

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia dengan kekayaan hasil alam yang melimpah berpotensi untuk transformasi dari negara agraris menjadi negara industri. Semakin berkembangnya perindustrian di tanah air, seiring juga dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan membaiknya iklim investasi negara, serta mendorong sentra perindustrian negara Indonesia menyambut era globalisasi.

Pembangunan industri kimia sebagai salah satu usaha untuk mengembangkan negara dengan jangka panjang yang diarahkan agar mencapai kondisi ekonomi yang lebih kuat yaitu kondisi di mana ekonomi dengan titik berat industri kimia yang maju. Oleh karena itu, proses pengembangan industri kimia lebih diperhatikan untuk mendukung kemajuan industri kimia sebagai penggerak peningkatan laju ekonomi dan perluasan lapangan kerja. Sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk peningkatan laju pertumbuhan industri kimia maka pembangunan industri kimia yang berwawasan masa depan harus mempunyai prospek yang cukup bagus. Salah satu pembangunan industri kimia yaitu pembangunan pabrik N-Butil-Metakrilat.

Dalam dunia industri, banyak sekali produk yang mempunyai prospek bagus seperti N-Butil Metakrilat. N-Butil Metakrilat mempunyai rumus molekul  $C_8H_{14}O_2$  mempunyai nama IUPAC, di antaranya *2-methyl-2-propionic acid butyl ester*, *butyl 2-methyl-2-propionate*, dan *2-methyl butyl acrylate*. N-Butil Metakrilat suatu monomer yang dapat digunakan sebagai polimer emulsi, pengikat, pengental, *plasticizer* polimer yang banyak digunakan dalam berbagai produk seperti cat industri, tekstil, pelapis kertas dan kayu, tinta, kaca organik, resin sintesis, karet.

Sampai saat ini belum ada pabrik N-Butil Metakrilat di Indonesia, sehingga masih bergantung pada impor dari negara lain. Pabrik N-Butil Metakrilat yang diharapkan hadir di Indonesia nantinya akan mendorong berdirinya industri bahan jadi yang memerlukan N-Butil Metakrilat sebagai

bahan bakunya. Selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, industri ini juga diharapkan mampu bersaing di pasar internasional.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka mendirikan pabrik N-Butil Metakrilat di Indonesia merupakan langkah yang tepat. Keuntungan dari pendirian pabrik ini meliputi:

1. Peningkatan penerimaan devisa untuk negara
2. Pendorong pertumbuhan industri baru, khususnya di sektor produksi N-Butil Metakrilat
3. Memenuhi kebutuhan N-Butil Metakrilat dalam negeri

Pendirian pabrik N-Butil Metakrilat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan N-Butil Metakrilat di Indonesia yang diharapkan dapat mengurangi kebutuhan impor. Selain itu, hal ini dapat menjadi acuan tumbuhnya industri N-Butil Metakrilat yang lain untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia.

## 1.2. Kapasitas Produksi

Dalam penentuan kapasitas pabrik N-Butil Metakrilat, dilakukan beberapa analisis berdasarkan data impor dari Badan Pusat Statistik.

### 1.2.1 Kebutuhan N-Butil Metakrilat

Untuk memenuhi kebutuhan N-Butil Metakrilat di Indonesia selama ini hanya mengandalkan kebutuhan impor. Berikut berdasarkan data impor yang diperoleh dari data Badan Pusat Statistik selama 5 tahun terakhir:

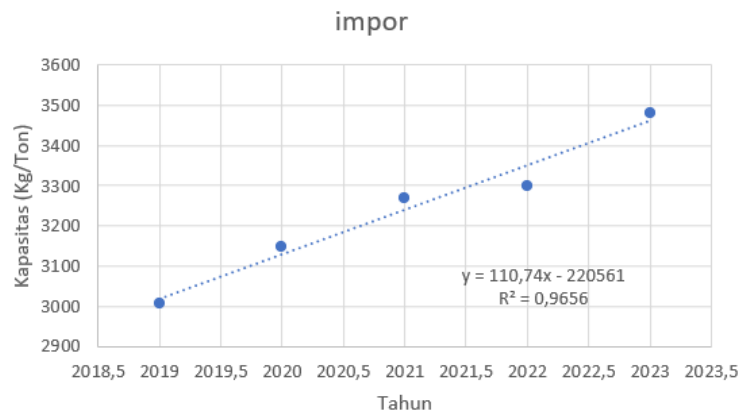
**Tabel 1. 1 Kebutuhan N-Butil Metakrilat di Indonesia berdasarkan data impor (BPS, 2024).**

