



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**APENDIKS A  
PERHITUNGAN NERACA MASSA**

Satuan massa = kilogram (kg)

Basis operasi = 1 jam

Kapasitas produksi = 50.000 ton/tahun  
=  $\left( \frac{50.000 \text{ ton/tahun} \times 1.000 \text{ kg/ton}}{330 \text{ hari/tahun} \times 24 \text{ jam/hari}} \right)$   
= 6.313,13 kg/jam

Waktu operasi = 330 hari/tahun  
= 24 jam/hari

Basis As. Campuran masuk = 19.996,73 kg/jam

Data berat molekul bahan :

Komponen	BM (g/gmol)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,129
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	169,23
NH <sub>3</sub>	17,03

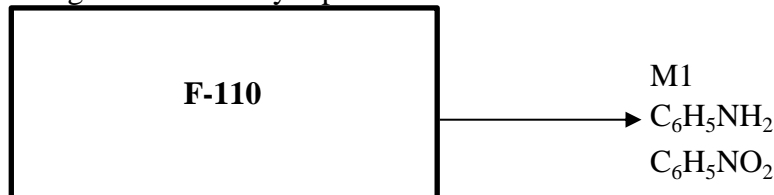
Data komposisi bahan baku :

1. Anilin

Komponen	% w/w
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	99,9%
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	0,1%
Total	100,0%

**1. Tangki Penyimpanan Aniline (F-110)**

Fungsi : Untuk menyimpan aniline cair



Kebutuhan Aniline = 19.996,7259  $\frac{\text{Kg}}{\text{Jam}}$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Keterangan :

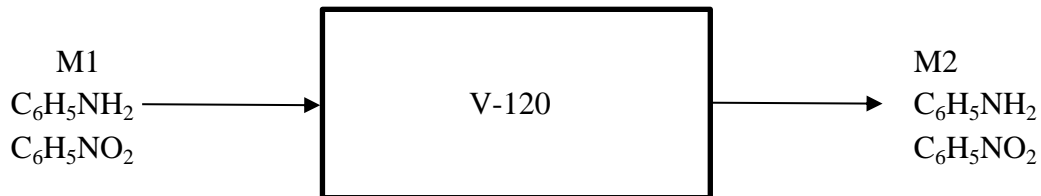
M1 : Feed Menuju vaporizer

**Massa Bahan Baku Keluar**

Komponen	RM	BM(Kg/Mol)	M1(Kg/Jam)	M1(Kmol/Jam)
Anilin	$C_6H_5NH_2$	93,129	19976,7292	214,5059989
Nitrobenzene	$C_6H_5NO_2$	123,11	19,9967259	0,162429745
Total			19.996,73	214,6684286

**2. Vaporizer (V-120)**

Fungsi : mengubah Anilin menjadi gas



Neraca Massa Total:  $M1 = M2$

Keterangan :

M1 : Massa larutan menuju evaporator

M2 : Massa Larutan menuju furnace

Menurut (**Kern, 1965**) hanya 80% feed yang dapat teruapkan, sedangkan 20% sisanya masih berupa cairan dalam vaporizer yang berada dibawah koil. Sehingga perhitungan laju alir masuk dlebihkan menjadi 120 %.

$$\begin{aligned} \text{Bahan baku masuk} &= 120\% \times 19.996,73 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \\ &= 23996,0711 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

Untuk masing - masing komponen bahan baku menjadi

$$C_6H_5NH_2 = 23972,075 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 257,407199 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

$$C_6H_5NO_2 = 23,9960711 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 0,19491569 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\text{Total} = 23996,0711 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} = 257,602114 \frac{\text{Kmol}}{\text{Jam}}$$

a. Komposisi Bahan Masuk Vaporizer (M1)

Komponen	BM(Kg/Mol)	M1(Kg/Jam)	M1(Kmol/Jam)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,129	23972,075	257,407199
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11	23,9960711	0,19491569
Total		23996,0711	257,60

b. Komposisi Bahan Keluar vaporizer (M2)

Komponen	BM(Kg/Mol)	M2(Kg/Jam)	M2(Kmol/Jam)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,129	23972,075	257,407199
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11	23,9960711	0,19491569
Total		23996,0711	257,60

keluar

Komponen
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>
To
Ner
Massa Masu
M1 (dar
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>
Total
Total

Neraca Massa Vaporizer (V-120)

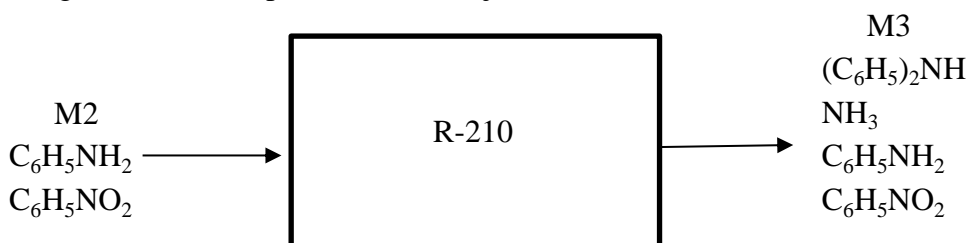
Massa Masuk (kg/jam)		Massa Keluar (kg/jam)	
M1 (dari F-110)		M2 (ke R-210)	
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	23972,0750	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	23972,075
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	23,9961	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	23,9960711
Total	23996,0711	Total	23996,0711

Neraca Massa Vaporizer (V-120) Setelah Recycle

Massa Masuk (kg/jam)		Massa Keluar (kg/jam)	
M1 (dari F-110)		M2 (ke R-210)	
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	11.252,6035	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	23.972,0750
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	8,4244	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	23,9961
M11 (dari H-340)			
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12.719,4715		
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	15,5717		
Total	23.996,0711	Total	23996,0711

### 3. Reaktor (R-210)

Fungsi : Mendekomposisi anilin menjadi difenilamin



Neraca Massa Total = M2+M3

Keterangan :



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

M2 : Aliran gas menuju reaktor

M3 : Aliran hasil reaktor menuju separator

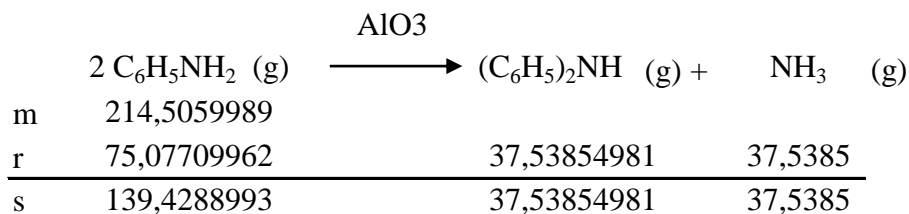
Konversi reaksi : 35%

a. Komposisi Bahan Keluar vaporizer (M2)

Komponen	BM(Kg/Mol)	M2(Kg/Jam)	M2(Kmol/Jam)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,129	19.976,7292	214,505999
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11	19,9967	0,16242974
Total		19996,7259	214,67

b. Komposisi bahan keluar reaktor (M3)

Reaksi yang terjadi :                      Konversi                      35%



Senyawa yang bereaksi

$$\begin{aligned}
 \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 &= 75,0770996 \text{ Kmol/jam} \times 93,129 \text{ Kg/mol} \\
 &= 6991,85521 \text{ Kg/jam}
 \end{aligned}$$

Senyawa yang terbentuk

$$\begin{aligned}
 (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH} &= 37,5385498 \text{ Kmol/jam} \times 169,23 \text{ Kg/mol} \\
 &= 6352,64878 \text{ Kg/jam} \\
 \text{NH}_3 &= 37,5385498 \text{ Kmol/jam} \times 17,03 \text{ Kg/mol} \\
 &= 639,203369 \text{ Kg/jam}
 \end{aligned}$$

Senyawa yang tersisa

$$\begin{aligned}
 \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 &= 139,428899 \text{ Kmol/jam} \times 93,129 \text{ Kg/mol} \\
 &= 12984,874 \text{ Kg/jam}
 \end{aligned}$$

Neraca Massa Reaktor (R-210)			
Massa Masuk (kg/jam)		Massa Keluar (kg/jam)	
M2 (dari V-120)		M3 (ke H-310)	
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	19.976,73	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	6.352,6488
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	19,9967	NH <sub>3</sub>	639,2034
		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12.984,8740
		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	19,9967
<b>Total</b>	<b>19.996,7</b>	<b>Total</b>	<b>19.996,7</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**4. Vertikal Separator Drum (H-310)**

Fungsi : Untuk memisahkan Fase gas dan liquid hasil reaksi

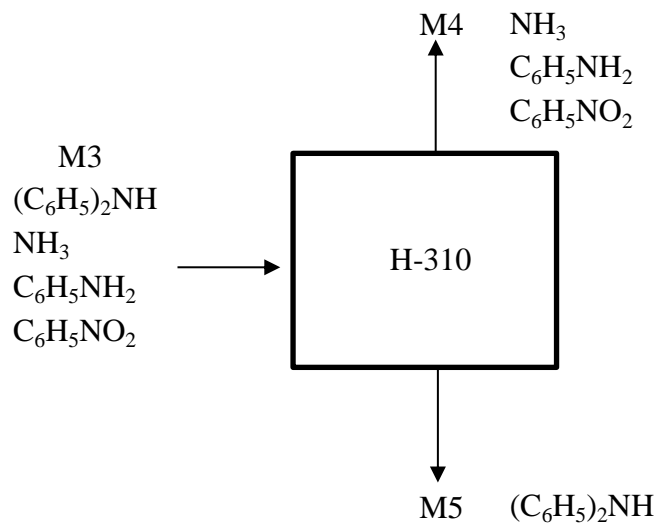
Neraca Massa Total :  $M3 = M4 + M5$

Keterangan :

M3 = Aliran keluar reaktor menuju separator

M4 = Aliran gas keluar menuju separator 2

M5 = Aliran cairan menuju prilling tower



Kondisi Operasi :

Tekanan = 1 atm = 760 mmhg

Suhu = 511,1 K = 237,9 C

Komponen	BM(Kg/Kmol)	M3		Fraksi Berat	Fraksi Mol
		Kg/Jam	Kg/mol		
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	169,23	6.352,6488	37,5385498	0,31768	0,17487
NH <sub>3</sub>	17,03	639,2034	37,5385498	0,03197	0,17487
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,129	12.984,8740	139,428899	0,64935	0,64951
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11	19,9967	0,16242974	0,001	0,00076
Total		19.996,7228	214,668429	1	1



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Komponen	No. Ref	Konstanta				
		A	B	C	D	E
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	492	-5,4E+01	-2,1E+03	2,9E+01	-4,5E-02	2,0E-05
NH <sub>3</sub>	171	3,7E+01	-2,0E+03	-1,2E+01	7,46E-03	-9,6E-12
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	680	9,8E+00	-3,9E+03	9,1E-01	-5,9E-03	2,3E-06
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	125	1,2E+02	-7,2E+03	-4,3E+01	1,73E-02	5,7E-15

**Neraca Massa total**       $F = V + L$       (Kern hal 328)

Neraca massa komponen       $= F * x_f = V * y_i + L * x_i$

$V$        $= F - L$

$V$        $= k_i * L ( V / L )$

$L$        $= F / ( 1 + k_i * ( V / L ) )$

$F$  = aliran masuk dari reaktor (kmol / jam )

$V$  = aliran uap keluar dari separator (kmol / jam )

$L$  = aliran liquid keluar dari separator (kmol / jam )

Log 10 Pi sat	Pi sat	Pi	Ki
3,1E+00	1376,254	760	1,8E+00
5,6E+00	382491,254	760	5,0E+02
2,2E+00	157,709	760	2,1E-01
3,4E+00	2447,471	760	3,2E+00

asumsi v/l trial  
2,000

V (kmol)	V (kg)	L (kmol)	L (kg)	X	Y
0,127	15,670	0,035	4,327	0,001	0,001
37,501	638,569	0,037	0,634	0,000	0,046
11,010	363,219	26,529	5989,430	0,960	0,026
120,690	12739,762	18,739	245,112	0,039	0,926
169,329	13757,220	45,340	6239,503	1,000	1,000

$$\begin{aligned} V/L &= \frac{13757,220}{6239,503} \\ &= 2,20485835 \end{aligned}$$

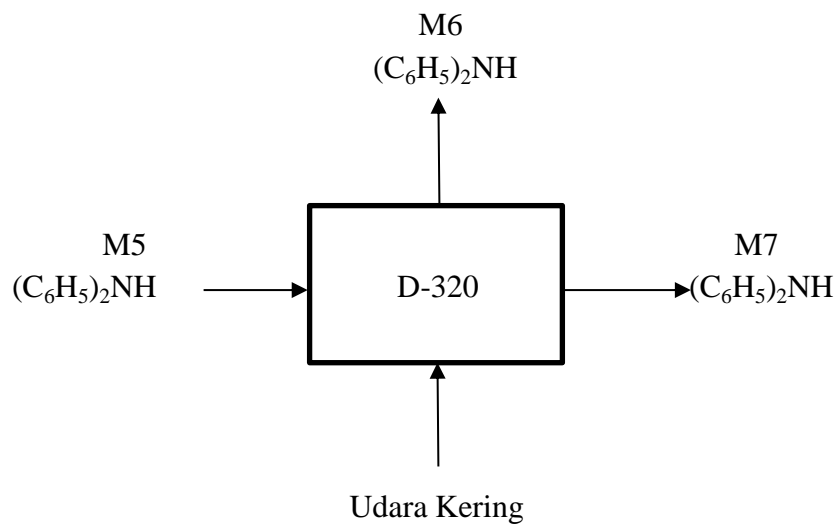


**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

<b>Neraca Massa Separator (H-310)</b>			
<b>Massa Masuk (kg/jam)</b>		<b>Massa Keluar (kg/jam)</b>	
<b>M3 (dari R-210)</b>		<b>M4 (ke H-340)</b>	
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	6.352,6488	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	363,2188
NH <sub>3</sub>	639,2034	NH <sub>3</sub>	638,5690
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12.984,8740	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12739,7622
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	19,9967	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	15,6700
		<b>M5 (ke D-230)</b>	
		(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	5.989,43
		NH <sub>3</sub>	0,63
		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	245,11
		C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	4,33
<b>Total</b>	<b>19.996,7</b>	<b>Total</b>	<b>19.996,7</b>

**5. Prilling Tower (D-320)**

Fungsi : Mengubah produk menjadi butiran



Neraca Massa Total =  $M5 = M6 + M7$

Keterangan :

M5 = Aliran Feed menuju prilling tower

M6 = Aliran keluar padatan terikut ke cyclone

M7 = Aliran keluar menuju tangki penyimpanan

Aliran feed masuk

Komponen	Rate (Kg/Jam)	Fraksi
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	5.989,4300	1



