

### BAB III

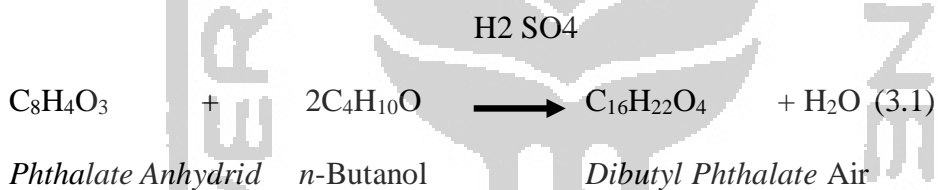
#### PERANCANGAN PROSES

#### 3.1. Uraian Proses

##### 3.1.1. Konsep Reaksi

##### A. Dasar Reaksi

Proses pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk ( RATB ), dimana bahan baku yang berupa metanol dan *phthalic anhydride* serta katalis yang berupa  $H_2SO_4$  dimasukkan secara bersamaan melalui bagian atas reaktor. Reaksi pembuatan *dimethyl phthalate* merupakan reaksi esterifikasi antar *phthalic anhydride* dengan metanol menggunakan katalis asam sulfat 98%, sesuai dengan persamaan berikut:



##### B. Mekanisme Reaksi

Secara lengkap proses esterifikasi berdasarkan persamaan stoikiometri, yaitu:



Pada tahap ini, terbentuk *dibutyl phthalate* yang disertai dengan pelepasan air. Esterifikasi dari kedua kelompok karbonil berjalan lambat dan memerlukan temperatur tinggi serta katalis.

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat dihitung panas pembentukan dan energy gibs, sebagai berikut :

Table 3. Panas Pembentukan ( $\Delta H_{298}$ ) dan Energi Gibbs ( $\Delta G_{298}$ ) (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta H_{298}$ (kJ/mol)	$\Delta G_{298}$ (kJ/mol)
Phthalic Anhidride	-393,13	-329,00
N-Butanol	-274,43	-150,67
Dibutyl Phthalate	-750,90	-441,40
Air	-241,80	-228,61



$$H_{298} = \sum \Delta H_{\text{produk}} - H_{\text{reaktan}}$$

$$= (-750,99 + (-241,80)) - (-393,13 + 2(-274,43))$$

$$= -49,81 \text{ kJ/mol}$$

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

$$= (-441,60 + (-228,61)) - (-329,00 + 2(-150,67))$$

$$= -39,87 \text{ kJ/mol}$$

Dari reaksi diatas terlihat bahwa reaksi tersebut adalah reaksi eksotermis atau menghasilkan panas ( $\Delta H_f = \text{negatif}$ ). G negatif menunjukkan entropi ( S) atau derajat spontanitas reaksi semakin besar yang berarti reaksi tersebut dapat terjadi.

### C. Neraca Massa dan Neraca Panas

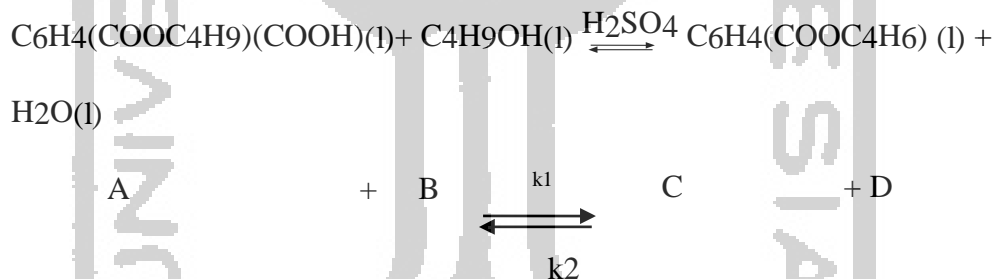
#### 1. Neraca Massa

- Kapasitas perancangan : 15.000 ton/tahun
- Waktu operasi dalam 1 tahun : 330 hari
- Kapasitas perancangan per jam :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \frac{15.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ tn}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 1893,9394 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

### D. Tinjauan Kinetika

Secara umum derajat kelangsungan reaksi ditentukan oleh kecepatan reaksi dan konsentrasi reaktan. Reaksi esterifikasi ini merupakan reaksi orde dua terhadap monoester dengan persamaan



Dari studi kinetik, konstanta kecepatan reaksi pada proses pembentukan DBP dapat dihitung dengan persamaan :

$$K_t = 2,1 \times 10^5 - 889 \times 10^{-4}C + 1.228 \times 10^{-3}C \text{ [B/M] } [10(15.135 - (4.516/T)) / 1.205,8]$$

Dengan:

$K_t$  : Konstanta laju reaksi dengan katalis ( $\text{m}^3/\text{kmol}\cdot\text{jam}$ )

C : Persen berat katalis dalam umpan

B/M : Rasio mol botanol dan PA

T : Temperatur



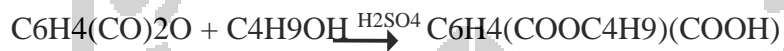
### E. Tinjauan Termodinamika

Reaksi pembuatan dibutil ftalat berlangsung secara eksotermis, hal ini dapat ditinjau dari

$\Delta H$  reaksi (298K,15) di bawah ini :

Reaksi secara umum:

Reaksi 1 :



Harga  $\Delta H^\circ_f$  untuk masing-masing komponen pada 298,15 K dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Harga  $\Delta H^\circ_f$  masing-masing komponen (Yaws, 1999)

Komponen	Harga $\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)
Ftalat anhidrat	-460,37
n-Butanol	-329,6
Monobutil phtalate	-575,56

Maka,

$$\Delta H_R(298,15\text{K}) = \sum \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \sum \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta H^\circ_f \text{ Monobutil ftalat}) - (\Delta H^\circ_f \text{ Ftalat anhidrat} + \Delta H^\circ_f \text{ n-butanol})$$

$$= ((-575,56) - (-460,37 - 329,6)) \text{ kJ/mol}$$

$$= 214,41 \text{ kJ/mol}$$

Karena harga  $\Delta H_R$  298,15 K bernilai positif, maka reaksi bersifat endotermis.

Tabel 2.2. Harga  $\Delta G^\circ_f$  masing-masing komponen (Yaws, 1999)

Komponen	Harga $\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
Ftalat anhidrat	-143,58
n-Butanol	-154,02
Monobutil ftalat	-346,72

Maka,

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ_f (298,15\text{K}) &= \Sigma \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Sigma \Delta G^\circ_f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta G^\circ_f \text{ Monobutil ftalat}) - (\Delta G^\circ_f \text{ Ftalat anhidrat} + \Delta G^\circ_f \text{ n-butanol}) \\
 &= ((-346,72) - (-143,58 - 154,02)) \text{ kJ/mol} \\
 &= -49,12 \text{ kJ/mol} \text{ Dari Van Ness (1997), Persamaan (15.14)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \ln K_{298,15} &= \left| \frac{-\Delta G^\circ_f}{R \cdot T} \right| \dots \dots \dots \text{( II-4)} \\
 &= - (-49,12 \text{ kJ/mol}) / ( 8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298,15 \text{ K} )
 \end{aligned}$$

$$= 19,816$$

$$K_{298,15} = 4,04 \cdot 10^8$$

Dari Van Ness (1997) , Persamaan (15.17)

$$\ln (K/K_{298,15}) = ( - \Delta H_{298,15\text{K}} / R ) \times ( (1/1) - (1/T_{\text{ref}}) ) \dots \dots \dots \text{( II-5 )}$$

$$\ln (K/4,04 \cdot 10^8) = ( 214,41 \text{ kJ/mol} / 8.314,10 \text{ kJ/mol.K} ) \times ( (1/423,15) - (1/298,15) ) \text{ K}$$

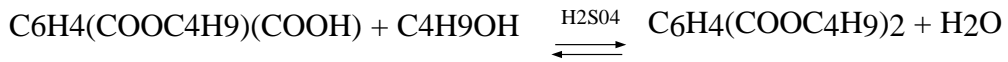
$$\ln (K/4,04 \cdot 10^8) = 17,3851$$

$$K = 1,43 \cdot 10^{16}$$

Harga konstanta kesetimbangan  $1,43 \cdot 10^{16}$ , maka reaksi berlangsung cepat dan searah ke kanan (*irreversible*).



