

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Akrolein ( $C_3H_4O$ ) dikenal sebagai aldehida 2-propenal atau akrilik yang merupakan aldehida tak jenuh. Akrolein juga merupakan zat kimia berbentuk cair yang mengandung alkohol yang terdapat pada asap hasil dari pembakaran suatu tembakau atau rokok<sup>[1]</sup>.

Akrolein adalah bahan yang sangat beracun dengan sifat bahan menguap dengan cepat. Sifat akrolein sama dengan aseton akan tetapi mempunyai kelarutan dalam air yang berbeda. Akrolein disimpan dengan hidroquinon dan asam asetat sebagai inhibitor. Karakteristik utama dari akrolein adalah reaktivitasnya yang tinggi dikarenakan konjugasi gugus karbonil dengan gugus vinil. Akrolein banyak dibutuhkan secara komersial dari produk besar hingga produk kecil. Jumlah akrolein mentah yang jauh lebih besar diproduksi sebagai perantara dalam produksi asam akrilik. Lebih dari 85% asam akrilik yang diproduksi di seluruh dunia diproduksi dengan proses oksidasi<sup>[2]</sup>.

Produk akrolein sangat dibutuhkan dalam bahan pembuatan zat-zat organik maupun elektroplating untuk kebutuhan industri yang ada di Indonesia. Sampai saat ini pemenuhan akrolein di Indonesia masih dilakukan dengan cara mengimpor dari beberapa negara besar, dikarenakan pabrik akrolein masih belum ada di Indonesia. Data impor menunjukkan bahwa konsumsi akrolein di Indonesia sangat tinggi per tahunnya yaitu sebesar 12,41%.

Berdasarkan pada data kebutuhan serta kegunaan produk akrolein maka perlu didirikan pabrik akrolein di Indonesia guna mengurangi jumlah impor serta untuk memanfaatkan sumber daya manusia yang ada di Indonesia.

### **1.2. Sejarah Perkembangan Industri**

Akrolein diproduksi secara komersial sejak tahun 1938. Proses produksi komersial pertamanya berdasarkan kondensasi asetaldehid dan formaldehid. Pada tahun 1940-an dikembangkan produksi akrolein dengan katalis tembaga oksida dan tembaga selenit dengan proses oksidasi fase uap propilen. Proses tersebut menghasilkan konversi yang lebih kecil yakni 15% sehingga memerlukan *recycle* dari propilen yang tidak terkonversi<sup>[2]</sup>.

Pada tahun 1957 *Standard Oil of Ohio* (Sohio) menemukan katalis bismuth molybdate yang dapat memproduksi akrolein dengan konversi yang besar yakni >90% dan pada kondisi tekanan rendah. Selama 30 tahun pula terdapat banyak penelitian dan perkembangan industri dan akademik untuk meningkatkan efisiensi dari katalis yang digunakan pada pembuatan akrolein, asam akrilik, dan akrilonitril. Sehingga pada masa sekarang telah diketahui proses produksi akrolein secara komersial yang berdasarkan pada oksidasi propilen dengan menggunakan katalis bismuth molybdate<sup>[2]</sup>.

### 1.3. Kegunaan Produk

Akrolein merupakan salah satu produk industri kimia yang saat ini semakin dibutuhkan. Penggunaan produk akrolein dalam dunia perindustrian sangat luas. Berikut beberapa kegunaan akrolein:

- Bahan pembuatan zat-zat organik
- Bahan pembuatan sintetik resin, keramik dan elektroplating
- Bahan pengawet minyak dan lemak<sup>[1]</sup>.