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

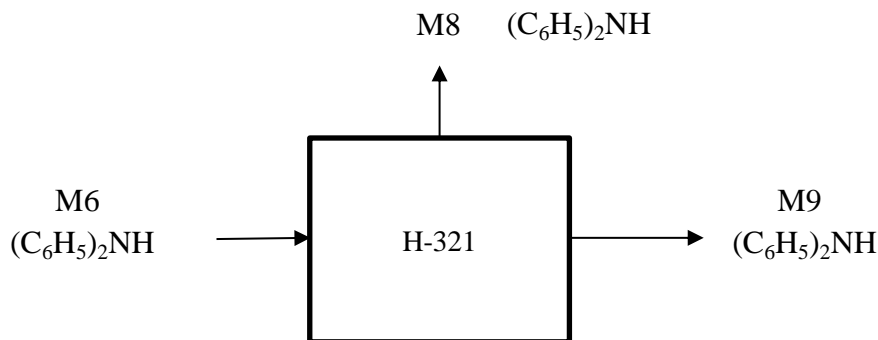
$$\begin{aligned} \text{asumsi padatan terikut} &= 1\% \\ &= 5.989,4300 \times 1\% \\ &= 59,8943 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produk menuju penyimpanan} &= \text{feed masuk} - \text{padatan terikut} \\ &= 5.929,5357 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

<b>Neraca Massa Prilling Tower (D-320)</b>			
<b>Massa Masuk (kg/jam)</b>		<b>Massa Keluar (kg/jam)</b>	
<b>M5 (dari H-310)</b>		<b>M6 (ke H-321)</b>	
$(C_6H_5)_2NH$	<b>5.989,4300</b>	$(C_6H_5)_2NH$	<b>59,8943</b>
		<b>Total</b>	<b>59,8943</b>
		<b>M7 (ke C-340)</b>	
		$(C_6H_5)_2NH$	<b>5.929,5357</b>
<b>Total</b>	<b>5.989,4300</b>	<b>Total</b>	<b>5.989,4300</b>

**6. Cyclone prilling tower**

Fungsi : Memisahkan butiran produk yang terikut pada udara



Keterangan :

M6 = Aliran masuk Cyclone

M8 = aliran udara keluar

M9 = Aliran keluar menuju penyimpanan

Aliran feed masuk

Komponen	Rate (Kg/Jam)	Fraksi
$(C_6H_5)_2NH$	59,8943	1

Efisiensi cyclone yaitu : 99% (Perry 7 ed , figure 17-39)

$$\begin{aligned} \text{Menuju penyimpanan produk} &= 59,8943 \times 99\% \\ &= 59,295357 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Udara Bebas} &= \text{Feed Masuk} - \text{Menuju Penyimpanan} \\ &= 0,5989 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$





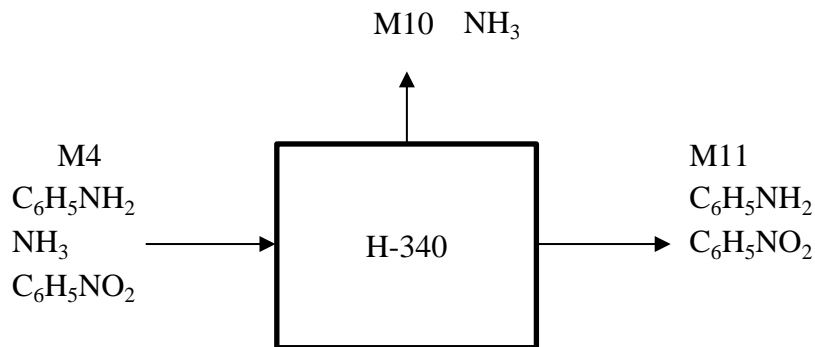
**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

<b>Neraca Massa Cyclone Prilling Tower (H-321)</b>			
<b>Massa Masuk (kg/jam)</b>		<b>Massa Keluar (kg/jam)</b>	
<b>M6 (dari D-320)</b>		<b>M9 (ke C-340)</b>	
$(C_6H_5)_2NH$	<b>59,8943</b>	$(C_6H_5)_2NH$	<b>59,2954</b>
		<b>Total</b>	<b>59,2954</b>
		<b>M8 (ke Lingkungan)</b>	
		$(C_6H_5)_2NH$	<b>0,5989</b>
<b>Total</b>	<b>59,8943</b>	<b>Total</b>	<b>59,8943</b>

**7. Separator 2 (H-340)**

Fungsi : Memisahkan  $NH_3$  dari Anilin yang tidak bereaksi

$$\text{Neraca Massa Total} = M4 = M10 + M11$$



Keterangan :

M4 = Aliran keluar reaktor menuju separator

M10 = Aliran gas keluar menuju penyimpanan  $NH_3$

M11 = Aliran cairan menuju Mixer Recycle

Kondisi Operasi :

$$\begin{aligned} \text{Suhu} &= 70 \text{ C} && 343,15 \text{ K} \\ \text{Tekanan} &= 1 \text{ atm} && 760 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

Komponen	BM(Kg/Kmol)	M4		Fraksi Berat	Fraksi Mol
		Kg/Jam	Kg/mol		
$(C_6H_5)_2NH$	169,23	363,2188	2,1463026	0,0264	0,01216
$NH_3$	17,03	638,5690	37,5012928	0,04642	0,21239
$C_6H_5NH_2$	93,13	12.739,7622	136,79694	0,92604	0,77474
$C_6H_5NO_2$	123,11	15,6700	0,12728488	0,00114	0,00072
<b>Total</b>		<b>13.757,2200</b>	<b>176,57182</b>	<b>1</b>	<b>1</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Komponen	No. Ref	Konstanta				
		A	B	C	D	E
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	492	-5,4E+01	-2,1E+03	2,9E+01	#####	2,0E-05
NH <sub>3</sub>	171	3,7E+01	-2,0E+03	-1,2E+01	7,46E-03	-9,6E-12
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	680	9,8E+00	-3,9E+03	9,1E-01	#####	2,3E-06
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	125	1,2E+02	-7,2E+03	-4,3E+01	1,73E-02	5,7E-15

**Neraca Massa total** = F + L (Kern hal 328)

Neraca massa komponen = F \* x<sub>f</sub> = V \* y<sub>i</sub> + L \* x<sub>i</sub>

V = F - L

V = k<sub>i</sub> \* L ( V / L )

L = F / ( 1 + k<sub>i</sub> \* ( V / L ) )

F = aliran masuk dari reaktor (kmol / jam )

V = aliran uap keluar dari separator (kmol / jam )

L = aliran liquid keluar dari separator (kmol / jam )

Log 10 Pi sat	Pi sat	Pi	Ki
6,8E-01	4,800	760	6,3E-03
4,4E+00	24832,941	760	3,3E+01
-1,0E+00	0,092	760	1,2E-04
1,0E+00	10,296	760	1,4E-02

asumsi v/l trial  
1,000

V	V (kg)	L	L (kg)	X	Y
0,001	0,098	0,126	15,572	0,001	0,000
36,388	619,606	1,114	18,963	0,001	0,968
0,000	0,044	2,146	363,175	0,028	0,000
1,829	20,291	134,968	12719,471	0,970	0,032
38,217	640,039	138,355	13117,181	1,000	1,000

$$\begin{aligned} V/L &= \frac{640,039}{13117,181} \\ &= 0,04879398 \end{aligned}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

---

<b>Neraca Massa Separator 2 (H-340)</b>			
<b>Massa Masuk (kg/jam)</b>		<b>Massa Keluar (kg/jam)</b>	
<b>M4 (dari H-310)</b>		<b>M10 (ke F-430)</b>	
$(C_6H_5)_2NH$	363,2188	$(C_6H_5)_2NH$	0,044
$NH_3$	638,5690	$NH_3$	619,606
$C_6H_5NH_2$	12739,7622	$C_6H_5NH_2$	20,291
$C_6H_5NO_2$	15,6700	$C_6H_5NO_2$	0,098
		<b>M11 (ke V-120)</b>	
		$(C_6H_5)_2NH$	363,175
		$NH_3$	18,963
		$C_6H_5NH_2$	12719,471
		$C_6H_5NO_2$	15,572
<b>Total</b>	<b>13.757,2200</b>	<b>Total</b>	<b>13.757,2200</b>



PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI

APENDIKS B  
PERHITUNGAN NERACA PANAS

Satuan panas	=	kJ/jam	
Suhu referensi	=	25	°C
	=	298,15	K
Kapasitas produksi	##	=	50.000 ton/tahun
Waktu operasi	=	330	hari/tahun
		24	jam/hari
Laju Alir Produksi	=	6.313,13	kg/jam
Basis As. Campuran masuk	=	19.996,73	kg/jam

**Persamaan Panas untuk Kondisi Aliran Steady :  $Q = \Delta H = H_2 - H_1$**

$$Q = n \cdot C_p \cdot \Delta T = n \int_{T_{ref}}^T C_p dT \quad (\text{Himmelblau, hal 386})$$

Dimana	$\Delta H$	=	Panas (kJ)
	n	=	Mol (mol)
	$C_p$	=	Specific heat (kJ/mol K)
	$T_{ref}$	=	Suhu referensi (K)
	T	=	Suhu (K)

**Data Kapasitas Panas Komponen pada Fase Liquid**

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 \quad (\text{Yaws, 1999})$$

Dimana	$C_p$	=	Specific heat (J/mol K)
	A, B, C, D	=	Konstanta
	T	=	Suhu (K)

Maka

$$\Delta H = \int C_p dT = \int (A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3) dT \quad (\text{Yaws, 1999})$$

$$\Delta H = A(T - T_{ref}) + \frac{B(T^2 - T_{ref}^2)}{2} + \frac{C(T^3 - T_{ref}^3)}{3} + \frac{D(T^4 - T_{ref}^4)}{4}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Komponen	No. Ref	BM (kg/kmol)	Konstanta			
			A	B	C	D
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	492	123,11	5,2E+01	9,1E-01	-2,1E-03	2,0E-06
NH <sub>3</sub>	171	17,03	-1,8E+02	3,4E+00	-1,4E-02	2,0E-05
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	680	169,23	7,2E+01	1,5E+00	-3,0E-03	2,4E-06
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	125	93,13	6,3E+01	9,9E-01	-2,4E-03	2,3E-06

Sumber : Yaws, 1998, Tabel 3-1 dan 3-2

**Data Kapasitas Panas Komponen pada Fase Vapor**

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3 + E.T^4 \quad (\text{Yaws, 1999})$$

Dimana  $C_p$  = Specific heat (J/mol K)  
 A, B, C, D, E = Konstanta  
 T = Suhu (K)

Maka

$$\Delta H = \int C_p dT = \int (A + B.T + C.T^2 + D.T^3 + E.T^4) dT \quad (\text{Yaws, 1999})$$

$$\Delta H = A(T-T_{ref}) + \frac{B(T^2-T_{ref}^2)}{2} + \frac{C(T^3-T_{ref}^3)}{3} + \frac{D(T^4-T_{ref}^4)}{4} + \frac{E(T^5-T_{ref}^5)}{5}$$

Komponen	No. Ref	Konstanta				
		A	B	C	D	E
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	492	-1,6E+01	5,6E-01	-3,9E-04	-1E-07	-1,2E-12
NH <sub>3</sub>	171	3,4E+01	-1,3E-02	8,9E-05	-7,2E-08	1,9E-11
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	680	-1,2E+02	1,3E+00	-1,2E-03	5,9E-07	-1,1E-10
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	125	-2,2E+01	5,7E-01	-4,6E-04	1,8E-08	-3,0E-11

Sumber : Yaws, 1998, Tabel 2-1 dan 2-2

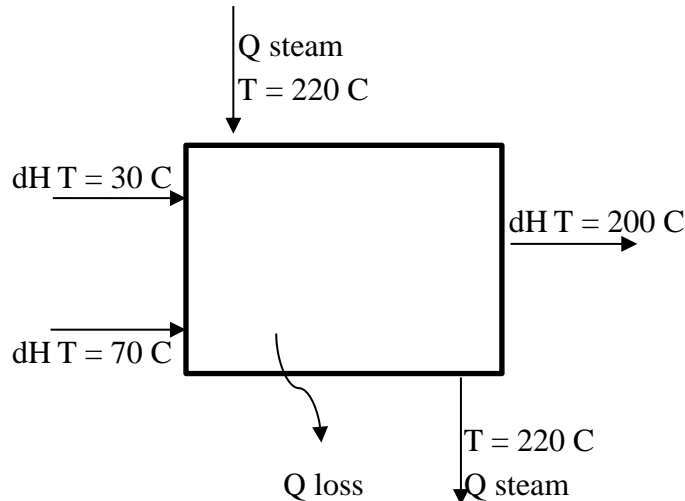
Komponen	No. Ref	Konstanta		
		A	B	C
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	492	3,9E+01	2,2E-01	5,9E-04
NH <sub>3</sub>	171	1,6E+01	1,4E-01	-9,5E-05
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	1129	-5,9E+01	9,9E-01	0,0E+00
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	509	1,3E+01	3,6E-01	3,4E-04



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**1. Vaporizer (V-120)**

Fungsi : Untuk mengubah fase anilin menjadi gas



Neraca Massa Overall

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_3 + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

**A. Panas masuk dibawa bahan baku  $T = 30 \text{ C} = 303,2 \text{ K}$**

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	$C_p \cdot \Delta T$	$Q_1$ (kJ/jam)
$C_6H_5NH_2$	93,13	#####	120,83	1054,8	127.444,63
$C_6H_5NO_2$	123,11	8,42	0,07	950,5	65,04
Total		11.261,0	120,90	2005,2	127.509,67

**B. Panas masuk dibawa recycle ( $dH T = 70 \text{ C} = 343,2 \text{ K}$ )**

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	$C_p \cdot \Delta T$	$Q_1$ (kJ/jam)
$C_6H_5NH_2$	93,13	#####	136,58	9671,1	1.320.873,39
$C_6H_5NO_2$	123,11	15,57	0,13	8718,46	1.102,76
Total		12.735,0	136,71	18389,6	1.321.976,15

**C. Panas yang dibutuhkan untuk menguapkan  $T = 200 \text{ C} = 473,2 \text{ K}$**

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	$C_p \cdot \Delta T$	$Q_1$ (kJ/jam)
$C_6H_5NH_2$	93,13	11.252,6	120,83	40016,1	4.835.075,8
$C_6H_5NO_2$	123,11	8,42	0,07	36014,1	2.464,43



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Total	11.261,0	120,90	76030,2	4.837.540,2
-------	----------	--------	---------	-------------

