

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan pada dunia industri di Indonesia bertujuan untuk mewujudkan masyarakat yang adil dan makmur berdasarkan Pancasila. Untuk itu pemerintah telah melaksanakan pembangunan disegala bidang, baik fisik atau non-fisik. Salah satu perkembangan pembangunan itu adalah pembangunan industri di Indonesia. Khususnya industri kimia berkembang pesat dari tahun ke tahun dan Indonesia sebagai salah satu negara yang berkembang pesat. Sejalan dengan perkembangan waktu hal tersebut maka kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang untuk industri kimia akan semakin meningkat.

Industri kimia belakangan ini terus berkembang secara terintegrasi. Perkembangan industri hilir dan juga industri bahan setengah jadi yang pesat selama ini merupakan pendorong dibangunnya industri-industri hulu. Selain ini, kebutuhan bahan baku dalam sektor industri saling terkait. Pembangunan industri kimia harus setabil dengan industri hulu yang merupakan penyedia bahan baku, dengan industri hilir yang akan memproses bahan baku tersebut menjadi produk.

Pertama kali Isopropil Alkohol di produksi pada tahun 1930 oleh Standard Oil of New Jersey, USA. Isopropil Alkohol ini di buat dengan cara mereaksikan propilen dan air. Hal ini juga merupakan contoh pertama pembuatan pabrik Isopropil Alkohol dalam negeri pertama. Selanjutnya, Isopropil Alkohol juga sudah di produksi di beberapa negara seperti Jerman, Inggris, Jepang, Dll.

Isopropil Alkohol adalah jenis alkohol terbesar ke dua yang di produksi setelah metanol. Hingga saat ini, produksi Isopropil Alkohol terus berkembang dengan proses yang terus maju. Isopropil Alkohol yaitu alkohol sekunder yang dikenal sebagai nama lain seperti Isopropil Alkohol, 2-Propanol, 2-Hidroksil Propan, Sec-Propanol, dan sering disingkat dengan nama IPA. Isopropil Alkohol pada 25°C yang berwujud cair dan tidak berwarna.

Oleh karena itu atas dasar pertimbangan yang telah dijabarkan diatas, maka pabrik Isopropil Alkohol layak didirikan di Indonesia dengan alasan :

1. Terciptanya lapangan pekerjaan baru dan serta mengurangi jumlah pengangguran di lokasi yang akan didirikan.
2. Meningkatkan pertumbuhan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku atau bahan penunjang Isopropil Alkohol.
3. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri.
4. Meningkatkan kualitas sumberdaya manusia di Indonesia.
5. Mengurangi impor dari negara lain sehingga meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

### **1.2.1 Maksud**

Maksud dari pendirian pabrik pembuatan Isopropil Alkohol adalah untuk memenuhi kebutuhan Isopropil Alkohol dalam negeri dan juga di harapkan dapat memenuhi pasar luar negeri, sehingga dapat membantu meningkatkan devisa negara.

### **1.2.2 Tujuan**

Adapun tujuan dari pendirian pabrik pembuatan Isopropil Alkohol ini antara lain adalah :

1. Penerapan teknologi proses di bidang teknik kimia perancangan pabrik.
2. Mengurangi ketergantungan pada negara asing.
3. Menciptakan lapangan kerja baru, dalam hal ini juga mengurangi jumlah pengangguran.
4. Memacu pertumbuhan-pertumbuhan industri baru yang menggunakan bahan baku propilen.

## **1.3 Penentuan Kapasitas Produksi**

### **1.3.1 Kebutuhan Produk**

Kebutuhan terhadap Isopropil Alkohol di Indonesia selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun.

1. Impor dan Ekspor Isopropil Alkohol

Impor dan Ekspor Isopropil Alkohol dari tahun ke tahun terlihat pada kolom dibawah ini.

**Tabel 1.3.1** Data Kebutuhan Isopropil Alkohol di Indonesia

Jumlah Import Isopropil Alkohol			Jumlah Export Isopropil Alkohol	
Tahun	Jumlah (kg)	Pertumbuhan (%)	Jumlah (kg)	Pertumbuhan (%)
2015	26.798.786		242	
2016	29.610.428	10%	75	-69%
2017	30.617.746	3%	677	801%
2018	35.058.374	15%	40092	5822%
2019	33.700.172	-4%	19824	-51%
SUM	155.785.506	25%	60.910	6504%
AVERAGE	31.157.101	6%	12.182	1626%

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2019)

Berdasarkan data tabel di atas kebutuhan Isopropil Alkohol terus meningkat dan untuk memenuhi kebutuhan tersebut sampai saat ini Indonesia masih mengimpor, maka di perlakukan suatu usaha agar permintaan Isopropil Alkohol dapat di penuhi dengan cara mendirikan pabrik Isopropil Alkohol.

Dari kenaikan data yang diperoleh jumlah rata rata impor per tahun adalah 6%, maka diperkirakan impor isopropil alkohol pada tahun 2024 dapat di hitung dengan persamaan (Kusnajo, 2009) dibawah ini :

$$m = (P + i)^n \dots\dots\dots (1-1)$$

dimana :

- P = data import tahun 2019 (kg)
- M = jumlah produk pada tahun 2024 (kg/tahun)
- i = rata – rata kenaikan import tiap tahun (%)

n = selisih tahun (+)

Kebutuhan ekspor isopropil alkohol pada tahun 2024 dapat di hitung menggunakan rumus persamaan (Kusnarjo,2009) dibawah ini :

$$m_4 = (P + i)^n \dots\dots\dots(1-2)$$

dimana:

P = data besar ekspor tahun 2018 (kg)

i = rata – rata kenaikan import tiap tahun (diasumsikan 60%)

n = selisih tahun (-)

sehingga dapat diperkirakan import pada tahun 2024 sebesar :

$$\begin{aligned} m_5 &= P (1 + i)^n \\ &= 33.700.172 ( 1 + 6\% )^5 \\ &= 33.777.172 (1 + 0,6)^5 \\ &= 45.377.213 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Dapat diperkirakan export pada tahun 2024 sebesar :

