

BAB II

DESKRIPTOR PROSES

2.1. Spesifikasi Bahan dan Produk

2.1.1. Spesifikasi Bahan Baku

1. Benzil klorida

Rumus molekul	: $C_6H_5CH_2Cl$
Berat molekul	: 126,50 g/gmol
Bentuk (1atm, 30°C)	: cairan bening tidak berwarna
Komposisi	: 99,5 % benzi l klorida 0,5 % toluena
Densitas (ρ)	: 1,092 g/mL (Yaws, 1999)
Titik beku	: -43°C
Titik didih (1atm)	: 179°C
Kelarutan	: larut dalam alkohol dan diethyl eter

(Pubchem, 2023)

2. Air

Rumus molekul	: H_2O
Berat molekul	: 18 g/gmol
Bentuk (30°C dan 1 atm)	: cairan bening tidak berwarna
Densitas (25°C) (ρ)	: 0,9956 g/mL (Pherry and Green, 2008)
Titik beku	: 0°C
Titik didih (1atm)	: 100°C
Tekanan uap (20°C)	: 2,3 kPa
Viskositas (20°C) (μ)	: 1,002 kg/m.s

(Pubchem, 2023)

2.1.2. Spesifikasi Produk

1. Benzil Alkohol

Rumus molekul	: $C_6H_5CH_2OH$
Berat molekul	: 108 g/gmol
Bentuk (30°C dan 1 atm)	: cairan bening tidak berwarna
Komposisi	: 99 % benzil alkohol

	1 % benzil klorida
Densitas (ρ)	: 1,037 g/mL (Yaws, 1999)
Titik beku	: -15,2°C
Titik didih (1atm)	: 205,3°C
Kelarutan	: larut dalam diethyl eter dan aseton
	(Pubchem, 2023)

2.1.3. Bahan Impurities

1. Asam Klorida

Rumus molekul	: HCl
Berat molekul	: 36,5 g/gmol
Bentuk (30°C dan 1 atm)	: cairan bening tidak berwarna
Densitas (ρ)	: 1,0071 g/mL (Perry and Green, 2008)
Titik beku	: -62,25°C
Titik didih (1atm)	: 108,58°C
Titik lebur	: -27,32°C
Kelarutan	: larut dalam air dan diethyl eter

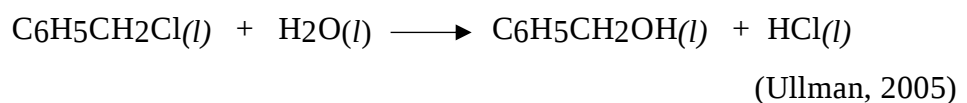
2. Toluena

Rumus molekul	: C ₆ H ₅ CH ₃
Berat molekul	: 92 g/gmol
Bentuk (30°C dan 1 atm)	: cairan bening tidak berwarna
Densitas (ρ)	: 0,865 g/cm ³ (Yaws, 1999)
Titik beku	: -95°C
Titik didih (1atm)	: 110,6°C
Kelarutan	: larut dalam diethyl eter dan aseton
	(Pubchem, 2023)

2.2. Konsep Proses

2.2.1. Dasar dan Fasa Reaksi

Proses pembuatan *Benzyl Alcohol* berlangsung pada fasa cair, dengan dasar reaksi hidrolisis dimana reaksi yang terjadi adalah dibawah sebagai berikut:



2.2.2. Kondisi Operasi

Pada proses pembuatan *Benzyl Alcohol* menggunakan reaktor tangki berpengaduk (CSTR) yang beroperasi pada suhu 120°C dengan tekanan 2 atm. Saat umpan masuk ke reaktor, konsentrasi *Benzyl Chloride* yang digunakan sebesar 99,5% berat sedangkan konsentrasi air 100% berat. Dengan perbandingan mol umpan masuk *Benzyl Chloride* : Air adalah 1:50, dan konversi reaksi 97%.

2.2.3. Sifat Reaksi

Berdasarkan data kelarutan dalam air untuk *benzyl chloride* pada suhu kamar diketahui bahwa tidak larut dalam air. Reaksi berjalan pada suhu 130°C, dimana semua bahan berfase cair.

