

---

---

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Memasuki era perdagangan bebas Indonesia dituntut untuk mampu bersaing dengan negara lain dalam bidang industri. Perkembangan industri di Indonesia sangat berpengaruh pada ketahanan ekonomi Indonesia yang akan menghadapi banyak kendala di era pasar bebas nanti. Sektor industri kimia banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan kita pada produk impor maupun untuk menambah devisa negara sangat diperlukan, salah satunya dengan pembangunan pabrik *cyclohexane*.

*Cyclohexane* merupakan senyawa organik yang termasuk dalam senyawa turunan dari *benzene*. *Cyclohexane* yang mempunyai rumus molekul  $C_6H_{12}$  berwujud cair pada temperatur kamar dan tekanan atmosfer. Konsumen utama *cyclohexane* adalah industri *adipic acid* untuk *nylon-66*, 54 %; *caprolactam* untuk *nylon-6*, 39 %, lain-lain, meliputi bahan pelarut, bahan insektisida dan *plasticizers*, 7 %.

Proyeksi kebutuhan *cyclohexane* global semakin meningkat dari tahun ke tahun. Padat tahun 1999 kebutuhan dibutuhkan sekitar 1.500.000 ton, tahun 2000 sekitar 1.600.000 ton, tahun 2004 sekitar 1.700.000 ton.

(sumber: [www.the-innovation-group.com/ChemProfiles](http://www.the-innovation-group.com/ChemProfiles)).

Sedangkan di Asia saja diproyeksikan bahwa kebutuhan akan *cyclohexane* mencapai 226.000 ton pada tahun 2007, meliputi China, Thailand, Indonesia, Singapura, Korea, Taiwan, dan India. Sehingga pendirian pabrik ini, utamanya adalah untuk memenuhi kebutuhan ekspor selain kebutuhan dalam negeri sendiri.

(Sumber : [www.research.uobkayhian.com](http://www.research.uobkayhian.com))

Selain pertimbangan di atas, pendirian pabrik ini juga didasarkan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Menciptakan lapangan kerja baru, yang berarti turut mengurangi jumlah pengangguran.
2. Memacu pertumbuhan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku *cyclohexane*.
3. Mengurangi ketergantungan pada negara asing.
4. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara.
5. Meningkatkan kualitas sumber daya manusia Indonesia lewat alih teknologi.

## 1.2. Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik *cyclohexane* yang akan didirikan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

### 1.2.1. Kebutuhan Produk Cyclohexane

Dari perkembangan akan kebutuhan bahan baku *cyclohexane*, proyeksi kebutuhan Asia beberapa tahun mendatang, diperkirakan akan mengalami peningkatan. Hal ini bisa dilihat pada tabel data *Net Balance Cyclohexane* di Asia berikut ini :

Tabel 1.1. Data kebutuhan *Cyclohexane* di Asia

Kton	2002	2003	2007F	2012F
Thailand	-91	-89	-124	-124
China	-21	-34	-70	-11
Net 5 Negara*	134	58	-32	-237
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>-65</b>	<b>-226</b>	<b>-372</b>

\* *Singapura, Indonesia, Korea, Taiwan, India*

(Sumber : [www.research.uobkayhian.com](http://www.research.uobkayhian.com) )

Untuk saat ini di Indonesia masih mengimpor *cyclohexane* dari negara seperti Amerika Serikat, Singapura, Belgia, dan Korea Selatan. Jumlah impor untuk *cyclohexane* dari tahun 1998-2002 terlihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2. Kebutuhan impor *Cyclohexane* Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
1998	481
1999	16635
2000	555
2001	136
2002	63

(Sumber BPS 2002)

### 1.2.2. Kapasitas Pabrik Yang Telah Ada

Secara komersial, kapasitas pabrik *cyclohexane* memberikan keuntungan adalah 25.0000 ton/th ( diproduksi oleh Koch, Corpus Christi , TX ) sampai dengan 75.000 ton/th

(sumber: [www.the-innovation-group.com/ChemProfiles](http://www.the-innovation-group.com/ChemProfiles)).

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka direncanakan pendirian pabrik dengan kapasitas 70.000 ton/th.

### 1.3. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik, terutama pada aspek-aspek ekonomisnya. Setelah mempelajari dan menimbang beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik, maka ditetapkan lokasi pabrik *cyclohexane* tersebut di daerah Cikarang, Jawa Barat.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik ini, antara lain :

---

---

## 1. Faktor Primer

### a. Bahan Baku

Bahan Baku memegang peranan penting, dimana dalam proses produksi pabrik sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku ini. Lokasi pabrik yang dekat dengan bahan baku akan lebih menguntungkan. Untuk bahan baku tersebut tidak perlu didatangkan dari luar negeri, tetapi dapat dipenuhi dari dalam negeri, yaitu dari PT. Air Product Indonesia yang berlokasi di Cikarang untuk *hydrogen* dan PT. Pertamina Cilacap untuk *benzene*.

