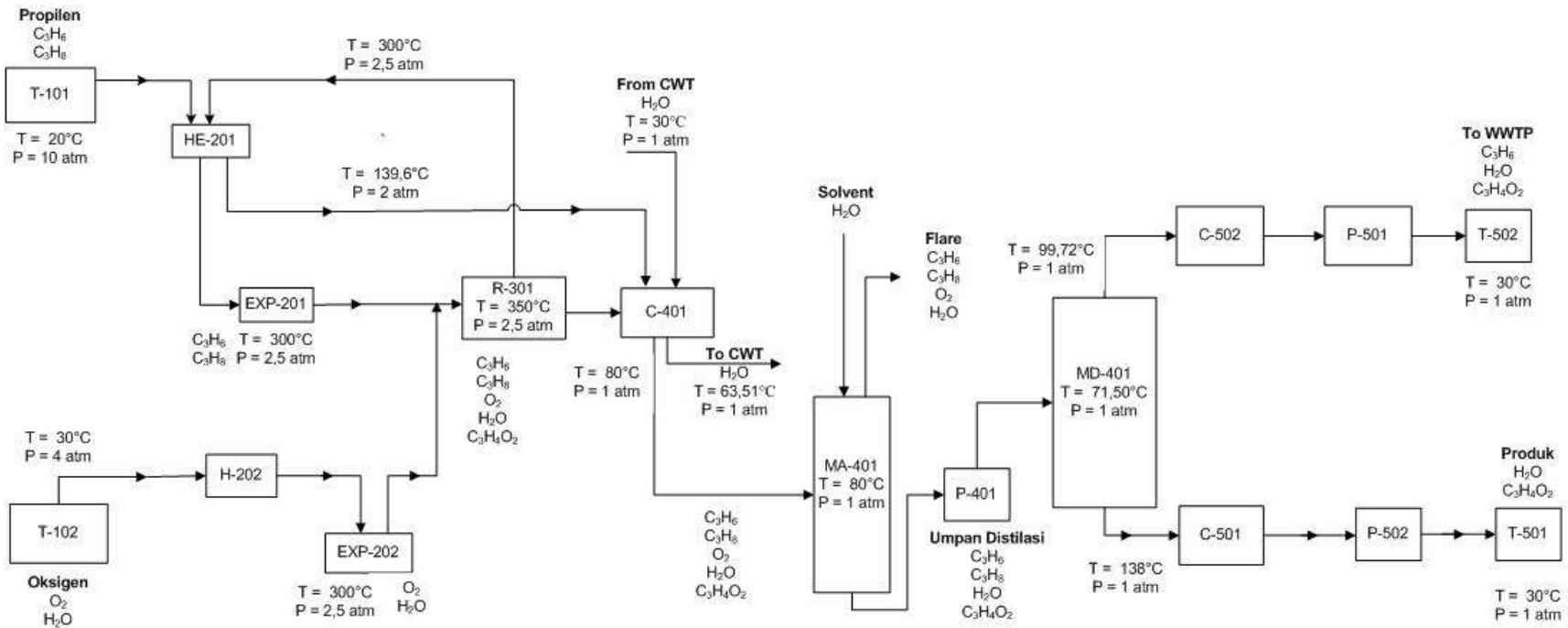
1. Konversi yang diperoleh tinggi yaitu 96 % dengan kemurnian 98-99%

2. Bahan baku yang digunakan berupa propilen dan oksigen yang tersedia dalam jumlah yang cukup sehingga pengendalian proses relatif mudah.
3. Proses dan peralatan yang digunakan sederhana sehingga biaya pemeliharaan dan pengendalian lebih lebih murah.
4. Dampak lingkungan yang tidak berbahaya dibandingkan dengan proses lain.