Berdasarkan harga panas reaksi pada suhu 25°C sebesar 30400 J/mol sehingga reaksinya bersifat endotermis yang berarti bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas. Oleh karena itu, perlu adanya jaket pemanas pada reaktor agar reaktor tersebut bersuhu konstan. Berikut adalah tinjauan termodinamika dan tinjauan kinetika yang digunakan dalam pra- rancangan pabrik *Benzyl Alcohol* ini.

2.2.1.1 Tinjauan Termodinamika

Termodinamika membahas hubungan antara panas, kerja, dan sifat sistem yang berada dalam kesetimbangan. Hal ini bertujuan untuk menggambarkan keadaan dan perubahan keadaan sistem fisik (Rajput, 2007).

Reaksi dilakukan pada suhu 298 K dan tekanan 1 atm.



Data enthalpy untuk masing-masing komponen pada reaksi tersebut dari Yaws, 1999 sebagai berikut:

$$\Delta H_{f298} \text{ C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl} = 18,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f298} \text{ H}_2\text{O} = -241,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f298} \text{ C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH} = -100,4 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{f298} \text{ HCl} = -92,3 \text{ kJ/mol}$$

Panas Reaksi Standar (ΔH°_r)

$$\Delta H^{\circ}_r = \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{ Produk} - \Sigma \Delta H^{\circ}_f \text{ Reaktan}$$

$$\Delta H^{\circ}_f 298 = \{(\Delta H^{\circ}_f \text{ C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) + (\Delta H^{\circ}_f \text{ HCl})\} - \{(\Delta H^{\circ}_f \text{ C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}) + (\Delta H^{\circ}_f \text{ H}_2\text{O})\}$$

$$\Delta H^{\circ}_r = \{(-100,4) + (-92,3)\} - \{(18,7) + (-241,8)\}$$

$$\Delta H^{\circ}_r = 30,4 \text{ KJ/mol} = 30400 \text{ J/mol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh ΔH°_r memiliki nilai positif, maka reaksi bersifat endotermis.

Kapasitas Panas

$$C_p = a + BT + CT^2 + DT^3$$

Nilai C_p (Yaws, 1999)

Tabel 2. 1 Nilai kapasitas Panas (C_p)

Komponen	A	B	C	D
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}$	82,217	$7,0948 \cdot 10^{-1}$	$-1,7551 \cdot 10^{-3}$	$1,8744 \cdot 10^{-6}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	83,703	$5,1660 \cdot 10^{-1}$	$-1,491 \cdot 10^{-3}$	$1,9725 \cdot 10^{-6}$
H_2O	92,053	$-3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$	97,57	$8,6633 \cdot 10^{-1}$	$-2,1388 \cdot 10^{-3}$	$2,1700 \cdot 10^{-6}$
HCl	73,993	$-1,2946 \cdot 10^{-1}$	$-7,8980 \cdot 10^{-5}$	$2,6409 \cdot 10^{-6}$

(yaws,1999)

$$T \text{ reaktan} = 120^{\circ}\text{C} = 393 \text{ K}$$

$$T \text{ produk} = 120^{\circ}\text{C} = 393 \text{ K}$$

$$T \text{ ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ reaktan} &= \int_{393}^{298} \Delta H + \Delta BT + \Delta CT^2 + \Delta HDT^3 \\ &= \int_{393}^{298} (82,217) + (7,0948 \times 10^{-1} T^2) + (1,7551 \times 10^{-3} T^2 \\ &\quad (1,8744 \times 10^{-6} T) + (-2,1103 \times 10^{-4} T^2) + (5,3469 \times 10^{-6} T^3)) \\ &= -29,249755 \text{ Kj/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta H_{\text{produk}} &= \int_{298}^{393} C_p dT \\
&= \int_{298}^{393} \Delta H + \Delta BT + \Delta CT^2 + \Delta HDT^3 \\
&= \int (0,86633) + (393 - 298) + (-0,0021388 / 2) \times (393 \times 298^2) + \\
&\quad (-0,00000217 / 3) + (393^3 - 298^3) + (-0,12946) \times (393 - 298) + \\
&\quad (-0,00007898 / 2) \times (393^2 \times 298^2) + (24,609 \cdot 10^{-6} / 3) + (393^3 - 298^3) \\
&= 58,2827 \text{ Kj/mol}
\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
\Delta H_{\text{produk}} &= \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\
&= 58,2827 \text{ Kj/mol} - (-29,249755) \\
&= 87,5225 \text{ Kj/mol}
\end{aligned}$$

Sesuai hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa panas pembentukan *Benzyl Alkohol* bernilai positif. Hal tersebut berarti bahwa reaksi pembentukan *Benzyl Alkohol* bersifat endotermis.

