

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia memasuki masa globalisasi di seluruh aspek yang mana ditandai dengan perdagangan bebas dan pendirian industri-industri selaku aspek untuk terciptanya ekonomi jangka panjang yang ditujukan untuk menghasilkan struktur ekonomi yang lebih kuat serta seimbang. Perihal ini pasti memicu kita agar mencari terobosan baru terutama di zona industri yang nantinya menghasilkan produk bermutu, berdaya saing tinggi serta ramah lingkungan.

Indonesia memiliki beberapa industri yang berkembang, terutama industri kimia yang sangat disoroti pertumbuhannya. Industri kimia senantiasa tumbuh dengan luas serta berintegritas. Adapun tujuan dari pembangunan zona industri kimia salah satunya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang semakin bertambah bersamaan dengan meningkatnya kebutuhan bermacam bahan penunjang dalam industri. Maka dari itu perlu adanya pendirian pabrik – pabrik baru yang bisa memenuhi kebutuhan dalam negeri, salah satunya pabrik nitrobenzena.

Nitrobenzena ( $C_6H_5NO_2$ ) memiliki nama lain adalah *nitrobenzide*, *MNB*, *essence of myrbane*, *nitrobenzol*, *C. I. solvent black 6*, *mononitrobenzol*, *essence of mirbane*, *mirbane oil*, *oil of mirbane*, *nigrosine spirit soluble B* ataupun yang kerap diketahui melalui minyak nitrobenzol mirban, nitrobenzena merupakan senyawa yang menghasilkan nitro aromatik yaitu benzena dengan asam pemurni baik asam campuran (asam nitrat dengan katalis asam sulfat) ataupun asam nitrat saja. Senyawa ini memiliki wujud berupa cairan berwarna kuning muda serta memiliki aroma semacam buah almond, dan memiliki sifat sangat beracun apabila terhisap serta terkena kulit. Untuk membuat anilin bisa digunakan bahan baku sebagian dari nitrobenzena ( $\pm 97\%$ ) dan bisa digunakan sebagai bahan peledak, pewarna, pestisida serta selaku cairan yang melarutkan pada industri cat, sepatu, lantai, metal polishes, dan lain-lain. Indonesia memperkirakan kebutuhan nitrobenzena akan terus

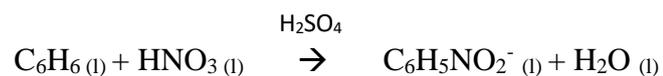
meningkat seiring perkembangan industri nitrobenzena.

Selain itu, karena nitrobenzena tidak diproduksi di dalam negeri sehingga di impor dari luar negeri seperti Amerika Serikat, Inggris, Malaysia, Jepang, dan Rusia untuk memenuhi keperluan dalam negeri. Pendirian pabrik nitrobenzena memiliki keuntungan, termasuk kemampuan yang dapat memenuhi keperluan nitrobenzena di negeri ini agar menghasilkan manfaat ekonomi dan mengurangi impor dalam negeri, harapannya bisa menghasilkan devisa negara yang meningkat.

## **I.2. Tinjauan Pustaka**

### **I.2.1 Dasar Reaksi**

Dasar reaksi pada pembuatan nitrobenzena menggunakan benzena yang direaksikan dengan asam nitrat termasuk dalam reaksi nitrasi yang mana menghasilkan nitrobenzena serta hasil lainnya seperti air. Terjadinya reaksi :

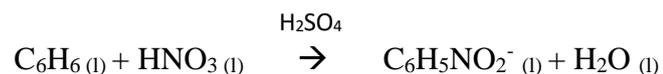


Untuk mempercepat reaksi digunakan katalis asam sulfat. Dalam reaksi nitrasi, sifat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ini mencegah  $\text{HNO}_3$  membentuk ion hidrogen dan ion nitrat tetapi hanya membentuk ion nitronium.

