

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang memproyeksikan pemulihan ekonomi nasional melalui industri pengolahan nonmigas. Dikutip dari secara signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) serta menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat. seperti perdagangan, pertanian, dan jasa. industri pengolahan nonmigas juga akan terus berlanjut dengan peningkatan ekspor dan *Purchasing Manager's Index* (PMI) manufaktur Indonesia yang meningkat Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) sektor industri di Indonesia menunjukkan perkembangan, seperti kontribusi terhadap PDB sektor industri manufaktur menyumbang sekitar 20% pada tahun 2023 dari total PDB Indonesia, menjadikannya salah satu sektor ekonomi terpenting, dan ekspor dengan produk-produk seperti minyak sawit, tekstil, dan elektronik menjadi komoditas unggulan. (Amalia, 2022).

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, flokulan, 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 dan bahan baku propilen bisa digunakan sebagai 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 Prancangan 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 prancangan pabrik asam akrilat. Secara khusus, tujuan prancangan 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 vanadium oksida, 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 produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin kecil kapasitas produksi maka semakin sedikit pula keuntungan, dan semakin besar kapasitas produksinya maka keuntungan yang didapat juga akan semakin besar. Namun, dalam penentuan kapasitas perlu mempertimbangkan faktor lainnya. Seperti kebutuhan industri pengguna, potensi ekspor dan ketersediaan bahan baku. Ketersediaan propilen sebagai bahan baku harus dipastikan melalui pemasok yang memiliki kapasitas dan keandalan tinggi, seperti PT Chandra Asri Petrochemical yang memiliki kapasitas hingga 600.000 Ton/tahun, sehingga mampu mendukung keberlanjutan pasokan bahan baku dalam produksi Asam Akrilat

1.6.1 Produksi Asam Akrilat di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh hingga saat ini tahun 2025, di Indonesia hanya memiliki satu perusahaan yang memproduksi Asam Akrilat, yaitu pada Perusahaan PT. Nippon Shokubai Indonesia yang berlokasi di Cilegon, Banten. Pabrik ini memiliki kapasitas produksi sebesar 240.000 ton/tahun. (PT. Nippon Shokubai Indonesia, 2025).

1.6.2 Data Kebutuhan Impor dan Ekspor Asam Akrilat di Indonesia

Adapun data kebutuhan impor dan ekspor Asam Akrilat Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1:

Tabel 1.1 Data Kebutuhan Impor Asam Akrilat di Indonesia.

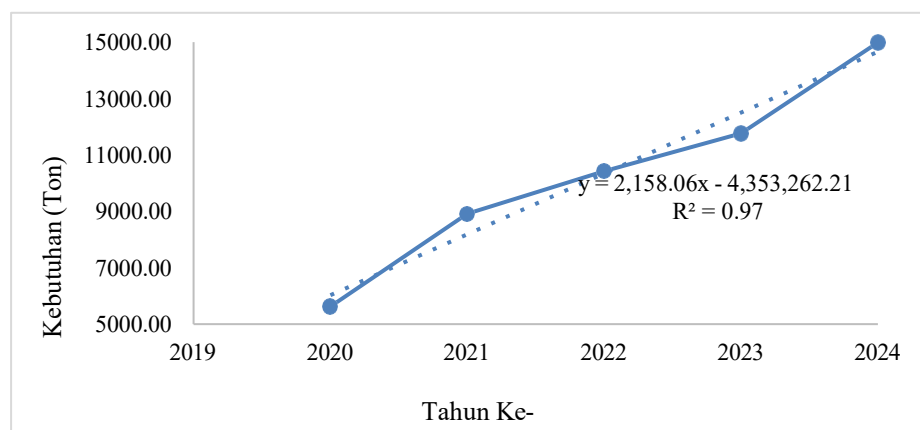
Tahun	Tahun ke	Data Kebutuhan Impor
		Berat (Ton)
2020	1	5.624,00
2021	2	8.912,97
2022	3	10.425,63
2023	4	11.767,14
2024	5	14.987,24

Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2025)

Dapat dilihat pada tabel 1.1 data kebutuhan impor dan ekspor Asam Akrilat di Indonesia dari tahun 2020-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia masih banyak bergantung pada Asam Akrilat impor.