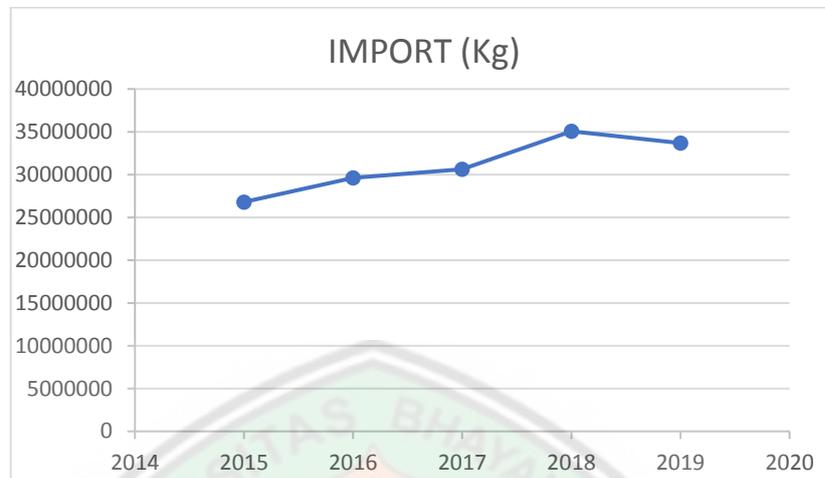
$$\begin{aligned} m_4 &= P (1 + i)^n \\ &= 19.824 ( 1 + 6\% )^5 \\ &= 19.824 ( 1 + 0,6)^5 \\ &= 26.693 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Data diatas dapat dihitung kapasitas pabrik isopropil alkohol pada tahun 2024 :

$$\begin{aligned} m_1 + m_2 + m_3 &= m_4 + m_5 \\ m_3 &= ( m_4 + m_5 ) - ( m_1 + m_2 ) \\ &= ( 45.377.213 + 26.693 ) - ( 0 + 0 ) \\ &= 45.403.906 \text{ kg/tahun} \\ &= 45.404 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan menentukan kapasitas produksi di atas maka di tetapkan produksi pabrik baru sebesar 45.403.906 kg/tahun. Dengan meningkatnya

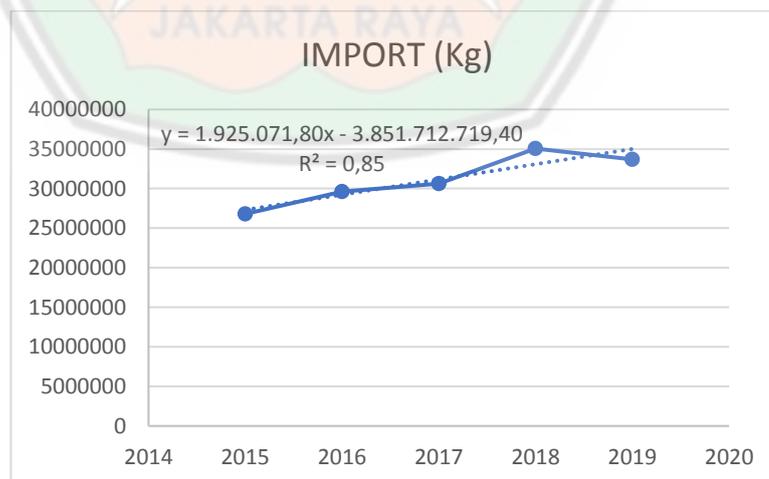
perkembangan industri Isopropil Alkohol dengan perkembangan yang bagus maka diambil kebijaksanaan kapasitas sebesar 45.404 ton/tahun.



**Grafik 1.3.1** Isopropil Alkohol (sumber bps.go.id)

### 1.3.2 Perhitungan Kapasitas Produksi

Peranan prospek pasar adalah untuk mengetahui perkembangan pasar sampai sejauh mana hasil produksi itu dibutuhkan dipasaran. Besar kecilnya pasar yang dikuasai oleh perusahaan akan berpengaruh terhadap pemasaran atau penjualan produksinya dan mempengaruhi tingkat keuntungan yang diperoleh.



**Grafik 1.3.2** Proyeksi Kebutuhan Impor Isopropil Alkohol (Ton/Tahun)

Berdasarkan data pada Tabel 1.1 maka dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat proyeksi kebutuhan pada tahun-tahun mendatang yang di hitung dengan metode Least Square. (Chiulli, 1999)

$$y = a + b(x - X)$$

$$a = Y$$

$$b = \frac{\sum(X - x)(Y - y)}{\sum(X - x)^2}$$

$$\sum(X - x)^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$\sum(X - x)(Y - y) = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}$$

Dimana:

x = Tahun

y = Konsumsi (kg per tahun)

X = Rata-rata x

Y = Rata-rata y

n = Jumlah data yang diobservasi

**Tabel 1.3.2** Data untuk Perhitungan Proyeksi Isopropil Alkohol

Tahun	X	Y	xy	x <sup>2</sup>
2015	1	26798786	26798786	1
2016	2	29610428	59220856	4
2017	3	30617746	91853238	9
2018	4	35058374	140233496	16
2019	5	33700172	168500860	25
Jumlah	15	155785506	486607236	55

$$a = Y = \frac{155785506}{5} = 31157101,2$$

$$b = \frac{\sum(X - x)(Y - y)}{\sum(X - x)^2}$$

$$\sum(X - x)(Y - y) = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}$$

$$= 486607236 - \frac{(15 \times 155785506)}{5}$$

$$= 19250718$$

$$\sum(X - x)^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$= \frac{55}{5} = 11$$

$$b = \frac{\sum(X - x)(Y - y)}{\sum(X - x)^2}$$

$$= \frac{19250718}{11} = 5250195,818$$

Jadi,

$$y = a + b(x - X)$$

$$y = 31157101,2 + 5250195,818(x - 3)$$

$$y = 31157101,2 + 5250195,818x - 15750587,45$$

Perhitungan:

Untuk kebutuhan isopropil alkohol pada tahun 2024 maka dimasukkan nilai  $x = 11$

$$y = 31157101,2 + 525019,818x - 15750587,45$$

$$y = 31157101,2 + 525019,818 (11) - 15750587,45$$

$$y = 21.181.731,75$$

Maka didapat kebutuhan Isopropil Alkohol di Indonesia pada tahun 2024 sebesar 21.181.731 ton/tahun. Berdasarkan data proyeksi kebutuhan Isopropil Alkohol pada tahun 2024 yaitu sebesar 21.181.731 ton/tahun sedangkan Indonesia belum memproduksi Isopropil Alkohol di dalam negeri, maka peluang pendirian pabrik Isopropil Alkohol sangat besar dengan kapasitas 45.404 ton/tahun. Sehingga dapat terpenuhi seluruh kebutuhan Isopropil Alkohol di Indonesia. Dari peluang kapasitas tersebut maka dipertimbangkan untuk menentukan kapasitas produksi sebesar 50.000 ton/tahun.

Kapasitas pabrik yang akan didirikan sebaiknya diatas kapasitas minimum pabrik atau dibawah maximum sama dengan kapasitas pabrik yang telah ada. Beberapa pabrik Isopropil Alkohol yang telah berdiri dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 1.3.2** Daftar Pabrik Isopropil Alkohol di Luar Negeri

<b>NO</b>	<b>Perusahaan</b>	<b>Negara</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
1	Exxon Chemical Co.	Los Angeles, Amerika	295.000
2	Shell Chemical Co.	Texas, Amerika	273.000
3	Union Carbide Corp.	Texas, Amerika	250.000
4	Mitsui Toatsu Chemical Inc.	Takaishi, Jepang	33.000
5	Nippon Petrochemical Co., Ltd.	Kawasaki, Jepang	60.000
6	Tokuyama Soda Co., Ltd.	Tokuyama, Jepang	38.000

(Sumber : Logsdon and Loke, 1996)

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka ditetapkan perancangan pabrik Isopropil Alkohol yang akan didirikan pada tahun 2024 sebesar 50.000 ton/tahun, yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya akan di ekspor.

Dari pertimbangan di atas, maka dipilih pra-rancangan pabrik pembuatan Isopropil Alkohol dari Propilen dengan kapastas 50.000 ton/tahun dengan alasan sebagai berikut :

1. Sesuai dengan perhitungan proyeksi kebutuhan Isopropil Alkohol pada tahun 2024 sebesar 21.181.731 ton/tahun, sedangkan indonesia belum memproduksi Isopropil Alkohol di dalam negeri, maka peluang pendirian pabrik Isopropil Alkohol sangat besar dengan kapasitas 45.404 ton/tahun. Sehingga dapat terpenuhi seluruh kebutuhan Isopropil Alkohol di indonesia.
2. Peluang untuk pendirian pabrik Isopropil Alkohol sangat besar meningkat fungsi dari Isopropil Alkohol itu sendiri sangat banyak.

Dengan melihat data proyeksi Isopropil Alkohol diatas maka dapat di lihat bahwa kebutuhan Isopropil Alkohol mengalami peningkatan tiap tahunnya dan kebutuhan tersebut masih dipenuhi dengan import. Oleh karena itu pabrik yang akan didirikan mempunyai peluang prospek pasar yang baik. Berdasarkan kebutuhan Isopropil Alkohol di Indonesia, maka pabrik akan mulai beroperasi pada tahun 2024 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dan akan terus meningkat setiap tahunnya sehingga dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dapat di ekspor ke luar negeri.

### 1.3.3 Tinjauan Termodinamika

Termodinamika adalah sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada  $P = 1$  dan  $T = 298$  K. Pada pembentukan Isopropil Alkohol terjadi reaksi sebagai berikut.

Harga  $\Delta H_f^\circ$  komponen menurut (Yaws, 1999) pada suhu 298 K sebagai berikut:

<b>C<sub>3</sub>H<sub>6</sub></b>	<b>= 20,42</b>	<b>kJ/mol</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>= -241,80</b>	<b>kJ/mol</b>
<b>C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH</b>	<b>= -272,59</b>	<b>kJ/mol</b>
<b>C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O</b>	<b>= 318,82</b>	<b>kJ/mol</b>

**Reaksi 1 :**

$$\Delta H_{298,15\text{ K}} = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{298,15\text{ K}} &= (\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) - (\Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_6 + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) \\ &= (-272,59) \text{ kJ/mol} - (20,42 + (-241,80)) \text{ kJ/mol} \\ &= -51,21 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Karena  $\Delta H_f^\circ_{298,15}$  bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksoterm.

**Reaksi 2 :**

$$\Delta H_{298,15\text{ K}} = \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{298,15\text{ K}} &= (\Delta H_f^\circ \text{C}_6\text{H}_{14}\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - (2 \times \Delta H_f^\circ \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) \\ &= (318,82 + (-241,80)) \text{ kJ/mol} - (2 \times (-272,59)) \text{ kJ/mol} \\ &= -15,44 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Karena  $\Delta H_f^\circ_{298}$  bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksoterm.