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2019	3.004,702
2020	3.147,126
2021	3.269,368
2022	3.300,017
2023	3.481,948

Proses produksi N-Butil Metakrilat dalam prarancangan pabrik ini direncanakan berdiri pada tahun 2030. Perkiraan kebutuhan impor N-Butil Metakrilat pada tahun 2030 dilakukan menggunakan metode

*Prarancangan Pabrik N-Butil Metakrilat Dari Asam Metakrilat dan N-Butanol Dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun*

regresi linear dengan memplot data kebutuhan N-Butil Metakrilat pertahunnya yang disajikan pada Gambar 1.1



**Gambar 1. 1 Grafik data impor N-Butil Metakrilat tahun 2019-2023**

Berdasarkan tabel 1.1 menunjukkan data impor N-Butil Metakrilat dari luar negeri. Dari data impor diatas, kemudian dilakukan regresi linier untuk mendapatkan tren kenaikan impor N-Butil Metakrilat di Indonesia. Data impor dan regresi linier untuk data impor ditunjukkan dalam grafik 1.1

Dari regresi linier terhadap data impor N-Butil Metakrilat didapatkan persamaan regresi

$$y = 110,74x - 220561 \quad (1)$$

Keterangan:

Y: Kebutuhan N-butyl Metakrilat pada tahun X

X: Tahun yang digunakan

$$\begin{aligned} y &= 110,74x - 220561 \\ &= 110,74x (2030) - 220561 \\ &= 4.241,2 \text{ Ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut didapatkan prediksi kebutuhan impor N-Butil Metakrilat pada tahun 2030 sebesar 4.241,2 ton/tahun. Hasil tersebut tidak langsung di jadikan patokan untuk kapasitas pabrik, ada pertimbangan lainnya untuk memenuhi kebutuhan N-Butil Metakrilat.

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

**Tabel 1. 2 Kapasitas Pabrik N-Butil Metakrilat Diluar Negeri**

<b>Perusahaan</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas ton/tahun</b>
TPI Polyacrylate	Thailand	10.000
Heilongjiang Longxin	Tiongkok	12.000
LG MMA	Korea Selatan	22.000
Sumitomo Chem	Jepang	50.000
Chi-Mei	Taiwan	50.000
<b>Rata - Rata</b>		<b>28.800</b>

Berdasarkan pada Tabel 1.2, diketahui bahwa pada tahun 2030 kebutuhan impor N-Butil Metakrilat yaitu sebesar 4.241,2 Ton/tahun, sedangkan kapasitas minimal kapasitas dari pabrik yang sudah berdiri adalah 10.000 Ton/tahun dan kapasitas maksimal pabrik yang sudah berdiri adalah 50.000 Ton/tahun. Maka kapasitas yang digunakan untuk tugas akhir ini sebanyak 30.000 ton/tahun dengan rincian sebagai berikut:

- Kapasitas pabrik yang akan dibuat diambil dari *range* pabrik yang sudah berdiri yaitu 30.000 ton/tahun.
- Pendirian pabrik di proyeksikan dengan kebutuhan pabrik yang akan beroperasi disamping pemilihan lokasi pabrik dengan kapasitas (225.000 MT).
- Kebutuhan N-Butil Metakrilat di Indonesia berdasarkan data impor pada tahun 2030 sebesar 4.241,2 Ton/tahun.

### **1.3. Penentuan Tempat dan Lokasi pabrik**

Pemilihan lokasi untuk pembangunan pabrik merupakan salah satu faktor yang penting dalam perancangan pabrik yang dapat menentukan kemajuan dan kelangsungan pabrik yang akan dibangun. Pabrik N-Butil Metakrilat dari Asam

*Prarancangan Pabrik N-Butil Metakrilat Dari Asam Metakrilat dan N-Butanol Dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun*

Metakrilat dan Butanol dengan kapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cirebon. Beberapa faktor yang menjadi acuan dalam pemilihan lokasi suatu pabrik yaitu penyediaan bahan baku, pemasaran produk, transportasi dan utilitas. Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik ini antara lain sebagai berikut:

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat diprioritaskan. Bahan baku yang digunakan untuk produksi N-Butil Metakrilat adalah Asam Metakrilat dan Butanol dengan menggunakan katalis Asam Sulfat. Dalam perancangan ini Asam Metakrilat diambil dari PT. Nippon Shokubai sedangkan bahan baku Butanol diambil dari PT. Petro China Guangdong. Kedua bahan baku tersebut di impor dari luar negeri, untuk bahan baku asam metakrilat dari jepang dan n-butanol dari china. Sehingga pemilihan lokasi pendirian pabrik di dekat Pelabuhan.