1.6.3 Prediksi Kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia

Kenaikan kebutuhan data impor Asam Akrilat di indonesia diprediksi pada tahun 2028 dengan cara ekstrapolasi data kebutuhan impor Asam Akrilat pada tahun 2020-2024, kenaikan kebutuhan impor Asam Akrilat pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut :

**Gambar 1.1** Grafik Kebutuhan Data Impor di Indonesia Tahun 2020-2024

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 2.158,06x - 4.353.262,21$. Kebutuhan impor Asam Akrilat di Indonesia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 2.158,06x - 4.353.262,21$ dimana y adalah kebutuhan impor Asam Akrilat pada tahun tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Kebutuhan impor Asam Akrilat di Indonesia pada tahun 2028 dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = 2.158,06x - 4.353.262,21$$

$$y = 2.158,06x (2028) - 4.353.262,21$$

$$y = 23.291,78 \text{ Ton}$$

Sehingga kebutuhan impor Asam Akrilat di Indonesia pada tahun 2028 diperkirakan sebesar 23.291,78 ton/tahun. Prediksi data kebutuhan impor pada tahun 2025 sampai 2028 menggunakan cara ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Impor Asam Akrilat di Indonesia

Tahun	Tahun ke	Jumlah Impor (Ton)	Peluang Produksi
2020	1	5.624,00	-
2021	2	8.912,97	-
2022	3	10.425,63	-
2023	4	11.767,14	-
2024	5	14.987,24	-
2025	6	16.817,59	1.830,35
2026	7	18.975,65	3.988,41
2027	8	21.133,72	6.146,48
2028	9	23.291,78	8.304,54

Sumber : (Data Ekstrapolasi, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.2 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Asam Akrilat di Indonesia setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Indonesia pada tahun 2028 mencapai 23.291,78 ton. Pabrik direncanakan dapat memenuhi jumlah kebutuhan sebesar 20% dari jumlah kebutuhan tersebut yaitu sejumlah 8.000 ton/tahun. Untuk dasar penentuan kapasitas produksi didapatkan dengan mempertimbangkan kapasitas produksi Asam akrilat dari data industri produksi dan kebutuhan Asam akrilat di Indonesia.

1.6.4 Kebutuhan Asam Akrilat di Dunia

Asam Akrilat merupakan bahan kimia yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuat polimer dan juga dapat digunakan sebagai bahan baku produksi Super Absorbent Polymer (SAP). Perancangan kapasitas pabrik juga merujuk pada data produksi pabrik asam akrilat yang telah beroperasi diberbagai Negara, dengan kapasitas produksi berkisar antara 25.000 hingga 360.000 ton/tahun yang dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Data Produksi Asam Akrilat 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
25.	Others China	Various, China	280.000
26.	Nippon Shokubai	Indonesia	240.000

Sumber : (Comtrade, 2024)

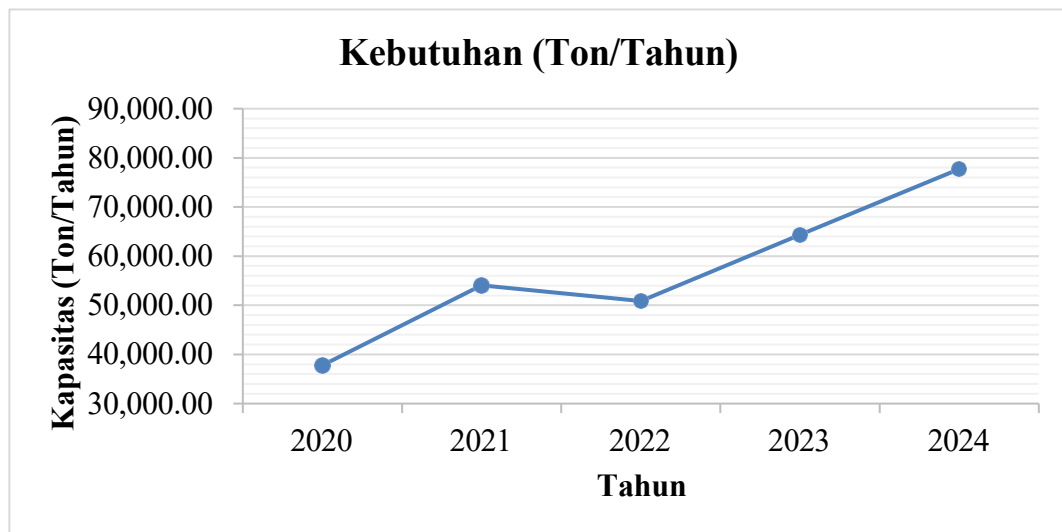
Selain untuk memenuhi kebutuhan Asam Akrilat dalam negeri, pabrik asam akrilat yang didirikan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kebutuhan beberapa negara-negara yang memiliki kebutuhan Asam Akrilat di dunia dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Negara Kebutuhan Asam Akrilat di Dunia

Negara	Kebutuhan (Ton/Tahun)				
	2020	2021`	2022	2023	2024
Brazil	24.766,34	36.357,61	32.870,80	43.700,63	54.681,36
Thailand	2.073,87	3.836,54	4.015,96	5.844,25	7.420,32
Filipina	10.951,49	13.864,04	13.990,47	14.782,15	15.618,36
Total	37.791,7	54.058,19	50.877,23	64.327,03	77.720,04