Energi Gibbs Standar (ΔG°)

$$\begin{aligned}
\Delta G^\circ &= \Sigma \Delta G^\circ_f \text{ Produk} - \Sigma \Delta G^\circ_f \text{ Reaktan} \\
\Delta G^\circ &= \{(\Delta G^\circ_f \text{ C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}) + (\Delta G^\circ_f \text{ HCl})\} - \{(\Delta G^\circ_f \text{ C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl}) + (\Delta G^\circ_f \\
&\quad \text{H}_2\text{O})\}
\end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = \{(-27,5) + (-95,3)\} - \{(108,5) + (-228,6)\}$$

$$\Delta G^\circ = -2,7 \text{ KJ/mol} = -2700 \text{ J/mol}$$

Dari nilai ΔG°_f dapat dicari nilai K pada kondisi standar sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$\ln K = \frac{\Delta G^\circ}{-RT}$$

$$\ln K = \frac{-2700 \text{ J/mol}}{-(8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \times 298 \text{ K})} = 1,09776604$$

$$K = 2,973609705$$

Sedangkan K pada kondisi operasi $T = 90^\circ\text{C}$ dapat dilihat sebagai berikut:

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \left\{ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right\}$$

Dengan keterangan :

K = konstanta kesetimbangan pada suhu 298 K

K₀ = konstanta kesetimbangan pada suhu operasi

R = tetapan gas ideal = 8,314 J/molK

ΔH^o = panas reaksi standar

$$\ln \frac{K}{K_0} = \frac{-2700 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/molK}} \left\{ \frac{1}{403} - \frac{1}{298} \right\}$$

$$\ln \frac{K}{K_0} = 0,283936832$$

$$\frac{K}{K_0} = 1,238349019$$

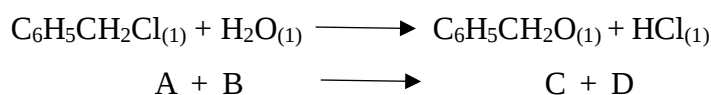
$$K = 1,238349019 \times 2,973609705 \\ = 3,699991536$$

Karena harga konstanta lebih dari satu, maka reaksi pembentukan *Benzyl Alcohol* merupakan reaksi *irreversible*.

2.2.1.2 Tinjauan kinetika

Kinetika kimia berkaitan dengan laju reaksi kimia yang menjelaskan tentang kecepatan reaksi kimia yang terjadi dan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi kimia. Tujuan dari kinetika kimia tersebut adalah untuk mengetahui laju di mana zat kimia bereaksi dan mengontrol laju reaksi kimia sehingga menghasilkan zat dengan karakteristik kimia yang diinginkan (Missen, 1999).

Reaksi yang berlangsung:



Dengan kecepatan reaksi:

$$rc = k \cdot C_A \cdot C_B$$

Karena C_A atau yang digunakan sangat banyak maka reaksi berorder 1 semu terhadap C₇H₇Cl, sehingga:

$$rc = k' \cdot C_A$$

Penyelsaian persamaan reaksi:

$$\begin{aligned}
 rc &= k' \cdot C_A \\
 -\frac{dC_A}{dt} &= k' \cdot C_A \\
 C_{A0} \cdot \frac{dX_A}{dt} &= k' \cdot C_{A0} \cdot (1 - X_A) \\
 \int_0^{X_c} \frac{dX_A}{dt} &= k' \cdot \int_0^t dt \\
 \ln \frac{1}{1 - X_A} &= k' \cdot t \\
 k' &= \ln \frac{1}{1 - X_A} \times \frac{1}{t}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

rc : Kecepatan reaksi pembentukan $C_6H_5CH_2OH$ ($kmol/(m^3 \cdot jam)$)

k' : Konstanta kecepatan reaksi (/jam)