1.9 Diagram Alir Proses dan Tahapan Proses

1.9.1 Diagram Alir Kualitatif

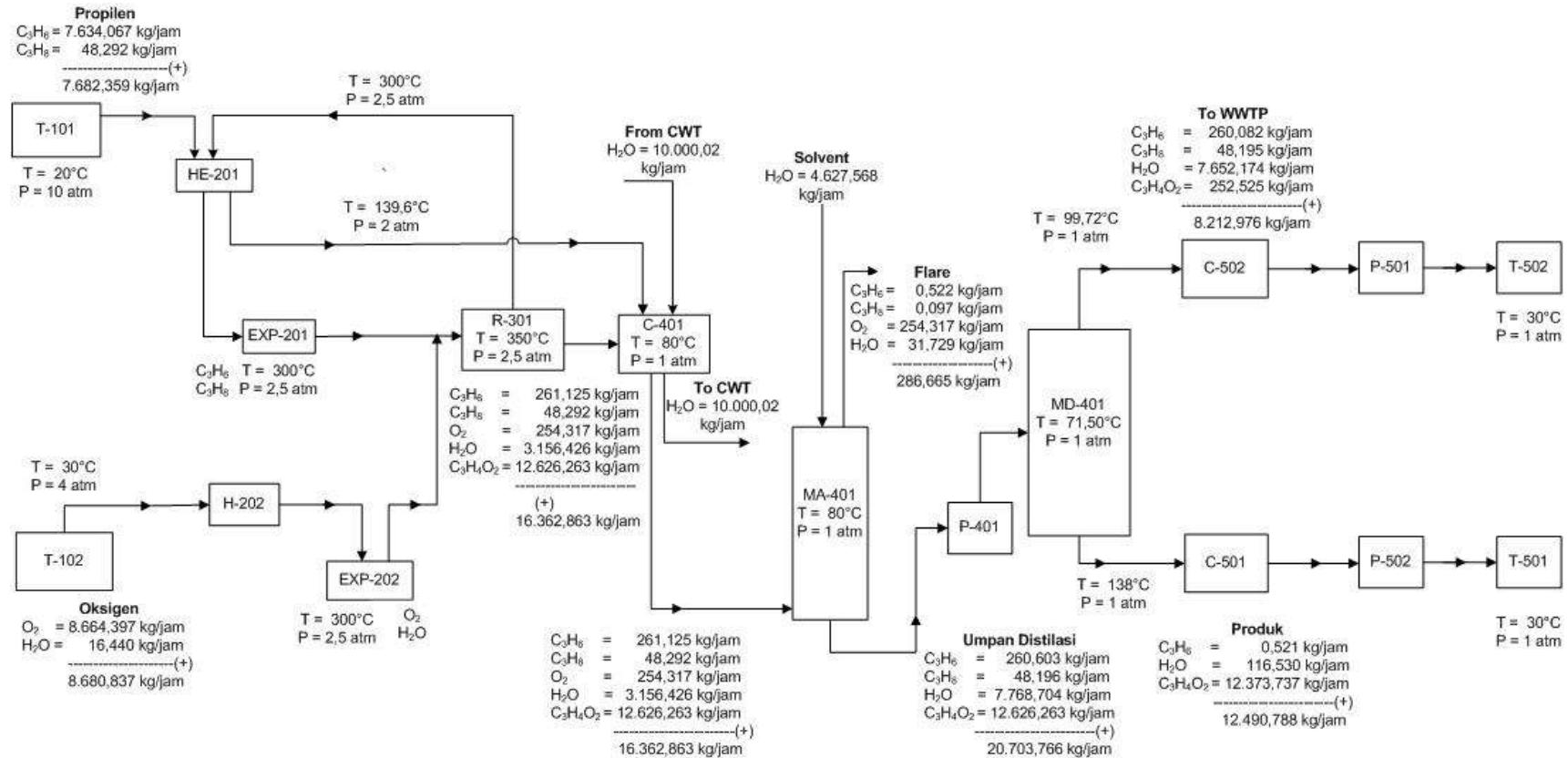
Diagram alir kualitatif prarancangan pabrik asam akrilat dapat dilihat pada Gambar 1.6