Sumber : (Statista, 2025)

Analisis kebutuhan ekspor dilakukan dengan pendekatan regresi linear menggunakan data historis lima tahun terakhir. Adapun grafik permintaan Asam Akrilat untuk masing-masing negara dapat dilihat pada Gambar 1.2



Gambar 1.2 Grafik Hubungan Antara Tahun Vs Kebutuhan Impor Asam Akrilat di Luar Negeri

Kebutuhan Asam Akrilat dari tahun 2024-2029 berdasarkan ekstrapolasi menggunakan Persamaan pada Gambar 1.2 dapat dilihat pada Tabel 1.5

Tabel 1.5 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Luar Negeri

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	83.991,99
2026	93.004,44
2027	102.016,90
2028	111.029,35

Dari perhitungan peluang ekspor, maka pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang total untuk memenuhi kebutuhan Asam Akrilat di luar negeri dengan mengekspor Asam Akrilat sebanyak 33.310,11 Ton. Untuk membantu memenuhi kebutuhan Asam Akrilat dalam negeri dan luar negeri, maka diambil kapasitas pra-rancangan pabrik sebesar 40.000 Ton/Tahun dengan mencakup kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia tidak lebih dari peluang kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia yaitu diambil 20% atau 8.000 Ton. Sedangkan Asam Akrilat yang akan di produksi untuk mencukupi kebutuhan di luar negeri dapat dilihat pada tabel 1.6.

Tabel 1.6 Jumlah Produksi Asam Akrilat Untuk Negara sebagai berikut

No	Negara	Peluang Produksi	Jumlah Produksi	% produksi
1	Brazil	24.097,82	23.200	58%
2	Filipina	4.374,05	4.000	10%
3	Thailand	4.838,24	4.800	12%
4	Indonesia	8.304,54	8.000	20%
Jumlah		33.310,11	40.000	100%

Maka dapat diketahui dari tabel 1.10 jumlah peluang produksi di Indonesia sebesar 20% dan di dapatkan peluang ekspor ke berbagai negara sejumlah 80%. Hal penentuan kapasitas 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.

1.7 Pemilihan Proses

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

1.7.1 Propylene Oxidation Route

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

a. 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:

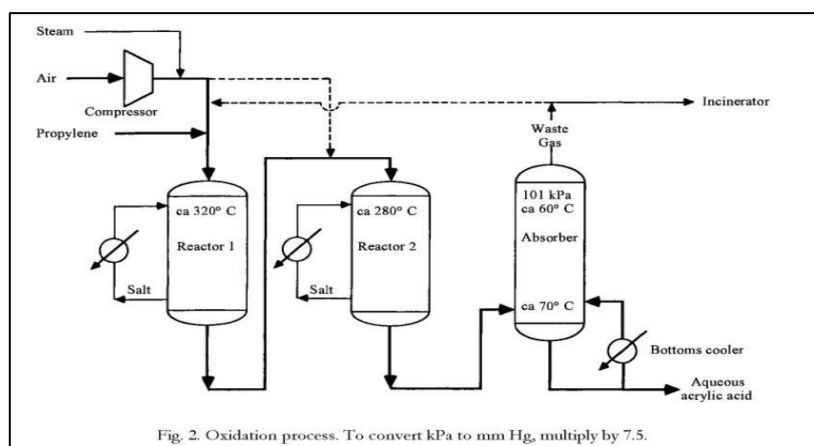


Propilen Oksigen Akrolein Air $\Delta H_{298} = -340 \text{ kJ/mol}$
(Othmer, 1984)



Akrolein Oksigen Asam Akrilat $\Delta H_{298} = -250 \text{ kJ/mol}$
(Othmer, 1984) .

Berdasarkan dari buku *Petrochemical Process* (Chauvel & Lefebvre, 1989), *flow diagram* produksi asam akrilat dengan proses oksidasi propilen dapat dilihat pada Gambar 1.3



Gambar 1.3 Flowsheet Proses Propylene Oxidation Route

Adapun analisa ekonomi awal pada Proses *Propylene Oxidation Route* (Dua Reaksi) dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses Propylene Oxidation Route (Dua Reaksi)