C_A : Konsentrasi $C_6H_5CH_2Cl$ ($kmol/m^3$)

Diketahui:

Konversi 97% dengan waktu tinggal 3 jam. Maka:

$$\begin{aligned}
 k' &= \ln \frac{1}{1 - X_A} \times \frac{1}{t} \\
 &= \ln \frac{1}{1 - 0,95} \times \frac{1}{3} \\
 &= \ln 33,33333 = 3,506557897 \\
 &= \frac{3,506557897}{3} \\
 &= 1,168852632 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

(Buysch, 1998)

2.3. Uraian Mekanisme Proses Produksi

2.3.1. Diagram alir

Pembuatan benzil alkohol berbahan baku benzil klorida dengan proses hidrolisis secara umum terbagi kedalam 3 tahapan proses, yaitu :

- a. Tahap Persiapan bahan Baku
- b. Tahap Hidrolisa dan Pemurnian
- c. Tahap Penyimpanan

2.3.2. Langkah Proses

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pembuatan *Benzyl Alcohol* dilakukan dengan bahan baku *Benzyl Chloride* dan air. Bahan baku berupa *Benzyl Chloride* ($C_6H_5CH_2Cl$) 99,5% disimpan di dalam tangki penyimpanan (T-01) pada fase cair ($P = 1 \text{ atm}$, dan $T = 30$). Selanjutnya *Benzyl Chloride* dari tangki dipompa menuju heater 02 (HE-02) untuk dinaikkan suhunya sampai 100°C lalu dialirkan menuju reaktor (R-01) dan air dipompa menuju heater 01 (HE-01) untuk dinaikkan suhunya sampai 100°C , lalu dialirkan menuju reaktor (R-01).

2. Tahap Hidrolisa dan Pemurnian

Reaksi antara benzil alkohol dan air dijalankan dengan reaktor alir tangki berpengaduk (CSTR) berjumlah 2 buah yang disusun secara seri. Reaktor beroperasi secara isothermal pada suhu 120°C dan tekanan 2 atm, dengan perbandingan mol ($C_6H_5CH_2Cl : H_2O$) yaitu 1:50. Reaksi yang terjadi bersifat endotermis, maka untuk mempertahankan suhu, pada reaktor pertama dan reaktor kedua digunakan jaket dengan media pendingin air. Hasil bawah berupa benzil klorida, benzil alkohol, toluen, dan HCl. Kemudian hasil keluar reaktor berupa cairan dipompa kedalam *cooler* (C-01) untuk didinginkan dengan air pendingin sampai suhu mencapai 50°C dengan tekanan 1 atm kemudian dialirkan kedalam dekanter untuk dipisahkan berdasarkan sifat kelarutan dalam air dan beda rapat massa antara senyawa.

Hasil atas dekanter kemudian dialirkan ke unit pengolahan limbah, sedangkan hasil bawah dekanter dialirkan ke dalam *heater* (H-03) dan dipanaskan sampai suhu $136,199^\circ\text{C}$ tekanan 1,20 atm kemudian diumpankan dalam menara distilasi (MD) untuk memisahkan sebagian besar senyawa benzil klorida dan benzil alkohol dari campurannya dengan senyawa air dan toluene, sehingga diperoleh hasil bawah berupa benzil klorida, dan benzil alkohol. Kemudian didapat hasil atas pada suhu $133,0048^\circ\text{C}$ dan tekanan 1,01 atm berupa benzil alkohol, benzil klorida, air, toluene, dan HCl sebagai hasil atas yang sebagian dari hasil itu diembunkan oleh condensor (CD) dan ditampung pada accumulator (AC) dan dipompa untuk diumpankan lagi ke menara distilasi sebagai refluks, dan sebagian produk atas dialirkan ke Unit Pengolahan

Limbah (UPL). Pada hasil bawah menara destilasi dengan suhu 211,599°C dan tekanan 1,22 atm yang berupa Benzil alkohol dan Benzil klorida sebagian hasil tersebut diuapkan oleh reboiler untuk diumpankan lagi ke menara distilasi dan sebagian lagi dipompa menuju Cooler (CL-02) dan Cooler (CL-03) untuk didinginkan sampai suhu 35°C.