### b. Pemasaran

*Cyclohexane* merupakan produk intermediate yang memiliki penggunaan cukup luas. *Cyclohexane* banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan *adipic acid* yang nantinya diproses menjadi *nylon 66*, *caprolactam* yang diproses menjadi *nylon 6*, *cyclohexanone* yang diproses menjadi *nylon 12*. Selain itu *cyclohexane* dapat digunakan sebagai solvent bahan insektisida, dan *plasticizer*.

### c. Utilitas

Cikarang merupakan kawasan industri yang telah dilengkapi dengan sarana air dan listrik. Air dapat diperoleh dari PT. Kawasan Industri Jababeka, Tbk.. Listrik dapat diperoleh dari PT. Cikarang Litrindo.

### d. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun dari luar lokasi pabrik, mengingat Pulau Jawa merupakan wilayah yang banyak terdapat lembaga pendidikan yang menghasilkan tenaga ahli. Kepadatan penduduk yang tinggi akan memudahkan pencarian tenaga bukan ahli.

---

---

e. Transportasi

Cikarang yang ditetapkan sebagai kawasan industri terpadu telah dilengkapi dengan sarana transportasi yang sangat memadai, baik transportasi darat maupun laut.

2. Faktor Sekunder

a. Buangan Pabrik.

Buangan pabrik ini berasal dari buangan gas yang tidak berbahaya, dimana dalam limbah ini tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya berupa cairan.

b. Kebijakan Pemerintah

Cikarang merupakan kawasan industri terpadu sehingga pajak, karakter tanah, pengolahan limbah, perlindungan terhadap banjir dan pengadaan energi telah diperhitungkan dan tersedia. Di samping itu dengan diterapkannya otonomi daerah maka investasi akan sangat mendapat dukungan dari pemerintah daerah setempat.

c. Tanah dan Iklim

Tanahnya cukup datar dan stabil serta iklim yang stabil pula, sehingga kecil kemungkinan menimbulkan masalah. Selain itu tanah Cikarang masih memungkinkan pendirian pabrik baru.

d. Keadaan Lingkungan Masyarakat

Keadaan masyarakat di lingkungan lokasi pabrik akan sangat mempengaruhi pendirian suatu pabrik. Berdasarkan pengamatan di sekitar lokasi pabrik sudah terdapat fasilitas-fasilitas yang memungkinkan karyawan untuk hidup dengan layak, antara lain yaitu sarana pendidikan, sarana ibadah dan sarana kesehatan. Lokasi ini juga relatif dekat dengan Jakarta yang mempunyai fasilitas lengkap, sehingga kehidupan karyawannya lebih tenang dalam menjamin masa depan keluarganya. Sedangkan keadaan masyarakat sudah terbiasa dengan lingkungan industri, sehingga

---

---

pendirian pabrik sudah bisa diterima dan tidak ada kesulitan dalam beradaptasi.

## 1.4. Tinjauan Pustaka

### 1.4.1. Macam Proses

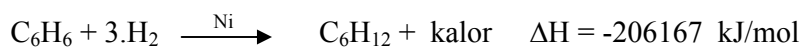
Ada beberapa macam proses dalam pembuatan *cyclohexane*, yaitu:

#### 1. *Petroleum Fractionation Process*

Pada proses ini digunakan *crude oil* sebagai bahan baku *cyclohexane* yang terkandung di dalamnya berkisar antara 0,1 – 1,0 % dipisahkan dari komponen lainnya dengan menggunakan kolom distilasi. Dengan cara ini maka produk yang dihasilkan sedikit dan impuritasnya juga lebih tinggi, sehingga proses jenis ini tidak digunakan pada skala industri . ( sumber : Kirk Othmer, 1994 )

#### 2. *Benzene Hydrogenation Process*

Pada proses *hydrogenation*, *benzene* direaksikan dengan  $H_2$  untuk menghasilkan *cyclohexane* dalam suatu reaktor *fixed bed*. Suhu reaksi antara 120-200 °C dengan tekanan 20 - 30 atm. Katalis yang digunakan adalah Ni ( *Nickel-Iron 66* ) dengan penyangga (*carrier*) *iron* dan *aluminium*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Produk *cyclohexane* yang dihasilkan mempunyai kemurnian 99,99 %.

Beberapa kelebihan dari proses ini :

- Efisiensi yang tinggi, adanya *recovery*  $H_2$ .
- Kemurnian produk tinggi
- Gas buang yang lebih rendah.
- Cocok untuk produksi dengan kapasitas besar

---

---

Dan dari uraian macam-macam proses di atas maka proses yang akan di gunakan adalah proses *benzene hydrogenation process*.