### 1.4. 1.4. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

#### 1.4.1. Bahan Baku Utama

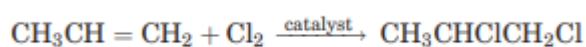
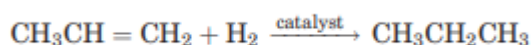
##### 1. Propilen<sup>[3]</sup>

###### a. Sifat-sifat fisika

- Rumus molekul :  $C_3H_6$
- Berat molekul : 42,081 g/mol
- Bau : ringan
- Kelarutan : larut dalam air
- Fase : gas
- Warna : tidak berwarna
- Densitas : 0,51 g/cm<sup>3</sup>
- Titik didih : -47,7 °C
- Titik leleh : -185 °C
- Temperatur kritis : 91,85 °C
- Tekanan uap : 136,6 psig
- Kemurnian : propilen  $\geq 99,4$  %, impurities CO<sub>2</sub>  $\leq 0,6$  %

###### b. Sifat-sifat kimia<sup>[4]</sup>

- Propilen adalah molekul hidrokarbon tak jenuh stabil terkecil yang menunjukkan simetri orde rendah. Sifat kimia propilen dicirikan oleh ikatan rangkap oleh atom hidrogen alilik.
- Ikatan rangkap propilen terdiri dari ikatan  $\sigma$  yang dibentuk oleh dua ikatan yang tumpang tindih dengan  $sp^2$  orbital, dan ikatan  $\pi$  yang terbentuk di atas dan di bawah bidang dengan sisi yang tumpang tindih dari dua orbital  $p$ . Ikatan  $\pi$  bertanggung jawab atas banyak reaksi yang merupakan ciri-ciri alkena dan berfungsi sebagai sumber elektron untuk elektrofilik reaksi seperti reaksi adisi. Contoh sederhana adalah penambahan hidrogen atau halogen, misalnya pada klorin:



- Kehadiran hidrogen alilik dalam propilen sering berfungsi untuk membedakan struktur kimianya dari etilen. Pengaruh alil hidrogen pada reaksi propilen dapat diketahui dari stabilitas radikal alil dan alil karbokation.
- Reaksi adisi polimerisasi molekul propilen menggunakan banyak jenis katalis fase gas atau cair, dan yang paling terbaru adalah katalis metalosen yang telah digunakan secara komersial dan membutuhkan tingkat kemurnian propilen yang lebih tinggi.
- Pada reaksi adisi elektrofil, penambahan elektrofilik (asam) reagen HZ ke dalam propilen melibatkan dua langkah, yang pertama adalah transfer yang lambat ion hidrogen (proton) dari satu basa ke basa lain, yaitu dari  $Z^-$  ke ikatan rangkap propilen, untuk membentuk karbokation dan yang kedua adalah kombinasi cepat dari karbokation dengan basa  $Z^-$ .
- Reaksi substitusi dalam propilen dapat terjadi pada gugus metil oleh serangan radikal bebas.

## 2.Udara

### a. Sifat-sifat fisika<sup>[5][6][7]</sup>

- Berat molekul : 28,975 g/mol
- Bau : tidak berbau

- Kelarutan : larut dalam air
- Fase : gas
- Warna : tidak berwarna
- Densitas :  $1,2 \text{ kg/m}^3$
- Titik didih :  $-194,3 \text{ }^\circ\text{C}$
- Titik leleh :  $-216,2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatur kritis : Nilai terendah yang diketahui:  $-146,95 \text{ }^\circ\text{C}$   
(nitrogen)
- Kemurnian : Nitrogen 79%, Oksigen 21%

#### 1.4.2. Bahan Pendukung

##### 1. Katalis Bismuth (III) Molybdate

###### a. Sifat-sifat fisika<sup>[8]</sup>

- Rumus molekul :  $\text{Bi}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$
- Berat molekul :  $897,77 \text{ g/mol}$
- Bentuk : kristal
- Fase : padat
- Warna : abu-abu
- Densitas :  $35,950 \text{ g/cm}^3$
- Umur katalis : 10 tahun