3. Tahap Penyimpanan

Produk hasil bawah menara distilasi yang sudah didinginkan di alirkan menuju tangki penyimpanan produk *Benzyl Alcohol*.

2.4.Neraca Massa dan Neraca Panas

2.4.1. Neraca Massa

Dasar perhitungan neraca massa pembuatan *benzil alkohol* dari *benzil klorida* dan *air* dengan kapasitas 11.000 ton/th, pabrik beroperasi 330 hari per tahun dan 24 jam per hari. Konversi di reaktor sebesar 97% (US Patent No.5728897) dan perbandingan mol umpan masuk reaktor menurut (US Patent No.5728897) adalah mol benzil klorida : mol air (1:50). Data kemurnian bahan baku, yaitu *benzil klorida* digunakan dan produk *benzil alkohol* adalah sebagai berikut :

- 1) *Benzil klorida* 99,5% wt, dengan *impurities: Tolueneo*,5% wt.
- 2) *Benzil alkohol* 99% wt, dengan *impurities: Benzil klorida* 1% wt.

Kapasitas produksi = 11.000 ton/tahun

$$= 11.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ th}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ Jam}}$$

$$= 1677,64 \frac{\text{kg}}{\text{Jam}}$$

Tabel 2.2 Neraca massa di reactor 01 (R-01)

Komponen	Laju Alir Masuk				Laju Alir Keluar	
	Arus 1		Arus 2		Arus 3	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
C ₆ H ₅ CH ₂ CL	1.677,64	13,26	0	0	290,23	2,29
H ₂ O	0	0	11.935,76	663,10	11.738,35	652,13
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	0	0	0	0	1.184,51	10,97
HCl	0	0	0	0	400,32	10,97

Komponen	Laju Alir Masuk				Laju Alir Keluar	
	Arus 1		Arus 2		Arus 3	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
C ₆ H ₅ CH ₃	8,43	0,09	0	0	8,43	0,09
TOTAL	13.621,83				13.621,83	

Tabel 2.3 Neraca massa di reactor 02 (R-02)

Komponen	Laju Alir Masuk		Laju Alir Keluar	
	Arus 3		Arus 4	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol
C ₆ H ₅ CH ₂ CL	290,23	2,29	50,33	0,40
H ₂ O	11.738,35	652,13	11.704,21	650,23
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	1.184,51	10,97	6.694,01	12,86
HCl	400,32	10,97	469,54	12,86
C ₆ H ₅ CH ₃	8,43	0,09	8,43	0,09
TOTAL	13.621,83		13.621,83	

Tabel 2.4 Neraca massa di dekanter 01 (D-01)

Komponen	Laju Alir Masuk		Laju Alir Keluar			
	Arus 4		Arus 5		Arus 6	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
C ₆ H ₅ CH ₂ CL	50,33	0,40	50,33	0,40	0	0
H ₂ O	11.704,21	650,23	58,52	3,25	11.645,69	646,98
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	6.694,01	12,86	1.380,01	12,78	9,32	0,09
HCl	1.389,32	12,86	2,35	0,06	467,19	12,80
C ₆ H ₅ CH ₃	8,43	0,09	0,63	0,01	7,80	0,08
TOTAL	13.621,83		1.491,83		12.130,00	
	13.621,83		13.621,83			

Tabel 2.5 Neraca massa di menara destilasi 01 (MD-01)

Komponen	Laju Alir Masuk		Laju Alir Keluar			
	Arus 5		Arus 7		Arus 8	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
C ₆ H ₅ CH ₂ CL	50,33	0,40	13,02	0,10	37,31	0,29
H ₂ O	58,52	3,25	0	0	58,52	3,25
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	1.380,01	12,78	1.289,06	11,94	90,94	0,84
HCl	2,35	0,06	0	0	2,35	2,35
C ₆ H ₅ CH ₃	0,63	0,01	0	0	0,63	0,01
TOTAL	1.491,83		1.302,08		189,75	
	1.491,83			1.491,83		

Tabel 2.6 Neraca massa di menara destilasi 02 (MD-02)