**Neraca Energi Total :**

Qloss maksimum = 10% (Ulrich, hal 432)

Asumsi : Qloss = 5% dari Q supply

Qsupply = Qsteam

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk} &= \text{Panas keluar} \\ \Delta H_1 + \Delta H_2 + Q_{\text{steam}} &= \Delta H_3 + Q_{\text{loss}} \\ 1, \text{E}+05 + 1, \text{E}+06 + Q_{\text{steam}} &= 5, \text{E}+06 + 5\% Q_{\text{steam}} \\ 1.449.485,8 + Q_{\text{steam}} &= 5, \text{E}+06 + 5\% Q_{\text{steam}} \\ 95\% Q_{\text{steam}} &= 3, \text{E}+06 \\ Q_{\text{steam}} &= 3566373 \end{aligned}$$

**Kebutuhan steam:**

Digunakan saturated steam dengan low pressure pada suhu 220°C dan tekanan 33 atm (Ulrich, App.B, hh.426)

Suhu steam = 220°C

Berdasarkan Steam Tabel pada Buku Smith Van Ness dapat diperoleh panas laten saturated steam pada suhu 220°C :

$$\begin{aligned} H_v &= 2799,9 \\ H_L &= 943,700 \quad (\text{Smith Van Ness, 7th Ed, hh.687}) \\ \lambda_{\text{steam}} &= H_v - H_L \\ &= 2799,9 - 943,700 \\ &= 1856,2 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

**Menghitung Kebutuhan Steam (m)**

$$\begin{aligned} \text{Steam (m)} &= \frac{Q_{\text{steam}}}{\lambda} \\ &= \frac{3566373,0277 \text{ kJ/jam}}{1856,2000 \text{ kJ/kg}} \\ &= 1921,33 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

**Menghitung Qloss**

$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{supply}} \\ &= 5\% \times 3566373,028 \\ &= 178318,651 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

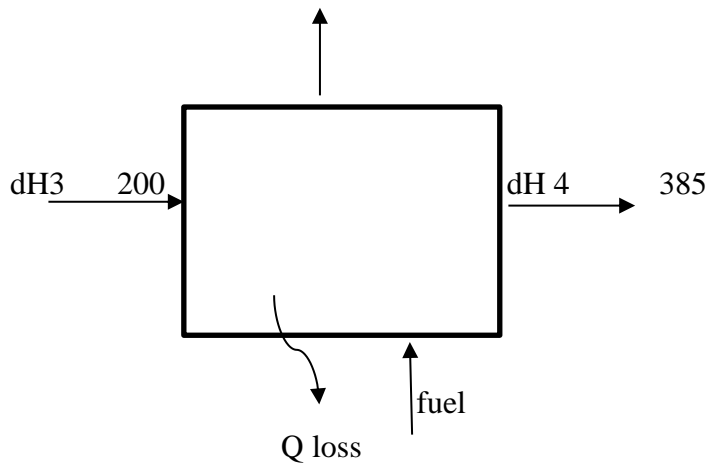


**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

<b>Neraca Panas Vaporizer (V-120)</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi (kj/jam)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi (kj/jam)</b>
$\Delta H_1$	127509,67	$\Delta H_3$	4837540,20
$\Delta H_2$	1321976,15	Q <sub>loss</sub>	178318,65
Q steam	3566373,03		
<b>Total</b>	<b>5015858,8</b>	<b>Total</b>	<b>5015858,8</b>

**2. Furnace (Q-130)**

Fungsi : Untuk menaikkan suhu anilin fase gas



**Neraca Panas Overall**

$$\Delta H_3 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_4 + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

A. Panas bahan masuk furn T = ## C = 473,2 K      T<sub>r</sub> = 25 C ## K

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	C <sub>p</sub> · ΔT	Q <sub>1</sub> (kJ/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,13	23.972,1	257,41	22800,2	5.868.939
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11	24,00	0,19	23611,3	4.602,22
<b>Total</b>		23.996,1	257,60	46411,5	5.873.541

B. Bahan Keluar furnace T = 385 = 658,2 K      T<sub>r</sub> = 25 C ## K

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	C <sub>p</sub> · ΔT	Q <sub>1</sub> (kJ/jam)





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$C_6H_5NH_2$	93,13	23.972,1	257,41	51468,1	13.248.259
$C_6H_5NO_2$	123,11	24,00	0,19	52457,5	10.224,79
Total		23.996,1	257,60	103925,6	13.258.484

**Neraca Energi Total :**

$$Q_{\text{loss maksimum}} = 10\% \text{ (Ulrich, hal 432)}$$

$$\text{Asumsi : } Q_{\text{loss}} = 5\% \text{ dari } Q_{\text{supply}}$$

$$Q_{\text{supply}} = Q_{\text{steam}}$$

$$\text{Panas Ma} = \text{Panas Keluar}$$

$$\Delta H_3 + Q_{\text{stea}} = \Delta H_4 + Q_{\text{loss}}$$

$$5.873.541 + Q_{\text{stea}} = 13.258.484 + \text{## } Q_{\text{supply}}$$

$$95\% Q_{\text{stea}} = 7.384.942$$

$$Q_{\text{stea}} = 7773623,4$$

**Menghitung Kebutuhan fuel oil (m)**

$$Q = 7773623,396 \text{ kj}$$

$$= 7369394,98 \text{ BTU/jam}$$

$$= 7,36939498$$

$$\text{Efisiensi} = 0,75$$

$$Q_{\text{netto}} (Q_n) = \frac{Q_{\text{total}}}{0,75}$$

$$= \frac{7,37}{0,75} \text{ MMBtu/jam}$$

$$= 9,82585997 \text{ MMBtu/jam}$$

$$= 9825859,97 \text{ Btu/jam}$$

$$= 9825859,97 \text{ Btu/jam}$$

$$\text{Heating value fuel oil} = 18872 \text{ Btu/lb}$$

$$= \frac{Q_n}{\text{heating value fuel oil}}$$

$$\text{Kebutuhan fuel Oil} = \frac{9825859,97 \text{ Btu/jam}}{18872 \text{ Btu/lb}}$$

$$= 520,658116 \text{ lb/jam}$$

$$= 236,166549 \text{ kg/jam}$$

$$= 6470,31641 \text{ L/hari}$$

Arus *flue gas* yang terbentuk merupakan hasil pembakaran *fuel oil* yang diperoleh melalui Fig.1-6 Evans, diasumsikan *excess air* sebesar 30% sehingga diperoleh *total flue gas rate* sebesar 1080 lb/MMBtu



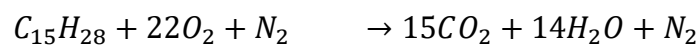
**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned}
 \text{Arus flue gas} &= 9,82586 \text{ MMBtu/jam} \times 1080 \text{ lb/MMBtu} \\
 &= 10611,9 \text{ lb/jam} \\
 &= 4813,48992 \text{ kg/jam} \\
 &= 115523,758 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Panas udara pembakaran

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,70 \text{ psi}$$

Mencari kebutuhan udara pembakaran



m	1,13542	+	17,03	+	64,07	+	64,0699
r	1,13542		13,62		-		18,17
s	0		3,406		64,07		18,17
							19,30
							64,0699

**Kebutuhan udara**

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Oksigen} &= 17,0312 \times 32,00 \\
 &= 545,00 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Udara} &= \frac{79\%}{21\%} \times 545,00 \\
 &= 2050,23707 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

**Menghitung Qloss**

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{loss}} &= 5\% \times Q_{\text{supply}} \\
 &= 5\% \times 7773623,396 \\
 &= 388681,17 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

<b>Neraca Panas Heater (Q-130)</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>
$\Delta H_3$	5873541,4920	$\Delta H_4$	13258483,7184
Q steam	7773623,3962	Q loss	388681,1698
<b>Total</b>	<b>13647164,8882</b>	<b>Total</b>	<b>13647164,8882</b>

**3. Kompresor (G-131)**

Fungsi menaikkan tekanan bahan masuk

A. Menghitung panas bahan m T= ## C = 658,2 K T<sub>re</sub> = 25 C = ##



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	Cp . ΔT	Q <sub>1</sub> (kJ/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,13	23.972,1	257,41	51468,1	13.248.259
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11	24,00	0,19	52457,5	10.224,79
Total		23.996,1	257,60	103925,6	13.258.484

**B. Panas keluar kompressor**

Menghitung suhu keluar kompressor

$$\text{Tekanan Masuk (P1)} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tekanan Keluar (P2)} = 7 \text{ atm}$$

$$\text{Suhu Masuk} = 428 \text{ }^{\circ}\text{C} = 701,15 \text{ K}$$

$$R = 8,314 \text{ cal/mol}^{\circ}\text{K}$$

Komponen	Cp	Cv = Cp-R
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	378,9156	370,6016
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	149,5914	141,2774
<b>Total</b>	<b>376,6224</b>	<b>368,3084</b>

$$\gamma = C_p / C_v = 1,0226$$

$$E_p = 72\%$$

$$m = \frac{(\gamma-1)}{\gamma \cdot E_p} \quad n = \frac{1}{(1-m)}$$
$$= 0,0159 \quad = 1,0162$$

Maka suhu keluar kompressor (T<sub>2</sub>) :

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^m$$
$$= 701,2 \left( \frac{7}{1} \right)^{0,0159}$$
$$= 723,174 \text{ K}$$
$$= 450,024 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{keluar}} = 450,02 \text{ }^{\circ}\text{C} = 723,17 \text{ K}$$

$$T_{\text{reff}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

Komponen	BM (kg/kmol)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	Cp . ΔT	Q <sub>1</sub> (kJ/jam)
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	93,13	23.972,1	257,41	61553,8	15.844.403
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,11	24,00	0,19	62261,3	12.135,70
Total		23.996,1	257,60	123815,1	15.856.538

**\*Mengitung Beban kompresi**



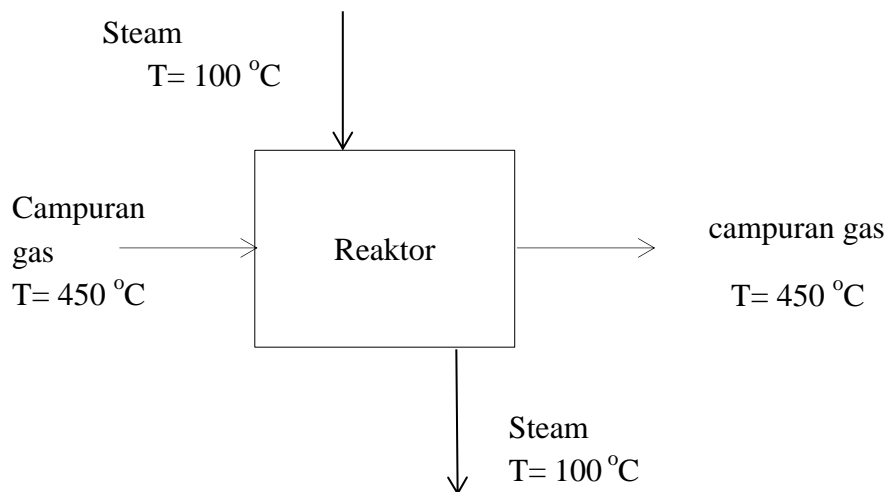
**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Kompresi} &= \text{keluar} && - && \text{masuk} \\
 &= 15856538,2652 && - && 13258483,7184 \\
 &= 2598054,5468 && \text{kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

<b>Neraca Panas Kompresor (G-131)</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
<b>Komponen</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>	<b>Komponen</b>	<b>Energi (kJ/jam)</b>
$\Delta H_4$	<b>13258483,7184</b>	$\Delta H_5$	<b>15856538,2652</b>
<b>eban kompre</b>	<b>2598054,5468</b>		
<b>Total</b>	<b>15856538,2652</b>	<b>Total</b>	<b>15856538,2652</b>

#### 4. Reaktor (R-210)

Fungsi : Reaksi dekomposisi terjadi



##### A. Panas Masuk Reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk reaktor} &= Q \text{ keluar heater} \\
 &= 15.856.538,27 \text{ KJ/jam}
 \end{aligned}$$

##### B. Panas Keluar reaktor

<b>Komponen</b>	<b>BM (kg/kmol)</b>	<b>Massa (kg/jam)</b>	<b>Mol (kmol/jam)</b>	<b>Cp . ΔT</b>	<b>Q<sub>1</sub> (kJ/jam)</b>
$C_6H_5NH_2$	93,13	12.984,9	139,43	61553,8	8.582.385
$C_6H_5NO_2$	123,11	20,00	0,16	62261,3	10.113,08
$(C_6H_5)_2NH$	169,23	6.352,6	37,54	124231,1	4.663.454
$NH_3$	17,03	639,203	37,5385	17920,8	672.722,70
<b>Total</b>		<b>19.996,7</b>	<b>214,67</b>	<b>265967,0</b>	<b>13.928.674</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned} T_{\text{keluar}} &= 450,02 \text{ } ^\circ\text{C} = 723,17 \text{ K} \\ T_{\text{reff}} &= 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K} \end{aligned}$$

**Perhitungan Panas Reaksi  $\Delta H_{298}$**

Komponen	mol Reaksi (kmol/jam)	$^{\circ}\text{Hf}$ (kJ/Kmol)	$\Delta\text{Hf}$ (kJ/jam)
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	75,07709962	105133,452	7893114,65
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	0,162429745	0	0
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$	37,53854981	233434,716	8762800,71
$\text{NH}_3$	139,4288993	-46,11	-6429,0665

$$\begin{aligned} \Delta H_{R298} &= \Sigma \text{Hf Produk} - \Sigma \text{Hf Reaktan} \quad (\text{Thermodynamics Ed7. Hal 146}) \\ &= 863257 \text{ kJ/jam} \quad (\text{Reaksi Endoterm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{serap}} &= \Delta H_{\text{input}} - (\Delta H_{\text{keluar}} + \Delta H_{\text{reaksi}}) \\ &= 15856538 - 13928674 + 863257,0 \\ &= 1064607 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

**Menghitung Kebutuhan Steam (m)**

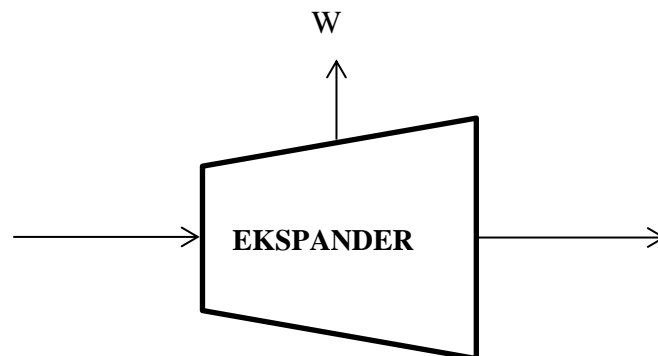
$$\begin{aligned} \text{Steam (m)} &= \frac{Q_{\text{steam}}}{\lambda} \\ &= \frac{1064606,933 \text{ kJ/jam}}{1856,2000 \text{ kJ/kg}} \\ &= 573,541 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