Reaksi 2 :



Harga  $\Delta H^\circ_f$  untuk masing-masing komponen pada 298,15 K dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Harga  $\Delta H^\circ_f$  masing-masing komponen (Yaws, 1999)

Komponen	Harga $\Delta H^\circ_f$ (kJ/mol)
Monobutil phtalate	-575,56
n-Butanol	-329,6
Dibutil ftalat	-686,3
H <sub>2</sub> O	-241,83

Maka,

$$\Delta H_R(298,15\text{K}) = \Sigma \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Sigma \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta H^\circ_f \text{ Dibutil ftalat} + \Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H^\circ_f \text{ MBP} + \Delta H^\circ_f \text{ n-butanol})$$

$$= ((-686,3 - 241,83) - (-575,56 - 329,6)) \text{ kJ/mol}$$

$$= -22,97 \text{ kJ/mol}$$

Karena harga  $\Delta H_R$  298,15 K bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

Tabel 2.4. Harga  $\Delta G^\circ_f$  masing-masing komponen (Yaws, 1999)

Komponen	Harga $\Delta G^\circ_f$ (kJ/mol)
Monobutil phtalate	-346,72



n-butanol	-154,02
Dibutil ftalat	-281,22
H <sub>2</sub> O	-225,033

Maka,

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ}f(298,15\text{K}) &= \Sigma \Delta G^{\circ}f \text{ produk} - \Sigma \Delta G^{\circ}f \text{ reaktan} \\ &= (\Delta G^{\circ}f \text{ Dibutil ftalat} + \Delta G^{\circ}f \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G^{\circ}f \text{ MBP} + \Delta G^{\circ}f \text{ n-butanol}) \\ &= ((-281,22 - 225,033) - (-346,72 - 154,02)) \text{ kJ/mol} \\ &= -5,513 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Dari Van Ness (1997), Persamaan (15.14)

$$\begin{aligned}\ln K_{298,15} &= | -\Delta G^{\circ}f / R.T | \dots\dots\dots ( \text{II-4} ) \\ &= (-5,513 \text{ kJ/mol}) / (8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol.K} \times 298,15 \text{ K}) \\ &= 2,224 \\ K_{298,15} &= 9,24\end{aligned}$$

Dari Van Ness (1997), Persamaan (15.17)

$$\ln (K/K_{298,15}) = ( - \Delta H_{298,15\text{K}} / R ) \times ( (1/1) - (1/T_{\text{ref}}) ) \dots\dots\dots ( \text{II-5} )$$

Pada suhu 150°C (423,15 K) besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\ln (K/K_{298,15}) = ( - \Delta H_{298,15\text{K}} / R ) \times ( (1/1) - (1/T_{\text{ref}}) )$$

$$\ln (K/9,24 \text{ K}) = ( - 22,97 \text{ kJ/mol} / 8.314,10 \text{ kJ/mol.K} ) \times ( (1/423,15) - (1/298,15) ) \text{ K}$$

$$\ln (K/9,24 \text{ K}) = - 1,8625$$

$$K = 1,44$$

Harga konstanta kesetimbangan 1,44, maka reaksi berlangsung berkesetimbangan (*reversible*).

Harga K tidak jauh dari angka 1 sehingga reaksi dimungkinkan akan *reversib*.



## A. Neraca Massa Total

Tabel 4. Neraca Massa Total

Komponen	Kode	Arus Masuk (Kg/jam)				Arus Keluar (Kg/jam)		
		Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 6	Arus 8	Arus 10	Arus 11
Air	A	3.0564	0.1373	1.0168	3.6603	129.9889	0	2.6528
Phthalic Anhidride	PA	1015.7379	0	0	0	0	5.0787	5.0787
Dibutyl Phthalite	DBP	0	0	0	0	0	1888.8607	0
N-Butanol	B	0	0	1015.7379	0	6.7039	0	3.4535
Asam Sulfat	H	0	6.7258	0	0	0	0	0
Natrium Hidroksida	N	0	0	0	5.4905	0	0	0
Natrium Sulfat	NA	0	0	0	0	9.7456	0	0
Sub Total		1018.7943	6.8631	1016.7547	9.1508	146.4384	1893.9394	11.1850
Total		2051.562				2051.562		

## B. Neraca Massa Tiap Alat

## 1. Neraca Massa Melting Tank

Tabel 5. Neraca Massa Melting Tank

Komponen	Kode	Arus Masuk (Kg/jam)		Arus keluar (Kg/jam)
		1	2	3
Air	A	3.0564	0.1373	3.1936
Phthalic Anhidride	PA	1015.7379	0	1015.7379
Asam Sulfat	H	0	6.7258	6.7258
N-Butanol	B	0	0	0
Natrium Hidroksida	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA	0	0	0
Dibutyl Phthalate	DBP	0	0	0
<b>Sub Total</b>		1018.7943	6.8631	1025.6574
<b>Total</b>		1025.6574		1025.6574

## 2. Neraca Massa Reaktor

Tabel 6. Neraca Massa Reaktor

Komponen	Kode	Arus masuk (Kg/jam)		Arus Keluar (Kg/jam)
		3	4	5
Air	A	3.1936	1.0168	126.5107
Phthalic Anhidride	PA	1015.7379	0	10.1574
Dibutyl Phthalate	DBP	0	0	1888.8607
N-Butanol	B	0	1015.7379	10.1574
Asam Sulfat	H	6.7258	0	6.7258
Natrium Hidroksida	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA	0	0	0
<b>Sub Total</b>		1025.6574	1016.7547	2042.4120

<b>Total</b>	2042.4120	2042.4120
--------------	-----------	-----------

## 3. Neraca Massa Netralizer

Tabel 7. Neraca Massa Netralizer

Komponen	Kode	Arus Masuk (Kg/jam)		Arus Keluar (Kg/jam)
		5	6	7
Air	A	126.5107	3.6603	132.6418
Phthalic Anhidride	PA	10.1574	0	10.1574
Dibutyl Phthalate	DBP	1888.8607	0	1888.8607
N-Butanol	B	10.1574	0	10.1574
Asam Sulfat	H	6.7258	0	0
Natrium Hidroksida	N	0	5,4905	0
Natrium Sulfat	NA	0	0	9.7456
<b>Sub Total</b>		2042.4120	9.1508	2051.5628
<b>Total</b>		2051.5628		2051.5628