Komponen	Laju Alir Masuk		Laju Alir Keluar			
	Arus 8		Arus 9		Arus 10	
	Kg	Kmol	Kg	Kmol	Kg	Kmol
C ₆ H ₅ CH ₂ CL	37,31	0,29	0,87	0,07	36,44	2,83
H ₂ O	58,52	3,25	0	0	58,52	4,55
C ₆ H ₅ CH ₂ OH	90,94	0,84	85,94	0,80	5,01	0,05
HCl	2,35	0,06	0	0	2,35	0,06
C ₆ H ₅ CH ₃	0,63	0,01	0	0	0,63	1,58
TOTAL	189,75		86,81		102,94	
	189,75			189,75		

Tabel 2.7 Neraca massa keseluruhan

Laju Arus Masuk		Laju Arus Keluar	
Arus 1	1.686,07	Arus 6	12.130,00
Arus 2	11.935,76	Arus 7	1.302,08
		Arus 9	86,81
		Arus 10	102,94

Laju Arus Masuk		Laju Arus Keluar
Total (Kg)	13.621,83	13.621,83

2.4.2 Neraca Panas

Berikut adalah resume dari neraca panas pabrik *Benzyl Alcohol* dengan kapasitas 11.000 Ton/Tahun.

Satuan: kkal/jam

Suhu referensi = 25°C = 298 K

Tabel 2.8 Neraca panas di heat exchanger-01

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH Masuk	250.321,35	0
ΔH Keluar	0	4.747.789,26
ΔH Steam Masuk	4.497.467,91	0
Jumlah	4.747.789,26	4.747.789,26

Tabel 2.9 Neraca panas di heat exchanger-02

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH masuk	12.524,76	0
ΔH keluar	0	274.793,97
ΔH steam masuk	262.269,22	0
Jumlah	274.793,97	274.793,97

Tabel 2.10 Neraca panas di reaktor-01

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH masuk	312.166,16	0
ΔH keluar	0	2.421.539,86
ΔH produk	0	5.106.794,54

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
Sub total	312.166,16	7.528.334,40
ΔH Steam	7.216.168,40	0
Jumlah	7.528.334,40	7.528.334,40

Tabel 2.11 Neraca panas di reaktor-02

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH masuk	4.995.266,68	0
ΔH keluar	0	2.421.539,87
ΔH produk	0	5.106.794,54
Sub total	4.995.266,68	7.528.334,40
ΔH Steam	2.533.067,72	0
Jumlah	7.528.334,40	7.528.334,40

Tabel 2.12 Neraca panas di cooler-01

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH masuk	5.106.794,54	0
ΔH keluar	0	1.333.039,27
Air Pendingin	0	3.773.755,27
Jumlah	5.106.794,54	5.106.794,54

Tabel 2.13 Neraca Panas di dekanter 01 (D-01)

Arus	Masuk	Keluar (kkal/jam)	
		Atas	Bawah
ΔH masuk	1.333.039,27	0	0
ΔH keluar	0	80.179,36	1.252.859,90

Jumlah	1.333.039,27	80.179,36	1.252.859,90
---------------	---------------------	------------------	---------------------

Tabel 2.14 Neraca panas di heat exchanger-03

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH masuk	80.179,366	0
ΔH keluar	0	458.920,05
ΔH steam masuk	378.740,70	0
Jumlah	458.920,05	458.920,05

Tabel 2.15 Neraca panas di menara Distilasi (MD-01)

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH Umpan	1.062.226,52	0
ΔH Reboiler	528.675,31	0
ΔH Bottom	0	1.287.263,81
ΔH Destilat	0	156.840,67
ΔH Kondensor	0	146.797,35
Jumlah	1.590.901,83	1.590.901,83

Tabel 2. 16 Neraca panas di heat exchanger-04

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH masuk	12.458,73	0
ΔH keluar	0	50.786,53
ΔH steam masuk	38.327,80	0
Jumlah	50.786,53	50.786,53

Tabel 2.17 Neraca panas di menara Distilasi (MD-02)

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH Umpan	340.615,14	0
ΔH Reboiler	58.732,11	0
ΔH Bottom	0	88.013,53
ΔH Destilat	0	73.142,83
ΔH Kondensor	0	238.190,90
Jumlah	399.347,25	399.347,25