<b>Neraca Panas Reaktor (R-210)</b>			
<b>Aliran Panas Masuk</b>		<b>Aliran Panas Keluar</b>	
Komponen	Energi (kJ/jam)	Komponen	Energi (kJ/jam)
Q heater	15856538,2652	Q keluar	13928674,3445
		Q serap	1064606,9333
		$\Delta H_{R298}$	863257
<b>Total</b>	<b>15856538,2652</b>	<b>Total</b>	<b>15856538,2652</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**5. Ekspander (G-211)**



Fungsi : Menurunkan tekanan campuran produk dari 7 atm menjadi 1 atm

Suhu masuk Ekspander      460 °C : 733,2 K

Suhu keluar Ekspander      406,1 °C : 679,3 K

**Panas masuk**

$\Delta H_x =$  Panas yang masuk dari produk

Suhu produk keluar reaktor      = 733,15 K  
= 460 °C

Komponen	Berat (kg/jam)	kmol	$\Delta C_p$	$\Delta H$	$\Delta H$
			kJ/kmol	kJ	kkal
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	19,9967	0,1624	80412,4061	13061,3666	3121,74499
NH <sub>3</sub>	639,2034	37,5385	27677,3703	1038968,34	248319,668
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	6352,6488	37,5385	143375,899	5382123,34	1286359,77
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12984,8740	139,4289	78329,4275	10921385,9	2610276,75
<b>Total</b>	<b>19996,7228</b>	<b>214,6684</b>	<b>329795,103</b>	<b>17355538,9</b>	<b>4148077,93</b>

**Panas keluar**

$\Delta H_x =$  Panas yang keluar dari produk

Suhu produk keluar reaktor      = 679,25 K  
= 406,1 °C

Komponen	Berat (kg/jam)	kmol	$\Delta C_p$	$\Delta H$	$\Delta H$
			kJ/kmol	kJ	kkal
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	19,9967	0,1624	72396,0887	11759,2782	2810,53805
NH <sub>3</sub>	639,2034	37,5385	25070,6374	941115,371	224932,22
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	6352,6488	37,5385	123277,901	4627673,62	1106041,76
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12984,8740	139,4289	70031,7856	9764454,78	2333763,28
<b>Total</b>	<b>19996,7228</b>	<b>214,6684</b>	<b>290776,412</b>	<b>15345003,0</b>	<b>3667547,80</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

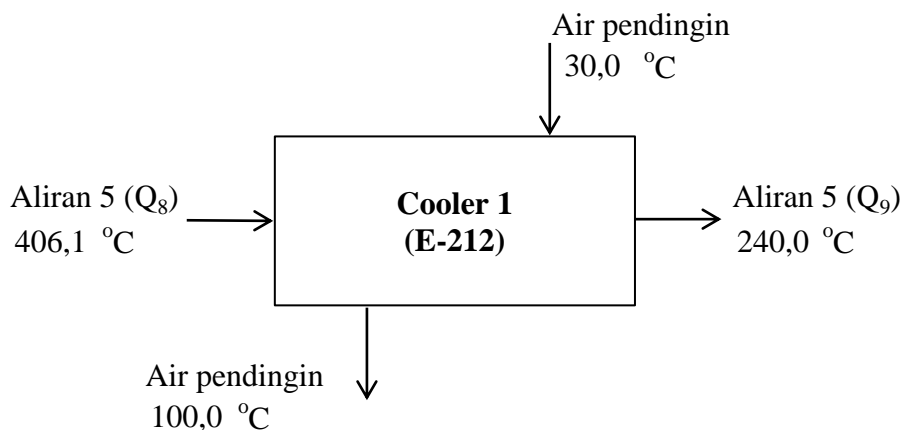
untuk menurunkan tekanan dari 7 menjadi 1 atm , kerja ekspander valve menghasilkan panas dan ada panas yang hilang, sehingga perlu dihitung panas ekspander valve :

$$\begin{aligned} W &= \Delta H_{in} - \Delta H_{out} \\ &= 4148077,93 - 3667547,8 \\ &= 480530,13 \text{ kkal} \end{aligned}$$

<b>Neraca Panas Ekspander (G-211)</b>			
<b>Neraca panas masuk (Kkal/jam)</b>		<b>Neraca panas keluar (Kkal/jam)</b>	
$C_6H_5NO_2$	3121,74499	$C_6H_5NO_2$	2810,538051
$NH_3$	248319,6678	$NH_3$	224932,2202
$(C_6H_5)_2NH$	1286359,771	$(C_6H_5)_2NH$	1106041,76
$C_6H_5NH_2$	2610276,749	$C_6H_5NH_2$	2333763,279
	<b>4148077,932</b>		<b>3667547,798</b>
		$\Delta h_{ev}$	<b>480530,13</b>
<b>Total</b>	<b>4148077,932</b>	<b>Total</b>	<b>4148077,9320</b>

### 6. Cooler 1 (E-212)

Fungsi : Mendinginkan produk keluar dari Reaktor



Kondisi operasi :

$$\begin{aligned} T \text{ masuk} &= 406,1 \text{ } ^\circ\text{C} = 679,25 \text{ K} \\ T \text{ keluar} &= 240,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 513,15 \text{ K} \\ T \text{ referensi} &= 25,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K} \end{aligned}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Neraca panas overall

$$Q_8 = Q_9 + Q_{\text{serap}}$$

Panas pada Aliran 5 Masuk ( $Q_8$ )

Komponen	Berat (kg/jam)	Mol kmol/jam	$\Delta C_p$	$Q_8$
			kJ/kmol	Kj/Jam
$C_6H_5NO_2$	19,9967	0,1624	30519,3333	4957,2475
$NH_3$	639,2034	37,5385	13298,4336	499203,91
$C_6H_5)_2NH$	6352,6488	37,5385	38292,4999	1437444,91
$C_6H_5NH_2$	12984,8740	139,4289	28542,8831	3979702,78
<b>Total</b>	<b>19996,7228</b>	<b>214,6684</b>	<b>110653,150</b>	<b>5921308,85</b>

Panas pada aliran 6 Keluar

Komponen	Berat (kg/jam)	Mol kmol/jam	$\Delta C_p$	$Q_8$
			kJ/kmol	Kj/Jam
$C_6H_5NO_2$	19,9967	0,1624	10628,9421	1726,4564
$NH_3$	639,2034	37,5385	7212,4340	270744,31
$C_6H_5)_2NH$	6352,6488	37,5385	6387,1795	239765,46
$C_6H_5NH_2$	12984,8740	139,4289	9493,0023	1323598,86
<b>Total</b>	<b>19996,7228</b>	<b>214,6684</b>	<b>33721,5579</b>	<b>1835835,09</b>

Neraca Panas Overall

$$\begin{aligned} Q_8 &= Q_9 + Q_{\text{serap}} \\ Q_{\text{serap}} &= 5921308,85 - 1835835,09 \\ &= 4085473,77 \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 100,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}$$

$$\text{Cp air pendingin} = 4,2287 \text{ kJ/kgK}$$

(Kern, 1983, App Fig.2)

$$\begin{aligned} Q_{\text{serap}} &= m \times C_p \times \Delta T \\ 4.085.473,8 &= m \times 4,2287 \times 70 \\ m &= \frac{4.085.473,8}{296,01} \\ &= 13.801,96 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$



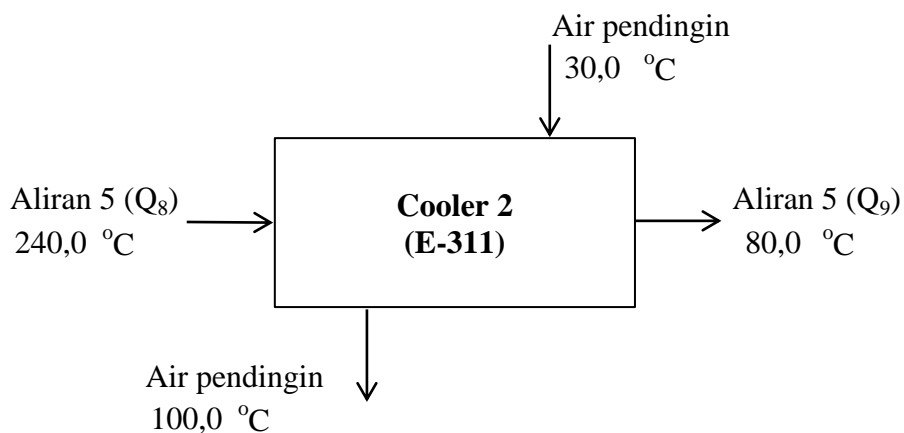


**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

<b>Neraca Panas Cooler 1 (E-212)</b>			
<b>Panas Masuk (kJ/jam)</b>		<b>Panas Keluar (kJ/jam)</b>	
<b>Q<sub>8</sub></b>	<b>5.921.308,85</b>	<b>Q<sub>9</sub></b>	<b>1.835.835,09</b>
		<b>Q<sub>serap</sub></b>	<b>4.085.473,77</b>
<b>Total</b>	<b>5.921.308,85</b>	<b>Total</b>	<b>5.921.308,85</b>

**7. Cooler 2 (E-311)**

Fungsi : Mendinginkan produk keluar dari Separator 1



Kondisi operasi :

T masuk = 240,0 °C = 513,15 K

T keluar = 80,0 °C = 353,15 K

T referensi = 25,0 °C = 298,15 K

Neraca panas overall

$$Q_8 = Q_9 + Q_{\text{serap}}$$

Panas pada Aliran 5 Masuk (Q<sub>8</sub>)

Komponen	Berat (kg/jam)	Mol kmol/jam	$\Delta C_p$	Q <sub>8</sub>
			kJ/kmol	Kj/Jam
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	4,3267	0,1624	29089,1581	4724,9445
NH <sub>3</sub>	0,6344	37,5385	7229,0610	271368,465
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	5989,4300	37,5385	45616,5322	1712378,46
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	245,1118	139,4289	32875,4223	4583783,95
<b>Total</b>	<b>6239,5029</b>	<b>214,6684</b>	<b>114810,174</b>	<b>6572255,82</b>

Panas pada aliran 6 Keluar



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Komponen	Berat (kg/jam)	Mol kmol/jam	$\Delta C_p$	Q8
			kJ/kmol	Kj/Jam
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	19,9967	0,1624	5154,4334	837,2333
NH <sub>3</sub>	639,2034	37,5385	-2487,0969	-93362,011
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	6352,6488	37,5385	7739,3691	290524,69
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12984,8740	139,4289	5971,7372	832632,747
<b>Total</b>	<b>19996,7228</b>	<b>214,6684</b>	<b>16378,443</b>	<b>1030632,660</b>

Neraca Panas Overall

$$\begin{aligned} Q_8 &= Q_9 + Q_{\text{serap}} \\ Q_{\text{serap}} &= 6572255,82 - 1030632,660 \\ &= 5541623,16 \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 100,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}$$

$$\text{Cp air pendingin} = 4,2287 \text{ kJ/kgK}$$

(Kern, 1983, App Fig.2)

$$\begin{aligned} Q_{\text{serap}} &= m \times C_p \times \Delta T \\ 5.541.623,2 &= m \times 4,2287 \times 70 \\ m &= \frac{5.541.623,2}{296,01} \\ &= 18.721,27 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

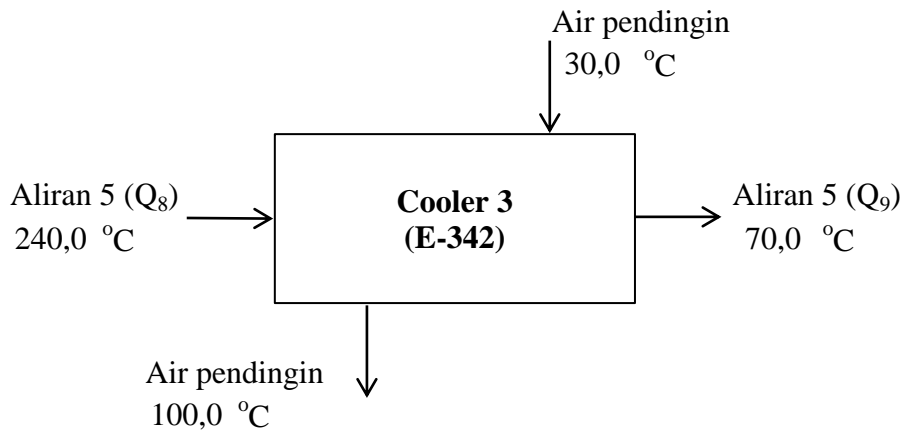
Neraca Panas Cooler 2 (E-311)			
Panas Masuk (kJ/jam)		Panas Keluar (kJ/jam)	
Q <sub>8</sub>	6.572.255,82	Q <sub>9</sub>	1.030.632,66
		Q <sub>serap</sub>	5.541.623,16
<b>Total</b>	<b>6.572.255,82</b>	<b>Total</b>	<b>6.572.255,82</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**8. Cooler 3 (E-342)**

Fungsi : Mendinginkan produk keluar dari Separator 2



Kondisi operasi :

T masuk = 240,0 °C = 513,15 K

T keluar = 70,0 °C = 343,15 K

T referensi = 25,0 °C = 298,15 K

Neraca panas overall

$$Q_8 = Q_9 + Q_{\text{serap}}$$

Panas pada Aliran 5 Masuk ( $Q_8$ )

Komponer	Berat (kg/jam)	Mol kmol/jam	$\Delta C_p$	$Q_8$
			kJ/kmol	Kj/Jam
$C_6H_5NO_2$	15,6700	0,1624	10628,9421	1726,4564
$NH_3$	638,5690	37,5385	7212,4340	270744,313
$(C_6H_5)_2NH$	363,2188	37,5385	6387,1795	239765,456
$C_6H_5NH_2$	12739,7622	139,4289	9493,0023	1323598,86
<b>Total</b>	<b>13757,2200</b>	<b>214,6684</b>	<b>33721,558</b>	<b>1835835,09</b>