## 4. Neraca Massa Dekanter

Tabel 8. Neraca Massa Dekanter

Komponen	Kode	Arus Masuk (Kg/jam)	Arus Keluar (Kg/jam)	
		7	8	9
Air	A	132.6418	129.9889	2.6528
Phthalic Anhidride	PA	10.1574	0	10.1574
Dibutyl Phthalate	DBP	1888.8607	0	1888.8607
N-Butanol	B	10.1574	6.7039	3.4535
Asam Sulfat	H	0	0	0
Natrium Hidroksida	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA	0	0	0

Tabel 8 . Neraca Massa Decanter . Lanjutan

Komponen	Kode	Arus Masuk(kg/jam)	Arus keluar(kg/jam)	
		7	8	9
Asam Sulfat	H	0	0	0
Natrium Hidroksida	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA	9.7456	9.7456	0
Phthalic Anhidride	PA	0	0	0
N-Butanol	B	0	0	0
Dibutyl Phthalate	DBP	0	0	0
Air	A	0	0	0
<b>Sub Total</b>		2051.5628	146.4384	1905.1244
<b>Total</b>		2051.5628	2051.5628	

## 5. Neraca Massa Menara Evaporator

Tabel 9. Neraca Massa Menara Evaporator

Komponen	Kode	Arus Masuk (Kg/jam)	Arus Keluar (Kg/jam)	
		9	10	11
Air	A	2.6528	0	2.6528
N-Butanol	B	3.4535	0	3.4535
Dibutyl Phthalate	DBP	1888.8607	1888.8607	0
Phthalic Anhidride	PA	10.1574	5.0787	5.0787
Asam Sulfat	H	0	0	0
Natrium Hidroksida	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA	0	0	0
<b>Sub Total</b>		1905.1244	1893.9394	11.1850
<b>Total</b>		1905.1244	1905.1244	

## 2. Neraca Panas

## 1. Neraca Panas Melting Tank

Tabel 10. Neraca Panas Melting Tank

Komponen	Rumus Kimia	Kode	Q input (KJ/jam)		Q output (KJ/jam)	
			Q1	Q2	Q2	Q3
<i>Phthalic Anhydride</i>	$C_8H_4O_3$	PA	5,631.0284	0	0	186,693.5164
Asam Sulfat	$H_2SO_4$	H	0	1,691.2741	0	1,691.2741
Air	$H_2O$	A	0	96.5977	0	1,576.7650
N-butanol	$C_4H_{10}O$	B	0	0	0	0
Natrium Hidroksida	NAOH	N	0	0	0	0
Natrium Sulfat	$NA_2SO_4$	NA	0	0	0	0
Dibutyl Phthalate	$C_{16}H_{22}O_4$	DB P	0	0	0	0
<b>Sub Total</b>			<b>5,631.0284</b>	<b>1,787.8718</b>	<b>0</b>	<b>189,961.5555</b>
<b>Panas Peleburan dan Penguapan (Q4)</b>			<b>0</b>		<b>168.3986</b>	
<b>Pemanas (Steam)</b>			<b>182,711.0539</b>		<b>0</b>	
<b>Total</b>			<b>190,129.9541</b>		<b>190,129.9541</b>	

## 2. Neraca Panas Reaktor

Tabel 11. Neraca Panas Reaktor

Komponen	Rumus Kimia	Kode	Q in (KJ/Jam)		Q out (KJ/Jam)
			Arus 3	Arus 4	Arus 5
n-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	B	0	309,062.28 30	3,090.6228

<i>Phthalic Anhydride</i>	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	PA	186,693.51 64	0	1,866.9352
<i>Dibutyl Phthalate</i>	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	DB P	0	0	406,827.2489
Asam Sulfat	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H	1,691.2741	0	1,163.8582
Natrium Hidroksida	NAOH	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NA	0	0	0
Air	H <sub>2</sub> O	A	0	0	0



Tabel 11. Neraca Panas Reaktor. Lanjutan

Komponen	Rumus Kimia	Kod E	Arus 3	Arus 4	Arus 5
Air	H <sub>2</sub> O	A	1,576.7650	221.4097	59,228.4937
Phthalic Anhidride	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	PA	0	0	0
N-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	B	0	0	0
Dibutyl Phthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	DBP	0	0	0
Asam Sulfat	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H	0	0	0
Natrium Hidroksida	NAOH	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NA	0	0	0
<b>Sub Total</b>			189,961.55	309,283.69	472,177.1588
			55	27	
			499,245.2482		
<b>Panas diserap (Pendingin)</b>			0		-23,820.6721
<b>Panas Reaksi</b>			0		50,888.7615
<b>Total</b>			499,245.2482		499,245.2482

## 3. Neraca Panas Netralizer

Tabel 12. Neraca Panas Netralizer

Komponen	Rumus Kimia	Kode	Q1 in (KJ/jam)	Q2 out (KJ/jam)
			Arus 5+6	Arus 7
n-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	B	784.4349	784.4349
<i>Phthalic Anhydride</i>	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	PA	537.2610	0
<i>Dibutyl Phthalate</i>	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	DBP	119,338.2920	119,338.2920
Asam Sulfat	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H	343.0048	-155.4366

Natrium Hidroksida	NaOH	N	<b>419.4290</b>	0
Natrium Sulfat	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NA	0	<b>796.4311</b>
Air	H <sub>2</sub> O	A	<b>17,971.2597</b>	<b>526.8472</b>
<b>Sub Total</b>			139,393.6813	121,290.5686
<b>Panas diserap (Pendingin)</b>			<b>0</b>	<b>19.5691</b>
<b>Panas Reaksi</b>			<b>-18,083.5436</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>			<b>121,310.1377</b>	<b>121,310.1377</b>

## 4. Neraca Panas Menara Evaporator

Tabel 13. Neraca Panas Menara Evaporator

Komponen	Rumus Kimia	Kode	Q1 in	Q2 out	Q3 out
			(KJ/jam)	(KJ/jam)	(KJ/jam)
			Arus 9	Arus 10	Arus 11
n-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	B	266.7079	0	858.3822
<i>Phthalate A</i>	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	PA	537.2610	7,832.1228	1,523.3806
<i>Dibutyl Phthalate</i>	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	DBP	119,338.2920	323,749.8119	0
Air	H <sub>2</sub> O	A	382.3188	0	467.7139
Asam Sulfat	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H	0	0	0
Natrium Hidroksida	NAOH	N	0	0	0
Natrium Sulfat	NA <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NA	0	0	0
<b>Sub Total</b>			120,524.5796	<b>331,581.9348</b>	<b>2,849.4768</b>
				<b>334,431.4116</b>	
<b>Panas Penguapan (Q4)</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7.2465</b>
<b>Pemanas (Qsteam)</b>			<b>288,972.4340</b>	<b>75,058.3555</b>	
<b>Total</b>			<b>409,497.0136</b>	<b>409,497.0136</b>	