##### 2. Hidroquinon

###### a. Sifat fisika<sup>[9]</sup>

- Rumus molekul :  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$
- Berat molekul :  $110,11 \text{ g/mol}$
- Bau : tidak berbau
- Kelarutan : larut dalam air
- Bentuk : kristal
- Fase : padat
- Warna : tidak berwarna hingga menjadi putih, dan pada paparan cahaya mengalami perubahan warna
- Densitas :  $1,32 \text{ g/cm}^3$
- Titik didih :  $285 - 287 \text{ }^\circ\text{C}$
- Titik leleh :  $170 - 172 \text{ }^\circ\text{C}$

- Tekanan uap :  $2,34 \times 10^{-3}$  Pa pada 25°C
- Kemurnian : hidroquinon >99%, impurities <1% air

b. Sifat kimia

- Potensial redoks hidroquinon yaitu sebesar 699 mV.
- Hidroquinon mudah diubah oleh sebagian besar pengoksidasi untuk p-benzoquinone bahkan larutan berair netral. Hidroquinon menjadi gelap jika terkena paparan udara.
- Laju oksidasi hidroquinon oleh udara dipercepat oleh larutan basa. Oksidasi produk dapat ditambahkan air untuk menghasilkan 1,2,4-benzenetriol dan oksidasi selanjutnya dapat mengakibatkan pembentukan dari asam humat.
- Reaktivitas hidroquinon umumnya mirip dengan fenol. Satu atau kedua gugus hidroksil dapat diubah menjadi eter atau ester. Turunan oksigen yang penting secara komersial termasuk hidroquinon monometil eter, hidroquinon dimetil eter, dan hidroquinon bis(2-hidroksietil) eter.

### 1.4.3. Produk Utama

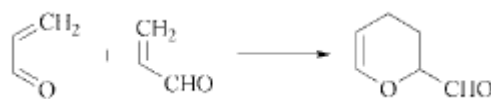
#### 1. Akrolein

a. Sifat fisika<sup>[2][10][11]</sup>

- Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O
- Berat molekul : 56,06 g/mol
- Bau : menyengat
- Kelarutan : larut dalam air
- Fase : cair
- Warna : tidak berwarna sampai kuning muda
- Densitas : 0,8412 kg/L
- Titik didih : 52,69 °C
- Titik leleh : -87,0 °C
- Temperatur kritis : 233 °C
- Tekanan kritis : 5,07 Mpa
- Kemurnian : akrolein 97%, air <3%, hidroquinon <0,1%,  
asetaldehid <0,3%

## b. Sifat kimia

- Akrolein bereaksi cepat dengan hidrogen klorida atau hidrogen bromida untuk membentuk 3-kloropropionaldehida atau 3-bromopropionaldehida, tetapi produk ini mudah berpolimerisasi, misalnya menjadi trimer dan tetramer, dengan adanya asam.
- Akrolein bereaksi sebagai diena maupun dienofil. Jadi, dua molekul akrolein dapat membentuk dimer siklik, 3,4-dihidro-2H-piran-2-karboksaldehida.

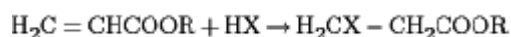
**1.4.4. Produk Samping****1. Asam Akrilat**a. Sifat-sifat fisika<sup>[12]</sup>

- Rumus molekul : C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>
- Berat molekul : 72,06 g/mol
- Bau : berbau
- Kelarutan : larut dalam air
- Fase : cair
- Warna : tidak berwarna
- Densitas : 1,051 g/cm<sup>3</sup>
- Titik didih : 139 °C
- Titik leleh : 13 °C
- Tekanan uap : 0,53 kPa pada 20 °C
- Kemurnian : 99,5% (min)

## b. Sifat kimia

- Asam akrilik dan esternya berpolimerisasi dengan sangat mudah. Polimerisasi dikatalisis oleh panas, cahaya, dan peroksida dan dihambat oleh stabilisator, seperti monometil eter hidroquinon atau hidroquinon itu sendiri. Inhibitor fenolik ini efektif hanya dengan adanya oksigen. Polimerisasi spontan asam akrilat yang sangat eksotermis sangat keras.

- Asam akrilat dan akrilat mudah bergabung dengan zat, seperti hidrogen, hidrogen halida dan hidrogen sianida, yang biasanya ditambahkan ke olefin.