Tabel 2.18 Neraca panas di cooler-02

Arus	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
ΔH masuk	566.396,07	0
ΔH keluar	0	4.966,26
Air Pendingin	0	566,396,07
Jumlah	566.396,07	566.396,07

Tabel 2.19 Neraca panas di cooler-03

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
$C_6H_5CH_2OH$	38.725,95	0
$C_6H_5CH_2CL$	0	4.966,26
Beban Panas Pendingin	0	33.759,70
Jumlah	38.725,95	38.725,95

2.5. Tata Letak Pabrik dan Peralatan

2.5.1. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah cara pengaturan letak dari unit-unit peralatan dan bangunan dalam suatu pabrik. Adapun tujuan dari pengaturan tata letak pabrik adalah untuk menjamin kelancaran proses produksi dengan baik dan efisien, menjaga keselamatan kerja para karyawannya dan menjaga keamanan dari pabrik itu sendiri. Dalam pengaturan tata letak pabrik ini perlu mempertimbangkan faktor faktor sebagai berikut :

1. Kemudahan dalam proses yang disesuaikan dengan kemudahan dalam pemeliharaan peralatan serta kemudahan mengontrol hasil produksi dan jalannya proses.
2. Distribusi sarana penunjang (utilitas) yang tepat dan ekonomis.
3. Keselamatan dan keamanan kerja karyawan.
4. Memberikan kebebasan bergerak yang cukup leluasa diantara peralatan yang menyimpan bahan-bahan berbahaya.
5. Masalah pembangunan limbah pabrik agar tidak mengganggu lingkungan dan tidak menimbulkan polusi.
6. Adanya perluasan pabrik dimasa yang akan datang.
7. Pengaturan jalan, bangunan, dan tata letak lingkungan yang ada.

Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor tersebut, maka pengaturan tata letak pabrik *Benzyl Alcohol* direncanakan sebagai berikut :

1. Area Proses Area proses merupakan pusat kegiatan proses produksi *Benzyl Alcohol*. Daerah ini diletakkan pada lokasi yang memudahkan suplai bahan baku dari tempat penyimpanan dan pengiriman produk ke area penyimpanan produk serta mempermudah pengawasan dan perbaikan alat-alat. Pada area proses, terdapat ruang control yang akan mengontrol jalannya proses.
2. Area Penyimpanan Area penyimpanan merupakan tempat penyimpanan bahan baku dan produk yang dihasilkan kemudian diletakkan didaerah yang dijangkau oleh peralatan pengangkutan.
3. Area Pemeliharaan dan Perbaikan Area ini merupakan lokasi untuk melakukan kegiatan pemeliharaan dan perbaikan peralatan pabrik berupa bengkel teknik dan gudang teknik. Daerah ini diletakkan diluar daerah proses

karena adanya aktivitas didalam bengkel yang dapat berakibat fatal bagi jalannya proses.

4. Area Laboratorium Area ini merupakan lokasi untuk melakukan analisis terhadap kualitas bahan baku yang akan digunakan dan produk yang dihasilkan, serta melakukan penelitian dan pengembangan terhadap produk yang dihasilkan.
5. Area Utilitas Area ini merupakan lokasi untuk menyediakan keperluan yang menunjang jalannya proses, berupa penyediaan air, penyediaan listrik, dan penyediaan bahan bakar.
6. Area Perkantoran Area ini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik sehari-hari, baik untuk kepentingan dalam pabrik maupun luar pabrik.
7. Area Fasilitas umum Area ini terdiri dari kantin, musholla, klinik dan lapangan parkir. Daerah ini diletakkan sedemikian rupa sehingga waktu perjalanan yang diperlukan oleh karyawan antar gedung dapat seminimal mungkin.
8. Area Perluasan Area ini dimaksudkan untuk persiapan perluasan pabrik dimasa yang akan datang. Perluasan pabrik dilakukan karena peningkatan kapasitas produksi akibat adanya peningkatan produk.
9. Pos Satpam Pos keamanan dapat diletakkan pada pintu masuk dan pintu keluar. Pos keamanan ini diperlukan agar keamanan pabrik tetap terjaga.
10. Control Room Area ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai ruang pusat kendali seluruh peralatan yang ada diarea pabrik baik dari area proses, utilitas dan penunjang lainnya. Pendirian pabrik *Benzyl Alcohol* direncanakan dibangun pada lahan seluas 67.600 m². Pada perancangan pabrik *Benzyl Alcohol* ini tata letak ruang pabrik dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Tata Letak Ruang Pabrik