### 3.2. Spesifikasi Alat

#### 3.2.1. Silo

Kodealat	:S01
Fungsi	:Menampung <i>phthalic anhydride</i> sebelum diumpankan ke <i>melting tank</i>
Bahan	: <i>Carbon stell SA-238 Grade C</i>
Suhu operasi	: 30 °C
Tekanan operasi	: 1 atm
Diameter	: 4,96 m
Tinggi	: 11,7 m
Tebal <i>plate shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>plate roof</i>	: 3/16 in
Harga	: \$ 7.649

#### 3.2.2. *MeltingTank*

Kode alat	: Mt-01
Fungsi	: Melelehkan sekaligus memanaskan <i>phthalic anhydride</i> dan asam sulfat dari 30 °C menjadi 140 °C
Bahan	: <i>Carbon stell SA-238 Grade C</i>
Suhu operasi	: 140 °C
Tekanan operasi	: 1 atm
Diameter	: 1,27 m
Tinggi	: 1,27 m
Tebal <i>plate shell</i>	: 1/4 in

Tebal *plate roof* : 1/4 in  
 Harga : \$ 36.481

### 3.2.3. Reaktor

Kode alat : R-01  
 Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara n-butanol dengan *phthalicanhydride* menjadi *dibutyl pthalate*  
 Bahan : *Carbon stell SA-304*  
 Suhu operasi : 140 °C  
 Tekanan operasi : 1 atm  
 Diameter : 1,8051 m  
 Tinggi : 4,6504 m  
 Tebal *plate shell* : 3/16 in  
 Tebal *plate roof* : 3/16 in  
 Harga : \$ 54.544

### 3.2.4. *Netralizer*

Kode alat : N-01  
 Fungsi : Tempat terjadinya reaksi netralisasi asam sulfat (sisa Reaksi di reaktor) dengan natrium hidroksida menjadi natrium sulfat  
 Bahan : *Stainless stell SA-135*  
 Suhu operasi : 60 °C  
 Tekanan operasi : 1 atm  
 Diameter : 1,2283 m  
 Tinggi : 1,8424 m

Tebal *plate shell* : 3/16 in  
 Tebal *plate roof* : 3/16 in  
 Harga : \$ 32.362

### 3.2.5. Dekanter

Kode alat : DC-01  
 Fungsi : Tempat terjadinya pemisahan berdasarkan densitas bahan hasil reaksi di *netralizer*  
 Bahan : *Carbon stell SA-238 Grade C*  
 Suhu operasi : 60 °C  
 Tekanan operasi : 1 atm  
 Diameter : 0,74764 m  
 Panjang : 3,7382 m  
 Tebal *plate shell* : 3/16 in  
 Tebal *plate roof* : 3/16 in  
 Harga : \$ 49.425

### 3.2.6. Evaporator

#### 1. Evaporator

Kode alat : Ev-01  
 Fungsi : Untuk menguapkan air, phthalate anhydride yang masih terdapat dalam biodiesel  
 Bahan : *Carbon stell SA-283 Grade C*  
 Jumlah tube : 352 buah  
 Luas penampang : 0,0021 ft<sup>2</sup>

Diameter : 0,9200 m  
 Tinggi shell : 34,4488 in  
 Tebal shell : 0,7922 in  
 Tebal head : 0,7922 in  
 Tinggi head : 9,0551 in  
 Tinggi total : 72,4409 in  
 Harga : \$ 59.428

2. Tangki Penyimpanan

1. Tangki n-butanol

Kode : T-02  
 Fungsi : Menyimpan bahan baku n-butanol  
 Bahan : *Carbon stell SA-238 Grade C*  
 Tipe : *Silinder Horizontal*  
 Jumlah : 1 buah  
 Spesifikasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30 °C
- c. Diameter : 12,2 m
- d. Tinggi : 5,49 m
- e. Volume : 213,4500 m<sup>3</sup>

Harga : \$ 30.957

## 2. Tangki asam sulfat

Kode : T-01  
 Fungsi : Menyimpan bahan baku asam sulfat  
 Tipe : *Silinder Horizontal*  
 Bahan : *Stainless stell SA-135*  
 Jumlah : 1 buah

## Spesifikasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30 °C
- c. Diameter : 1,559 m
- d. Tinggi : 1,5846 m
- e. Volume : 1,1133m<sup>3</sup>

Harga : \$ 37.893

## 3. Tangki

NaOH

Kode : T-03  
 Fungsi : Menyimpan bahan baku natrium hidroksida  
 Tipe : *Silinder Horizontal*  
 Bahan : *Stainless stell SA-135*  
 Jumlah : 1 buah

## Spesifikasi

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 30 °C
- c. Diameter : 3,0500 m

d. Tinggi : 3,6600 m

e. Volume : 0,6077 m<sup>3</sup>

Harga : \$ 53.197

#### 4. Tangki *dibutyl phthalate*

Kode : T-04

Fungsi : Menyimpan produk *dibutyl phthalate*

Type : *Silinder Horizontal*

Bahan : *Carbon stell SA-304*

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi

a. Tekanan : 1 atm

b. Suhu : 30 °C

c. Diameter : 10,753 m

d. Tinggi : 4,0325 m

e. Volume : 365,3099 m<sup>3</sup>

Harga : \$ 52.367

#### 3.2.6. Heat Exchanger

##### 8. Heater-01

Kode : HE-01

Fungsi : Memanaskan n-butanol dari 30 °C menjadi 140 °C sebelum diumpankan ke dalam reaktor

Jenis : *Double pipe*

Rute fluida : *Annulus: steam, Inner Pipe: aqueous solution*

Spesifikasi :



a. *Annulus* (IPS : 0,25 in)

OD : 0,54 in

ID : 0,36 in

b. *Inner pipe* (IPS : 0,13 in)

OD : 0,41 in

ID : 0,27 in

c. Luas penampang : 28,82 ft<sup>2</sup>

d. Panjang pipa : 12 ft

*Pressure drop inner pipe* : 71,40psi

*Pressure drop annulus* : 58,21psi

Harga : \$ 15.534

9. Heater - 02

Kode : HE-02

Fungsi : Memanaskan NaOH dari 30 °C menjadi 60 °C sebelum diumpankan ke dalam netralizer

Jenis : *Double pipe*

Rute fluida : *Annulus: steam, Inner Pipe: Aqueous solution*

Spesifikasi

a. *Annulus* (IPS : 0,25 in)

OD : 0,54 in

ID : 0,36 in

b. *Inner pipe* (IPS : 0,13 in)

OD : 0,41 in

ID : 0,27 in

c. Luas penampang : 0,16 ft<sup>2</sup>

d. Panjang pipa : 12 ft

*Pressure drop inner pipe* : 0,590 psi

*Pressure drop annulus* : 0.0006543psi

Harga : \$ 17.652

10. Cooler 01

Kode : CO-01

Fungsi : Mendinginkan produk bawah reaktor dari 140-60°C  
sebelum diumpankan ke dalam netralizer

Jenis : *Double pipe*

Rute fluida : *Annulus: heavy organic, Inner Pipe: brine CaCL3*

Spesifikasi

a. *Annulus* (IPS : 3 in)

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

b. *Inner pipe* (IPS : 2 in)