Dalam pembuatan nitrobenzena menggunakan benzena ini ada 2 macam proses antara lain:

1. Nitrasi Benzena dengan Asam Nitrat menggunakan katalis Asam Sulfat Fase Cair Proses Kontinyu

Pada proses ini, asam penitrasi yang digunakan adalah asam nitrat dan asam sulfat sebagai katalis dengan perbandingan 56-65 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 20-26 %  $\text{HNO}_3$ , dan 15-18%  $\text{H}_2\text{O}$ . Reaksi berlangsung pada temperatur  $50^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm, dengan waktu reaksi 15 menit. Adapun reaksi yang terjadi ialah:

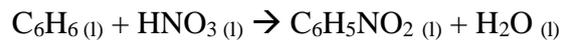


Menurut Kirk dan Othmer (1998) campuran hasil reaksi dipisahkan dengan dekanter. Hasil bawah akan dialirkan menuju evaporator untuk dipekatkan dan pemurnian dilakukan dengan proses distilasi. Dalam proses ini hasil

kemurnian dari nitrobenzena adalah sebesar 96-99 %.

## 2. Nitration Benzena dengan Asam Nitrat dengan Proses Kontinyu

Pada proses ini, asam penitrasi yang digunakan adalah asam nitrat saja dengan temperatur 110-120°C pada tekanan 1 atm. Adapun reaksi yang terjadi adalah:



Proses ini tidak ekonomis karena asam nitrat dapat terlarut dalam air yang terbentuk pada produksi nitrobenzena sehingga dapat mengurangi laju reaksi nitration. Asam nitrat akan bereaksi secara lambat dengan waktu 72 jam. Konversi yang diperoleh dari reaksi ini 98%. Proses ini membutuhkan asam nitrat dalam jumlah berlebih untuk menghasilkan nitrobenzena dalam jumlah yang sama jika dibandingkan dengan proses nitration menggunakan asam campuran. Karena membutuhkan bahan baku yang lebih banyak, maka ukuran alat yang dibutuhkan di proses ini jauh lebih besar (Ross, 1956).

### I.2.2 Pemilihan Proses

Nitrobenzena diproduksi secara umum dengan nitration secara langsung benzena dengan menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat atau dengan asam nitrat saja. Namun secara komersial yang digunakan adalah campuran asam nitrat dan asam sulfat. Karena kedua fase yang berasal dari pencampuran reaksi dan reaktan terdistribusi antara keduanya.

Tabel I.1 Perbandingan Pemilihan Proses

No	Parameter	Melibatkan Katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (A)	Tanpa Melibatkan Katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (B)	Nilai	
				A	B
1	Fase	Cair-Cair	Gas-Gas	***	***
2	Tekanan	1 atm	2 atm	***	***
3	Temperatur	50°C	110°-120°C	***	**
4	Katalis	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	**	***
5	Waktu	15 menit	74 jam	****	*
6	Konversi	98%	98%	****	****
7	Rasio bahan	1 : 2,08	1 : 1,21	**	***

	baku				
8	Operasional produksi	Lebih rendah untuk sekali produksi	Lebih tinggi untuk sekali produksi	****	**
TOTAL NILAI				25	21

Keterangan

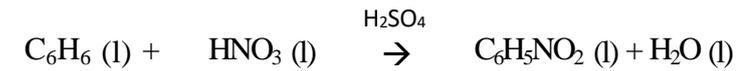
- \* : Tidak menguntungkan
- \*\* : Cukup menguntungkan
- \*\*\* : Menguntungkan
- \*\*\*\* : Sangat menguntungkan

Berdasarkan perbandingan tersebut, maka dipilihlah Proses Nitration Benzena dengan Asam Nitrat menggunakan katalis Asam Sulfat Fase Cair dalam perancangan karena suhu yang digunakan lebih rendah, waktu reaksi yang cepat serta operasional produksi lebih rendah untuk sekali produksi.

### I.3. Tinjauan Kinetika Reaksi dan Termodinamika

#### I.3.1 Tinjauan Kinetika

Dilihat dari segi kinetika bisa menggunakan laju reaksi sebagai berikut:



$$-r_A = k \cdot C_a \cdot C_b$$

$$-r_A = \frac{dC_a}{dt}$$

Dimana :  $-r_A$  = laju reaksi pembentukan nitrobenzene (kmol/m<sup>3</sup>.jam)

$K$  = konstanta kecepatan reaksi (m<sup>3</sup>/kmol.jam)

$C_A$  = konsentrasi benzene (kmol/m<sup>3</sup>)

$C_B$  = konsentrasi asam nitrat (kmol/m<sup>3</sup>)

$t$  = waktu reaksi (jam)