Parameter	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Produk		
	Propilen (C ₃ H ₆)	Oksigen (O ₂)	Utama	Samping	Samping
			Asam Akrilat (C ₃ H ₄ O ₂)	Air (H ₂ O)	Akrolein (C ₃ H ₄ O)
Berat Molekul (g/mol)	42,0806	32	72,0655	18,0151	56,06
Harga/kg (Rupiah)	Rp. 13.638	Rp. 17.000	Rp. 45.000	Rp. 0	Rp. 19.716
Kebutuhan	1 mol x 42,0806 g/mol = 42,0806 g = 0,0420806 kg	$\frac{3}{2}$ mol x 32 g/mol = 48 g = 0,048 kg	1 mol x 72,0655 g/mol = 72,0655 g = 0,0720655 kg	1 mol x 18,02 g/mol = 18,02 g = 0,01802 kg	1 mol x 56,06 g/mol = 56,06 g = 0,05606 kg
Harga Total	0,0420806 kg x Rp. 13.638 = Rp. 573,895	0,048 kg x Rp. 17.000 = Rp. 816	0,0720655 kg x Rp. 45.000 = Rp. 3.242,94	0,01802 kg x Rp.0 = Rp. 0	0,05606 kg x Rp.56.000 = Rp. 1.105,27
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk Utama + Produk Samping) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung) = (Rp. 3.242,94 + Rp. 0 + Rp. 1.105,27) – (Rp. 573.895 + Rp. 816) = Rp. 2.958,315y				

(Sumber: Alibaba, 2025)

Berdasarkan hasil analisa ekonomi awal pada Tabel 1.7 Maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 4.348,21}}{\text{Rp. 1.389,89}} \times 100\% \\ &= 312 \%\end{aligned}$$

Adapun pada proses *Propylene oxidation route* (dua reaksi harga katalis yang digunakan pada proses ini ialah Rp.245.460/kg-Rp.3.272.800/kg dan persentase keuntungan produksi asam akrilat yang didapat yaitu sebesar 4,03 %.

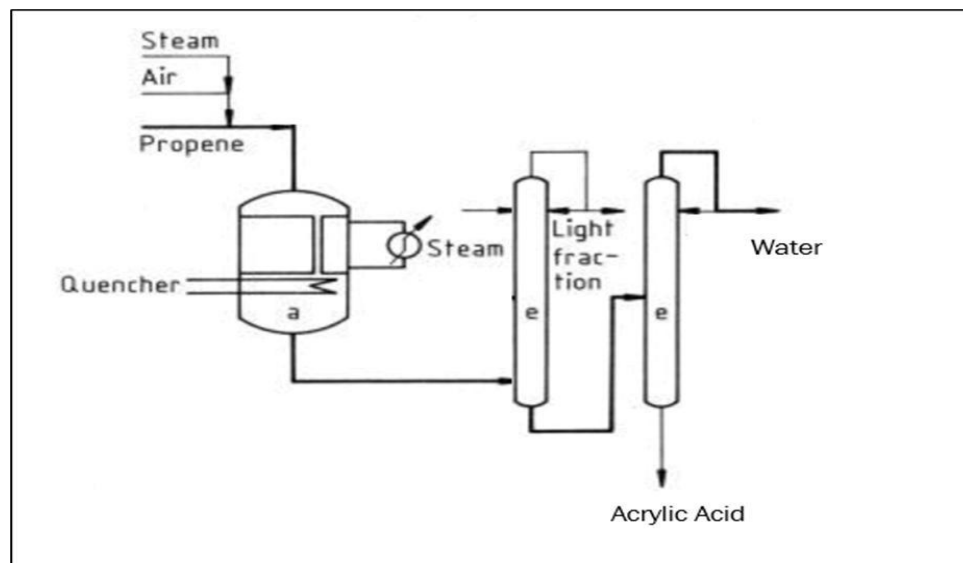
b. Oksidasi Propilen Satu Reaksi

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 mnencapai 95-98%. Reaksi oksidasi propilen menggunakan reaktor jenis *plug flow reactor* dengan umpan masuk gas-gas. Hasil keluaran reaktor diumpankan ke absorber dengan solvent air atau pelarut organik kemudian dimurnikan dengan distilasi (Chauvel & Lefebvre, 1989).

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Berdasarkan dari (Othmer, 1984), *flow* diagram produksi asam akrilat dengan proses oksidasi propilen satu reaksi dapat dilihat pada Gambar 1.4



Gambar 1.4 Flow Diagram Pembuatan Asam Akrilat dengan Oksidasi Propilen satu reaksi

Adapun analisa ekonomi awal pada proses *Propylene Oxidation Route* (Satu Reaksi) dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses *Propylene Oxidation Route* (Satu Reaksi)

Parameter	Bahan Baku	Bahan Baku	Produk	
	Utama	Pendukung	Utama	Samping
	Propilen (C ₃ H ₆)	Oksigen (O ₂)	Asam Akrilat (C ₃ H ₄ O ₂)	Air (H ₂ O)
Berat Molekul (g/mol)	42,0806	32	72,0655	18,0105
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 13.638	Rp. 17.000	Rp. 45.000	Rp. 0
Kebutuhan	1 mol x 42,08 g/mol = 42,0806 g = 0,0420806 kg	$\frac{3}{2}$ mol x 32 g/mol = 48 g = 0,048 kg	1 mol x 72,0655 g/mol = 72,0655 g = 0,0720655 kg	1 mol x 18,02 g/mol = 18,02 g = 0,01802 kg