OD : 2,38 in

ID : 2,067 in

c. Luas penampang : 41,68 ft<sup>2</sup>

d. Panjang pipa : 12 ft

*Pressure drop inner pipe* : 0,2820 psi

*Pressure drop annulus* : 2,6845 psi

Harga : \$ 36.481

## 11. Cooler 02

Kode	: CO-02
Fungsi	: Mendinginkan produk bawah evaporator dari 140-60°C sebelum diumpankan ke dalam Tangki-04
Jenis	: <i>Double pipe</i>
Rute fluida	: <i>Annulus: Heavy organic, Inner Pipe: Water</i>
Spesifikasi	: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Annulus</i> (IPS : 2 in)           <ul style="list-style-type: none"> <li>OD : 2,38 in</li> <li>ID : 2,067 in</li> </ul> </li> <li>b. <i>Inner pipe</i> (IPS : 1 ¼ in)           <ul style="list-style-type: none"> <li>OD : 1,66 in</li> <li>ID : 1,38 in</li> </ul> </li> <li>c. Luas penampang : 53,52 ft<sup>2</sup></li> <li>d. Panjang pipa : 12 ft</li> </ul>
<i>Pressure drop inner pipe</i>	: 0,2873 psi
<i>Pressure drop annulus</i>	: 0,0000345 psi
Harga	: \$ 46.013

## 3.2.7. Pompa

## 1. Pompa-01

Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan bahan baku asam sulfat dari tangki ke MT
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>

Spesifikasi :  
 Kapasitas : 0,006026m<sup>3</sup>/dt  
*Head* pompa  
*Total head* : 3 m  
 Tenaga motor : 0,05 HP  
 Harga : \$ 4.001

### 2. Pompa-02

Kode : P-02  
 Fungsi : Mengalirkan keluaran MT ke reaktor  
 Jenis : *Centrifugal pump*  
 Spesifikasi  
 Kapasitas : 0,0002381 m<sup>3</sup>/dt  
*Head* pompa  
*Total head* : 3,0001 m  
 Tenaga motor : 0,05 HP  
 Harga : \$ 4.001

### 3. Pompa-03

Kode : P-03  
 Fungsi : Mengalirkan bahan baku N-butanol dari tangka ke reaktor  
 Jenis : *Centrifugal pump*  
 Spesifikasi  
 Kapasitas : 0,000405 m<sup>3</sup>/dt  
*Head* pompa

*Total head* : 3,1585 m  
 Tenaga motor : 0,05 HP  
 Harga : \$ 4.472

#### 4. Pompa-04

Kode : P-04  
 Fungsi : Mengalirkan keluaran Reaktor ke Netralizer  
 Jenis : *Centrifugal pump*  
 Spesifikasi  
 Kapasitas : 0,001179 m<sup>3</sup>/dt  
*Head pompa*  
*Total head* : 3,5437 m  
 Tenaga motor : 0,08 HP  
 Harga : \$ 4.472

#### 5. Pompa-05

Kode : P-05  
 Fungsi : Mengalirkan bahan baku NAOH ke dalam netralizer  
 Jenis : *Centrifugal pump*  
 Spesifikasi  
 Kapasitas : 0,00008 m<sup>3</sup>/dt  
*Head pompa*  
*Total head* : 3,0003 m  
 Tenaga motor : 0,05 HP  
 Harga : \$ 4.472

## 6. Pompa-06

Kode : P-01  
 Fungsi :Mengalirkan keluaran netralizer ke decanter  
 Jenis :*Centrifugalpump*  
 Spesifikasi  
 Kapasitas :0,00061m<sup>3</sup>/dt

Head pompa

Total head : 3,1107 m

Tenaga motor : 0,05HP

Harga : \$ 4.472

## 7. Pompa-07

Kode :P-07  
 Fungsi : Mengalirkan keluaran atas decanter ke evaporator  
 Jenis :*Centrifugalpump*  
 Spesifikasi  
 Kapasitas : 0,0005685 m<sup>3</sup>/dt

Head pompa

Total head : 3,5161 m

Tenaga motor : 0,05HP

Harga : \$ 4.472

## 8. Pompa-08

Kode	: P-08
Fungsi	: Mengalirkan produk dari evaporator ke tangki penyimpanan
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Spesifikasi	
Kapasitas	: 0,000561 m <sup>3</sup> /dt
Head pompa	
Total head	: 3,7674 m
Tenaga motor	: 0,05 HP
Harga	: \$ 4.472

### 3.3. Utilitas

Unit pendukung proses atau sering dikenal dengan unit utilitas merupakan bagian penting dalam pendirian dan perancangan pabrik. Unit utilitas bertugas menunjang berlangsungnya proses produksi dalam suatu pabrik. Unit ini terbagi dalam beberapa kelompok antara lain: unit penyediaan air (air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan *boiler* dan air untuk perkantoran dan perumahan), *steam*, listrik dan pengadaan bahan bakar.

Unit pendukung proses yang dibutuhkan meliputi:

#### 3.4.1. Unit Penyediaan Air dan Pengolahan air (*Water Supply Section*)

##### A. Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air merupakan salah satu unit utilitas yang bertugas menyediakan air untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Unit ini sangat berpengaruh untuk menunjang kelancaran produksi dari awal hingga akhir proses. Dalam

memenuhi kebutuhan air di dalam pabrik, dapat diambil dari air permukaan. Pada umumnya, air permukaan dapat diambil dari air sumur, air sungai, dan air laut. Dalam prarancangan Pabrik *dibutyl phthalate* ini, sumber air baku yang digunakan berasal dari Sungai Brantas. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air antara lain:

- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahannya juga relatif lebih murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang rumit dan biaya pengolahannya pun pasti besar.
- Air sungai merupakan sumber air yang kapasitas airnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kendala yang mungkin terjadi seperti kekurangan air dapat diminimalisir.
- Letak sungai yang dipakai juga berada tidak terlalu jauh dengan lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik adalah untuk :

#### 1. Air Pendingin

Pada umumnya, ada beberapa faktor yang menyebabkan air digunakan sebagai media pendingin, yaitu:

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah yang besar.
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
- c. Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volum yang tinggi dan tidak terdekomposisi.
- d. Tidak mudah menyusut dalam artian dalam batasan dengan adanya temperatur pendinginan.

#### 2. Air Umpan *Boiler*

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah :



- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi disebabkan air mengandung larutan asam, gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  yang masuk ke dalam air.

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale reforming*)

Pembentukan kerak disebabkan oleh adanya kesadahan dan suhu yang tinggi. Kerak biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

- Zat yang menyebabkan *foaming* dan *Priming*

3. *Foaming* adalah terbentuknya gelembung atau busa dipermukaan air dan keluar bersama *steam*. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik dan anorganik dalam jumlah cukup besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

4. *Priming* adalah adanya tetes air dalam *steam* (buih dan kabut) yang menurunkan efisiensi energi *steam* dan pada akhirnya menghasilkan deposit kristal garam. *Priming* dapat disebabkan oleh konstruksi boiler yang kurang baik, kecepatan alir yang berlebihan atau fluktuasi tiba-tiba dalam aliran.

5. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga perusahaan, seperti air minum, laboratorium, dan MCK.

Syarat-syarat air sanitasi yang harus digunakan, antara lain:

a. Syarat fisik, yaitu:

- Suhu normal di bawah suhu udara luar
- Warna jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau

b. Syarat kimia, yaitu:

- Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- Tidak beracun

c. Syarat bakteriologis, yaitu:

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen, seperti:

*Salmonella*, *Pseudomonas*, dan *Escherichia coli*.