## 2. Asetaldehid

### a. Sifat-sifat fisika<sup>[13]</sup>

- Rumus molekul : C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O
- Berat molekul : 44,05 g/mol
- Bau : berbau tajam (buah)
- Kelarutan : mudah larut dalam air
- Fase : cair
- Warna : tidak berwarna
- Densitas : 0,783 g/cm<sup>3</sup>
- Titik didih : 21 °C
- Titik leleh : -123,5 °C
- Temperatur kritis : 188 °C
- Tekanan uap : 101,3 kPa pada 20 °C
- Kemurnian : 99%

### b. Sifat kimia<sup>[2]</sup>

- Asetaldehida terurai pada suhu di atas 4008 °C, terutama membentuk metana dan karbon monoksida. Energi aktivasi dari reaksi pirolisis adalah 97,7 kJ/mol (408,8 kkal/mol). Telah ada banyak penyelidikan dekomposisi asetaldehida yang diinduksi fotolitik dan radikal dan asetaldehida terdeuterasi.
- Asetaldehida mudah dioksidasi dengan oksigen atau udara untuk asam asetat, anhidrida asetat, dan asam perasetat. Produk utama tergantung pada kondisi reaksi. Asam asetat dapat diproduksi secara komersial dengan oksidasi asetaldehida fase cair pada 658 °C menggunakan kobalt atau mangan asetat yang dilarutkan dalam asam asetat sebagai katalis. Oksidasi fase cair dengan adanya campuran asetat tembaga dan kobalt menghasilkan anhidrida asetat.

**2.1. 1.5. Analisa Pasar**

**1.5.1. Analisa Ekonomi**

Pemasaran produk akrolein bertujuan untuk mencukupi kebutuhan industri kimia yang ada di seluruh Indonesia. Apabila kebutuhan dalam negeri sudah tercukupi maka akrolein akan ekspor keluar negeri. Untuk mengetahui analisa ekonomi dibutuhkan potensi produk

akrolein pada pasar.



**Tabel 1.1.** Daftar Harga Bahan dan Produk<sup>[14][15]</sup>

No.	Bahan	Berat Molekul	Harga (\$/kg)
1.	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,08	1,5
2.	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	56,08	90

$$\begin{aligned}
 EP \text{ (Ekonomi Potensial)} &= \Sigma (\text{koef reaksi} \times \text{BM} \times \text{harga})_{\text{produk}} - \Sigma (\text{koef reaksi} \\
 &\quad \times \text{BM} \times \text{harga})_{\text{reaktan}} \\
 &= (1 \times 56,08 \times 90) - (1 \times 42,08 \times 1,5) \\
 &= \text{US\$ } 4984,08/\text{kmol}
 \end{aligned}$$

Kurs dollar pada tanggal 17 Februari 2022, Bank Indonesia = Rp. 14.316,-

Dari hasil hitungan di atas didapatkan bahwa pabrik akrolein memiliki nilai ekonomi serta dapat didirikan di tahun 2027.

**1.5.2. Penentuan Kapasitas Produksi**

Penentuan besarnya kapasitas produksi dalam perencanaan suatu pabrik sangat penting. Perencanaan digunakan untuk mengetahui jumlah produk yang dibutuhkan dalam negeri serta kebutuhan luar negeri. Penentuan kapasitas produksi ditentukan dengan mengetahui jumlah permintaan atau konsumsi pada tiap tahunnya dengan melihat perkembangan industri dalam skala kurun waktu berikutnya.