Parameter	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Produk	
	Propilen (C ₃ H ₆)	Oksigen (O ₂)	Utama	Samping
			Asam Akrilat (C ₃ H ₄ O ₂)	Air (H ₂ O)
Harga Total	0,0420806 kg x Rp. 13.638 = Rp. 573.895	0,048 kg x Rp. 17.000 = Rp. 816	0,0720655 kg x Rp. 45.000 = Rp. 3.242,94	0,01802 kg x Rp.0 = Rp. 0
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk Utama + Produk Samping) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung) = (Rp. 3.242,94 + Rp. 0) – (Rp. 573.895 + Rp. 816) = Rp. 1.853,05			

(Sumber: Alibaba, 2025)

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.8 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\% \text{ Keuntungan} = \frac{\text{Rp. 3.242,94}}{\text{Rp. 1.389,89}} \times 100\%$$

$$= 233\%$$

Adapun pada proses *Propylene oxidation route* (satu reaksi) harga katalis yang digunakan pada proses ini ialah Rp 16.139,90/kg-Rp.81.820/kg dan persentase keuntungan produksi asam akrilat yang didapat yaitu sebesar 233%

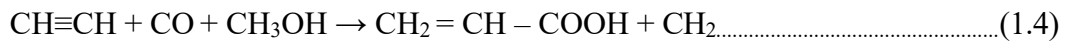
1.7.2 Acetylene-based Route

Proses pembuatan akrilat dari asetilena melibatkan penambahan karbon monoksida dan alkohol ke asetilena. Reaksi ini 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).

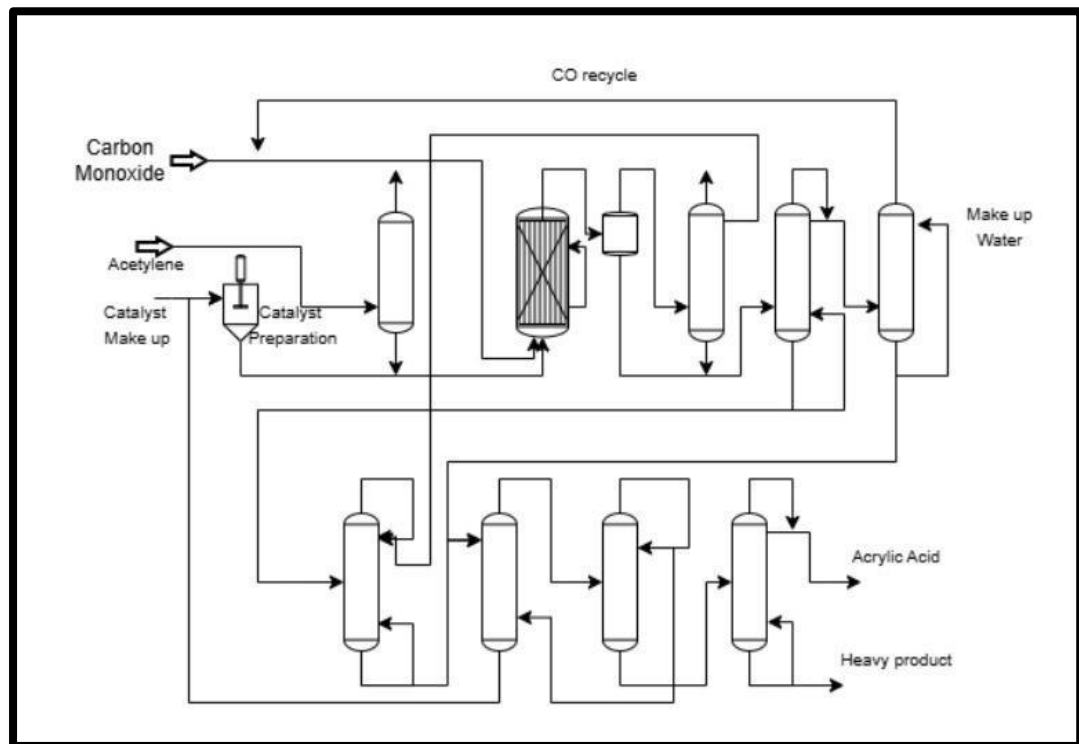
Mekanisme reaksi berdasarkan buku *Petrochemical Process* (1989), adalah sebagai berikut:



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 BASF dari asetilen dapat dilihat pada Gambar 1.5



Gambar 1.5 Flowsheet Proses *Acetylene-based Route*

Adapun analisa ekonomi awal pada Proses *Acetylene-based Route* dapat dilihat pada Tabel 1.9