Harga  $\Delta G^\circ$  masing – masing komponen pada suhu 298 K sebagai berikut :

$$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} = -173,59 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O} = -228,60 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_3\text{H}_6 = 62,72 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O} = -121,88 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{\text{total}} = \Delta G_{\text{f produk}} - \Delta G_{\text{f reaktan}}$$

Dari Smith Van Ness, Equation (13.14) :

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G_f}{RT}$$

Dari Smith Van Ness, Equation (13.15) (Smith and Van Ness, 2001) :

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-\Delta H_{298}}{R(T_2 - T_1)}$$

Dengan :

- $K_1$  : Konstanta kesetimbangan pada 298 K  
 $K_2$  : Konstanta kesetimbangan pada suhu operasi  
 $T_1$  : Suhu standar (25 °C)  
 $T_2$  : Suhu operasi (140 °C)  
 $R$  : Tetapan gas ideal =  $8,314 \cdot 10^{-3}$  kJ/mol (0,008314)  
 $\Delta H_{298 K}$  : Panas reaksi standar pada 298 K

**Reaksi 1 :**

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{298} &= (\Delta G_f \text{ C}_3\text{H}_7\text{OH}) - (\Delta G_f \text{ C}_3\text{H}_6 + \Delta G_f \text{ H}_2\text{O}) \\
 &= (-173,59) - (62,72 + (-228,60)) \\
 &= -7,71 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Pada suhu 140 °C (413 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 f &= -RT \ln K \\
 K_{298} &= \exp \frac{\Delta G_f}{RT} \\
 &= \exp \frac{-(-7,71)}{0,008314 \times 298,15} \\
 &= \exp 3,110
 \end{aligned}$$

$$K_{298} = 22,42$$

Menghitung nilai K suhu operasi 413 K suhu 140 C.

$$d(\ln K) = \frac{-\Delta H_r}{RT^2} dT$$

$$\ln \frac{K_2 T_{\text{operasi}}}{K_1 298,15} = \frac{-\Delta H_{298,15}}{R} \left[ \frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{KT_{413,15}}{22,429} = \frac{-51,21}{8,314} \left[ \frac{1}{413} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\ln K =$$

$$\ln K_{T=413,15} = \exp \left( \frac{-22,429}{RT} \right)$$

$$K_{T=413,15} = 1,0057$$

Karena harga konstanta kesetimbangan kecil, maka reaksi berlangsung bolak - balik (*reversible*).

### Reaksi 2 :

$$\begin{aligned} \Delta G_{\text{total}} &= (\Delta G_f \text{ C}_3\text{H}_7\text{OH} + \Delta G_f \text{ H}_2\text{O}) - (2 \times \Delta G_f \text{ C}_3\text{H}_7\text{OH}) \\ &= (-121,88 + (-228,60)) - (2 \times (-173,59)) \\ &= - 3,30 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Pada suhu 140 C (413 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\ln K = - \frac{\Delta G_f}{RT}$$

$$K_{298} = \exp \left( \frac{\Delta G_f}{RT} \right)$$

$$= \exp \left( \frac{-(-3,30)}{0,008314 \times 298} \right)$$

$$= \exp 1,331$$

$$K_{298} = 3,786$$

Menghitung nilai K suhu operasi 413 K suhu 140 C.

$$\ln \left( \frac{K_2}{K_1} \right) = \frac{-\Delta H_f}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\frac{K_2}{K_1} = \exp \left[ \frac{-\Delta H_{298}}{R} \left( \frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{298} \right) \right]$$

$$\ln \quad =$$

$$\ln \frac{KT \ 413,15}{22,429} = \frac{-15,44}{8,314} \left[ \frac{1}{413} - \frac{1}{T298} \right]$$

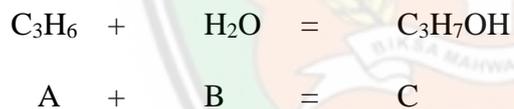
$$\ln \frac{KT \ 413,15}{22,429} = \exp \ 0,0017$$

$$K_{Toperasi} = 1,0017$$

Karena harga konstanta kesetimbangan kecil, maka reaksi berlangsung bolak - balik (*reversible*).

### 1.3.4 Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi hidrasi langsung pembentukan Isopropil Alkohol merupakan reaksi orde dua dan *reversible* dengan reaksi kimia sebagai faktor yang paling berpengaruh. Persamaan konstanta kecepatan reaksi pembentukan Isopropil Alkohol sebagai berikut (Pfeuffer, 2011) :



Rumus kecepatan reaksi :

$$-r_A = -r_B = \frac{-dCA}{dt} = \frac{-dCB}{dt}$$

$$= k. C_A C_B$$

Dimana :

$$C_A = \text{konsentrasi } C_3H_6$$

$$C_B = \text{konsentrasi } H_2O$$

$$K = 52378000 e^{-7007,92/T}$$

(Santacesaria,1987)

$$= k. C_A C_B$$

$$= 52378000 e^{-7007,92/T}$$

Oksidasi



Rumus kecepatan reaksi :

$$-r_A = -r_B = \frac{-dC_A}{dt} = \frac{-dC_B}{dt}$$

$$= k \cdot C_A C_B$$

Dimana :

$$C_A = \text{konsentrasi } C_6H_{14}O$$

$$C_B = \text{konsentrasi } H_2O$$

$$K = 393898147 e^{-3612,32763/T}$$

(Santacesaria, 1987)

Kondisi operasi dibatasi oleh suhu maksimal yang diperbolehkan.

Berkaitan dengan terbentuknya produk samping, karena pada suhu lebih dari 140 C isopropil alkohol akan banyak berkurang membentuk diisopropil eter.

Jadi, reaksi dijalankan pada suhu 140 C.

## 1.4 Penentuan Lokasi Pabrik

### 1.4.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku adalah salah satu sumber kebutuhan utama terpenting dalam keberlangsungan suatu pabrik sehingga pengadaan bahan baku harus diperhatikan. Pemilihan lokasi pabrik terlebih dahulu jika bahan yang dikonsumsi dalam jumlah besar maupun kecil, sebab sumber bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik dapat memper ringan biaya transportasi atau pengangkutan bahan. Untuk bahan baku utama pabrik Isopropil Alkohol diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical Tbk dengan kapasitas 320.000 ton/tahun yang berlokasi di Cilegon, Banten. Melalui transportasi darat dan Air Proses didapatkan dari PT Krakatau Tirta Industri.

### 1.4.2 Sarana Transportasi

Pengaruh faktor transportasi terhadap pabrik meliputi pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan. Cilegon merupakan daerah yang sangat strategis dalam hal transportasi karena dekat dengan Jakarta yang merupakan pusat pemerintah. Untuk mempermudah pengangkutan bahan baku, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan maka lokasi pabrik harus berada di daerah yang mudah dijangkau oleh kendaraan – kendaraan besar, misalnya dekat dengan bahan utama jalan raya yang menghubungkan dengan kota – kota besar, dan pelabuhan sehingga tidak perlu untuk membuat jalan khusus. Selain itu juga dekat dengan pelabuhan laut dan bandara udara, serta transportasi darat yang terhubung dengan baik ke berbagai daerah, sehingga mempermudah sistem penerimaan bahan baku dan produk maupun untuk fasilitas ekspor produk.