Pabrik akrolein akan didirikan pada tahun 2027. Sebagai acuan perkiraan data yang diperlukan yaitu data impor dari tahun 2017-2021, sehingga dapat diperkirakan kebutuhan akrolein di tahun 2027 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$M = P (1+i)^n \dots\dots\dots(1.1)$$

Dimana :



M = Banyaknya impor pada tahun 2027 (ton/tahun)

P = Banyaknya impor pada tahun 2017 (ton/tahun)

i = Rata – rata kenaikan impor setiap tahun (%)

n = Jangka waktu pendirian pabrik (2021 – 2027) = 6 tahun

**Tabel 1.2.** Data Impor Akrolein di Indonesia<sup>[16]</sup>

No.	Tahun	Jumlah Impor (ton)	Pertumbuhan
1.	2016	6282,11	-
2.	2017	8462,91	19,40%
3.	2018	9823,13	13,85%
4.	2019	10098,15	2,72%
5.	2020	10249,73	1,48%
6.	2021	13593,87	24,60%
<b>Rata – rata</b>			<b>12,41%</b>

Dari data diatas dapat diketahui kapasitas impor akrolein pada tahun 2027 yakni :

$$\begin{aligned}
 M &= P (1 + i)^n \\
 &= 13.593,87 \times (1 + 0,1240)^6 \\
 &= 27.426,54 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Kegiatan ekspor dapat memperlancar kinerja dari suatu pabrik, dimana secara umum diasumsikan besarnya jumlah produk yang diekspor sekitar 40-60%. Maka dari itu pada pra rencana pabrik ini diasumsikan nilai ekspor sebesar 60% dari kapasitas pabrik baru yang bertujuan untuk menambah devisa negara, sehingga mengurangi jumlah impor, maka:

$$M_{\text{ekspor}} = 0,6 M \dots\dots\dots(1.2)$$

Dengan menggunakan rumus di atas dapat diperoleh kapasitas pabrik akrolein di tahun 2027 yang dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

Sehingga kapasitas produksi pada pabrik baru,

$$\text{Kapasitas pabrik baru (M)} = M_{\text{ekspor}} + M_{\text{impor}}$$

$$M = 0,6M + 27426,54511$$

$$0,4M = 27426,54511$$

$$M = 69986,04$$

$$M = 70000 \text{ ton/tahun}$$

Didasarkan pada ketersediaan bahan baku dan permintaan ekspor luar negeri yang besar, maka diperoleh kapasitas produksi pada tahun 2027 adalah sebesar 70.000 ton/tahun.

### **1.6. Penentuan Lokasi Pabrik**

Penentuan lokasi pendirian pabrik sangatlah menentukan dalam perkembangan dan keberlangsungan industri pada masa kini dan pada masa mendatang. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya faktor lokasi pabrik tersebut beroperasi. Faktor lokasi meliputi biaya produksi dan distribusi serta pertimbangan sosial dan budaya masyarakat sekitar. Berikut beberapa faktor yang digunakan untuk penentuan lokasi pabrik:

#### **1. Faktor utama:**

##### **A. Penyediaan bahan baku**

Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan terkait bahan baku yaitu:

- Letak sumber bahan baku
- Kualitas bahan baku yang ada
- Kapasitas sumber bahan baku
- Cara mendapatkan bahan baku serta pendistribusiannya

##### **B. Pemasaran**

Beberapa hal yang harus diperhatikan terkait dengan pemasaran yaitu:

- Tempat pemasaran produk
- Kemampuan daya serap pasar serta prospek pasar di masa yang akan datang
- Pengaruh yang ditimbulkan pada persaingan
- Jarak antara lokasi pabrik dengan daerah pemasaran serta cara pendistribusian produk pada daerah tersebut

##### **C. Tenaga listrik dan bahan bakar**

Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait tenaga listrik dan bahan bakar yaitu:

- Ada tidaknya sumber tenaga listrik dan jumlah tenaga listrik
- Memungkinkan atau tidak pengadaan listrik serta bahan bakar
- Besarnya harga listrik dan bahan bakar
- Memungkinkan atau tidak pengadaan listrik dari PLN ( Pusat Listrik Negara )
- Letak sumber penyedia bahan bakar

#### D. Ketersediaan air

Air dapat didapatkan dari beberapa sumber, yaitu:

- Air sungai atau sumber air
- Air kawasan industri
- Perusahaan air minum (PDAM)