Tabel 1.9 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses *Acetylene-based Route* (Satu Reaksi)

Parameter	Bahan Baku			Produk	
	Utama	Pendukung	Pendukung	Utama	Samping
	Asetilen (C ₂ H ₂)	Karbon Monoksida (CO)	Metanol (CH ₃ OH)	Asam Akrilat (C ₃ H ₄ O ₂)	Metena (C ₂ H ₄)
Berat Molekul (g/mol)	26,04	28,01	32,04	72,0655	28,05
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 21.851	Rp. 82.150	Rp 6.900	Rp. 45.000	Rp. 73.935
Kebutuhan	1 mol x 26,04 g/mol = 26,04 g = 0,02604 kg	1 mol x 28,01 g/mol = 28,01 g = 0,02801 kg	1 mol x 32,04 g/mol = 32,04 g = 0,03204 kg	1 mol x 72,0655 g/mol = 72,0655 g = 0,0720655 kg	1 mol x 28,05 g/mol = 28,05 g = 0,02805 kg
Harga Total	0,02604 kg x Rp. 21.851 = Rp. 569	0,02801 kg x Rp. 82.150 = Rp2.301,02	0,03204 kg x Rp. 6.900 = Rp. 221,07	0,0720655kg x Rp. 45.000 = Rp.3.242,94	0, 02805 kg x Rp. 73.935 = Rp. 2.073,87
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk Utama + Produk Samping) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung) = (Rp. 3.242,94 + Rp. 2.073,87) – (Rp. 569 + Rp. 2.301,02+ Rp. 221,07) = Rp. 2.225,72				

(Sumber: Alibaba, 2025)

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.9 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\% \text{ Keuntungan} = \frac{\text{Rp. 5.316,81}}{\text{Rp. 3.091,09}} \times 100\%$$

$$= 172 \%$$

Adapun pada proses *acetylene-based route* (satu reaksi) harga katalis yang digunakan pada proses ini ialah Rp.261.824/kg-Rp.23.700.000/kg dan persentase keuntungan produksi Asam Akrilat yang didapat yaitu sebesar 172 %

1.8 Perbandingan Proses

Adapun perbandingan proses pada pembuatan asam akrilat dapat dilihat pada Tabel 1.10

Tabel 1.10 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Akrilat

Parameter	<i>Propylene Oxidation Route</i>		<i>Acetylene-based Route</i>
	Satu Reaksi	Dua Reaksi	
Bahan Baku	Propilen, Oksigen	Propilen, Oksigen	Asetilen, Karbon Monoksida, Alkohol
Tekanan	2,5 atm	Reaksi I: 0.987 – 2,96 atm Reaksi II: 0,987 – 1,974 atm	98,69 atm
Temperatur	350 °C	Reaksi I: 300-350 °C Reaksi II: 250-280 °C	225 °C
Konversi	96 %	Reaksi I: 90-95% Reaksi II: 95-97%	80 %
Kemurnian	98-99 %	95-97 %	90 %
Reaktor	<i>Plug flow reactor</i>	<i>Plug flow reactor</i>	CSTR
Fase reaksi	Gas-gas	Gas-gas	<i>Liquid</i>
Katalis	Molibdenum Oksida, Vanadium Oksida, Besi Oksida dan Bismuth Molibdat	Bismuth Molibdat, Kobalt, Besi, Nikel, Timah, Asam Molibdat, Molibdat Fosfat, dan Molibdat Silikat	Nikel, Tembaga Bromida dan Tembaga Klorida

Produk sampling	Air	Reaksi I: Akrolein dan air Reaksi II: Asam Akrilat	Metena
Keuntungan	120 %	177 %	143 %

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

Berdasarkan Tabel 1.10 dari ketiga proses maka dalam prancangan pabrik asam akrilat dipilih proses Oksidasi Propilen Satu Reaksi dengan katalis Vanadium Oksida. Dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi yang diperoleh tinggi yaitu 96 % dengan kemurnian yang tinggi juga yaitu 98-99%
2. Bahan baku yang digunakan berupa propilen dan oksigen yang tersedia dalam jumlah yang cukup sehingga pengendalian proses relatif mudah.
3. Menggunakan peralatan yang lebih sedikit dan proses yang lebih sederhana (satu tahap reaksi).
4. Biaya yang dibutuhkan lebih murah dimana biaya yang dimaksud mencakup biaya pengolahan bahan baku dan biaya peralatan tambahan.