#### **1.4.3 Sumber Daya Manusia**

Sumber daya manusia yang dibutuhkan dapat dengan mudah diperoleh karena Cilegon merupakan kawasan industri yang sangat besar sehingga banyak tenaga kerja ahli maupun non ahli dari berbagai daerah yang datang ke kawasan Cilegon Banten.

#### **1.4.4 Kebutuhan Air dan Listrik**

Fasilitas pendukung berupa air, energi listrik, dan bahan bakar tersedia cukup memadai karena merupakan kawasan industri. Kebutuhan utilitas dapat dipenuhi oleh perusahaan penyedia jasa utilitas pabrik. Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi dari PT PLN unit PLTU Suralaya yang lokasinya tidak jauh dari kawasan industri dan generator sebagai cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan. Kebutuhan air proses dibeli dari PT Krakatau Tirta Industri (PT KTI).

#### **1.4.5 Pemilihan Lokasi Pabrik**



Pabrik Isopropil Alkohol direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten. Peta lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.4.3

Kawasan industri Cilegon, Banten dipilih sebagai lokasi berdirinya pabrik Isopropil Alkohol atas dasar pertimbangan, antara lain : ketersediaan bahan baku, pemasaran produk, transportasi, ketersediaan sumber daya manusia, serta kebutuhan air dan listrik.

## 1.5 Uraian Proses

Proses pembuatan Isopropil Alkohol ada beberapa macam berdasarkan literatur *Encyclopedia of Chemical Technology* (Logsdon and Loke, 1996) yaitu : proses hidrasi tidak langsung dan proses hidrasi langsung.

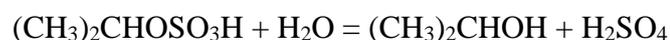
### 1. Proses hidrasi tidak langsung

Proses hidrasi tidak langsung terdiri dari 2 tahap reaksi, yaitu reaksi tahap 1 dan reaksi tahap 2.

Tahap 1 : Esterifikasi propilen dan asam sulfat membentuk isopropil hidrogen sulfat.



Tahap 2 : Hidrolisis isopropil hidrogen sulfat dan air membentuk isopropil alkohol dan asam sulfat.



Proses reaksi ini biasanya dilakukan dengan menggunakan dua reaktor yang berbeda. Proses pertama, mereaksikan propilen dan air dalam absorber menggunakan katalis asam kuat (konsentrasi asan >80%) pada suhu 20-30° C dan tekanan 1-1,2 Mpa.

## 2. Proses hidrasi langsung

Proses hidrasi langsung secara komersial ada tiga macam, yaitu proses hidrasi langsung fase gas, fase cair-gas, dan fase cair.

### a. Proses hidrasi langsung fase gas

Proses hidrasi langsung fase gas pertama dikenalkan tahun 1951 oleh ICI pada kondisi suhu dan tekanan tinggi, yaitu 230-290° C dan 20,3-25,3 Mpa dengan katalis  $WO_3-ZnO$ .

Pada tahun yang sama, diperkenalkan juga metode *Veba-Chemie*. Pada proses *Veba-Chemie*, propilen dan air di uapkan, lalu dilewatkan pada suatu *bed reactor* dengan katalis  $H_3PO_4$ . Kondisi operasi pada reaksi ini yaitu pada suhu 240-260° C dan tekanan 2,5-6,6 Mpa.

Kemurnian produk isopropil alkohol yang dihasilkan adalah 91% dan selektivitas isopropil alkohol 96%, sedangkan propilen yang bereaksi hanya 4% - 5% dan propilen dalam jumlah banyak yang tidak bereaksi di *recycle*.

### b. Proses hidrasi langsung fase cair-gas

Perusahaan *Deutsche-Texaco* mengembangkan suatu proses *trickele bed reactor* (TBR), dengan mencampurkan air dan gas propilen dimasukan ke dalam reaktor dari atas dan mengalir kebawah melalui *ion - exchanger resin*. Reaksi berlangsung pada kondisi suhu 130-160° C dan tekanan 8-10 Mpa, menghasilkan isopropil alkohol cair. Jumlah propilen yang terkonversi dari proses ini lebih dari 75% dengan selektivitas isopropil alkohol sekitar 92% - 95% dan kemurnian propilena yang dibutuhkan sebesar 92%. Selain isopropil alkohol terbentuk juga produk samping yaitu, diisopropil eter (DIPE) (Pfeuffer, B. *et all*, 2009) .

### c. Proses hidrasi langsung fase cair

Proses hidrasi fase cair dikembangkan oleh Perusahaan Tokuyama Soda dengan menggunakan katalis cair asam lemah. Bahan baku propilen cair dan air dipanaskan, lalu direaksikan dalam reaktor dengan kondisi suhu 270 °C dan tekanan 20,3 Mpa. Katalis yang terlarut kemudian di pisahkan dan di *recycle*.

Konversi reaksi terhadap propilen adalah 60% - 70% dan selektivitas isopropil alkohol pada proses ini antara 98% -99%. Kemurnian propilen yang dibutuhkan dalam proses ini adalah 95%.