## B. Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air pabrik diperoleh dari air sungai dengan diolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan dapat secara fisika dan kimia.

Adapun tahapan-tahapan pengolahan air sebagai berikut:

### 1. Penyaringan Awal/*Screen* (F-01)

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal, sehingga proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilewatkan *screen* (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menyaring atau menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Setelah itu, dialirkan ke bak pengendap.

### 2. Bak Pengendap (BU-01)

Air sungai setelah melalui *filter* dialirkan ke bak pengendap awal untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai yang tidak lolos dari penyaring awal (*screen*). Setelah itu, dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

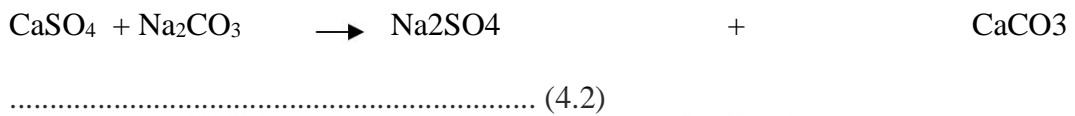
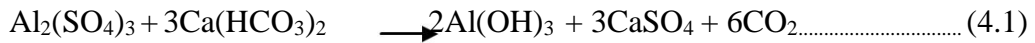
### 3. *Premix Tank* (TU-01)

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak

mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia.

Umumnya, flokulan yang biasa digunakan adalah Tawas atau

alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Adapun reaksi yang terjadi adalah:



#### 4. Clarifier (CLU)

Air setelah melewati bak penggumpal air dialirkan ke *Clarifier* untuk memisahkan/mengendapkan gumpalan-gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang telah dialirkan kedalam *clarifier* yang alirannya telah diatur dan dikontrol ini akan diaduk dengan agitator. Air yang keluar *clarifier* dari bagian pinggir secara *overflow* sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blow down* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

#### 5. Sand Filter (FU-02)

Air setelah melewati *clarifier* dialirkan ke bak saringan pasir, dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. *Sand filter* yang digunakan, terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

#### 6. Bak Penampung Sementara (BU-02)

Air setelah keluar dari bak penyaring dialirkan ke tangki penampung yang siap didistribusikan sebagai air perumahan/perkantoran, air umpan boiler, air pendingin dan sebagai air proses.

#### 7. Tangki Klorinator (TU-01)

Air dari bak penampung dialirkan ke Tangki Klorinator (TU-01). Kemudian air harus ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan

mikroorganisme yang ada, seperti amoeba dan ganggang yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai dikarenakan harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut :



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :



Setelah itu, air dialirkan ke Carbon Filter untuk menghilangkan warna, rasa dan bau air.

#### 8. *Carbon Filter* (CFU)

Tangki ini berfungsi untuk menghilangkan warna, bau dan rasa pada air, sehingga dapat disalurkan untuk keperluan *domestic*. Selanjutnya air yang telah jernih dialirkan ke Tangki Air Bersih (BU-03).

#### 9. Tangki Air Bersih (BU-03)

Tangki air bersih ini berfungsi sebagai penampung air bersih yang telah diproses. Kemudian digunakan untuk keperluan air minum dan perkantora

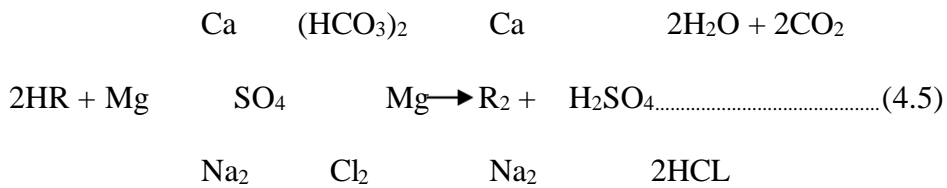
#### 10. Bak Penampung (BU-04)

Bak ini berfungsi untuk menampung sementara air untuk keperluan proses. Sebagai umpan *Fat Splitting Column*, dan pelarut NaOH.

#### 11. Tangki *Kation Exchanger* (KEU)

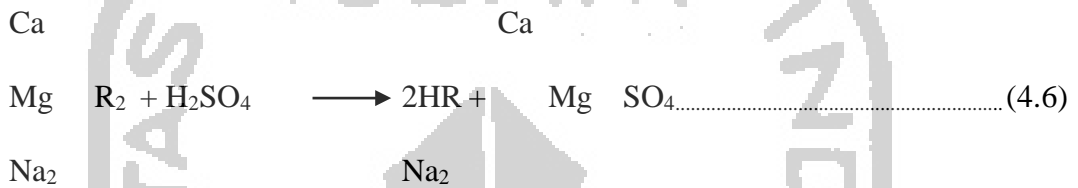
Air dari Bak Penampung (BU-02) berfungsi sebagai *make up boiler*, lalu air diumpankan ke Tangki *Kation Exchanger* (KEU). Sehingga air yang keluar dari *kation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $\text{H}^+$ . resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion  $\text{H}^+$ .

Reaksi yang terjadi yaitu:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu regenerasi kembali dengan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Reaksi yang terjadi yaitu:



12. Tangki *Anion Exchanger* (AEU)

Air yang keluar dari Tangki *Kation Exchanger* (KEU), kemudian diumpankan ke Tangki *Anion Exchanger* (AEU). Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> akan terikat dengan resin.

Reaksi yang terjadi yaitu:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi yang terjadi yaitu:



Sebelum masuk boiler, air diproses terlebih dahulu dalam unit *deaerator* dan unit pendingin.

### 13. Unit *Deaerator* (DE)

*Deaerasi* adalah proses pembebasan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan *korosi* pada *boiler* seperti *oksigen* (O<sub>2</sub>) dan *karbon dioksida* (CO<sub>2</sub>). Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger* dan *anion exchanger*) dipompakan menuju *deaerator* (DE). Pada pengolahan air untuk (terutama) boiler tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit *deaerator* berfungsi menghilangkan gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam *deaerator* diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi sebagai berikut:



sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Air yang keluar dari *deaerator* dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

### 14. Bak Air Pendingin (BU-05)

Pendingin yang digunakan dalam proses ini berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower* diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih.

Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas adalah dengan menginjeksikan bahan-bahan kimia ke dalam air pendingin. Bahan-bahan kimia yang diinjeksikan antara lain:

- 2 Fosfat, yang berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- 3 Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.

- 4 *Zat Dispersant*, untuk mencegah timbulnya penggumpalan.