Panas pada aliran 6 Keluar

Komponer	Berat (kg/jam)	Mol kmol/jam	$\Delta C_p$	$Q_8$
			kJ/kmol	Kj/Jam
$C_6H_5NO_2$	19,9967	0,1624	428,3185	69,5717
$NH_3$	639,2034	37,5385	1493,1773	56051,711
$(C_6H_5)_2NH$	6352,6488	37,5385	-2711,1708	-101773,42
$C_6H_5NH_2$	12984,8740	139,4289	182,5574	25453,784
<b>Total</b>	<b>19996,7228</b>	<b>214,6684</b>	<b>-607,118</b>	<b>-20198,354</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Neraca Panas Overall

$$\begin{aligned} Q_8 &= Q_9 + Q_{\text{serap}} \\ Q_{\text{serap}} &= 1835835,09 - (-20198,354) \\ &= 1856033,44 \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 30,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 100,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}$$

$$\text{Cp air pendingin} = 4,2287 \text{ kJ/kgK}$$

(Kern, 1983, App Fig.2)

$$\begin{aligned} Q_{\text{serap}} &= m \times \text{Cp} \times \Delta T \\ 1.856.033,4 &= m \times 4,2287 \times 70 \\ m &= \frac{1.856.033,4}{296,01} \\ &= 6.270,24 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

<b>Neraca Panas Cooler 3 (E-342)</b>			
<b>Panas Masuk (kJ/jam)</b>		<b>Panas Keluar (kJ/jam)</b>	
<b>Q<sub>s</sub></b>	<b>1.835.835,09</b>	<b>Q<sub>9</sub></b>	<b>-20.198,35</b>
		<b>Q<sub>serap</sub></b>	<b>1.856.033,44</b>
<b>Total</b>	<b>1.835.835,09</b>	<b>Total</b>	<b>1.835.835,09</b>

303,15

delta hf difenilamin

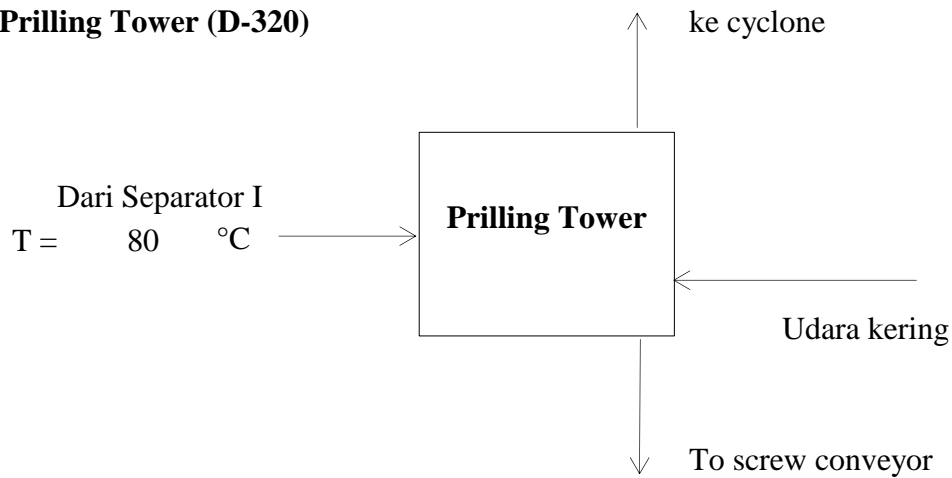
$$233,708 \quad -0,12766 \quad 6,8309\text{E-}05$$

1007,50821



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**9. Prilling Tower (D-320)**



**1. Feed Masuk**

*Feed keluar dari Separator 1*

$T = 80,00 \text{ } ^\circ\text{C} = 353,2 \text{ K}$

$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$

**Perhitungan Panas**

Komponen	Massa(kg/jam)	Mol(kmol/jam)	CpdT (J/kmol)	$\Delta H$ (kJ/Jam)
$C_6H_5NO_2$	19,9967	0,1624	10704,6399	1738,7519
$NH_3$	639,2034	37,5385	4984,3712	187106,07
$(C_6H_5)_2NH$	6352,6488	37,5385	17535,5079	658257,54
$C_6H_5NH_2$	12984,8740	139,4289	11873,9081	1655565,94
Total	20211,3913	214,6684	2502668,29	2502668,29

Perhitungan panas pembentukan kristal

Komponen	Massa(kg/jam)	Mol (kmol/jam)	(KJ/kmol)	$\Delta H$ (kJ/Jam)
$(C_6H_5)_2NH$	6352,6488	37,5385	1008	37820,40

Total panas masuk = 2540488,69

**2. Feed Keluar**

*Feed keluar ke screw conveyer*

$T = 40,00 \text{ } ^\circ\text{C} = 313,2 \text{ K}$

$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$

**Perhitungan Panas**

Komponen	Massa(kg/jam)	Mol(kmol/jam)	CpdT (J/kmol)	$\Delta H$ (kJ/Jam)
$C_6H_5NO_2$	19,8967	0,1616	5342626,93	863463
$NH_3$	636,0074	37,3509	2180429,64	81440915,8



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$(C_6H_5)_2NH$	6320,8855	37,3509	-8083903,59	-301940728
$C_6H_5NH_2$	12919,9496	138,7318	1722928,39	239024879
<b>Total</b>	<b>19896,7392</b>	<b>213,5951</b>	<b>1162081</b>	<b>19388529</b>

*Feed keluar ke Cyclone*

$$T = 80,00 \text{ } ^\circ\text{C} = 353,2 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,2 \text{ K}$$

**Perhitungan Panas**

Komponen	Massa(kg/jam)	Mol(kmol/jam)	$C_p \Delta T$ (J/kmo)	$\Delta H$ (kJ/Jam)
$C_6H_5NO_2$	0,1000	0,0008	5342626,93	4339,0076
$NH_3$	3,1960	0,1877	2180429,64	409250,83
$(C_6H_5)_2NH$	31,7632	0,1877	-8083903,59	-1517290,09
$C_6H_5NH_2$	64,9244	0,6971	1722928,39	1201130,04
<b>Total</b>	<b>99,9836</b>	<b>1,0733</b>	<b>1162081,4</b>	<b>97429,80</b>

$$\Delta H \text{ keluar total} = 19485959$$

$$H \text{ Input} = H \text{ Output} + Q_{\text{serap}}$$

$$2540488,7 = 19485959,2043 + Q_{\text{serap}}$$

$$Q_{\text{serap}} = -16945470,5155 \text{ kJ/Jam}$$

**Kebutuhan Pendingin :**

$$\text{Suhu pendingin masuk} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Suhu pendingin keluar} = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ udara} = 1,0467 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{serap}} = m \times C_p \times \Delta T$$

$$m = \frac{Q_{\text{serap}}}{C_p \times \Delta T}$$

$$m = \frac{-16945470,52}{1,047 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 50 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$m = 323788,488 \text{ kg/jam}$$

<b>NERACA PANAS PRILLING TOWER (D-320)</b>			
<b>Masuk (kJ/jam)</b>		<b>Keluar (kJ/jam)</b>	
<i>Feed dari Separator 1</i>		<i>Produk atas ke Cyclone</i>	
$C_6H_5NO_2$	1738,752	$C_6H_5NO_2$	4339,008
$NH_3$	187106,0656	$NH_3$	409250,833



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$(C_6H_5)_2NH$	658257,5352	$(C_6H_5)_2NH$	-1517290,088
$C_6H_5NH_2$	1655565,939	$C_6H_5NH_2$	1201130,043
TOTAL	2502668,292	Total	97429,796
<i>Menuju Screw conveyor</i>			
$\Delta H_s (C_6H_5)_2NH$	37820,3973	$C_6H_5NO_2$	863462,522
		$NH_3$	81440915,840
		$(C_6H_5)_2NH$	-301940727,587
		$C_6H_5NH_2$	239024878,634
		Total	19388529,408
		Q serap	-16945470,516
<b>Total</b>	<b>2540488,689</b>	<b>Total</b>	<b>2540488,689</b>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**APENDIKS C  
PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT**

Kapasitas produksi	=	50.000	ton/tahun
Waktu operasi	=	330	hari/tahun
	=	24	jam/hari
Laju Alir Produksi	###	19.996,73	kg/jam

Data Viskositas Bahan (Yaws, Tabel

Komponen	No. Ref	Konstanta		
		A	B	C
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	1129	-16,0796	3226,5	0,02658
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	509	-13,8625	2510,9	0,025681
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	492	-7,711	1401,9	0,014653
NH <sub>3</sub>	171	-8,591	876,4	0,02681

$$\log_{10} \eta_{liq} = A + \frac{B}{T} + C T + D T^2$$

Dimana  $\eta_{liq}$  = Viskositas larutan (cP)  
A, B, C, D = Konstanta  
T = Temperatur (K)

Data *Specific Heat* Bahan

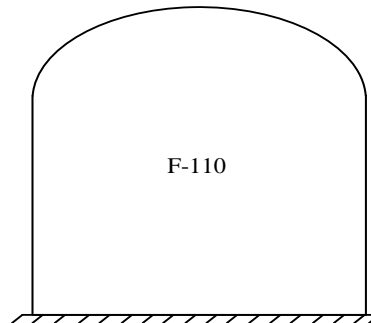
Komponen	No. Ref	BM (kg/kmol)	Konstanta		
			A	B	C
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	680	169,23	7,2E+01	1,5E+00	-3,0E-03
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	125	93,13	6,3E+01	9,9E-01	-2,4E-03
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	492	123,11	5,2E+01	9,1E-01	-2,1E-03
NH <sub>3</sub>	171	17,03	-2E+02	3,4E+00	-1,4E-02





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**1. Tangki Penyimpanan Anilin (F-110)**



- Fungsi : Tempat penyimpanan Anilin dari *supplier*  
Tipe : Tangki silinder tegak dengan tutup atas berbentuk tutup bawah berbentuk datar  
Dasar Pemilihan : Umum digunakan untuk menyimpan bahan b dengan tekanan rendah (mendekati atmosferik)  
Kondisi Operasi :  
- Tekanan = 1 atm  
- Suhu = 30 °C  
- Waktu tinggal = 30 hari

**Komposisi Bahan dalam Tangki**

Komponen	Berat (kg/jam)	Fraksi (xi)	$\rho$ (gr/ml)	$x_i/\rho$
$C_6H_5NH_2$	19.976,73	0,9990	1,02	0,979
$C_6H_5NO_2$	20,00	0,0010	1,2	0,000
Total	19.996,73	1,0000	2,22	0,980

**Perhitungan Densitas Campuran**

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\sum x_i/\rho} \times 64,428 \\ &= \frac{1}{0,9802} \times 64,428 \\ &= 65,726419 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$

**Perhitungan Volume Bahan**

$$\begin{aligned}\text{Rate massa} &= 19.996,73 \text{ kg/jam} \\ &= 44.085,23 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Rate volume} = \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ campuran}}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$= \frac{44.085,23 \text{ lb/jam}}{65,7264 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 670,74 \text{ cuft/jam}$$

Jika direncanakan penyimpanan untuk 30 hari proses dengan buah tangki sehingga total volume bahan yaitu

$$\text{Volume bahan} = \frac{670,74 \text{ cuft/jam} \times 30 \text{ hari} \times 12}{12}$$

$$= 40.244,31 \text{ cuft}$$

**Perhitungan Volume Tangki**

Jika diasumsikan volume bahan sebesar 80% dari volume tangki (faktor keamanan), maka

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{Volume bahan}}{80\%}$$

$$= \frac{40.244,31}{80\%}$$

$$= 50.305,38 \text{ cuft}$$

**Penentuan Dimensi Tangki**

Asumsi rasio dimensi :

$$\text{Rasio H/D} = < 2 \quad (\text{Ulrich, Tabel 4-27, Hal. 248})$$

$$\text{Dipilih} = 1,1$$

$$\text{Volume silinder (Vs)} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 1,1$$

$$= 0,86 D^3$$

$$\text{Volume tutup atas (Vta)} = 0,000049 D^3 \quad (\text{Brownell, p. 10})$$

**Perhitungan Diameter Tangki**

$$\text{Volume tangki} = Vs + Vta$$

$$50.305,38 = 0,86 D^3 + 0,000049 D^3$$

$$50.305,38 = 0,863549 D^3$$

$$D^3 = 58.254,23 \text{ cuft}$$

$$D = 38,77 \text{ ft}$$

$$D = 465,18 \text{ in}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**Perhitungan Tinggi Tangki**

$$\begin{aligned} H &= 1,1 D \\ H &= 1,1 \times 38,77 \\ H &= 42,64 \text{ ft} \\ H &= 511,70 \text{ in} \end{aligned}$$

**Perhitungan Tinggi Bahan dalam Tangki**

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times h \\ 40.244,31 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1.502,74 \times h \\ 40.244,31 &= 1.179,65 \times h \\ h &= 34,12 \text{ ft} \\ h &= 409,38 \text{ in} \end{aligned}$$

**Perhitungan Tekanan Operasi**

$$\begin{aligned} P_i &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} \\ P \text{ hidrostatik} &= \rho \times g/gc \times h \\ &= 65,726 \times 1 \times 34,12 \\ &= 15,571 \text{ psi} \\ P \text{ operasi} &= P \text{ gauge} + P \text{ hidrostatik} \\ &= (P_i - P_o) + P \text{ hidrostatik} \\ &= (14,7 - 14,7) + 15,57 \\ &= 15,6 \text{ psi} \end{aligned}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= P \text{ operasi} + 10\% P \text{ operasi} \\ &= 15,6 + 10\% \times 15,6 \\ &= 17,1 \text{ psi} \end{aligned}$$

**Perhitungan Jari-Jari Tangki**

$$\begin{aligned} r_i &= 0,5 \times D \\ &= 0,5 \times 38,77 \\ &= 19,38 \text{ ft} \\ &= 232,59 \text{ in} \end{aligned}$$

**Perhitungan Tebal Minimum Shell**

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk tangki silinder

$$t_s = \frac{P \times r_i}{f E - 0.6 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 13-1})$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Tangki penyimpanan direncanakan dibuat dari bahan Carbon steel type S  
dimana diketahui data sebagai berikut

$$\begin{aligned} f &= 16.250 \text{ psi} && \text{(Brownell \& Young, Tabel 13.1)} \\ E &= 0,8 && \text{(untuk } double \text{ welded butt joint, Brownell \&} \\ &&& \text{13-2)} \\ C &= 2/16 \text{ in} && \text{(karena bahan bersifat asam)} \\ r_i &= 232,59 \text{ in} \\ P &= 17,1 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\text{Trial } t_s = 1 \frac{2}{16}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P \times r_i}{f E - 0.6 P} + C \\ 1 \frac{2}{16} &= \frac{17,1 \times 232,59}{f \times 0,8 - 0,6 \times 17,1} + \frac{2}{16} \\ 1 \frac{2}{16} &= \frac{3.984,97}{f \times 0,8 - 10,28} + \frac{2}{16} \\ f &= 4.994,06 \text{ psi} \end{aligned}$$