Proses - proses Pembuatan Isopropil Alkohol				
Keterangan	Hidrasi tidak langsung	Hidrasi Langsung		
		Fase gas	Fase cair - gas	Fase cair
Kelebihan	suhu dan tekanan operasi lebih rendah dibanding proses hidrasi langsung.	Selektivitas tinggi	Selektivitas tinggi, kemurnian bahan baku rendah, konversi tinggi	Selektivitas tinggi, konversi tinggi
Kekurangan	Masalah korosi tinggi karena menggunakan katalis asam kuat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), Membutuhkan penanganan khusus terhadap limbah asam kuat	Konversi rendah, membutuhkan biaya operasi yang tinggi karena menggunakan alat yang tahan terhadap tekanan yang sangat tinggi	membutuhkan biaya operasi yang tinggi karena menggunakan alat yang tahan terhadap tekanan yang sangat tinggi	membutuhkan biaya operasi yang tinggi karena menggunakan alat yang tahan terhadap tekanan yang sangat tinggi
Katalis	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	WO <sub>3</sub> -Zn	Ion exchange resin	Asam Lemah
Suhu	60-65 C	230-290 C	130-160 C	270 C
Tekanan	2,5 Mpa	20,3 - 25,3 Mpa	8-10 Mpa	20,3 Mpa
Reaktor	RATB	Fixed bed	Trickle Bed	RAP
Kemurnian bahan baku	65%	99%	92%	95%
Konversi	93%	5% - 6%	>75%	60-70%
Selektivitas	98%	96%	95%	98-99%
By product	DIPE		DIPE	DIPE
PE	98,328 \$/Kgmol	226,156 \$/Kgmol	226,156 \$/Kgmol	226,156 \$/Kgmol

Dalam pemilihan proses perlu dibandingkan antara proses, berikut adalah tabel perbandingan antara proses hidrasi tidak langsung dengan hidrasi langsung (fase gas, fase cair, dan fase cair-gas).

Berdasarkan pertimbangan pada tabel 1.5, maka proses yang dipilih dalam perancangan pabrik Isopropil Alkohol dari propilen dan air adalah proses hidrasi langsung fase gas -cair. Kelebihan dari proses ini adalah memiliki selektivitas tinggi, memiliki PE tinggi dan kemurnian bahan baku propilen yang tidak terlalu tinggi meskipun direaksikan pada kondisi suhu dan tekanan yang tinggi.

### 1.5.1 Tahapan Proses

Tahapan proses pembuatan isopropil alkohol dari propilen dan air di kelompokkan dalam tiga tahapan proses, yaitu : tahap penyiapan bahan baku, tahap pembentukan isopropil alkohol, dan tahap pemurnian

### 1.5.2 Proses Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan adalah propilen dan air. Propilen yang dibeli dari PT Chandra Asri Petrochemical Tbk dan air proses dari PT Krakatau Tirta Industri.

Campuran propilen dan propan berupa umpan segar yang masuk melalui *pipe line* dan mengalir ke arus pertemuan (T-01). *Recycle* propilen dan propan dari (T-01) dengan tekanan 1 atm dan suhu 30° C mengalir ke (HE-01). Suhu campuran propilen segar dan propilen *recycle* di (T-01) menjadi 30° C. Sebelum masuk ke reaktor, campuran propilen segar dan propilen *recycle* di (T-01) di kompresi untuk menaikkan tekanan dan suhu sesuai kondisi operasi reaktor, yaitu pada tekanan 8 atm dan suhu 140° C.

Bahan baku air yang berupa umpan segar dengan tekanan 1 atm dan suhu 30° C dialirkan menggunakan pompa ke arus pertemuan (T-02). *Recycle* air dari hasil bawah menara evaporator (EV-01) dengan tekanan 1 atm dan suhu 30° C dialirkan menggunakan pompa ke (T-02). Suhu campuran air segar dan air *recycle* di (T-02) menjadi 30° C. Air masuk *heat exchanger* (HE-02) untuk dinaikkan suhunya

menjadi 140° C sesuai dengan kondisi reaktor. Kemudian air dialirkan ke reaktor menggunakan pompa yang sekaligus berfungsi menaikkan tekanan menjadi 8 atm.

### **1.5.3 Proses Reaksi Pembentukan Isopropil Alkohol**

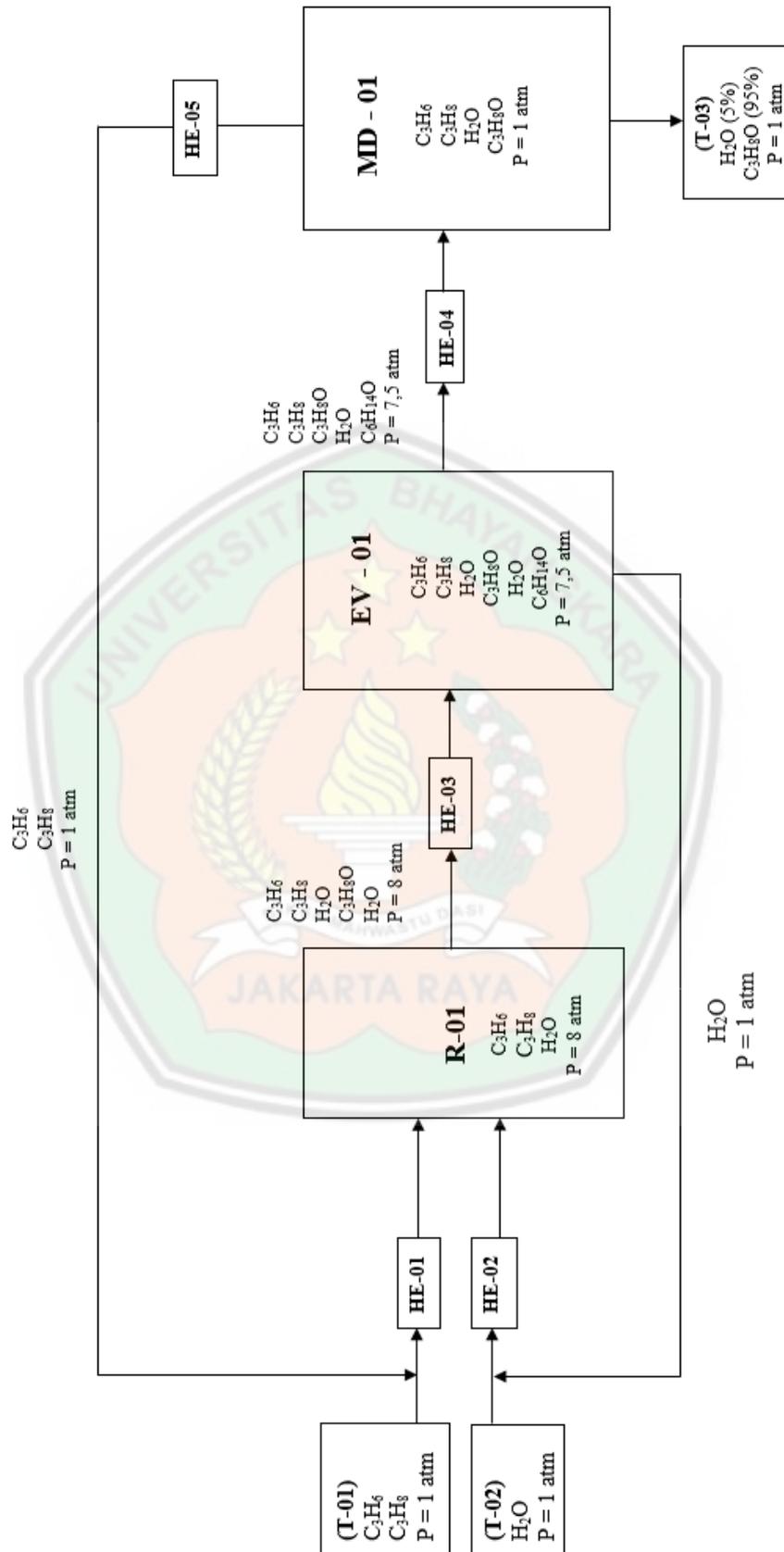
Bahan baku propilen dan air kemudian bercampur di reaktor (R-01) yang menggunakan tumpukan katalis padat Amberlyst DT jenis *cation-exchanger resin* membentuk isopropil alkohol. Perbandingan mol air dengan propilen masuk reaktor adalah 12:1. Reaktor yang digunakan adalah *reactor trickel bed* yang beroperasi pada tekanan 8 atm dan suhu 140° C.