Gambar 1.6 Diagram Alir Kualitatif

1.9.2 Diagram Alir Kuantitatif

Diagram alir kuantitatif prarancangan pabrik asam akrilat dapat dilihat pada Gambar 1.7



Gambar 1.7 Diagram Alir Kuantitatif

1.9.3 Uraian Proses

Pembuatan asam akrilat dibagi menjadi empat tahap, yaitu:

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

1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku

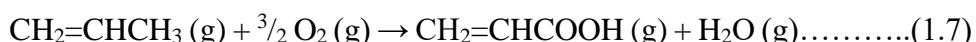
Bahan baku untuk memproduksi asam akrilat adalah propilen dan oksigen. Propilen disimpan pada tanki (T-101) dengan suhu 20°C dan tekanan 10 atm hal ini agar propilen tetap berfase cair. Sedangkan oksigen disimpan pada tanki (T-102) dengan suhu 30°C dan tekanan 4 atm dalam fase gas.

2. Tahap Persiapan Bahan Baku

Sebelum masuk ke reaktor (R-301) Propilen mengalir menuju *vaporizer* (VAP-201) untuk dipanaskan sampai suhu 300°C. Lalu tekanan diturunkan kembali hingga 2,5 atm menggunakan *expander* (EXP-201) sehingga fasanya berubah menjadi gas. Oksigen mengalir menuju *heater* (E-202) untuk dipanaskan sampai suhu 300°C. Lalu tekanan diturunkan hingga 2,5 atm menggunakan *expander* (EXP-202) kemudian dialirkan ke reaktor (R-301).

3. Tahap Reaksi

Umpulan reaktor terdiri dari arus umpan tangki propilen (T-101) dan arus umpan tangki oksigen (T-102) masuk kedalam reaktor (R-301). Reaktor yang digunakan yaitu *plug flow reactor* dengan kondisi operasi 2,5 atm dan 350°C. Katalis yang digunakan yaitu bismuth molybdate. Reaksi berlangsung secara eksotermis. Reaksi yang terjadi pada proses ini sebagai berikut:



Reaksi ini menghasilkan konversi 96%. Karena reaksi bersifat eksotermis, diperlukan pendingin untuk mencegah reaksi melewati rentang suhu yang diizinkan

yaitu 300-350°C. Hasil keluaran reaktor (R-301) selanjutnya dilakukan pemurnian pada absorber (MA-401) dan distilasi (MD-401)

4. Tahap Pemurnian Produk

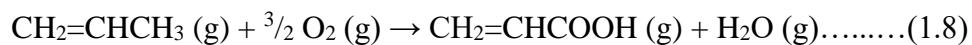
Proses ini berfungsi memisahkan asam akrat dari impuritis untuk mendapatkan asam akrilat dengan kemurnian yang tinggi. Tahap pemurnian produk terdiri dari:

- a. Gas hasil keluaran reaktor (R-301) diturunkan suhunya menjadi 80°C menggunakan *cooler* (C-401) kemudian masuk kedalam absorber (MA-401). Di kolom absorber ini, asam akrilat akan terserap sempurna oleh air pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm lalu keluar sebagai hasil bawah. Sedangkan hasil atas berupa gas sisa reaktan yang akan dibuang melalui flare.
- b. Larutan asam akrilat yang keluar dari absorber (MA-401) diumpulkan ke menara distilasi (MD-401) untuk memisahkan asam akrilat dan air. Distilasi beroperasi pada suhu 71,5°C dengan tekanan kondensor 1 atm dan tekanan reboiler 1,5 atm. Hasil bawah menara distilasi (MD-401) adalah produk asam akrilat dengan kemurniaan 98-99%, sedangkan hasil atas sebagian besar air dengan sedikit kandungan asam akrilat.

1.10 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan thermodinamika ditunjukkan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan (ΔH°_f) pada 2,5 atm dan 350°C (623,155 K). Pada proses pembentukan asam akrilat terjadi reaksi sebagai berikut:

Ditunjukkan dari segi termodinamikanya dengan harha-harga ΔH°_f masing-masing komponen pada suhu 350°C (623,155 K).