1.9 Ketersediaan Bahan Baku

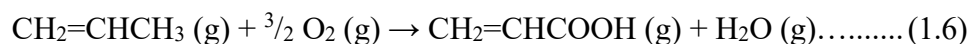
Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di prioritaskan. Berdasarkan proses yang dipilih yakni oksidasi propilen satu reaksi, yang mana proses ini menggunakan bahan baku utama propilen dan bahan baku pendukung oksigen. Bahan baku utama yakni, propilen sendiri di wilayah Cilegon, Banten diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical dalam fase gas. Mengingat ketersediaan bahan baku yang besar dan kebutuhan akan asam akrilat yang sangat besar, 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 propile dan oksigen. Beberapa hal yang mendasari pemilihan bahan baku tersebut adalah:

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

1.10 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika 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 harga-harga ΔH°_f masing-masing komponen pada suhu 350°C (623,155 K).

Tabel 1.11 Harga ΔG°_f dan ΔH°_f masing-masing komponen untuk reaksi oksidasi propilen pada suhu 350°C (623,155 K).

Komponen Reaktan	Harga ΔG°_f (kJ/mol)	Harga ΔH°_f (kJ/mol)
C ₃ H ₆	114,36	7,74
O ₂	0,00	0,00

Komponen Produk	Harga ΔG°_f (kJ/mol)	Harga ΔH°_f (kJ/mol)
C ₃ H ₄ O ₂	-208,10	-330,49
H ₂ O	-241,8	-228,60

Harga ΔG°_f masing-masing komponen untuk reaksi oksidasi propilen pada suhu 25°C (298,155 K).

Komponen Reaktan	Harga ΔG°_f (kJ/mol)	Harga ΔH°_f (kJ/mol)
C ₃ H ₆	-19,68	-20,2

O ₂	0,00	0,00
----------------	------	------

Komponen Produk	Harga ΔG°_f (kJ/mol)	Harga ΔH°_f (kJ/mol)
C ₃ H ₄ O ₂	-108,5	-93,5
H ₂ O	-228,57	-241,8

(Sumber: Yaws, 1999)

Maka, ΔH_{reaksi} pada suhu (298,15 K)

Reaksi utama

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

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = (\Delta H^\circ_f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^\circ_f \text{ C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = ((-93,5 \text{ kJ/mol}) + (-241,8 \text{ kJ/mol})) - ((-20,2 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = (-335,3 \text{ kJ/mol}) - (-20,2 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -315,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = -315.100 \text{ J/mol}$$

ΔH_{reaksi} pada suhu (623,155 K)

Reaksi utama

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

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = (\Delta H^\circ_f \text{ C}_3\text{H}_4\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^\circ_f \text{ C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2)$$

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = ((-330,49 \text{ kJ/mol}) + (-285,8 \text{ kJ/mol})) - ((7,74 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ kJ/mol}))$$

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

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

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

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 Smith Van Ness.

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

dimana :

ΔG° = energi bebas gibbs

R = Konstanta gas

T = Suhu

K = Kontanta kesetimbangan reaksi

ΔG_{reaksi} pada suhu (298,155 K)

Reaksi utama

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

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = (\Delta G^\circ \text{f C}_3\text{H}_4\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^\circ \text{f C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2)$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = ((-108,5 \text{ kJ/mol}) + (-228,57 \text{ kJ/mol})) - ((-19,68 \text{ kJ/mol}) + (0 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = (-337,07 \text{ kJ/mol}) - (19,68 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -317,39 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = -317.390 \text{ J/mol}$$

ΔG_{reaksi} pada suhu (623,155 K)

Reaksi utama

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

$$\Delta G_{\text{reaksi}} = (\Delta G^\circ \text{f C}_3\text{H}_4\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^\circ \text{f C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2)$$

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

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

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

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

Harga ΔG_{reaksi} 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:

$$\ln K_{298,15} = - \frac{\Delta G_{298,15}}{R T}$$

$$K_{298,15} = \exp - \frac{\Delta G_{298,15}}{R T}$$

$$\begin{aligned}
K_{298,15} &= \exp - \frac{-317.390 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol. K} \times 298,15 \text{ K}} \\
K_{298,15} &= \exp^{(128,0408)} \\
K_{298,15} &= 3,27 \times 10^{55} \\
\ln \left[\frac{K_{623,15}}{K_{298,15}} \right] &= \left[\frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \\
\left[\frac{K_{623,15}}{K_{298,15}} \right] &= \exp \left[\frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \\
K_{623,15} &= K_{298,15} \exp \left[\frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \\
K_{623,15} &= K_{298,15} \exp \left[\frac{-(-315.100 \text{ J/mol})}{8,314 \text{ J/mol. K}} \right] \left[\frac{1}{623,15 \text{ K}} - \frac{1}{298,15 \text{ K}} \right] \\
K_{623,15} &= 3,27 \times 10^{55} (\exp^{(-66,2869)}) \\
K_{623,15} &= 3,27 \times 10^{55} (2,14 \times 10^{-30}) \\
K_{623,15} &= 7 \times 10^{25}
\end{aligned}$$

Karena harga K yang didapatkan bernilai lebih besar dari 1 (jauh lebih besar dari 1), maka reaksi mengarah pada pembentukan produk asam akrilat dan bersifat secara searah (*irreversible*) (Smith Van Ness, 1987).