### **1.5.4 Proses Pemisahan**

Campuran hasil reaksi dari reaktor (R-01) berupa isopropil alkohol dan diisopropil eter, serta sisa bahan baku dipisahkan dengan menggunakan *evaporator* (EV-01) pada tekanan 7,5 atm dan suhu 87° C. Keluaran (EV-01) dengan fase gas yang berupa campuran isopropil alkohol, diisopropil eter, dan air dipompa ke evaporator (MD-01), sedangkan keluaran (EV-01) air berupa fase cair mengalir ke (R-01) untuk memisahkan bahan baku berupa propilen dan propana yang akan di *recycle* ke reaktor dari komponen lainnya.

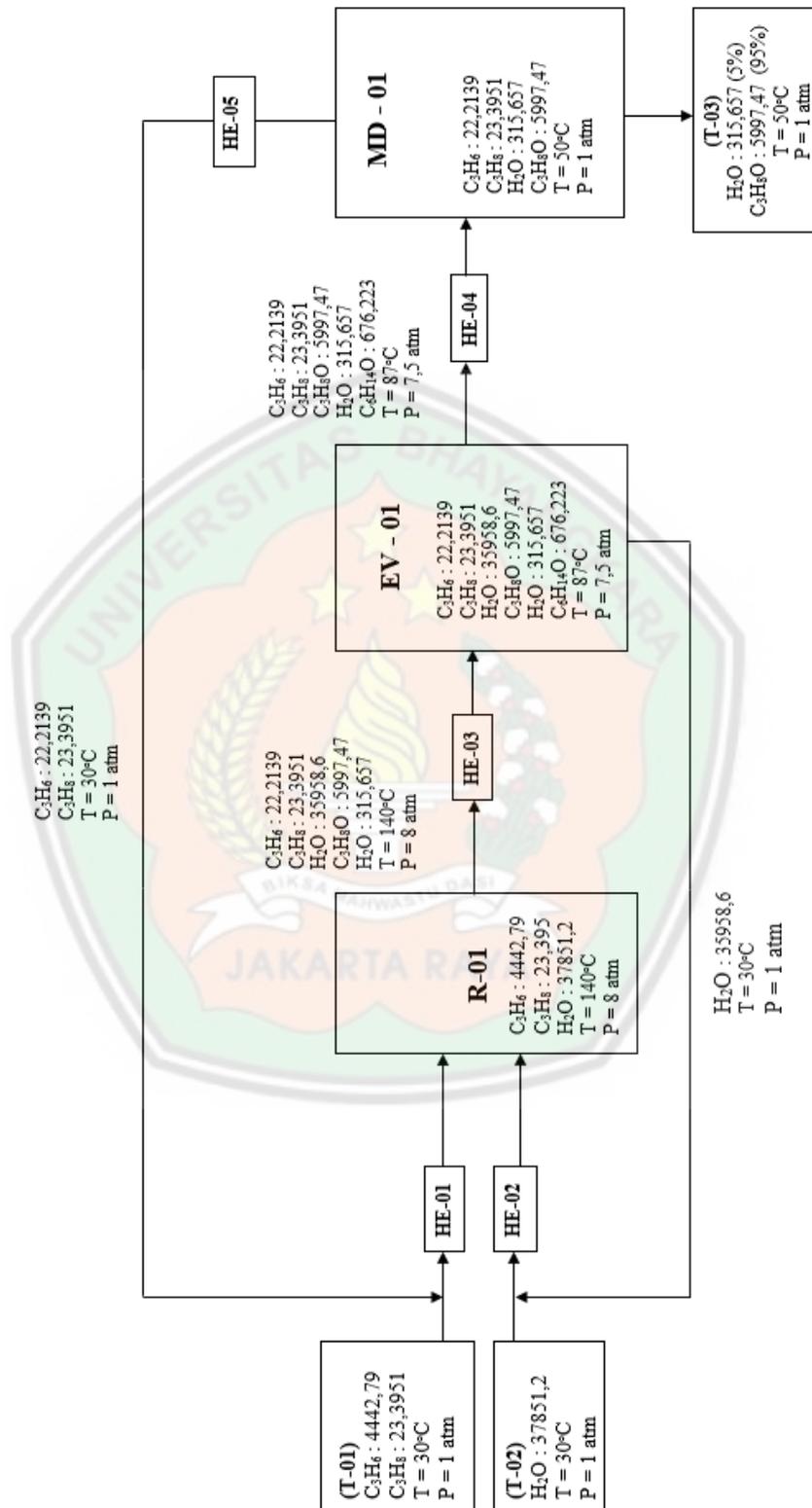
Pada (MD-01) campuran propana dan propilen dipisahkan sebagai fase gas hasil atas dan di *recycle* menuju (R-01). Sedangkan hasil atas (MD-01) berupa campuran isopropil alkohol dan air pengotor sebagai hasil bawah (MD-01) memurnikan isopropil alkohol dengan kemurnian 100% sebagai hasil bawah yang kemudian dipompa ke tangki penyimpanan isopropil alkohol (T-03).