#### 1.4.2. Kegunaan produk

Konsumen utama *cyclohexane* adalah industri *adipic acid* (54%), selain itu *cyclohexane* juga digunakan untuk:

- a. *Caprolactam*
- b. *Cyclohexanone*
- c. *solvent*
- d. *insecticides*
- e. *plasticizer* ([www.the-innovation-group.com](http://www.the-innovation-group.com))

#### 1.4.3. Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk

##### 1. Bahan Baku

##### A. *Benzene*

##### 1. Sifat fisis

-berat molekul	: 78,11 g/mol
-titik didih, 1 atm	: 80,09°C
-panas pembakaran	: -317097 kJ/kmol
-panas pembentukan	: 82977 kJ/kmol
-temperatur kritis	: 288,95°C
-tekanan kritis	: 4924,39 kPa
- <i>specific volume</i>	: 0,00147 m <sup>3</sup> /kg
-densitas liquid, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 872,19 kg/m <sup>3</sup>
-C <sub>p</sub> , 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 1,5196 kJ/kg <sup>0</sup> C
-Viskositas gas, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 0,6049 cP

---

---

## 2. Sifat kimia

### - *Oxidation*

agen pengoksidasi kuat seperti permanganat atau dikromat dapat mengoksidasi *benzene* menjadi karbon dioksida dan air pada kondisi tertentu.

### - *Reduction*

*Benzene* dapat tereduksi menjadi *cyclohexane* ( $C_6H_{12}$ ), atau *cycloolefin*.

### - *Halogenation*

Tergantung kondisinya, produk substitusi atau adisi dapat diperoleh dengan menghalogenasi *benzene*. Klorin atau bromin bereaksi dengan *benzene* membentuk *chlorobenzene* atau *bromobenzene*.

### - *Sulfonation*

*Benzene* dapat terkonversi menjadi *benzenesulfonic acid* dengan *oleum* atau *klorosulfonic acid*

### - *Alkylation*

Alkilasi Friedel-Craft *benzene* dengan *ethylene* atau *propylene* menghasilkan *ethylbenzene*.

## **B. Toluene**

### 1. Sifat fisis

-berat molekul	: 92,14 g/mol
-titik didih, 1 atm	: 110,65°C
-panas pembakaran	: 50029 kJ/kmol
-panas pembentukan	: -3773650. kJ/kmol
-temperatur kritis	: 318,65°C
-tekanan kritis	: 4100,04 kPa
- <i>specific volume</i>	: 0,001157 m <sup>3</sup> /kg
-densitas liquid, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 864,24 kg/m <sup>3</sup>



---

---

-Cp,25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 1,5610 kJ/kg <sup>0</sup> C
-Viskositas gas, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 0,546 cP

## 2. Sifat kimia

### - *Oxidation*

oksigen pada fase cair dengan adanya katalis cobalt yang didukung oleh bromine dan mangan, sangat baik untuk menghasilkan asam benzoic.

### - *Substitution reaction on Methyl Group*

*Chlorination* pada 100 °C atau dengan adanya sinar ultraviolet dan *initiator* radikal bebas lainnya memberikan hasil *benzyl chloride*, *benzal chloride*, dan *benzotrichloride*.

### - *Addition reaction on the Aromatic Ring*

*Toluene* dapat terhidrogenasi menjadi *methylcyclohexane*.

## C. *Hidrogen*

### 1. Sifat fisis

-berat molekul	: 2,02 g/mol
-titik didih,1 atm	: -252,60 °C
-panas pembakaran	: -241942 kJ/kmol
-panas pembentukan	: 0 kJ/kmol
-temperatur kritis	: -231,08 °C
-tekanan kritis	: 1906,56 kPa
- <i>specific volume</i>	: 0,0143 m <sup>3</sup> /kg
-densitas liquid, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 69,86 kg/m <sup>3</sup>
-Cp,25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 14,1030 kJ/kg <sup>0</sup> C
-Viskositas gas, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 0,0088 cP

### 2. Sifat kimia

#### - *Hydrogen-Production Reaction*

Cara utama untuk memproduksi hidrogen dalam skala industri adalah dengan *mereforming* hidrokarbon. Sedang dalam skala

---

---

laboratorium, hidrogen dihasilkan oleh reaksi asam klorida dengan logam alkali pada medium air.

- *Bonding of Hydrogen to Other Atoms*

Atom *hydrogen* dapat kehilangan 1s elektron valensinya ketika berinteraksi dengan atom lainnya, membentuk ion  $H^+$  atau sebaliknya dia mendapatkan elektron valensi untuk membentuk ion hidrida.

- *Reaction of Synthesis Gas*

Proses pembuatan *hydrogen* yang utama menghasilkan gas sintesis, yakni campuran  $H_2$  dan CO.