1.11 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan dan kelangsungan dari industri, baik pada masa sekarang maupun pada masa yang akan datang, karna hal ini berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Lokasi pabrik harus mendapat perhatian khusus dalam proses perancangan pabrik karna sangat mempengaruhi kelangsungan bisnis baik saat ini maupun di masa depan, seperti luas pabrik, area pemasaran produksi, penyediaan bahan baku dan sebagainya.

Wilayah Karakatau, Jalan Lingkar Selatan Randakari, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Provinsi Banten adalah Lokasi strategi untuk pendirian pabrik Asam Akrilat karena letaknya dekat dengan Pelabuhan, sehingga mempermudah proses ekspor ke pasar global. Infrastruktur yang terus berkembang, termasuk Pelabuhan dan transportasi darat, mendukung efisiensi logistik dan distribusi. Adapun beberapa faktor-faktor yang harus dipertimbangkan , yaitu:

1. Dekat dengan pelabuhan, memudahkan impor barang-barang kebutuhan pabrik dan ekspor produk.
2. Dekat dengan sungai sebagai sumber air.
3. Dekat dengan sumber bahan baku, yaitu propilen yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Cilegon, Jawa Barat.

Suatu pabrik akan mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan penentuan kelangsungan produksinya. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang dirancang secara teknis dan ekonomis dipengaruhi beberapa faktor, yaitu:

1.11.1 Faktor Primer

1. Penyediaan Bahan Baku Bahan baku utama pembuat asam akrilat adalah propilen yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical, Cilegon, Jawa Barat. Dengan pertimbangan dekat akan bahan baku (kurang lebih 5 km) 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 fruktifikasi 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 lulusan universitas terbaik yaitu, UNIMAL, POLITEKNIK Lhokseumawe, UNSYIAH, ITB, UGM, UI, dan UNDIP dan untuk bagian operator lulusan SMK dan SMA. 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 Karakatau 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.

1.11.2 Faktor Sekunder

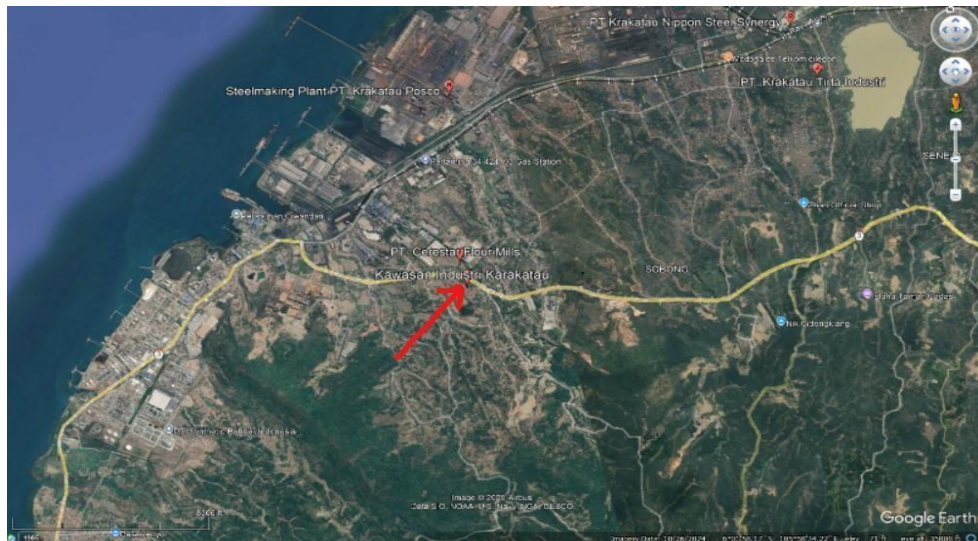
1. Perluasan area pabrik

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik lebih lanjut. Sehingga ekspansi pabrik Asam Akrilat ini dimungkinkan karena tanah yang tersedia cukup luas serta tidak mengganggu permukiman warga.

2. Kebijakan Pemerintah

Kebijakan pemerintah, baik di Tingkat pusat maupun daerah, memberikan dukungan yang signifikan bagi pengembangan industry, termasuk pendirian pabrik Asam Akrilat di Karakatau, Kota Cilegon, Provinsi Banten.

Dari pertimbangan faktor-faktor diatas, maka dipilih daerah Karakatau, Jalan Lingkar Selatan Randakari, Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Adapun peta Lokasi wilayah dapat dilihat pada Gambar 1.6



Gambar 1.6 Lokasi Pabrik