Tabel 2. 20 Rincian Luas Bangunan Pabrik

No.	Jenis Bangunan	Luas (m ²)
1	Pos Penjagaan (2)	27
2	Kantor Keamanan	101
3	Kantin	169
4	Koperasi	101
5	Poliklinik	169
6	Kantor Pusat	3258
7	Area Parkir	338
8	Sarana olahraga dan Ibadah	676
9	Kantor teknik dan produksi	507
10	Laboratorium dan pengendalian mutu	1014
11	Gudang bahan kimia	338
12	Bengkel	203
13	Gudang Alat	1014
14	Pemadam kebakaran	676
15	Area penyimpanan bahan	676

No.	Jenis Bangunan	Luas (m ²)
16	Area Proses	5070
17	Area perluasan	2400
18	Area Utilitas	1014
19	Pengolahan air	1014
20	Taman dan jalan	48834
Jumlah		67600

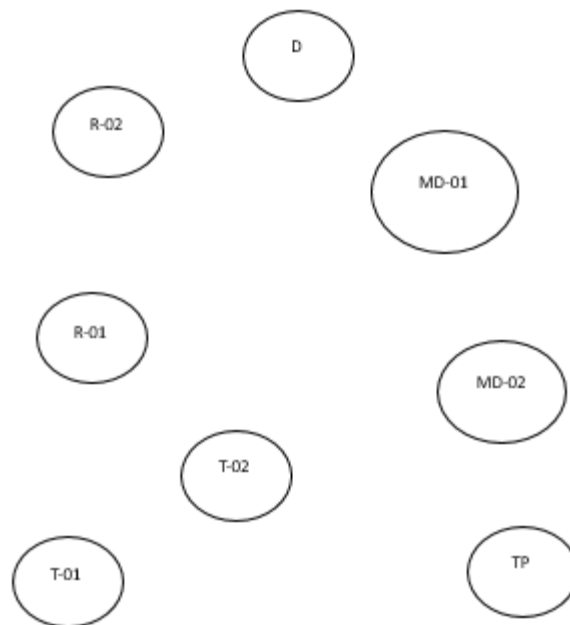
2.5.2 Tata Letak Peralatan

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *lay out* peralatan proses pada pabrik *Benzyl Alcohol*, antara lain :

1. Aliran bahan baku dan produk Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
2. Aliran Udara Aliran udara ini didalam dan disekitar proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan kerja.
3. Cahaya Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu adanya penerangan tambahan.
4. Lalu lintas manusia Dalam perancangan lay out pabrik perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalani tugasnya juga diprioritaskan.
5. Pertimbangan ekonomi Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik.
6. Jarak antar alat proses Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan (Vilbrand, 1959).

7. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :
- Kelancaran proses produksi dapat terjamin
 - Dapat mengefektifkan luas lahan yang tersedia
 - Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktifitas kerja disamping keamanan yang terjadi.

Pada pra-rancangan pabrik *Benzyl Alcohol* ini tata letak peralatan proses dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut :



Gambar 2.2 Tata Letak Peralatan

Keterangan :

1. T-01 : Tangki Penyimpanan Air
2. T-02 : Tangki Penyimpanan Benzyl Chloride
3. R-01 : Reaktor 1
4. R-02 : Reaktor 2
5. D : Dekanter
6. MD 1 : Menara Destilasi 1
7. MD 2 : Menara Destilasi 2
8. TP : Tangki *Benzyl Alcohol*

2.6. Diagram Alir Proses Produksi Benzil Alkohol

Berikut adalah gambar diagram alir proses produksi benzil alkohol yang dapat dilihat pada Tabel 2.3

Gambar 2.3 Diagram Alir Proses Produksi Benzil Alkohol