2. Pemasaran Produk

Produk pabrik ini merupakan produk yang kebutuhannya masih di impor. Dengan adanya pabrik ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang selama ini masih bergantung pada impor. Pabrik ini menghasilkan N-Butil Metakrilat yang mana merupakan bahan baku pembuatan cat. Salah satu pabrik yang membutuhkan N-Butil Metakrilat untuk bahan baku pembuatan cat adalah PT. Avia Avian yang berada di Cirebon, sehingga pemasaran produk N-Butil Metakrilat bisa dijual ke pabrik tersebut.

3. Transportasi

Untuk transportasi pengadaan bahan baku dan pemasaran produk hasil, Cirebon memiliki dermaga yang cukup untuk berlabuh kapal-kapal pengangkut produk hasil, lokasi pabrik dekat dengan dermaga Pelabuhan Ciwadan, dan tersedia juga sarana transportasi darat yang memadai yang tentunya memudahkan dalam pemasaran dan pengiriman bahan baku.

#### 4. Utilitas

Pabrik N-Butil Metakrilat ini cukup banyak memerlukan air yaitu sebagai air proses dalam produksinya, juga kebutuhan air untuk air sanitasi, air perkantoran dan lain-lain. Untuk penyediaan air ini dapat diperoleh dari air Laut Pengarengan yang terdekat dengan kawasan industri dan juga bisa membeli air bersih dari PT. Kiara Anugerah Utama. Bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan mudah, pengadaannya dapat diperoleh dengan membeli dari PT. Bumi resource Tbk dan listrik dari PT. PLN. Peta lokasi pembuatan pabrik N-Butil Metakrilat di Cirebon dapat dilihat pada gambar 1.2



**Gambar 1. 2.** Lokasi Pembangunan Pabrik

#### 1.4 Proses Seleksi

Proses pembuatan N-Butil Metakrilat dari Asam Metakrilat dan Butanol dilakukan melalui reaksi Esterifikasi Asam Metakrilat dan Butanol dengan katalisator Asam Sulfat. Upaya produksi dalam pabrik kimia melibatkan beberapa proses yang berbeda kemudian digabungkan menjadi suatu teknologi proses. Sistem utama dalam pabrik kimia biasanya meliputi sistem reaksi, sistem pemisahan, dan sistem pemurnian. Selain itu, pabrik kimia juga menggunakan berbagai sistem pendukung seperti sistem kontrol proses, penyimpanan bahan kimia, pengolahan limbah, dan infrastruktur pendukung untuk operasional pabrik.

N-Butil Metakrilat memiliki beberapa nama IUPAC, termasuk *2-methyl-2-propenoic acid butyl ester*, *butyl 2-methyl-2-propenate*, dan *2-methyl butyl*

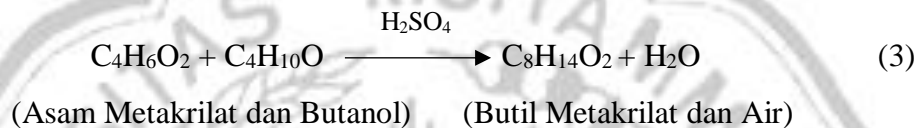
*Prarancangan Pabrik N-Butil Metakrilat Dari Asam Metakrilat dan N-Butanol Dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun*

*acrylate* (PubChem, 2023). Senyawa ini adalah cairan tak berwarna dengan rumus molekul  $C_8H_{14}O_2$ .