Dari neraca mol untuk RATB *steady state* :

$$-r_A = k \cdot C_a C_b$$

$$C_a = C_{ao}(1 - X_a)$$

$$C_b = C_{bo} - (C_{ao} \cdot X_a)$$

Input – output + reaksi = akumulasi

$$Fv \cdot C_{ao} - Fv \cdot C_a + (-r_A) \cdot V = 0$$

$$Fv \cdot C_{ao} - Fv \cdot C_{ao}(1 - X_a) + (-r_A) \cdot V = 0$$

$$Fv \cdot C_{ao} - Fv \cdot C_{ao} - Fv \cdot C_{ao} \cdot X_a + (-r_A) \cdot V = 0$$

$$Fv \cdot C_{ao} \cdot X_a = (-r_A) \cdot V$$

$$\frac{Fv}{V} C_{ao} \cdot X_a = (-r_A)$$

$$t = C_{ao} \cdot X_a = (-r_A)$$

$$t = \frac{C_{ao} \cdot X_a}{(-r_A)}$$

Untuk mencari nilai k dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\ln \frac{1-X_B}{1-X_A} = \ln \frac{M-X_A}{M(1-X_A)} = \ln \frac{C_{BC_{A0}}}{C_{B0}C_A} = \ln \frac{C_B}{MC_A}$$

$$= C_{A0} (M - 1)kt = (C_{B0} - C_{A0})kt, \quad M \neq 1$$

Dimana:

$$E = 14.000 \text{ kal/mol}$$

$$R = 1,987 \text{ kal/mol K}$$

$$T = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$A = 26,22 \text{ mol/l.jam}$$

Dengan memasukkan data-data ke dalam persamaan maka diperoleh konstanta laju reaksi :

$$k = 81,97259 \text{ L/mol.jam}$$

(Hougen et. al, 1954)

### I.3.2 Tinjauan Termodinamika

Reaksi pembentukan nitrobenzena jika ditinjau secara termodinamika dengan harga nilai  $\Delta H_f^{298}$  untuk setiap komponen ditunjukkan dalam Tabel I.2.

Tabel I.2 Harga  $\Delta H_f^{298}$  untuk setiap komponen

Komponen	$\Delta H_f^{298}$ (kJ/mol)
Benzena	82,930
Asam Nitrat	-135,100
Nitrobenzena	67,600
Air	-241,800

(Yaws, 1999)

$$\Delta H_f^{298} \text{ reaksi} = \Delta H_f^{298} \text{ produk} - \Delta H_f^{298} \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_f^{298} \text{ reaksi} = (67,600 + (-241,800)) - (82,930 + (-135,100))$$

$$= -122,030 \text{ (kJ/kmol)}$$

Harga  $\Delta H_f^{298}$  bernilai negatif, maka dapat disimpulkan bahwa reaksi nitrasi adalah reaksi eksotermis. Agar dapat mengetahui sifat reaksi bolak balik atau satu arah bisa melihat pada harga kesetimbangan kimia yang terpengaruh oleh energi bebas Gibbs dengan data ditunjukkan dalam Tabel I.3.

Tabel I.3 Data Energi Bebas Gibbs

Komponen	$\Delta G_{298}$ (kJ/mol)
Benzena	129,660
Asam Nitrat	-74,700
Nitrobenzena	158,000
Air	-228,600

(Yaws, 1999)

$$\Delta G_{298} = \Delta G_{298} \text{ produk} - \Delta G_{298} \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{298} &= (158,000 + (-228,600)) - (129,660 + (-74,700)) \\ &= -125,560 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\Delta G_{298} = -RT \ln K$$

$$\begin{aligned} \ln K &= \frac{\Delta G}{-RT} \\ &= \frac{-125.560 \text{ kJ/kmol}}{-8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} \cdot 298} \end{aligned}$$

$$\ln K = 50,67$$

$$K_{298} = 1,022 \cdot 10^{22}$$

Pada T 50°C = 323 K

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = \frac{-\Delta H}{R} \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\ln \frac{K}{8,5393 \cdot 10^{20}} = \frac{-122,030}{8,314} \left[ \frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\ln \frac{K}{8,5393 \cdot 10^{20}} = \frac{-122,030}{8,314} \times \left[ \frac{323 - 298}{323 \times 298} \right] = -8,322$$

$$\ln K - \ln 8,5393 \cdot 10^{20} = -8,322$$

$$\ln K - 50,67 = -8,322$$

$$\ln K = -8,322 + 50,67$$

$$= 42,348$$

$$K = 2,463 \cdot 10^{18}$$

Dapat dilihat untuk nilai K reaksi di atas sangatlah besar, maka mengindikasikan reaksi bersifat searah (*irreversible*).