Karena nilai  $f$  hitung  $< f_{allowable}$  maka tebal shell  $1 \frac{2}{16}$   
digunakan

**Perhitungan Diameter Luar Tangki**

$$\begin{aligned} OD &= D + 2 \times t_s \\ &= 465,18 + 2 \times 1 \frac{2}{16} \\ &= 467,43 \text{ in} \end{aligned}$$

**Penentuan Dimensi Tutup Atas**

**Perhitungan Tebal Tutup Atas (Torispherical)**

Diketahui data sebagai berikut (Brownell & Young, Tabel 5.7)

$$\begin{aligned} r &= 240 \text{ in} \\ icr &= 30 \frac{12}{16} \text{ in} = 30,75 \text{ in} \\ 6\% r &= 14,4 \text{ in} \end{aligned}$$

karena nilai  $icr > 6\% r$  maka digunakan persamaan 7.76 dan 7.77

$$W = 1/4 ( 3 + (rc/icr)^{0.5} ) \quad \text{(pers. 7.76)}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$t_{ha} = \frac{P \times rc \times W}{2 f E - 0.2P} + C \quad (\text{pers. 7.77})$$

Faktor intensifikasi (pers. 7.76)

$$\begin{aligned} W &= 1/4 \left( 3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \\ &= 1/4 \left( 3 + 2,794 \right) \\ &= 1,4484 \text{ in} \end{aligned}$$

Tutup atas tangki penyimpanan direncanakan dibuat dari bahan Carbon ste grade B dimana diketahui data sebagai berikut

$$\begin{aligned} f &= 16.250 \text{ psi} && (\text{Brownell \& Young, Tabel 13.1}) \\ E &= 0,8 && (\text{untuk } double \text{ welded butt joint, Brownell \& Young, Tabel 13-2}) \\ C &= 2/16 \text{ in} && (\text{karena bahan bersifat asam}) \\ rc &= 240,0 \text{ in} \\ P &= 17,1 \text{ psi} \end{aligned}$$

Tebal tutup atas (pers. 7.77)

$$t_{ha} = 1 \frac{2}{16}$$

$$\begin{aligned} t_{ha} &= \frac{P \times rc \times W}{2 f E - 0.2P} + C \\ 1 \frac{2}{16} &= \frac{17,1 \times 240 \times 1,4484}{2 \times f \times 0,8 - 0,2 \times 17,1} + \frac{2}{16} \\ f &= 3.724,52 \text{ psi} \end{aligned}$$

Karena nilai  $f$  hitung  $< f_{allowable}$  maka tebal tutup atas dapat digunakan 1

### Perhitungan Tinggi Tutup Atas

Brownell & Young, Fig. 5.8

$$OA = t_h + b + sf$$

Berdasarkan Tabel 5.8 didapatkan

$$\text{standar } sf = 1 \frac{1}{2} - 2$$

$$\text{rekomendasi} = 2$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

---

$$\begin{aligned} &= \frac{465,2}{2} - 30,75 \\ &= 201,8 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 240 - 30,75 \\ &= 209,3 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{BC^2 - AB^2} \\ &= 240 - \left( \sqrt{43.786 - 40.740} \right) \wedge 0,5 \\ &= 184,81 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka tinggi tutup adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} OA &= t_h + b + sf \\ &= 1,13 + 184,81 + 2,00 \\ &= 187,94 \text{ in} \\ &= 15,66 \text{ ft} \end{aligned}$$

**Perhitungan Tinggi Total Tangki**

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= H \text{ silinder} + H \text{ tutup} \\ &= 511,70 + 187,94 \\ &= 699,64 \text{ in} \end{aligned}$$

**Penentuan Dimensi Tutup Bawah (Flat)**

Berdasarkan Brownell & Young Pers. 13.27

$$t_{hb} = D \sqrt{C \times \frac{P}{f}}$$

Keterangan :

C	=	Konstanta dari Apendiks H	=	0,16
P	=	Tekanan design, lb/in <sup>2</sup>	=	17,13 psi
f	=	Allowable stress maksimal (Carbon steel type SA-212 grade B)	=	16.250 psi
D	=	Diameter inside (in)	=	465,18 in



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\text{Trial } t_{hb} = 3$$

$$3 = 465,18 \times \left( 0,16 \times \frac{17,13}{f} \right)^{0,5}$$

$$f = 66.735 \text{ psi}$$

Karena nilai  $f$  hitung  $< f_{allowable}$  maka tebal shell 3 dapat

### **Spesifikasi Tangki Penyimpanan Anilin (F-110)**

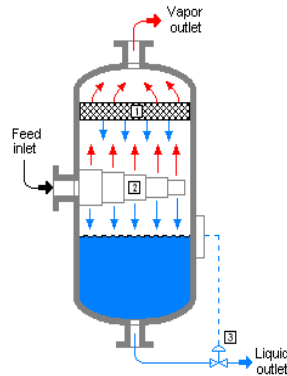
Fungsi	:	Tempat penyimpanan anilin dari <i>supplier</i>
Tipe	:	Tangki silinder tegak dengan tutup atas berbentuk tutup bawah berbentuk datar
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel type SA-212 Grade B
Kondisi Operasi	:	- Tekanan = 1 atm - Suhu = 30 °C - Waktu tinggal = 30 hari
Dimensi Tangki	:	- Jumlah Tangki = 12 buah - Kapasitas Tangki = 50.305,4 - Diameter Tangki = 38,95 ft - Tinggi Tangki = 58,30 ft - Tebal Shell = 1 2/16 in - Tinggi Tutup Atas = 15,66 ft - Tebal Tutup Atas = 1 2/16 in - Tebal Tutup Bawah = 3 in

### **2. Vertikal Separator 1 (H-310)**

Fungsi	=	Untuk memisahkan liquid dan gas hasil kondensasi
Tipe	=	Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas standart dish dan bawah dished head dan tutup bawah plate datar.
Dasar pemilihan	=	Umum digunakan untuk memisahkan bahan dengan fase gas cair
Kondisi Operasi	:	
Tekanan	:	1 atm
Suhu	:	237,9 °C = 511,052 K
Waktu tinggal	:	1 Jam



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**



**Perhitungan**

Komposisi bahan

Komposisi	Fraksi	Berat	Berat	Densitas	Densitas
		kg/jam	Kmol/jam	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	0,0007	4,3266838	0,03514486	1,02	0,0007
NH <sub>3</sub>	0,0001	0,6344098	0,03725704	0,73	0,0001
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	0,9599	5989,43	35,3922472	1,2	0,7999
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	0,0393	245,11176	2,63195958	1,2	0,0327366
Total	1	6239,5029	38,0966087		0,8335

$$\begin{aligned}
 \text{Rate liquid} &= 6240 \text{ kg/jam} \\
 \text{Rate gas} &= 13757 \text{ kg/jam} = 169,33 \text{ kmol} \\
 &= 30320,91285 \\
 R &= 0,082 \text{ L atm/kmol K}
 \end{aligned}$$

**Menentukan Volume Gas**

Berdasarkan persamaan Gas Ideal:

$$\begin{aligned}
 P \times V &= n \cdot R \cdot T \\
 V &= n \cdot R \cdot T / P \\
 V &= \frac{169 \text{ kmol/jam} \times 0,0821 \text{ L atm/kmol K}}{1 \text{ atm}} \\
 V &= 7101 \text{ L/jam} = 250,662 \text{ cuft/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas campuran} &= \frac{1}{\text{fraksi berat}} \times 62,4 \\
 &= \frac{1}{\rho \text{ komponen}} \\
 &= 74,890 \text{ lb/cuft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate massa} &= 6.239,503 \text{ kg/jam} \\
 &= 13.758,104 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{Rate massa}}{\text{Densitas campuran}}$$





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned}
 \text{liquid} &= \frac{13.758,104 \text{ lb/jam}}{74,890} = 183,711 \text{ cuft/jam} \\
 \text{Volume total} &= \text{volume gas} + \text{liquid} \\
 &= 434,373 \text{ cuft}
 \end{aligned}$$

Direncanakan penyimpanan untuk 1 jam proses (mempermudah pengeluaran dan pengisian), sehingga volume bahan: 1

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bahan} &= \frac{434,37 \frac{\text{cuft}}{\text{jam}} \times 1 \text{ jam}}{1 \text{ tangki}} \\
 &= 434,373 \text{ cuft}
 \end{aligned}$$

Asumsi bahan mengisi 80% volume tangki (faktor keamanan)

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi vol bahan} &= 80\% \text{ volume tangki} \\
 \text{Maka volume tangki} &= \frac{434,373 \text{ cuft}}{80\%} \\
 &= 542,966 \text{ cuft}
 \end{aligned}$$

### 2. Menentukan Dimensi Tangki

Asumsi Dimention ratio : H/D = 2 - 5 (Ulrich : T.4)  
dipilih : H/D = 2

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tangki} &= \frac{1}{4} \pi D^2 H \\
 542,966 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 2 D \\
 542,966 &= 1,57 D^3 \\
 D^3 &= 345,838 \quad H = 2 D \\
 D &= 7,019 \text{ ft} \quad = 14,039 \text{ ft} \\
 &= 84,231 \text{ in} \quad = 168,462 \text{ in} \\
 &= 2,139 \text{ m} \quad = 4,279 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 3. Menentukan Tebal Minimum Shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank

$$t_s = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad \text{[Brownell, pers. 13-1, hal 254]}$$

dengan:

$$\begin{aligned}
 t_{s,m} &= \text{tebal shell minimum} \quad ; \text{ in} \\
 P &= \text{tekanan tangki} \quad ; \text{ psi}
 \end{aligned}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$r_i$  = jari-jari tangki ; in (1/2 D)  
 $C$  = faktor korosi ; in (digunakan 1/8)  
 $E$  = faktor pengelasan, digunakan double welded,  $E =$   
 $f$  = allowable stress, bahan konstruksi Carbon Steels SA-283 Grade C,  
 maka  $f =$  12650 psi [Brownell, T.13-1]

$$\begin{aligned}
 P_{\text{hidrostatik}} &= \rho \times \frac{g}{g_c} \times H_{\text{liq}} \quad (H_{\text{liq}} = 80\%) \\
 &= 74,89 \frac{\text{lbm}}{\text{cuft}} \times 1 \frac{\text{lbm}}{\text{lbm}} \times 11,23 \\
 &= 841,074 \text{ lbf/ft}^2 \\
 &= 5,837 \text{ psi} \\
 P_{\text{operasi}} &= P_{\text{in}} - P_{\text{out}} + P_{\text{hidrostatik}} \\
 &= 14,7 \text{ psi} - 14,7 \text{ psi} + 5,837 \\
 &= 5,837 \text{ psi} \\
 P_{\text{design}} &\text{ diambil } 10\% \text{ lebih besar dari } P_{\text{operasi}} \text{ untuk faktor keamanan} \\
 P_{\text{design}} &= 5,837 \times 1,1 \\
 &= 6,421 \text{ psi} \\
 r_i &= 0,5 \times D \\
 &= 0,5 \times 84 \text{ in} \\
 &= 42,12 \text{ in} \\
 \text{Asumsi tebal shell} &= 5/16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \\
 1/3 &= \frac{6,421 \times 42,116}{f \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 6,421} + 1/8 \\
 1/5 &= \frac{270,414}{f \cdot 0,8 - 3,852} \\
 f &= 1807,574 \\
 f \text{ hitung lebih kecil dari } f \text{ allowable, jadi tebal } 5/16 \text{ in dapat} \\
 &\text{digunakan}
 \end{aligned}$$

**4.Menghitung tebal tutup atas dan bawah**

$$\begin{aligned}
 OD &= ID + 2t_s \\
 &= 84,23105116 + 0,6250 \\
 &= 84,8561 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih OD standard = 84 in



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$i_{cr} = 5 \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$r_c = 84 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, Tabel 5.7})$$

$$6\% r_c = 5,04$$

Karena  $i_{cr}$  lebih besar dari  $6\% r_c$ , maka digunakan persamaan 7.76 dan 7.77

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2 f \cdot e - 0.2 P} + C \quad W = \frac{1}{4} ( 3 + \sqrt{\dots} )$$

$$W = \frac{1}{4} ( 3 + \sqrt{\frac{84}{5 \frac{1}{8}}} )$$

$$= 1,7621$$

Trial tebal tutup atas

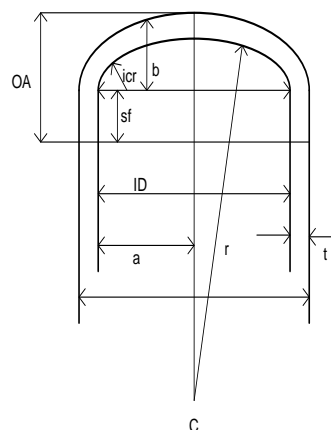
$$t_h = 5/16 \text{ in}$$

$$5/16 = \frac{6,421 \times 84 \times 1,7621}{2f \times 0,8 - 0,2 \times 6,420761757} + \frac{1}{8}$$

$$f = 2028,01 \text{ psi}$$

Karena  $f$  hitung lebih kecil daripada  $f$  allowable maka tebal head ini dapat digunakan

**Penentuan dimensi tutup atas, dished :**



Dimana :

$$ID = ID \text{ shell} = 84 \text{ in}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{84,231}{2} = 42,12 \text{ in}$$

Untuk : (Brownell and Greenblatt)

$$ID = 84,2 \text{ in, didapat } r = 84 \text{ in } \text{icr} = 5 \frac{1}{8}$$

$$Rc (r) = \text{radius of dish} = 84 \text{ in}$$

$$\text{icr (rc)} = \text{inside corner radius} = 5 \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - \text{icr} = 42,12 - 5,125 = 36,99526$$

$$BC = r - \text{icr} = 84 - 5,125 = 78,875$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = \sqrt{78,875^2 - 36,99526^2} = 70 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = 84 - 70 = 14,337 \text{ in}$$

$$\text{sf} = \text{straight flange} = \text{dipilih} = 3 \text{ in (Brownell, T.5-6)}$$

$$t = \text{tebal dished} = \frac{3}{8} \text{ in} = 0,375 \text{ in}$$

$$OA = t + b + \text{sf} = 0,375 + 14,337 + 3 = 17,649 \text{ in} = 1,471 \text{ ft}$$

$$= 17,649 \text{ in} = 1,471 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Tutup} = 1,471 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Tangki} = 2,9415438 \text{ ft}$$

$$\tau = \frac{\text{Volume}}{\text{Rate volumetrik}} = \frac{434,373 \text{ cuft}}{183,711 \text{ cuft/jam}} = 2,364435244 \text{ jam}$$