#### **D. Nitrogen**

##### 1. Sifat Fisis

- Rumus Molekul	: $N_2$
- Wujud	: gas
- Warna	: tak berwarna
- Berat Molekul	: 28,013 g/mol
- Titik Didih	: 77,4 K (pada 1 atm)
- Titik Beku	: 63,3 K
- Suhu Kritis	: 419 K
- Tekanan Kritis	: 33,5 atm
- Densitas	: 1,149 kg/m <sup>3</sup>

#### **E. Methane**

##### 1. Sifat fisis

-berat molekul	: 16,04 g/mol
-titik didih,1 atm	: -141,52 °C
-panas pembakaran	: - -802703 kJ/kmol
-panas pembentukan	: -74900 kJ/kmol
-temperatur kritis	: -82,45 °C
-tekanan kritis	: 4640,68 kPa

---

---

- <i>specific volume</i>	: 0,00334 m <sup>3</sup> /kg
-densitas liquid, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 299,39 kg/m <sup>3</sup>
-Cp,25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 2,2480 kJ/kg <sup>0</sup> C
-Viskositas gas, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 0,01127 cP

## 2. Sifat kimia

### - *Steam Reforming*

Adalah proses konvensional untuk menghasilkan gas sintesis dari metana. Ini melibatkan reaksi endotermis yang besar, dimana sejumlah besar uap digunakan sebagai reaktan, besarnya sebanding untuk mencegah deposisi karbon pada dinding reaktor.

### - *Carbon dioxide reforming*

*Reforming* karbon dioksida juga sangat endotermis, yang telah dipertimbangkan untuk digunakan pada akhir dekade ini

### - *Partial oxidation of methane by oxygen*

Reaksi ini sedikit eksotermis. Reaksi cepat metana dengan oksigen menghasilkan oksidasi lengkap, sehingga akan dihasilkan H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>

## 2. Produk

### A. *Cyclohexane*

#### 1. Sifat fisis

-berat molekul	: 84,17 g/mol
-titik didih,1 atm	: 80,73 °C
-panas pembakaran	: -3690650 kJ/kmol
-panas pembentukan	: -123190 kJ/kmol
-temperatur kritis	: 280,05 °C
-tekanan kritis	: 4053,00 kPa
- <i>specific volume</i>	: 0,00334 m <sup>3</sup> /kg

---

---

-densitas liquid, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 781,82 kg/m <sup>3</sup>
-C <sub>p</sub> ,25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 1,6911 kJ/kg <sup>0</sup> C
-Viskositas gas, 25 <sup>0</sup> C, 1 atm	: 0,8982 cP

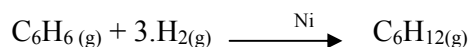
## 2. Sifat kimia

### - *Oxidation*

Oksidasi fase cair dengan udara menggunakan katalis cobalt atau asam borak menghasilkan *cyclohexanol* dan *cyclohexanone*,

### 1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Dalam pembentukan *cyclohexane* Proses *hydrogenation* ini terjadi reaksi sebagai berikut :



*Cyclohexane* bersama-sama dengan H<sub>2</sub> diumpankan ke dalam reaktor dalam fasa gas. Suhu operasi reaktor 150-200 <sup>0</sup>C dengan tekanan 20 - 30 atm. Reaksi yang terjadi sangat eksotermik sehingga perlu adanya pendinginan untuk menjaga kondisi operasi. Kinetika hidrogenasi *benzene* pada berbagai katalisator dapat terjadi pada fasa gas dan cair, keduanya merupakan orde satu dalam tekanan parsial hidrogen, orde nol untuk *benzene* dan tidak tergantung prosentase *cyclohexane*. Pada katalisator logam mulia reaksi berjalan terus bahkan pada suhu lingkungan dan pada tekanan rendah, sedangkan untuk katalisaor nikel digunakan pada tekanan yang tinggi dan suhu di atas 150<sup>0</sup>C.

Suhu reaktor harus dipertahankan dalam batas yang telah ditetapkan hal ini untuk menghindari *thermal cracking*, reaksi samping yang lain dan tetapan kesetimbangan yang tidak diinginkan yang dapat membatasi konversi *benzene*.

Pemisahan fasa gas dan cair dari produk reaktor dilakukan dengan separator terutama untuk pemisahan gas *hydrogen* yang kemudian di

---

*recycle* ke reaktor. Produk yang di *recycle* dari separator berfungsi untuk membantu dalam pengendalian suhu dalam reaktor, konversi yang diperoleh dari reaktor sebesar 99,8% ,untuk menambah *purity cyclohexane* menjadi sebesar 99,99% maka produk keluar separator diumpankan ke dalam *stripper* guna menghilangkan *impurity* yang berupa *benzene* dan *toluene* kondisi operasi untuk *stripper* diasumsikan dengan kondisi adiabatik, tidak terjadi reaksi kimia selama reaksi, dan pada kondisi gas ideal.