N-Butil Metakrilat dapat diproduksi melalui berbagai proses dan menggunakan berbagai bahan. Seperti berikut:

1. Bahan baku dari Asam Metakrilat dan Butanol

Senyawa Butil Metakrilat merupakan salah satu ester dari Asam Metakrilat, yang dapat diperoleh dari reaksi esterifikasi antara Asam Metakrilat dengan Butanol. Reaksi esterifikasi ini merupakan reaksi eksotermis. Adapun reaksi yang terjadi pada proses esterifikasi ini sebagai berikut:



Pada reaksi esterifikasi Asam Metakrilat dan Butanol digunakan perbandingan mol reaktan sebesar 1,0 : 0,9 sampai 1,0 : 1,1 (US Patent No. 5883288A). Suhu yang digunakan berkisar  $80^\circ C$  -  $130^\circ C$  (US Patent No. 5883288A). Digunakan konsentrasi larutan NaOH sebesar 48% - 60% pada suhu proses  $60^\circ C$  -  $70^\circ C$ . Larutan NaOH ditambahkan ketika cairan keluar reaktan untuk menetralkan katalis.

Katalis yang diperlukan dalam reaksi ini adalah katalis asam kuat, seperti Asam Sulfat, *Toluene Sulfonic Acid*, *Dodecyl Benzene Sulfonic Acid*, ataupun campuran *Toluene Sulfonic Acid* dan *Xylene Sulfonic Acid*. Asam kuat ini harus dihilangkan setelah reaksi. Penghilangan asam dapat dilakukan dengan mereaksikan produk keluar reaktor dengan larutan alkali sehingga terjadi netralisasi. Dengan cara ini diperlukan alkali yang banyak agar netralisasi dapat sempurna. Kadar katalis asam sebaiknya antara 0,5 sampai dengan 6% berat.

2. Bahan baku dari Metil Metakrilat dan Metanol

N-Butil Metakrilat dapat terjadi dengan reaksi *transesterifikasi* antara Metil Metakrilat dan juga N-Butanol. Reaksi yang terjadi seperti berikut:



*Prarancangan Pabrik N-Butil Metakrilat Dari Asam Metakrilat dan N-Butanol Dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun*

(Metil Metakrilat dan N-Butanol) (N-Butil Metakrilat dan Metanol)

Pada reaksi *transesterifikasi* antara Metil Metakrilat dan N-Butanol digunakan perbandingan mol reaktan sebesar 1,1 : 1 sampai dengan 2 : 1. Reaksi dilakukan dengan menggunakan katalis *Titanium atau Zirkonium Alkoholat*. Proses ini menggunakan suhu 90°C sampai 130°C. Benzena atau Sikloheksana digunakan untuk melarutkan Metanol selama reaksi terjadi. Kandungan katalis yang ditambahkan berkisar antara 0,1 hingga 1% berat. Karbon aktif juga ditambahkan ke dalam reaktor untuk menghilangkan warna yang terbentuk selama reaksi, dengan kadar karbon antara 0,1-0,2% berat. Gas yang mengandung oksigen seperti udara dimasukkan ke dalam reaktor untuk membawa Metanol dan Benzena atau Sikloheksana sebagai produk utama. Campuran yang keluar dari reaktor akan dihilangkan dari sisa Metil Metakrilat menggunakan stripping dengan steam. Stripping dapat digunakan untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan dari suatu campuran, dengan memanfaatkan aliran gas atau pelarut untuk mengeluarkan komponen tertentu. Produk sampingnya adalah terhidrolisisnya katalis *Titanium Alkoholat* menjadi *Titanium Hidroksida*. Endapan *Titanium Hidroksida* bersama karbon aktif kemudian akan disaring. (US Patent No. 3887609A). Berikut perbandingan proses dengan berbagai bahan:

**Tabel 1. 3 Perbandingan Proses N-Butil Metakrilat**

<b>Karakteristik</b>	<b>Asam Metakrilat &amp; Butanol</b>	<b>Metil Metakrilat &amp; Butanol</b>
Tekanan	0,3 – 1,5 atm	5 atm
Suhu	80°C - 130°C	90°C - 130°C
Perbandingan Mol	1.0 : 0,9 - 1,0 : 1,1	1,1 : 1 - 2 : 1
Katalis	Asam sulfat	Titanium alkohol
Kadar Katalis	0,5% - 6%	0,1% - 1%
Biaya Produksi	Lebih murah	Lebih mahal

Konversi	98%	-
----------	-----	---

Proses yang dipilih adalah proses dengan cara pertama, pada tekanan yang rendah dengan katalis Asam Sulfat karena lebih sederhana dari pada proses yang kedua. Kondisi proses tidak terlalu ekstrim yaitu pada suhu 111°C dan tekanan 1,3 atm.

