

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Era globalisasi telah mengubah gambaran ekonomi dan industri secara signifikan, yang membawa dampak positif dan tantangan bagi negara-negara diseluruh dunia, termasuk negara Indonesia. Perkembangan industri perdagangan mengharuskan semua negara berfokus pada sektor industrialisasi, khususnya pada industri kimia yang memegang peranan penting dalam perkembangan dan kemajuan negara. Indonesia sebagai negara berkembang sedang giat melakukan pembangunan ekonomi jangka panjang demi meningkatkan perkembangan infrastruktur ekonomi yang lebih maju. Hingga saat ini pembangunan industri kimia mengalami peningkatan yang signifikan, namun kebutuhan produk kimia di Indonesia masih belum seluruhnya dapat dihasilkan sendiri. Ketergantungan pada bahan impor dari berbagai negara masih lebih besar dibandingkan eksportnya. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku maupun produk industri dari berbagai negara. Salah satu bahan kimia yang diimpor dari negara lain adalah metil akrilat.

Metil akrilat memiliki rumus molekul  $C_4H_6O_2$  atau biasa dikenal dengan *acroleic acid*, *vinilfromic acid*, *propene acid*, *2-propene acid* merupakan salah satu senyawa organik yang banyak digunakan oleh industri sebagai bahan polimer. Polimer merupakan molekul yang tersusun secara berulang dan dihasilkan dari molekul-molekul kecil yang saling berikatan. Molekul ini disebut sebagai monomer. Bahan baku polimer banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan cat, kertas, tekstil serta bahan baku untuk kopolimer dari *Acrylic Fiber*.

Dari kegunaannya yang sangat beragam, konsumsi bahan kimia metil akrilat di sektor industri akan semakin meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya kebutuhan negara dalam memenuhi kebutuhan industri yang menggunakan bahan kimia metil akrilat sebagai bahan baku dan bahan penunjang dalam proses perindustrian. Metil akrilat dapat dihasilkan melalui

proses reaksi esterifikasi antara asam akrilat dan metanol dengan menggunakan bantuan katalis asam sulfat sebagai katalisator.

Diharapkan dengan didirikannya pabrik metil akrilat dapat mengoptimalkan perolehan nilai tambah dalam pemanfaatan bahan baku methanol dan asam akrilat di Indonesia. Pendirian pabrik metil akrilat di Indonesia juga diharapkan dapat meminimalisir impor kebutuhan bahan baku dari negara pemasok seperti Jepang, Amerika, Singapura.

### 1.1.1 Kapasitas Perancangan

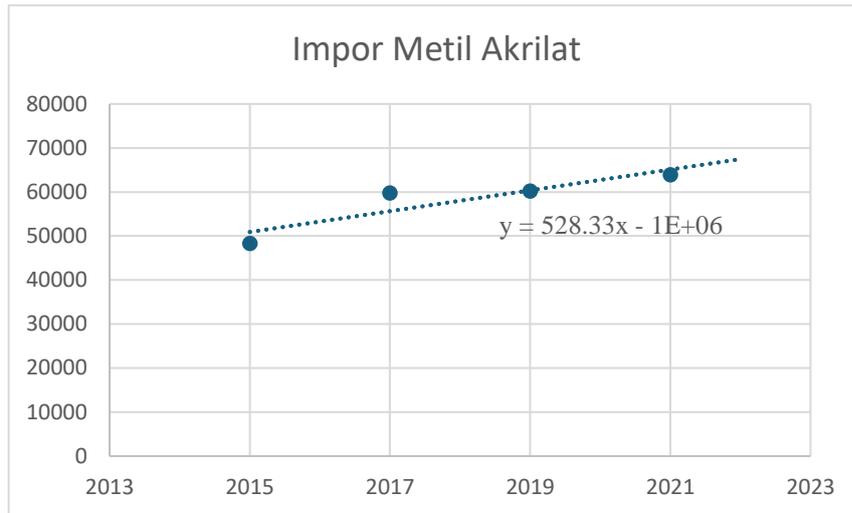
Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas perancangan pabrik antara lain adalah kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku, serta kapasitas produk dari pabrik yang sudah beroperasi. Kapasitas dari pabrik akan mempengaruhi nilai ekonomis dan teknis dalam perancangan pabrik. Semakin besar kapasitas produksi pabrik maka kemungkinan nilai keuntungannya akan semakin besar. Berikut merupakan data impor dari Badan Pusat Statistika (BPS) pada tahun 2015-2022.