Tabel 1.6 Harga ΔH°_f masing-masing komponen untuk reaksi oksidasi propilen

Komponen	harga ΔG°_f (kJ/mol)	harga ΔH°_f (kJ/mol)
C ₃ H ₆	114,36	7,74
O ₂	0,00	0,00
C ₃ H ₄ O ₂	-208,10	-330,49
H ₂ O	-241,8	-228,60

(Sumber: Yaws, 1999)

Maka, ΔH_{reaksi} (623,155 K)

Reaksi utama

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H^\circ_f \text{ Produk} - \Delta H^\circ_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = (\Delta H^\circ_f C_3H_4O_2 + H_2O) - (\Delta H^\circ_f C_3H_6 + O_2)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = ((-330,49 \text{ kJ/mol}) + (-228,6 \text{ kJ/mol})) - ((7,74 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = (-559,09 \text{ kJ/mol}) - (7,74 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -566,83 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -566.830 \text{ J/mol}$$

Reaksi yang terjadi pada reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis karena harga enthalpi reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepas panas. Sedangkan reaksi berjalan searah atau bolak balik dapat diketahui dari harga konstanta kesetimbangan (K), menurut persamaan.

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

dimana :

ΔG° = energi bebas gibbs

R = Konstanta gas

T = Suhu

K = Kontanta kesetimbangan reaksi

 ΔG_{reaksi} (623,155 K)

Reaksi utama

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = \Delta G^\circ_f \text{ Produk} - \Delta G^\circ_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = (\Delta G^\circ_f C_3H_4O_2 + H_2O) - (\Delta G^\circ_f C_3H_6 + O_2)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = ((-208,10 \text{ kJ/mol}) + (-241,80 \text{ kJ/mol})) - ((114,36 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = (-449,90 \text{ kJ/mol}) - (114,36 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -564,26 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -564.260 \text{ J/mol}$$

Harga ΔG_{reaksi} reaksi kurang dari nol, maka reaksi dapat berlangsung secara spontan. Adapun penentuan nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu 623,155 K menggunakan persamaan Smith Van Ness sebagai berikut:

$$298 \text{ K} = -RT \ln K_{298,15}$$

$$\ln K_{298,15} = -\frac{\Delta G^{\circ}_{623,15}}{R T}$$

$$K_{298,15} = \exp \left[-\frac{\Delta G^{\circ}_{623,15}}{R T} \right]$$

$$K_{298,15} = \exp \left[-\frac{-564.260 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K}} \right]$$

$$K_{298,15} = \exp^{(227.7362373)}$$

$$K_{298,15} = 8.0277 \times 10^{98}$$

$$\ln \left[\frac{K_{623,15}}{K_{298,15}} \right] = \left[\frac{-\Delta H_{623,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\left[\frac{K_{623,15}}{K_{298,15}} \right] = \exp \left[\frac{-\Delta H_{623,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$K_{623,15} = K_{298,15} \exp \left[\frac{-\Delta H_{623,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$K_{623,15} = K_{298,15} \exp \left[\frac{(-566.830 \text{ J/mol})}{8,314 \text{ J/mol.K}} \right] \left[\frac{1}{623,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$K_{623,15} = 8.0277 \times 10^{98} \exp^{(-119.2536174)}$$

$$K_{623,15} = 8.0277 \times 10^{98} (1.61738 \times 10^{52})$$

$$K_{623,15} = 1.2984 \times 10^{47}$$

Karena harga K yang didapatkan bernilai sangat besar (jauh lebih besar dari 1), maka reaksi mengarah pada pembentukan produk asam akrilat dan bersifat secara searah (*irreversible*).

1.11 Tinjauan Kinetika

Reaksi pembentukan asam akrilat melalui oksidasi propilen merupakan reaksi katalitik dengan menggunakan katalis molibdenum oksida. Katalis yang digunakan 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 *Arrhenius*.