### 1.3.1 Tinjauan Kinetika dan Termodinamika

#### a. Tinjauan Kinetika

Untuk mengetahui kecepatan reaksi dilakukan tinjauan kinetika. Dari data percobaan US patent nomor 5,883,288 untuk membuat n-butil metakrilat dari asam akrilat dan n-butanol dengan reaksi esterifikasi dapat diketahui laju reaksi (K), perbandingan reaktan A : B adalah 1 : 1 dengan reaktannya yaitu asam metakrilat. Kebutuhan katalisatornya adalah 2% dari total masa reaktan.

(US patent, 5,883,288)

Dari persamaan Arrhenius didapat persamaan untuk mencari nilai kinetika reaksi :

$$K = A \exp - \frac{E}{R.T} \quad (5)$$

Menurut Balak dan polievka (1982), persamaan kinetika reaksi esterifikasi asam metakrilat dan n-butanol diperoleh nilai dibawah ini :

$$A : 1,27 \times 10^4 \text{ L/mol.min}$$

$$E : 20.900 \text{ j/mol}$$

$$R : 8,3145 \text{ j/mol.K}$$

$$T : 353 \text{ K}$$

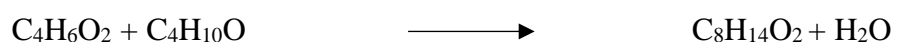
Sehingga nilai K adalah

$$K = (1,27 \times 10^4) \exp - \frac{20.900}{8,3145 \times 353}$$

$$K = 10,2620 \text{ L/mol.min}$$

#### b. Tinjauan Termodinamika

Reaksi :



Nilai  $\Delta G_f$  dari masing-masing komponen :

**Tabel 1. 4 Nilai  $\Delta G_f$ , 298K Tiap Komponen**

Komponen	$\Delta G_f$ (Kj/mol)
$C_4H_6O_2$	-257,28
$C_4H_{10}O$	-151,10
$H_2O$	-228,64
$C_8H_{14}O_2$	-231,61

$$\begin{aligned}
 \text{Total } \Delta G_f &= \Delta G_f \text{ produk} - \Delta G_f \text{ reaktan} \\
 &= (C_8H_{14}O_2 + H_2O) - (C_4H_6O_2 + C_4H_{10}O) \\
 &= (-231,61 + (-228,64)) - (-257,28 + (-151,10)) \\
 &= -51,87 \text{ (Kj/mol)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan harga konstanta kesetimbangan (K) dapat ditinjau dengan menggunakan persamaan dibawah :

$$K = \exp^{-\left(\frac{\Delta G_f}{R.T}\right)} \quad (6)$$

Dengan,

$$\Delta G_f = \text{(Kj/mol)}$$

$$R = 0,008314 \text{ (Kj/mol.K)}$$

$$T_{ref} = 298 \text{ (K)}$$

$$K = \text{Konstanta Kesetimbangan}$$

(Smith dan Van Ness,2018)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta kestimbangan pada:

$$K = \exp^{-\left(\frac{-51,87}{0,008314 \times 298}\right)}$$

$$K = \exp^{-\left(\frac{-51,87}{0,008314 \times 298}\right)}$$

$$K = 1,2357 \times 10^9$$

Nilai K sangat besar, sehingga produk tidak dapat Kembali menjadi reaktan dan dapat disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi adalah *irreversible*.

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

**Tabel 1. 5 Nilai  $\Delta H_f$ , 298K Tiap Komponen**

Komponen	$\Delta H_f$ (Kj/mol)
$C_4H_6O_2$	-367,94
$C_4H_{10}O$	-274,43
$H_2O$	-240,56
$C_8H_{14}O_2$	-422

$$\begin{aligned} \text{Total } \Delta H_r &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \\ &= (C_8H_{14}O_2 + H_2O) - (C_4H_6O_2 + C_4H_{10}O) \\ &= (-422 + (-240,56)) - (-367,94 + (-274,43)) \\ &= -20,19 \text{ (Kj/mol)} \end{aligned}$$

Reaksi pembentukan n-butyl metakrilat dari asam metakrilat dan n-butanol merupakan reaksi yang berlangsung secara eksotermis, karena nilai  $\Delta H$  total bernilai negative.