**Tabel 1. 1. Perkembangan Data Impor Metil Akrilat di Indonesia**

NO	Tahun	Kebutuhan (ton/tahun )
1	2015	48.264,529
2	2017	59.723,568
3	2019	60.159,138
4	2021	63.884,897

(Sumber : Badan Pusat Statistika,2023)

Berdasarkan data pada Tabel 1.1. diperoleh persamaan regresi linier untuk memperkirakan kebutuhan metil akrilat di Indonesia pada tahun 2033.



**Gambar 1.1. Grafik Impor Metil Akrilat di Indonesia**

Berdasarkan Gambar 1.1., diperoleh grafik dengan menggunakan metode persamaan regresi linier, untuk mengetahui kebutuhan metil akrilat pada tahun 2033 di Indonesia, dimana:

$y$  = kebutuhan impor metil akrilat (ton/tahun)

$x$  = tahun

$m$  = slope

$C$  = Intercept

Diperoleh hasil regresi linier kebutuhan metil akrilat pada tahun 2033:

$$y = 528,33x - 1E+06$$

$$y = 528,33 (2033) - 1E+06$$

$$= 74.094,89 \text{ Ton/Tahun}$$

Selain data impor metil akrilat di Indonesia untuk melakukan produksi dan pendirian pabrik metil akrilat, harus melakukan tinjauan terhadap pabrik metil akrilat yang sudah berdiri. Data kapasitas produksi pabrik metil akrilat di dunia disajikan pada Tabel 1.2 berikut ini :

**Tabel 1. 2. Kapasitas Produksi Metil Akrilat di Global**

<b>Pabrik</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>	<b>Lokasi</b>
Toa Gosei Co., Ltd	22.000	Jepang
Arkema Inc	45.000	Texas, AS
Singapore Acrylic Ester Pte., Ltd	82.000	Singapore

Berdasarkan pada data Tabel 1.2 diatas, diketahui bahwa pada tahun 2033 kebutuhan metil akrilat di Indonesia hasil dari perolehan nilai perhitungan regresi linier adalah sebesar 74.094,89 ton/tahun. Sedangkan kapasitas minimal pabrik metil akrilat sebesar 22.000 ton/tahun dan kapasitas pabrik maksimal adalah 82.000 ton/tahun. Dari data tersebut dapat dijadikan acuan dalam penentuan kapasitas produksi pabrik metil akrilat yang akan didirikan. Maka dari data diatas diperoleh kapasitas perancangan pabrik metil akrilat yang akan dibangun adalah sebesar 45.000 ton/tahun. Sehingga diharapkan dengan didirikannya pabrik metil akrilat :

1. Meningkatkan pendapatan negara dalam sektor perindustrian, sehingga dapat meminimalisir impor kebutuhan bahan baku pembuatan metil akrilat.
2. Memberikan lapangan pekerjaan baru sehingga mengurangi tingkat pengangguran serta meningkatkan perekonomian masyarakat Indonesia.
3. Meningkatkan pertumbuhan pasokan industri kimia di Indonesia.

### **1.1.2 Lokasi Pabrik**

Lokasi pendirian pabrik sangat berpengaruh dalam kelangsungan dan perkembangan serta menunjang keberhasilan maupun kegagalan suatu industri. Maka dari itu, diperlukan pertimbangan yang mendalam dari berbagai faktor agar dapat memberikan keuntungan besar bagi

perusahaan. Pendirian suatu pabrik harus dilokasikan sedemikian rupa sehingga mempunyai biaya produksi dan distribusi seminimal mungkin.