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

Dimana:

k = Konstanta kecepatan reaksi

E_a = Energi aktivasi (kJ/kgmol)

R = Konstanta gas ideal, 8314,34 (J.mol⁻¹ K⁻¹)

T = Suhu (K)

A = Frekuensi tumbukan

Berdasarkan Chulliyil et al, (2022) diperoleh nilai E_a (energi aktivasi) sebesar 62.760 kJ/kmol dan untuk nilai A (faktor tumbukan) diperoleh sebesar $1,59 \times 10^5$. Pada umumnya nilai konstanta kecepatan reaksi dipengaruhi oleh faktor tumbukan, energi aktivasi dan suhu reaksi yang bisa dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis sesuai dengan persamaan Arhenius:

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

$$k = (1,59 \times 10^5) e^{-(62.760)/(8,314)(623,15)}$$

$$k = (1,59 \times 10^5) e^{-(62.760)/(5.180,8691)}$$

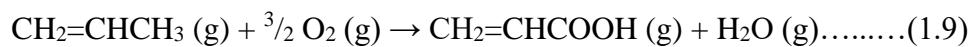
$$k = (1,59 \times 10^5) e^{-(12.11310998)}$$

$$k = (1,59 \times 10^5) (5.4871 \times 10^{-6})$$

$$k = 8.72 \times 10^{-1} \approx 0.87244950 \text{ jam}^{-1}$$

1.12 Uji Ekonomi Awal

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan teknik dan ekonomi. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu seperti diperlihatkan pada Tabel 1.5



Tabel 1.7 Harga Bahan

Bahan dasar	Berat molekul	Harga Rp/kg
Propilen (C_3H_6)	42,08	6.390
Oksigen (O_2)	32	3.742
Asam Akrilat ($C_3H_4O_2$)	72,06	33.600
Air (H_2O)	18,02	0

(Sumber: Independent Commodity Intelligence Services, ICIS. 2012)

Bahan baku:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Propilen } (C_3H_6) &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 42,08 \text{ g/mol} \\
 &= 42,08 \text{ g} \\
 &= 0,04208 \text{ kg} \\
 &= 0,04208 \text{ kg} \times \text{Rp. } 6.390 \\
 &= \text{Rp. } 268,89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Oksigen } (O_2) &= \frac{3}{2} \text{ mol} \\
 &= \frac{3}{2} \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} \\
 &= 48 \text{ g} \\
 &= 0,048 \text{ kg} \\
 &= 0,048 \text{ kg} \times \text{Rp. } 3.742 \\
 &= \text{Rp. } 179,61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Harga Bahan Baku} &= \text{Rp. } 268,89 + \text{Rp. } 179,61 \\
 &= \text{Rp. } 448,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produk Samping: Air } (H_2O) &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 18.02 \text{ g/mol} \\
 &= 18.02 \text{ g} \\
 &= 0,01802 \text{ kg} \\
 &= 0,01802 \text{ kg} \times \text{Rp. } 0 \\
 &= \text{Rp. } 0
 \end{aligned}$$

Konversi Produk:

$$\begin{aligned}
 \text{Asam Akrilat (C}_3\text{H}_4\text{O}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 72,06 \text{ gr/mol} \\
 &= 72,06 \text{ gr} \\
 &= 0,07206 \text{ kg} \\
 &= 0,07206 \text{ kg} \times \text{Rp. } 33.600,00 \\
 &= \text{Rp. } 2.421,22
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Analisa Ekonomi} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= \text{Rp. } 2.421,22 - \text{Rp. } 448,50 \\
 &= \text{Rp. } 1.972,72
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{analisa ekonomi}}{\text{bahan baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{1.972,72}{448,50} \times 100\% \\
 &= 439,84 \%
 \end{aligned}$$

Dari uji ekonomi awal yang telah dibuat, terlihat bahwa harga beli bahan baku lebih murah dibandingkan dengan harga jual produk. Maka dari itu, uji ekonomi awal dapat disimpulkan bahwa pabrik asam akrilat ini layak untuk didirikan.