Beberapa hal yang harus diperhatikan pada pemilihan sumber air :

- Kemampuan sumber air dalam pemenuhan kebutuhan pabrik
- Kualitas air yang terdapat pada sumber air
- Pengaruh musim terhadap ketersediaan air

#### E. Iklim

Hal-hal yang harus diperhatikan terkait dengan iklim yaitu:

- Keadaan alam yang dapat berpengaruh pada tinggi rendahnya investasi pada pembangunan pabrik
- Kelembaban serta temperatur udara
- Kondisi geografis pada lokasi pendirian pabrik

### 2. Faktor khusus:

#### A. Transportasi

Meliputi transportasi bahan baku, bahan bakar, dan pendistribusian produk yang dihasilkan. Selain itu terdapat beberapa terkait fasilitas lain yakni jalan raya, sungai dan laut yang dapat dilalui transportasi yang ada.

#### B. Tenaga kerja

Berikut hal-hal yang harus diperhatikan yaitu:

- Tingkat penghasilan tenaga kerja pada daerah tersebut
- Perburuhan dan serikat buruh
- Mudah atau sukarnya mendapatkan tenaga kerja di lokasi pendirian pabrik

#### C. Peraturan dan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu ditinjau:

- Peraturan terkait daerah industri
- Peraturan terkait jalan umum yang ada
- Peraturan terkait jalan umum bagi industri yang ada di daerah tersebut

#### D. Karakteristik lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu:

- Kondisi geografis lokasi pendirian pabrik
- Harga tanah
- Ketersediaan tanah serta dan fasilitas yang digunakan untuk perluasan pabrik
- Kondisi jalan serta pengaruh air

E. Faktor lingkungan

Faktor lingkungan yang perlu diperhatikan:

- Adat istiadat pada daerah sekitar lokasi pabrik
- Ada tidaknya fasilitas perumahan, tempat ibadah, poliklinik, dan sekolah
- Fasilitas tempat hiburan dan biayanya

F. Pembuangan limbah

Merupakan usaha yang dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah pabrik berupa gas, cair, maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

Didasarkan pada factor di atas, maka pembangunan pabrik Akrolein akan didirikan di Kawasan Industri Estate Cilegon, Gunung Sugih, Kecamatan Ciwandan, Cilegon, Banten. Pemilihan lokasi ini bertujuan agar mendapat keuntungan dari segi teknis maupun ekonomis. Ada beberapa faktor pemilihan lokasi pabrik di Kawasan Industri Estate Cilegon yang meliputi:

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku utama berupa propilen yang digunakan dalam produksi akrolein dapat diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, Cilegon yang memiliki kapasitas 600.000 ton/tahun, sedangkan udara diperoleh langsung dari lingkungan.

2. Transportasi

Sarana transportasi pada daerah kawasan ini sangatlah mudah diakses baik darat ataupun laut karena tersedianya jalan tol serta pelabuhan yang dekat dengan lokasi pabrik yang akan direncanakan.

3. Utilitas

Kebutuhan pendukung seperti air, energi dan bahan bakar di lingkungan kawasan Industri Estate, Cilegon, Banten tersedia cukup memadai. Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai Cidanau. Kebutuhan energi listrik dipenuhi oleh PT. PLN Rayon Cilegon. Dan kebutuhan bahan bakar berupa solar untuk menjalankan generator diperoleh dari Pertamina.

#### 4. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja dapat tercukupi dari masyarakat sekitar maupun dari berbagai daerah di Indonesia.

#### 5. Biaya untuk Tanah

Ketersediaan tanah pada lokasi pabrik cukup luas dengan harga yang terjangkau



**Gambar 1.1.** Peta Negara Indonesia



**Gambar 1.2.** Peta Wilayah Banten



**Gambar 1.3.** Peta Lokasi Pabrik Akrolein di Kawasan Industri Estate Cilegon, Gunung Sugih, Kecamatan Ciwandan, Cilegon, Banten