### C. Kebutuhan Air

#### 1. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 14. Daftar Kebutuhan Air Pendingin

No	Alat	Kode	Fungsi	Kebutuhan, Kg/jam
1	Reaktor	R-01	menjaga suhu reaksi konstan	4.2841
2	Cooler	CO-01	mendinginkan produk bawah reaktor	59306.2559
3	Cooler	CO-02	mendinginkan produk bawah evaporator	60025.1409
TOTAL				119335.6809

#### 2. Kebutuhan Air *Steam*

Suhu *steam* 170°C = 338°F

Tabel 15. Daftar Air Kebutuhan *Steam*

No	Alat	Kode	Fungsi	Kebutuhan, Kg/jam
1	Heater 1	HE-01	memanaskan n-butanol	145.8738
2	Heater 2	HE-02	memanaskan NaOH	0.1668
4	Melting Tank	MT-01	Melelehkan <i>phthalic nhydride</i>	89.19452209

Tabel 15. Daftar Air Kebutuhan *Steam*. Lanjutan

No	Alat	Kode	Fungsi	Kebutuhan kg/j
5	Evaporator	EV-01	Memekatkan larutan <i>dibutyl phthalate</i>	104.4269823
TOTAL				339.6621

## 3. Kebutuhan Air untuk Sanitasi

Tabel 16. Daftar Kebutuhan Air Sanitasi

Penggunaan	Kebutuhan Air (kg/jam)
Kantor	7000
Poliklinik	50
Laboraorium	35
Bengkel	15
Pemadam Kebakaran	100
Keperluan musholla, kantin, kebun dll	50
Total	7250

Karena digunakan sistem sirkulasi, maka *make up water* yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$a. \text{ Air pendingin hilang (20\%)} = 0,2 \times 119335,6809 \text{ kg/jam}$$

$$= 23867,1362 \text{ kg/jam}$$

Jadi total kebutuhan air yang disuplai dari tangki air = air untuk sanitasi

(perkantoran dan pabrik) + *make up* air pendingin

$$= 7250 + 23867,1362 = 31.117,1362 \text{ kg/jam}$$

## 3.4.2. Unit Penyediaan Steam



## 1. Perhitungan kapasitas boiler

$$W = 339,6621 \text{ kg/jam}$$

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Ov = 0,2$$

$$\text{Sehingga, } Q = (1.28 * W) / p = 0,4076 \text{ m}^3/\text{jam}$$

## 2. Unit Penyediaan Listrik

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan listrik di seluruh area pabrik, pemenuhan kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN dan sebagai cadangan adalah *generator set* untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi pada PLN.

Kebutuhan listrik dapat dibagi :

## 1. Listrik untuk Keperluan Proses

Besarnya listrik untuk keperluan proses sebagai berikut :

Tabel 17. Konsumsi Listrik untuk Keperluan Proses

No	Alat	Kode	Jumlah	Power (Hp)
1	Reaktor	R-01	1	0,33
2	Netralizer	N-01	1	5
3	Melting Tank	MT-01	1	5
4	Belt Elevator	BC-01	1	1
5	Pompa	P-01	1	0,05
6	Pompa	P-02	1	0,05
7	Pompa	P-03	1	0,05
8	Pompa	P-04	1	0,08
9	Pompa	P-05	1	0,05

Tabel 17. Konsumsi Listrik Proses. Lanjutan

No	Alat	Kode	Jumlah	Power (HP)
10	Pompa	P-06	1	0,05
11	Pompa	P-07	1	0,05
12	Pompa	P-08	1	0,05
TOTAL				11,72

Diketahui 1 Hp = 0,7457 Kw

Power yang dibutuhkan =  $11,72 \times 0,7457 \text{ kW}$

= 8,7444 kW

#### 1. Listrik untuk Utilitas

Besarnya listrik untuk unit pendukung proses (utilitas) dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 18. Konsumsi Listrik untuk Unit Pendukung Proses (Utilitas)

No	Alat	Kode	Jumlah	Power (Hp)	Total
1	Tangki Kesadahan	TK	1	0,5	0,5
2	Tangki Klorinator	TC	1	0,5	0,5
3	Kompresor udara	CU	1	5	5
4	Pompa	PU-01	1	7,50	7,50
5	Pompa	PU-02	1	0,75	0,75
6	Pompa	PU-03	1	5	5
7	Pompa	PU-04	1	0,05	0,05
8	Pompa	PU-05	1	2	2
9	Pompa	PU-06	1	1,50	1,50

Tabel 18. Konsumsi Listrik untuk Unit Pendukung Proses. Lanjutan

No	Alat	Kode	Jumlah	Power (HP)	Total
10	Pompa	PU-07	1	0,25	0,25
11	Pompa	PU-08	1	1	1
12	Pompa	PU-09	1	1,50	1,50
13	Pompa	PU-10	1	0,05	0,05
14	Pompa	PU-11	1	1,50	1,50
15	Pompa	PU-12	1	0,50	0,50
16	Pompa	PU-13	1	0,50	0,50
Total					27,65

Diketahui 1 Hp = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan =  $27,65 \times 0,7457 \text{ kW} = 20,6186 \text{ kW}$

2. Kebutuhan Listrik Laboratorium, Rumah Tangga, Perkantoran dan Lain-lain

Jumlah kebutuhan listrik untuk laboratorium, rumah tangga, perkantoran dan lain-lain diperkirakan sebesar 25 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas = 10,8272 Hp.

2. Listrik untuk Instrumentasi dan Kontrol

Jumlah kebutuhan listrik untuk alat instrumentasi dan kontrol diperkirakan sebesar 5 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas yaitu 2,1654 Hp.

Sehingga kebutuhan listrik total pabrik = 56,3015 Hp

Diketahui 1 Hp = 0,7457 Kw

Power yang dibutuhkan =  $56,3015 \times 0,7457 = 41,9840 \text{ kW}$

### Spesifikasi Generator

- a. Tipe : Generator diesel

- b. Kapasitas : 120 kW
- c. Frekuensi : 220/360 volt
- d. Efisiensi : 75%
- e. Bahan bakar : Minyak diaesol

### 3. Unit Penyediaan Bahan bakar

#### 1. Kebutuhan Bahan Bakar untuk *Generator Set* Lower Net Heating Value

$$(\text{LHV}) = 145,100 \text{ Btu/gal Efisiensi Pembakaran, } 70 - 80 \%$$

Diambil : Efisiensi 75%

Kebutuhan Bahan bakar:

Jumlah batu bara yang dibutuhkan:

$$W_m = Q / (\text{Efisiensi}) * (\text{Heating Value})$$

$$W_m = 23,7369 \text{ lt/dtk}$$

### 4. Unit Pengolahan Limbah

Unit ini berfungsi untuk mengolah limbah yang dihasilkan dari seluruh area pabrik.

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik *dibutyl phthalate* berbentuk slury cair dan gas.

Limbah slury berasal dari hasil bawah dekanter dengan komposisi natrium sulfat, air dan butanol. Limbah cair ini berasal dari 3 sumber utama, yaitu limbah sanitasi,

air berminyak dari pompa dan dari air limbah laboratorium serta air sisa regenerasi dari unit demineralisasi. Sedangkan limbah gas (99% uap air) dari hasil atas EV.

#### 1. Limbah slury

Limbah slury natrium sulfat dihasilkan dari reaksi netralisasi NaOH dengan asam sulfat. Karena jumlahnya yang sedikit limbah ini kemudian diolah di *burning pit* untuk dibakar menjadi abu.

## 2. Limbah sanitasi

Limbah sanitasi pembuangan air yang sudah terpakai untuk keperluan kantor dan pabrik lainnya seperti pencucian, air masak dan lain-lain. Penanganan limbah ini tidak memerlukan *treatment* khusus karena tidak mengandung bahan-bahan kimia berbahaya. Hal yang perlu diperhatikan adalah volume bangunan yang diijinkan dan tempat pembuangan air limbah ini.