Pabrik metil akrilat akan dibangun di Kawasan Industri KIEC, Banten. Terdapat beberapa faktor pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain :

#### A. Ketersediaan Bahan baku

Bahan baku pembuatan produk metil akrilat berasal dari asam akrilat dan metanol. Kedua bahan baku tersebut dapat diperoleh dari dalam negeri yaitu bahan kimia asam akrilat diperoleh dari PT. Nippon Shokubai Indonesia yang terletak di Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi sebesar 240.000 ton/tahun yang merupakan produsen terbesar di Asia Tenggara untuk produk metil akrilat. Bahan kimia metanol diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Indonesia yang terletak di Bontang, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi sebesar 660.000 ton/tahun. Sedangkan bahan kimia katalisator asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berada di Gresik, Jawa Timur dengan kapasitas produksi sebesar 1.170.000 ton/tahun.

#### B. Sarana Transportasi

Untuk mempermudah keperluan distribusi produk dan pemasarannya, pabrik didirikan dekat dengan pelabuhan serta dilengkapi jalan raya yang memadai untuk jalannya distribusi produk yang berlokasi di Kawasan Industri KIEC, Banten. Selain menggunakan sarana transportasi darat, untuk keperluan distribusi produk, baik pengiriman dalam negeri maupun luar negeri dapat dilakukan dengan jalur laut menggunakan kapal.

#### C. Pemasaran

Strategi pemasaran produk memiliki peran penting dalam merencanakan langkah-langkah untuk memasarkan produk secara efektif kepada pasar yang dituju. Pemasaran produk metil akrilat difokuskan untuk kebutuhan dalam negeri, diantaranya dilakukan penjualan produk ke berbagai pabrik yang menggunakan metil akrilat

sebagai bahan baku perekat, cat, kertas, untuk komponen kopolimer dan *acrylic fiber*.

#### D. SDM

Ketersediaan sumber daya manusia sangat diperlukan dalam mengelola suatu proses produksi. Untuk memperoleh tenaga kerja dengan kualitas, terampil dan terdidik dapat diperoleh meskipun tidak didaerah setempat. Sedangkan untuk tenaga kerja buruh diperoleh dari daerah setempat atau dari para pendatang pencari kerja. Diharapkan dengan pendirian pabrik baru di daerah tersebut dapat menurunkan angka pengangguran.

#### E. Utilitas

Kebutuhan air untuk proses produksi dan keperluan pabrik lainnya dapat diperoleh dari sumber air sungai karena lokasi pabrik memiliki fasilitas dekat dengan perairan. Kebutuhan listrik dapat diperoleh dengan cara membeli dari PLN.



**Gambar 1. 2. Rencana Lokasi Didirikan Pabrik Metil Akrilat**

### 1.2. Tinjauan Pustaka

Metil akrilat dihasilkan dari reaksi esterifikasi, dimana metanol bereaksi dengan asam akrilat untuk membentuk metil akrilat dan air sebagai produk sampingan. Metil akrilat ( $C_4H_6O_2$ ) merupakan salah satu senyawa organik yang banyak diaplikasikan oleh industri sebagai bahan polimer. Karakteristik bahan ini berupa cairan tak berwarna yang memiliki bau tajam, sangat menyengat dan tidak sedap. Bau dari metil akrilat bisa dianggap sangat

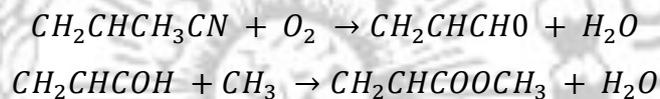
menyengat dan mirip dengan bau pelarut atau cat. Senyawa kimia ini mudah menguap menjadi gas pada suhu yang lebih tinggi.