### 1.5.5 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 1.5.5 Diagram Alir Kualitatif

### 1.5.6 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 1.5.6 Diagram Alir Kuantitatif

## 1.6 Spesifikasi Bahan Baku

### 1.6.1 Spesifikasi Bahan Baku

#### 1. Propilen ( $C_3H_6$ )

Sifat Fisik (Perry, 2008) :

Wujud (1 atm)	: Gas
Berat molekul	: 42 g/mol
Titik didih (1atm)	: -47,75 C
Titik beku (1atm)	: -185,26 C
Suhu kritis	: 97,75 C
Tekanan kritis	: 45,39 atm
Densitas	: 1,195 kg/m <sup>3</sup> (gas STP) ; 613,9 kg/m <sup>3</sup> (cair)
Viskositas	: 0,09 cP

Sifat Kimia (Ullmann, 2004) :

- Propilen merupakan senyawa olefin yang berisomer dengan silo propan ( $C_3H_6$ ).
- Pada kondisi atmosferis, propilen berbentuk gas yang lebih berat dari udara dan mempunyai aroma kemanis – manis.
- Propilen mudah teroksidasi dan pada konsentrasi tertentu dapat terbakar.
- Propilen lebih aktif dibandingkan dengan propana atau etilen. Hal ini disebabkan karena adanya gugus metil dan ikatan rangkap yang tidak simetris.
- Mudah terbakar, mudah meledak, mudah teroksidasi, larut dalam alkohol dan eter tapi kurang larut dalam air.

#### 2. Propana ( $C_3H_8$ )

Sifat Fisik (Perry, 2008) :

Wujud (1atm)	: gas
--------------	-------

Berat molekul	: 44 g/mol
Titik didih (1 atm)	: -42,2 C
Titik beku (1 atm)	: -187,68 C
Suhu kritis	: 96,68 C
Tekana kritis	: 41,92 atm
Densitas	: 2,0098 kg/m <sup>3</sup> (gas STP)
Viskositas	: 0,11 Cp

Sifat Kimia (id.wikipedia.org) :

- a. Pada keadaan oksigen berlebih, propana terbakar dan membentuk air serta karbondioksida.
- b. Propana dijual sebagai bahan bakar yang dikenal dengan LPG dengan sejumlah kecil campuran propena, butana, dan butena. Kadang ditambahkan etanetiol sebagai bahan pemberi bau agar dapat digunakan sebagai deteksi jika terjadi kebocoran.

### 3. Air (H<sub>2</sub>O)

Sifat Fisik (Perry, 2008) :

Wujud (1 atm)	: cair
Berat molekul	: 18 g/mol
Titik didih (1 atm)	: 100 C
Titik beku (1 atm)	: 0 C
Suhu kritis	: 373,98 C
Tekanan kritis	: 217,67 atm
Densitas	: 998,2 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	: 0,89 cP

Sifat Kimia (Ullmann, 2004) :

- a. Bersifat netral

- b. Pelarut yang baik
- c. Bereaksi dengan oksida logam membentuk hidroksida yang bersifat basa dan bila bereaksi dengan oksida non logam membentuk asam.

### 1.6.2 Spesifikasi Katalis

#### 1. Amberlyst DT (Rohm and Hass Company)

Jenis	: <i>cation exchanger resin</i>
Bentuk	: bola
Fase	: padat
Ukuran partikel	: 0,58 – 0,75 mm
Suhu operasi maks	: 170 C

### 1.6.3 Spesifikasi Produk

#### 1. Produk Utama Isopropil Alkohol (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH)

Sifat Fisik (Perry, 2008) :

Wujud (1atm)	: Cair
Berat molekul	: 60 g/mol
Titik didih (1 atm)	: 80,4 C
Titik beku (1 atm)	: -87,87 C
Suhu kritis	: 235,16 C
Tekanan kritis	: 42,02 atm
Densitas	: 785,39 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	: 2,37 cP

Sifat Kimia (Logsdon and Loke, 1996) :

- a. Dehidrogenasi isopropil alkohol dengan katalis seperti logam, oksida, atau campuran logam membentuk aseton.
- b. Oksidasi isopropil alkohol dengan udara atau oksigen pada suhu tinggi membentuk aseton dan air.

- c. Esterifikasi isopropil alkohol dengan katalis asam (asam sulfat) menghasilkan diisopropil eter.

## 2. Produk Samping Diisopropil Eter ( $C_6H_{14}O$ )

Sifat Fisik (Perry, 2008) :

Wujud (1 atm)	: Cair
Berat molekul	: 102 g/mol
Titik didih (1 atm)	: 69 C
Titik beku (1 atm)	: - 85,5 C
Suhu kritis	: 226,9 C
Tekanan kritis	: 28,42 atm
Densitas	: 725 kg/m <sup>3</sup>

Sifat Kimia (id.wikipedia.org) :

- a. Pelarut yang baik, sehingga sering digunakan dipabrik kimia.
- b. Membentuk peroksida yang eksplosif di udara dalam waktu yang lama.
- c. Sedikit larut dalam air.