(Smith and Van Ness, 1996)

#### **I.4. Kegunaan Produk**

Secara umum Nitrobenzena dapat digunakan untuk beberapa hal sebagai berikut:

1. Sebagai bahan baku pembuatan anilin. Dalam bidang industri anilin digunakan untuk bahan tambahan pembuatan bahan peledak, pewarna, *stabilizer* pestisida, dan karet sintesis. Sedangkan dalam bidang industri farmasi, nitrobenzena digunakan sebagai bahan pembuatan parasetamol.
2. Sebagai bahan pembuatan *Para-aminophenol* (PAP) yang digunakan dalam produksi asetaminofen yang merupakan analgesic, *dyestuffs*, dan resin.
3. Pada reaksi *Friedel-Crafts*, nitrobenzena digunakan sebagai pelarut aluminium klorida.
4. Nitrobenzena dapat digunakan dalam pembuatan benzidin dengan mereduksi nitrobenzena dengan seng dan aluminium hidroksida. Kegunaan dari benzidine adalah untuk bahan pembuatan zat pewarna (pewarna pada kulit, industri tekstil, dan kertas).

(Kirk & Othmer, 1999)

#### **I.5. Penentuan Kapasitas Pabrik**

##### **I.5.1 Data Impor Kebutuhan Nitrobenzene dalam Negeri**

###### **a. Data Impor**

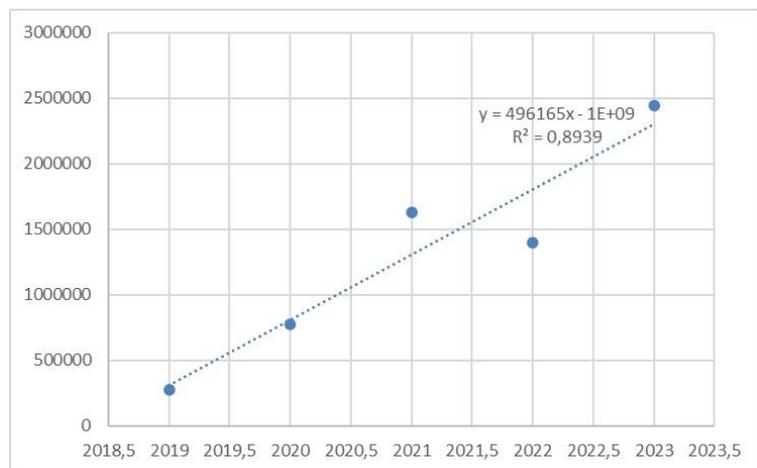
Untuk dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maka perlu adanya produksi nitrobenzena di Indonesia. Berikut ini tabel yang menunjukkan impor nitrobenzena pada dari tahun 2019 hingga 2023.

Tabel I.4 Data Impor Nitrobenzena

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2019	277,430
2020	774,715
2021	1.632,392
2022	1.400,168
2023	2.445,527

(Badan Pusat Statistik, 2024)

Dari data impor tersebut, maka diperoleh grafik linear antara data tahun yang terletak pada sumbu x dan data impor yang terletak pada sumbu y, dapat dilihat grafik berikut pada Gambar I.1



Gambar I.1 Grafik Kebutuhan Impor Nitrobenzena

Perkiraan impor nitrobenzen di Indonesia pada tahun mendatang ditentukan dengan menggunakan persamaan  $y = 496165x - 1E+09$ , dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah besaran impor nitrobenzen. Berdasarkan pada persamaan tersebut diperkirakan pada tahun 2029 kebutuhan impor nitrobenzen di Indonesia sebanyak :

$$y = 496165x - 1E+09$$

$$y = 496165(2029) - 1E+09$$

$$y = 6.718,785 \text{ ton/th}$$

Tabel I.5 Data Impor Nitrobenzen di Singapura, Malaysia, Thailand, India

Tahun	Impor (ton)			
	Singapura	Malaysia	Thailand	India
2019	-	13.808,317	-	69.035,115
2020	10.868,986	14.605,663	3.421,104	-
2021	-	9.262,924	3.343,440	60.031,920
2022	7.772,543	7.747,318	2.913,281	-
2023	-	7.941,391	-	-

(sumber : comtrade.un.org)

Berdasarkan data impor dari beberapa negara yang diperoleh dari comtrade.un.org, maka diperoleh rata-rata impor selama 5 tahun terakhir adalah 42.150 ton.