Proses pembuatan metil akrilat dapat dilakukan dengan beberapa macam, yaitu menggunakan proses *propylene*, asam sulfat dan asam akrilat. Dari beberapa proses yang ada perlu dilakukan pertimbangan dari segi bahan baku yang mudah didapatkan serta dipertimbangkan nilai ekonomis dari produk tersebut. Metil akrilat dapat diproses dengan beberapa cara, diantaranya:

a. Reaksi Oksidasi *Propylene* :

Pada proses ini, pembuatan metil akrilat berlangsung dalam dua tahap. Reaksi oksidasi *Propylene* fasa gas dengan katalis *cobalt molybdate-tellurium* pada suhu 250°C hingga 330°C dan tekanan mencapai 5 atm.

Reaksi :



(Kirk and Othmer, 1983)

Oksigen yang diperoleh dalam reaksi ini berasal dari udara dan kondisi operasinya berlangsung pada suhu 330°C dengan tekanan umpan masuk 5 atm yang dilakukan di dalam reaktor *fixed bed multitube*. Pemilihan temperatur umpan reaktor yaitu 250-330 °C didasarkan pada pertimbangan bahwa katalis akan mengalami *coke up* pada suhu diatas 330°C yang menyebabkan terjadinya deposit karbon yang akhirnya katalis akan mengalami deaktivasi, dan jika berada di bawah 250°C maka kecepatan reaksi akan turun secara drastis. Asam akrilat diperoleh dengan dengan proses pemisahan pada menara distilasi kemudian diesterifikasi pada suhu 200°C dengan menambahkan metanol dan katalisator asam mineral sehingga diperoleh metil akrilat.

b. Proses Esterifikasi Asam Akrilat

Proses esterifikasi asam akrilat melibatkan reaksi antara asam akrilat dengan metanol untuk menghasilkan senyawa ester metil akrilat menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi ini berlangsung pada tekanan 1-2 atm dan suhu 50 - 100°C. Dalam proses esterifikasi asam akrilat menggunakan reaktor alir berpengaduk yang berfungsi untuk memastikan pencampuran yang baik antara reaktan dan katalis, sehingga reaksi dapat berlangsung dengan efektif.

Reaksi :



Kedua proses produksi metil akrilat tersebut memiliki faktor perbandingan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.3 :

**Tabel 1. 3. Perbandinga Proses Pembuatan Metil Akrilat**

<b>Faktor</b>	<b>Esterifikasi Asam Akrilat</b>	<b>Oksidasi <i>Propylene</i></b>
Suhu	50 °C – 100 °C	1. 250 °C – 330 °C 2. 50 °C – 100 °C
Tekanan	1-2 atm	1-5 atm
Konversi	80-99%	30-75%
Katalis	Cair	Padat
Jenis Reaktor	RATB	<i>Fixed bed multitube</i>
Alat proses	Alat proses sederhana	Alat proses kompleks, karena adanya 2 tahap reaksi

Setelah mengetahui perbandingan proses produksi yang telah disajikan pada Tabel 1.3 dan melakukan pertimbangan, maka pada perancangan pabrik dipilih menggunakan proses esterifikasi asam akrilat untuk memproduksi metil akrilat.

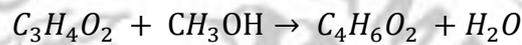
## 1.2.1 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

### a. Tinjauan Kinetika

Untuk mengetahui kecepatan reaksi dilakukan tinjauan kinetika. Dari data percobaan US patent nomor 3.875.212 untuk membuat metil akrilat dari asam akrilat dan metanol dengan reaksi esterifikasi dapat diketahui laju reaksi (K), perbandingan reaktan A : B = 1 : 2 dengan limting reaktannya yaitu asam akrilat. Kebutuhan katalisator 5% dari total massa reaktan.