**Spesifikasi Separator (H-310)**

Fungsi : Sebagai tempat untuk memisahkan hasil atas berupa campuran gas yang mengandung produk yg tidak terkondensasi dengan produk bawah produk yg terkondensasi

Type : Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas standart dish dan bawah dished head dan tutup bawah : plate datar.

$$\text{Volume tangki} : 543 \text{ cuft} = 15 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter tangki} : 7,019 \text{ ft} = 2,139 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tangki} : 16,980 \text{ ft} = 5,176 \text{ m}$$

$$\text{Tebal shell} : \frac{5}{16} \text{ in}$$

$$\text{Tebal tutup atas} : \frac{5}{16} \text{ in}$$

$$\text{Waktu tinggal} : 2 \text{ jam}$$

$$\text{Bahan} : \text{Carbon Steels SA-283 Grade C}$$

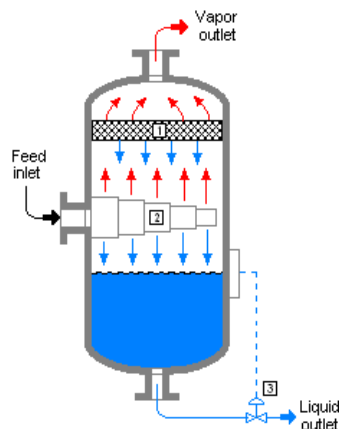


**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Jumlah : 1 buah

**3. Vertikal Separator 2 (H-340)**

- Fungsi = Untuk memisahkan liquid dan gas hasil kondensasi  
Tipe = Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas standart dish dan bawah dished head dan tutup bawah plate datar.  
Dasar pemilihan = Umum digunakan untuk memisahkan bahan dengan fase gas cair  
Kondisi Operasi :  
Tekanan : 1 atm  
Suhu : 70 °C = 343,15 K  
Waktu tinggal : 1 Jam



**Perhitungan**

Komposisi bahan

Komposisi	Fraksi	Berat	Berat	Densitas	Densitas
		kg/jam	Kmol/jam	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	0,0025	15,571699	0,12648606	1,02	0,0024
NH <sub>3</sub>	0,0030	18,962745	1,11362669	0,73	0,0042
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	0,0582	363,17464	2,14604173	1,2	0,0485
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	2,0385	12719,471	136,579062	1,2	1,6987827
Total	2,10228	13117,181	139,965217		1,7539

Rate liquid = 13117 kg/jam

Rate gas = 640 kg/jam = 38,22 kmc  
= 1410,646852



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$R = 0,082 \text{ L atm/kmol K}$$

**Menentukan Volume Gas**

Berdasarkan persamaan Gas Ideal:

$$P \times V = n \cdot R \cdot T$$

$$V = n \cdot R \cdot T / P$$

$$V = \frac{38 \text{ kmol/jam} \times 0,0821 \text{ L atm/kmol K}}{1 \text{ atm}}$$

$$V = 1076 \text{ L/jam} = 37,987 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Densitas campuran} = \frac{1}{\frac{\text{fraksi berat}}{\rho \text{ komponen}}} \times 62,4$$

$$= 35,6 \text{ lb/cuft}$$

$$\text{Rate massa} = 13.117,181 \text{ kg/jam}$$

$$= 28.923,383 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate volumetrik liquid} = \frac{\text{Rate massa}}{\text{Densitas}}$$

$$= \frac{28.923,383 \text{ lb/jam}}{35,589 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 812,699 \text{ cuft/jam}$$

$$\text{Volume total} = \text{volume gas} + \text{liquid}$$

$$= 850,686 \text{ cuft}$$

Direncanakan penyimpanan untuk 1 jam proses 1 (mempermudah pengeluaran dan pengisian), sehingga volume bahan:

$$\text{Volume bahan} = \frac{850,69 \frac{\text{cuft}}{\text{jam}} \times 1 \text{ jam}}{1 \text{ tangki}}$$

$$= 850,686 \text{ cuft}$$

Asumsi bahan mengisi 80% volume tangki (faktor keamanan)

$$\text{Asumsi vol bahan} = 80\% \text{ volume tangki}$$

$$\text{Maka volume tangki} = \frac{850,686 \text{ cuft}}{80\%}$$

$$= 1.063,357 \text{ cuft}$$

**2. Menentukan Dimensi Tangki**



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Asumsi Dimention ratio : H/D = 2 - 5 (Ulrich : T.4)  
 dipilih : H/D = 2

Volume tangki =  $\frac{1}{4} \pi D^2 H$   
 $1063,357 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 2 D$   
 $1063,357 = 1,57 D^3$   
 $D^3 = 677,298$                       H = 2 D  
 D = 8,782 ft                              = 17,564 ft  
      = 105,384 in                         = 210,768 in  
      = 2,677 m                              = 5,354 m

**3. Menentukan Tebal Minimum Shell**

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank

$$t_s = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C \quad \text{[Brownell, pers. 13-1, hal 254]}$$

dengan:

- $t_{s,m}$  = tebal shell minimum ; in
- P = tekanan tangki ; psi
- $r_i$  = jari-jari tangki ; in (1/2 D)
- C = faktor korosi ; in (digunakan 1/8)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E =
- f = allowable stress, bahan konstruksi Carbon Steels SA-283 Grade C,  
 maka f = 12650 psi [Brownell, T.13-1]

P hidrostatik =  $\rho \times \frac{g}{g_c} \times H_{liq}$  (  $H_{liq} = 80\%$  )  
 $= 35,59 \frac{\text{lbf}}{\text{cuft}} \times 1 \frac{\text{lbf}}{\text{lbf}} \times 14,05$   
 $= 500,072 \text{ lbf/ft}^2$   
 $= 3,471 \text{ psi}$

P operasi =  $P_{in} - P_{out} + P_{hidrostatik}$   
 $= 14,7 \text{ psi} - 14,7 \text{ psi} + 3,471$   
 $= 3,471 \text{ psi}$

P design diambil 10% lebih besar dari P operasi untuk faktor keamanan  
 P design = 3,471 x 1,1  
 $= 3,818 \text{ psi}$   
 $r_i = 0,5 \times D$   
 $= 0,5 \times 105 \text{ in}$   
 $= 52,69 \text{ in}$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Asumsi tebal shell = 5/16

$$ts = \frac{P \times r_i}{f E - 0,6 P} + C$$

$$1/3 = \frac{3,818 \times 52,692}{f \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 3,818} + 1/8$$

$$1/5 = \frac{201,154}{f \cdot 0,8 - 2,291}$$

$$f = 1343,892$$

$f$  hitung lebih kecil dari  $f$  allowable, jadi tebal 5/16 in dapat digunakan

**4.Menghitung tebal tutup atas dan bawah**

$$OD = ID + 2ts$$

$$= 105,3839337 + 0,6250$$

$$= 106,0089 \text{ in}$$

Dipilih OD standard = 54 in

icr = 3 1/4 in

rc = 54 in (Brownell & Young, Tabel 5.7)

6% rc = 3,24

Karena icr lebih besar dari 6% rc, maka digunakan persamaan 7.76 dan 7.77

$$t_h = \frac{P \times r_c \times W}{2 f \cdot e - 0,2 P} + C \quad W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{54}{3 \frac{1}{4}}} \right)$$

$$W = 1,7690$$

Trial tebal tutup atas

$$th = 3/8 \text{ in}$$

$$3/8 = \frac{3,818 \times 54 \times 1,7690}{2f \times 0,8 - 0,2 \cdot 3,81755126} + \frac{1}{8}$$

$$f = 583,80 \text{ psi}$$

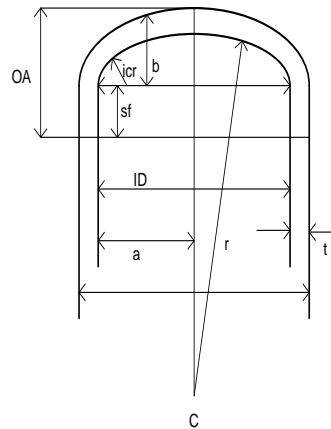
Karena  $f$  hitung lebih kecil daripada  $f$  allowable maka tebal head ini dapat digunakan





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**Penentuan dimensi tutup atas, dished :**



Dimana :

$$\begin{aligned} ID &= ID \text{ shell} = 105 \text{ in} \\ a &= \frac{ID}{2} = \frac{105,38}{2} = 52,69 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk :

(Brownell and

$$ID = 105,4 \text{ in, didapat } r = 54 \text{ in } icr = 3 \frac{1}{4}$$

$$Rc (r) = \text{radius of dish} = 54 \text{ in}$$

$$icr (rc) = \text{inside corner radius} = 3 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = 52,69 - 3,25 = 49,441967$$

$$BC = r - icr = 54 - 3,25 = 51$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = \sqrt{50,8^2 - 49,441} = 11 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} b &= r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} \\ &= 54 - 11 = 42,552 \text{ in} \end{aligned}$$

$$sf = \text{straight flange} = \text{dipilih} = 3 \text{ in (Brownell, T.5-6)}$$

$$t = \text{tebal dished} = \frac{3}{8} \text{ in} = 0,375 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OA = t + b + sf &= 0,375 + 42,552 + 3 \\ &= 45,927 \text{ in} = 3,827 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi Tutup} = 3,827 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Tangki} = 7,6545167 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{\text{Volume}}{\text{Rate volumetrik}} = \frac{850,686 \text{ cuft}}{812,699 \text{ cuft/jam}} \\ &= 1,046741894 \text{ jam} \end{aligned}$$



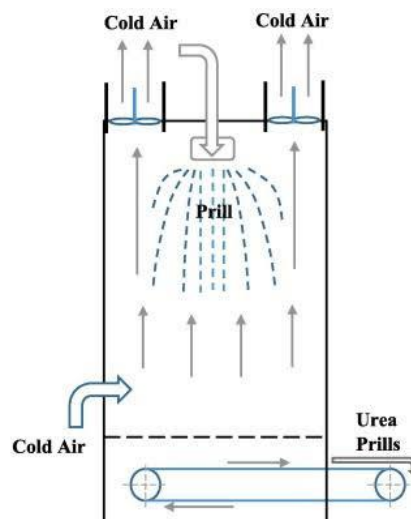
**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

**Spesifikasi Separator 2 (H-340)**

Fungsi	:	Sebagai tempat untuk memisahkan hasil atas berupa campuran gas yang mengandung produk yg tidak terkondensasi dengan produk bawah produk yg terkondensasi		
Type	:	Tangki berbentuk silinder tegak dengan tutup atas standart dish dan bawah dished head dan tutup bawah : plate datar.		
Volume tangki	:	1.063	cuft	= 30 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	:	8,782	ft	= 2,677 m
Tinggi tangki	:	25,219	ft	= 7,687 m
Tebal shell	:	5/16	in	
Tebal tutup atas	:	6/16	in	
Waktu tinggal	:	1	jam	
Bahan	:	Carbon Steels SA-283 Grade C		
Jumlah	:	1	buah	

**4.Prilling Tower (D-320)**

Fungsi = Untuk membentuk difenilamin menjadi butiran



Berdasarkan Walas

Diameter Prilling tower	=	33,33	ft	=	10,17
Tinggi Prilling	=	100	ft	=	30,5
Tebal Prilling	=	0,1875	in		



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Bahan = Beton

**Perhitungan**

Rate massa udara = 323788,4879 kg/jam  
 Suhu udara masuk = 30 °C = 86  
 suhu udara keluar = 80 °C = 176  
 Q Udara = -16945470,52 Kj/Jam

**Densitas bahan**

Komp	Berat	fraksi berat	$\rho(\text{gr/cm}^3)$
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$	5989	0,999278135	1,2
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	4,33	0,000721865	1,2
Total	5993,76	1	

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\frac{0,9992781}{1,2} + \frac{0,000721865}{1,2}}$$

$$= \frac{1,2}{1,2} \text{ gr/cm}^3 = 74,9136$$

$$= \frac{1,2}{1200} \text{ kg/m}^3$$

Rate bahan = 5993,76 kg/jam = 13210,2

**Data udara (Holman Tabel A5)**

$\rho$  udara 30 oC = 1,1666  $\text{kg/m}^3$  = 72,  
 viskositas udara = 1,9,E-05  $\text{kg/ms}$   
 Pr = 0,7073  
 K = 0,0265  $\text{W/ m k}$

Diameter partikel(Dp) = 1 mm = 0,001 m

**1. Kecepatan terminal (Ut)**

$$d^* = Dp \left( \rho_{udara} \left( \frac{\rho_{bahan} - \rho_{udara}}{\mu_{udara}^2} \right) g \right)^{1/3} \quad (L)$$

$$= 0,001 \times \left( 1,1666 \times \left( \frac{1200,0 - 72,0}{2,0 \times 10^{-5}^2} \right) \times 9,8 \right)^{1/3}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned}
 &= 30,603 \\
 ut^* &= \left[ \frac{18}{d^{*2}} + \frac{0,591}{(d^*)^{0,5}} \right]^{-1} \\
 &= \frac{18}{937} + \frac{0,591}{5,532}^{-1} \\
 &= 7,933192296 \\
 Ut &= Ut^* \left[ \frac{\rho_{udara}^2}{\mu(\rho_{bahan} - \rho_{udara})g} \right]^{-1/3} \\
 &= 7,9331923 \times \frac{1,1666}{1,9 \times 10^{-5} \times 1200 - 1,166} \\
 &= 4,087 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

**2. Waktu Tinggal**

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{\text{Tinggi prilling}}{Ut} \\
 &= \frac{30,5}{4,087} \\
 &= 7,463088549 \text{ s}
 \end{aligned}$$

**3. Menghitung sparger bagian atas**

$$\begin{aligned}
 \text{Rate massa} &= 5993,76 \text{ kg/jam} \\
 &= 13216,23348 \text{ lb/jam} \\
 \rho \text{ bahan} &= 74,9136 \text{ lb/cuft} \\
 \text{Laju alir} &= \frac{\text{Rate massa}}{\rho \text{ bahan}} \\
 &= \frac{13216,23348}{74,9136} \\
 &= 176,4196818 \text{ cuft/jam} \\
 &= 2,940328031 \text{ cuft/menit} \\
 &= 0,049005467 \text{ cuft/detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan (Peter ed.4, fig 14-2 hh 498)

diasumsikan aliran turbulen dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 ID \text{ optimum} &= 3,9 \times Q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \\
 Q_f &= \text{Laju alir (cuft/detik)}
 \end{aligned}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned}\rho &= \text{densitas (lb/cuft)} \\ \text{ID optimum} &= 3,9 \times Qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,257400888 \times 1,7526407 \\ &= 1,759411936 \text{ in} \\ \text{Digunakan pipa ukuran 2 in sch 80} \\ \text{OD pipa} &= 2,375 \text{ in} = 0,1978375 \text{ ft} \\ \text{ID pipa} &= 1,939 \text{ in} = 0,1615187 \text{ ft} \\ A &= 0,0233 \text{ ft}^2 \quad (\text{Geankoplis, APP A-5})\end{aligned}$$