### I.5.2 Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Pada penentuan kapasitas pabrik yang akan berdiri salah satunya dipengaruhi oleh kapasitas pabrik nitrobenzen yang sudah beroperasi. Produksi nitrobenzen di dunia dapat dilihat pada tabel I.6.

Tabel I.6 Produksi nitrobenzena di dunia

Pabrik	Jumlah Produksi (ton)
BASF SE, Germany	400.000
BASH, Geismar, La	300.000
First Chemical, Pascagoula, Miss	250.000
Wanhua, China	240.000
Dupont, Beaumont, Tx.	190.000
Mitsui Chemicals Japan	60.000
Bayer, Rio de Janeiro, Brazil	32.000

(Sumber : Global Chemical icis.com; wanhua 2020)

Berdasarkan analisis data impor di Indonesia dan hasil rata-rata dari beberapa negara terdekat di 5 tahun terakhir, maka peluang pabrik akan dibangun di Indonesia pada tahun 2029 sebesar 50.000 ton/th. Hal ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga kebutuhan luar negeri. Selain itu, pabrik nitrobenzene dengan kapasitas 50.000 ton/th sudah layak didirikan, karena sudah di atas minimal kapasitas pabrik yang telah berdiri.

### I.6. Pemilihan Lokasi Pabrik

Dalam melakukan pemilihan lokasi pabrik dibutuhkan pertimbangan yang matang baik dari segi ekonomi maupun teknis, hal ini akan sangat

berpengaruh dalam keberlangsungan pembangunan dan beroperasinya pabrik dalam waktu yang lama. Berdasarkan pada pertimbangan tertentu, pabrik nitrobenzen dengan kapasitas 50.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Cikampek, Jawa Barat.

Pemilihan lokasi ini didasarkan pada beberapa faktor, di antaranya:

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku pembuatan nitrobenzen berasal dari benzena dan asam campuran yang terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat. Bahan-bahan tersebut diperoleh dari berbagai pabrik yang letaknya tidak begitu jauh dari lokasi pabrik. Dimana benzena diperoleh dari PT Pertamina UP IV Cilacap, asam nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia di Cikampek, untuk asam sulfat diperoleh dari PT. *Indonesian Acid Industry* di Jakarta.

2. Pemasaran produk

Produk Nitrobenzena dapat dipasarkan ke industri-industri seperti PT. Priskila Prima Makmur, PT. Lion Wings dan PT. Unilever Indonesia. Selain itu, produk juga dapat diekspor ke luar negeri karena tersedianya sarana transportasi. Hal ini dikarenakan akses transportasi yang sangat memadai baik melalui jalur darat maupun melalui jalur laut.

3. Utilitas

Utilitas yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik meliputi air, tenaga listrik, dan bahan bakar. Kebutuhan listrik akan disuplai dari PT PLN yang sudah ada di kawasan Industri ini. Begitu juga dengan air yang diperoleh dari Sungai Citarum.

4. Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja ahli untuk pengoperasian alat-alat industri harus dipertimbangkan. Untuk tenaga kerja ahli dipenuhi dari alumni perguruan tinggi, sedangkan untuk tenaga kerja non ahli dapat diambil dari daerah sekitar pabrik untuk mengurangi pengangguran dan beberapa pekerja asing yang sudah berpengalaman.

#### 5. Transportasi

Dalam hal transportasi, Cikampek juga didorong oleh pemerintah sejak beberapa tahun terakhir sebagai kawasan industri baru yang akan terkoneksi dengan berbagai macam moda transportasi mulai dari akses jalan raya, jalan tol, jalur kereta api Jakarta-Bandung, Bandara Internasional Kertajati, dan akses pelabuhan Patimban. Memiliki berbagai macam moda transportasi akan memudahkan proses pengiriman dan menghemat biaya pengiriman barang.

#### 6. Perizinan pendirian pabrik

Daerah yang dipilih merupakan kawasan pembangunan khusus pabrik sehingga untuk pembangunan dan perluasan pabrik dapat lebih mudah.