(US patent, 3.875.212)

Reaksi :



**Tabel 1. 4. Tabel Stoikiometri**

Komponen	Simbol	Masuk	Reaksi	Keluar
$C_3H_4O_2$	A	$C_{A0}$	$-C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0}(1-X_A)$
$CH_3OH$	B	$C_{B0}$	$-C_{A0} \cdot X_A$	$C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A$
$C_4H_6O_2$	C	0	$C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0} \cdot X_A$
$H_2O$	D	0	$C_{A0} \cdot X_A$	$C_{A0} \cdot X_A$
<b>Total</b>		$C_{T0}$	0	$C_T$

Persamaan kecepatan reaksi :

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B \dots\dots\dots(1)$$

$$-r_A = k[C_{A0}(1 - X_A)] \cdot [C_{B0} - C_{A0}X_A] \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{C_{B0}}{C_{A0}} = M$$

$$-r_A = k \cdot C_{A0}^2 \cdot [1 - X_A][M - X_A] \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

$C_{A0}$  = Konsentrasi asam akrilat mula-mula, kmol/L

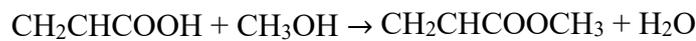
$C_{B0}$  = Konsentrasi methanol mula-mula. Kmol/L

$X_A$  = Konversi dari asam akrilat

(Levenspiel- chemical reaction engineering. 3<sup>rd</sup> edition)

b. Tinjauan Termodinamika

Reaksi :



Berikut tabel harga  $\Delta G_f^\circ$  masing-masing komponen pada suhu 298K:

**Tabel 1. 5.  $\Delta G_f^\circ$  Masing-masing Komponen**

Komponen	Harga $\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)
Asam akrilat ( $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ )	-286,06
Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )	-162,51
Metil akrilat ( $\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$ )	-257,32
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	-228,64

(Chemical Properties Handbook, Yaws)

$$\begin{aligned} \text{Total } \Delta G^\circ_{r_{298K}} &= \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G_f^\circ \text{CH}_2\text{CHCOOH} + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O}) + (\Delta G_f^\circ \\ &\quad \text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3 + \Delta G_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}) \\ &= (-257,32 + (-228,6) - (-286,06 + -162,51)) \\ &= (-485,92) - (-448,57) \\ &= -37,35 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln K_0 &= \left[ \frac{-\Delta G_f^\circ}{RT} \right] \\ &= \frac{37,350 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}}{\left( 8,314 \times 10^3 \frac{\text{KJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \times (298 \text{ K})} = \frac{37,350}{2.477.572} \\ &= 15,075 \end{aligned}$$

$$K_0 = 3,524 \times 10^6$$

(Smith VanNess,1987)

Karena harga  $K = \frac{k_1}{k_2}$  besar, maka harga  $k_2$  jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan harga  $k_1$  sehingga  $k_2$  diabaikan terhadap  $k_1$  dan reaksi dianggap berjalan satu arah (*irreversible*)

Berikut tabel untuk harga  $\Delta H_f^\circ$  masing-masing komponen pada suhu 298 K:

**Tabel 1. 6.  $\Delta H_f^\circ$  Masing-masing Komponen**

Komponen	Harga $\Delta H_f^\circ$ (Kj/mol)
Asam akrilat ( $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$ )	-336,23
Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )	-201,17
Metil akrilat ( $\text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3$ )	-333
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	-241,80

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta H_{r298K}^\circ &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H_f^\circ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) + (\Delta H_f^\circ \\
 &\quad \text{CH}_2\text{CHCOOCH}_3 + \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}) \\
 &= (-333 + (-241,80)) - (-336,23 + (-201,17)) \\
 &= -574,8 - (-537,4) \\
 &= -37,4 \text{ Kj/mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi pembentukan metil akrilat dari asam akrilat dan metanol merupakan reaksi yang berlangsung secara eksotermis, karena nilai  $\Delta H$  total bernilai negatif.