## 3. Air berminyak dari pompa

Air berminyak berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat-alat lainnya. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenis. Minyak dibagian atas dialirkan ke tungku pembakar, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke penampung akhir, kemudian dibuang.

4. Air limbah Laboratorium dan air sisa regenerasi dari unit demineralisasi tahapan-tahapan dalam mengolah limbah cair ini sebelum dibuang ke lingkungan adalah sebagai berikut :

### a. *Screening*

Tujuannya adalah mencegah masuknya butiran – butiran padatan ke dalam air karena dapat merusak pompa. Alat yang digunakan adalah 2 unit *Rectangular Screen Basin*.

### b. Ekualisasi

Tahap ini bertujuan untuk menyeragamkan laju alir air limbah yang masuk ke unit pengolahan limbah. Alat yang digunakan adalah *Rectangular Storage Basin*.

### c. Koagulasi

Tahap ini dilakukan penambahan koagulan organik polialuminium klorida dan natrium hidroksida agar terbentuk flok (partikel padat) yang lebih besar dari partikel

pada aliran sebelumnya. Alat yang digunakan adalah *Rectangular Coagulation Basin*.

d. Flokulation

Pada tahap ini terjadi proses pengendapan dan penambahan kuriflok (polimer) disertai pengadukan secara perlahan agar flok yang terbentuk tidak pecah, sehingga flok yang terbentuk semakin banyak. Alat yang digunakan adalah *Rectangular Flokulation Basin* yang dilengkapi dengan pengaduk jenis vertical.

e. Sedimentasi

Merupakan proses pengendapan padatan yang ada dalam aliran. Alatnya adalah *Silindrical Sedimentation Basin*.

f. Netralisasi

Pada tahap ini dilakukan pengendalian keasaman. pH diukur dengan menggunakan pH meter. Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan  $H_2SO_4$  atau NaOH. Alat yang digunakan adalah *Rectangular Final pH Control Basin*.

g. Penyaringan

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghilangkan warna dan sedikit kandungan logam berat. Alat yang digunakan adalah *Filter carbon aktif jenis Pressure Filter*.

h. Pemekatan

Pada tahap ini dilakukan pengendapan dengan metode *Natural Sedimental Thickener*, yaitu pengendapan di dasar *Depositing Chamber* melalui perbedaan specific gravity antara Lumpur dan air limbah. Alat yang digunakan adalah jenis *Center*.

i. Pemisahan padatan

Dalam proses ini cairan dimasukkan ke dalam bak pengontrol. Jika sudah memenuhi standart, cairan dibuang ke lingkungan. Sedangkan jika masih belum memenuhi

standart, cairan akan diolah kembali dalam pengolahan limbah dan limbah padat yang dihasilkan dibuang. Alat yang digunakan adalah *Dehydroextractor* jenis *belt press*

#### 3.4.6. Laboratorium

Keberadaan laboratorium dalam suatu pabrik sangat penting untuk mengendalikan mutu hasil produk. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku, analisa proses dan analisa kualitas produk.

Tujuan laboratorium antara lain :

1. Memeriksa bahan baku yang akan digunakan.
2. Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan.
3. Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi.
4. Memeriksa kadar zat-zat yang dapat menyebabkan pencemaran pada buangan pabrik.

#### 1. Program kerja laboratorium

Dalam upaya pengendalian mutu produk *dibutyl phthalate*, salah satu hal yang dilakukan adalah mengoptimalkan aktivitas laboratorium untuk pengujian mutu.

Pembagian laboratorium dapat dilakukan untuk mempermudah pelaksanaan program kerja. Oleh karena itu laboratorium pabrik *dibutyl phthalate*

ini dibagi menjadi 3 bagian:

#### A. Laboratorium Pengamatan

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua aliran yang berasal dari proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan "*Certificate of Quality*" untuk menjelaskan spesifikasi hasil

pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir.

#### B. Laboratorium Analitik

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku dan produk akhir.

#### C. Laboratorium penelitian pengembangan lingkungan

Kerja dan tugas laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material dalam proses untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal baru untuk keperluan pengembangan.

#### 2. Penanganan Sampel

Dalam menganalisa harus diperhatikan jenis sampel yang akan diambil. Sampel yang diperiksa untuk dianalisa terbagi dalam dua bentuk, yaitu:

##### a. Gas

Cara penanganan/analisa sampel dalam bentuk gas bisa dilaksanakan langsung dengan pengambilan sampel yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisa. Pengambilan sampel dalam bentuk gas harus diperhatikan segi keamanannya terlebih dahulu bila gas dianalisa sangat berbahaya. Alat pelindung diri harus disesuaikan dengan sifat sampel yang diambil. Arah angin juga harus diperhatikan dengan jalan membelakangi arah angin.

##### b. Cairan

Analisa dalam bentuk cairan hal yang perlu diperhatikan adalah sampel harus didinginkan bila sampel yang dianalisa panas. Untuk cairan yang berbahaya,



pengambilan sampel dilakukan dengan alat yang dapat melindungi diri dari bahaya yang bisa ditimbulkan.

### 3. Prosedur Analisa

Pengujian mutu produk yang optimal dilakukan untuk mengendalikan kualitas produk pabrik *dibutyl phthalate* ini. Adapun analisa pada proses pembuatan *dibutyl phthalate* adalah sebagai berikut :

- a. Analisa bahan baku berupa n-butanol dan *phthalic anhydride*, meliputi : analisa kadar air, viskositas, *specific gravity*, titik didih dan titik leleh.
- b. Analisa bahan dalam aliran proses, meliputi : analisa viskositas, densitas dan konsentrasi bahan.
- c. Analisa terhadap produk utama *dibutyl phthalate* meliputi analisa kadar air, viskositas, *specific gravity*, titik didih dan titik leleh.

Sedangkan analisa di unit utilitas, meliputi :

- Analisa *feed water*, meliputi analisa *Dissolved oxygen*, pH, *hardness*, total solid, *suspended solid*, serta minyak dan *organic matter*.
- Analisa air sanitasi, meliputi : pH, daya hantar listrik, suhu, kebasaaan, zat padat terlarut
- Analisa penukar ion meliputi kesadahan  $\text{CaCO}_3$ , silikat sebagai  $\text{SiO}_2$
- Analisa *cooling water* meliputi pH jenuh  $\text{CaCO}_3$  dan indeks langelier.

### 4. Metode Analisa

Metode analisa dan bahan instruksi kerja untuk analisa mengacu pada berbagai standar analisa, antara lain : ASTM, SII, JIS dan lain-lain.

### 5. Alat – alat Laboratorium

Alat – alat yang digunakan di laboratorium, antara lain :

#### 1. Viscosimeter

Alat untuk mengukur viskositas bahan dan produk dari reaktor

2. *Picnometer*

Alat untuk mengukur viskositas bahan dan produk dari reaktor.

3. *Hidrometer*

Alat untuk menganalisa *specific gravity*.

4. *Atomic Absorption Spectrofotometer*

Alat untuk menganalisa kadar logam dan hidrokarbon.

5. *ASTM D-1067*

Alat untuk mengetahui kadar asam dan basa untuk air umpan.

6. *Kromatografi gas*

Alat untuk menentukan kandungan bahan dan produk.