**A. Menentukan kecepatan linier (V)**

$$\begin{aligned}V &= \frac{Qf}{A} \\ &= \frac{0,049005}{0,0233} \\ &= 2,103239 \text{ ft/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= 1,01 \text{ cp} \\ &= 0,0006787 \text{ lb/ft s}\end{aligned}$$

**B. Menentukan jenis aliran**

$$\begin{aligned}Nre &= \frac{ID \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,1615187 \times 2,103239 \times 74,9136}{0,00067872} \\ &= 37495,69813\end{aligned}$$

maka jenis aliran turbulen karena > dari 2100

**C. Menentukan dimensi sparger**

$$\begin{aligned}Dp &= 0,0233 \times Nre^{-0,05} \\ &= 0,0233 \times 0,590610179 \\ &= 0,013761217 \text{ ft} \\ &= 4,197171239 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter lubang} &= 0,4 - 1,6 \text{ mm} \\ \text{dipilih} &= 1,6 \text{ mm} \\ &= 0,005248 \text{ ft}\end{aligned}$$

**D. Menentukan lubang pada sparger**

untuk pemasangan sejajar pada pipa, dianjurkan jarak interface minimal menggunakan jarak 3dp, maka

$$\begin{aligned}C &= 3 \times 0,013761217 \\ &= 0,0413 \text{ ft}\end{aligned}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

---

$$\begin{aligned} \text{Panjang pipa direncanakan} &= 0,75 \text{ ft} \\ &= 0,229 \text{ m} \\ \text{Diameter shell} &= P \text{ Pipa} \times L \\ &= 0,75 \times 0,003936 \\ &= 0,003936 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Posisi sparger rencana disusun bercabang} &= 20 \\ \text{maka banyak lubang} &= \frac{\text{panjang pipa} \times \text{cabang}}{C} \\ &= \frac{0,22875 \times 20}{0,0413} \\ &= 110,8186856 \text{ lubang} \\ &= 117 \text{ lubang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lubang tiap cabang} &= \frac{\text{jumlah lubang}}{\text{cabang}} \\ &= \frac{117}{20} \\ &= 5,85 \\ &= 6 \text{ lubang} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Prilling Tower (D-320)**

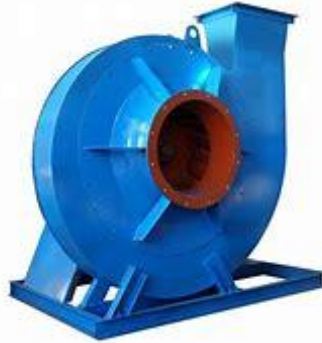
Fungsi	:	Untuk memadatkan difenilamin menjadi butiran
Tebal shell	=	3/16 in
Tinggi Prilling	=	100 ft = 30,5
Diameter	=	33 ft = 10,16565
Lubang sparger	=	117

**5. Blower 1 (G-324)**

Fungsi	=	Untuk memindahkan udara menuju molecular sieve
Tipe	=	Centrifugal Blower
Dasar pemilihan	=	Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**



**Perhitungan :**

$$\begin{aligned} \text{Rate feed} &= 323.788 \text{ kg/jam} \\ &= 713.824 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

komponen	Rate Massa (kg/jam)	Fraksi berat (x)	Densitas, $\rho$ (gr/ml)	$x/\rho$ (g)
N <sub>2</sub>	256116,69	0,791	1,25000	
O <sub>2</sub>	67671,79	0,209	1,20000	0,174
Total	323788,49	1,00	2,45000	0,800

$$\begin{aligned} \rho \text{ gas} &= 1,2392 \text{ gr/ml} \\ &= 77,36 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa}}{\rho} \\ &= \frac{713.824}{77,36} \\ &= 9.227,1 \text{ cuft/jam} \\ &= 153,79 \text{ cuft/menit} \end{aligned}$$

**1.Perhitungan Power**

$$\text{hp} = 1,57 \times 10^{-4} \times Q \times p \quad (\text{Perry 8th Ed, 1975})$$

Di mana

- hp = Power blower, hp
- Q = rate volumetrik, cuft/menit
- p = tekanan operasi, in of water

blower dapat beroperasi sampai 1,5 psi =

$$\text{hp} = 1,57 \times 10^{-4} \times Q \times p \quad (\text{Perry 8th Ed, 1975})$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

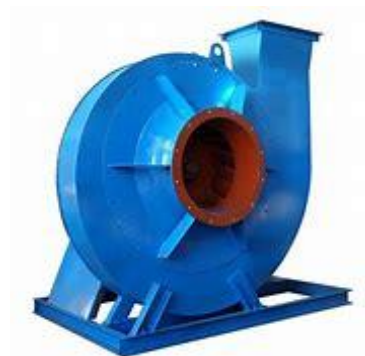
$$\begin{aligned} &= 1,57 \times 10^{-4} \times 154 \times 42 \\ &= 1,0034736 \text{ hp} \\ \text{Efisiensi suatu blower 40-80\%} \\ \eta &= \frac{\text{gas power out}}{\text{shaft power input}} \\ 0,8 &= \frac{1,0034736}{\text{shaft power input}} \\ \text{hp in} &= \frac{1,254342}{0,8} \text{ hp} \\ &= 1,5679275 \text{ hp} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Blower - 1 (G-324)**

Fungsi	:	Memindahkan udara dari lingkungan men molecular sieve
Type	:	Centrifugal Blower
Dasar Pemilihan	:	Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi ti
Rate Volumetrik	:	153,8 cuft/menit
Effisiensi Blower	:	80%
Power	:	1 Hp
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel
Jumlah	:	1 Buah multistage

**6. Blower 2 (G-341)**

Fungsi	=	Untuk memindahkan campuran uap menuju separa
Tipe	=	Centrifugal Blower
Dasar pemilihan	=	Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi tinggi



**Perhitungan :**





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned} \text{Rate feed} &= 13.757 \text{ kg/jam} \\ &= 30.329 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

komponen	Rate Massa (kg/jam)	Fraaksi berat (x)	Densitas, $\rho$ (gr/ml)	$x/\rho$ (g)
$(C_6H_5)_2NH$	363,22	0,026402048	1,20000	0,0220
$NH_3$	638,57	0,046417006	0,73000	0,0634
$C_6H_5NH_2$	12739,76	0,926041904	1,02000	0,907
$C_6H_5NO_2$	15,67	0,001139041	1,20000	0,0009
Total	13757,22	1,00	4,15000	0,994

$$\begin{aligned} \rho \text{ gas} &= 1,0056 \text{ gr/ml} \\ &= 62,78 \text{ lb/cuft} \\ \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{Rate massa}}{\rho} \\ &= \frac{30.329}{62,78} \\ &= 483,1 \text{ cuft/jam} \\ &= 8,05 \text{ cuft/menit} \end{aligned}$$

### 1. Perhitungan Power

$$hp = 1,57 \times 10^{-4} \times Q \times p \quad \text{(Perry 8th Ed, )}$$

Di mana

$$\begin{aligned} hp &= \text{Power blower, hp} \\ Q &= \text{rate volumetrik, cuft/menit} \\ p &= \text{tekanan operasi, in of water} \end{aligned}$$

$$\text{blower dapat beroperasi sampai } 1,5 \text{ psi} = \quad \text{(Perry 8th Ed, )}$$

$$\begin{aligned} hp &= 1,57 \times 10^{-4} \times Q \times p \\ &= 1,57 \times 10^{-4} \times 8 \times 42 \\ &= 0,052539933 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi suatu blower 40-80%

$$\eta = \frac{\text{gas power out}}{\text{shaft power input}} = \frac{0,052539933}{0,052539933}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

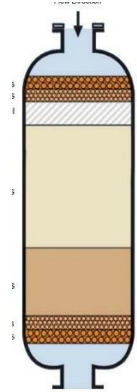
$$\begin{aligned} 0,8 &= \text{shaft power input} \\ \text{hp in} &= 0,065674916 \text{ hp} \\ &= 1 \text{ hp} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Blower - 2 (G-341)**

Fungsi	:	Memindahkan gas dari cooler menuju sep
Type	:	Centrifugal Blower
Dasar Pemilihan	:	Sesuai dengan jenis bahan dan efisiensi ti
Rate Volumetrik	:	8,1 cuft/menit
Effisiensi Blower	:	80%
Power	:	1 Hp
Bahan Konstruksi	:	Carbon Steel
Jumlah	:	1 Buah multistage

**7. Molecular Sieve (D-325)**

Fungsi	=	Menyerap air dalam udara
Tipe	=	Molecular sieve air dryer
Dasar pemilihan	=	Effective capacity

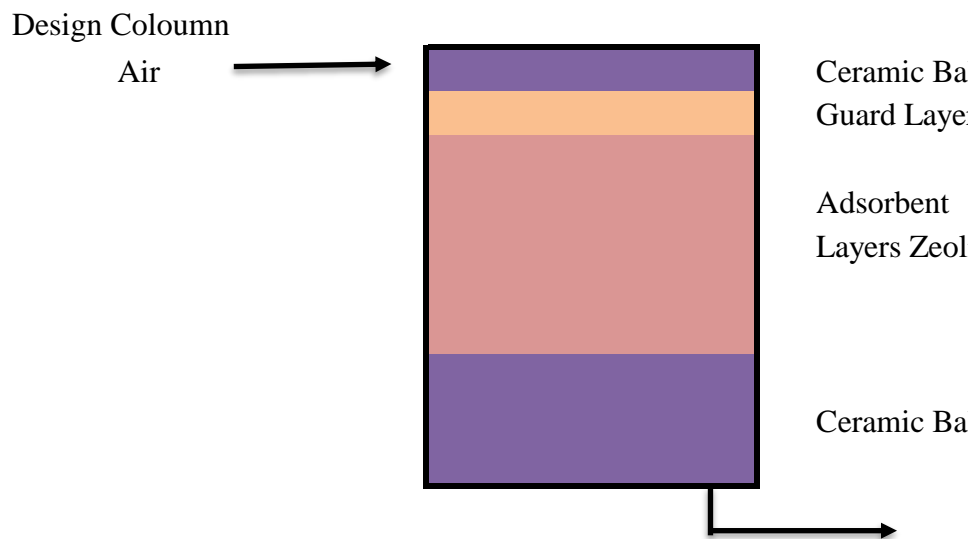


**Perhitungan**

Udara masuk	=	323.788,5	kg/jam
	=	713824,1005	lb/jam
Densitas	=	62,428	lb/cuft
Rate volumetrik	=	11434,35799	cuft/jam
Volume udara	=	Rate volumetrik	x waktu t
	=	11434,35799	x 1
	=	11434,35799	cuft



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**



Keterangan : (KLM TECHNOLOGY GRO

Cermic Balls - 1	=	0,5	in	
Guard Layer	=	0,125	in	
Adsorbent Layers	=	0,188	in	
Ceramic Balls - 2	=	0,875	in	
<hr/>				
Total height	=	1,688	in	
Scale Up	=	169	in	= 4,3 m
				= 14,1 ft

Untuk tinggi ruang kosong ( outlet distributor + inlet )  
diasumsikan 65% dari tinggi bahan isian

Tinggi ruang kosong	=	110	in	= 9,141 ft
Tinggi Total	=	7,07	m	
assumsi H/ D	=	4		
D	=	1/4 H		
	=	1/4 x 7,07		
	=	1,77	m	

Kebutuhan Zeolit :

H	=	18,80	in
	=	0,48	m
D	=	1,77	m

Sehingga volume zeolit yang dibutuhkan :



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Zeolit} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,77 \\
 &= 1,17
 \end{aligned}$$

**Spesifikasi Molekular Sieve (D-325)**

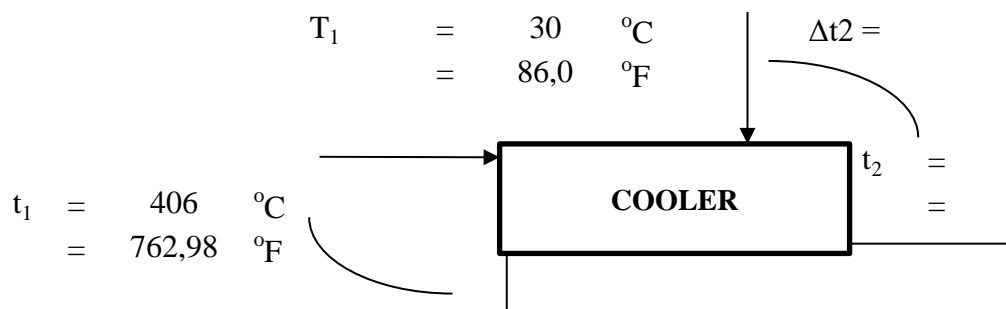
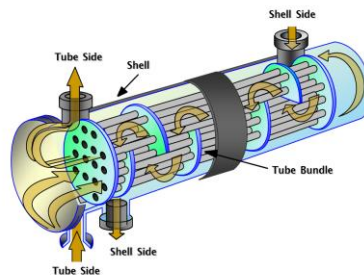
- Fungsi : Mengabsorb air dalam udara masuk  
 Type : Molecular Sieve Air Dryer  
 Dasar Pemilihan : Effective capacity, Dew point yang dihasilkan lebih rendah  
 Tinggi Column : 7,07 m  
 Diameter Column : 1,77 m

**Karakteristik Adsorben :**

- Jenis Adsorben : Molecular Sieve 4A  
 a. Bentuk : Pellet  
 b. Bulk Density : 40 - 45 lb / cuft  
 c. Ukuran Partikel : 1,6 mm - 6 mm  
 d. Spesifik Heat : 0,24 BTU / lb F

**8. Cooler 1 (E-212)**

- Fungsi = Untuk mendinginkan gas hingga suhu 150 °C  
 Tipe = Shell and Tube Heat Exchanger  
 Dasar pemilihan = Umum digunakan karena lebih efisien





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\Delta t_1 = 551 \text{ } ^\circ\text{F} \quad \downarrow T_2 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$= 212,0 \text{ } ^\circ\text{F}$$

**Bahan masuk cooler**

Komponen	kg/jam	Fraksi	BM	
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	19,997	0,001	123,110	0,1
NH <sub>3</sub>	639,203	0,032	17,028	0,4
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	6352,649	0,318	169,230	53
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	12984,874	0,649	93,129	60
TOTAL	19996,723	1,000		11

$$R = 82.057.338$$

densitas campuran

$$\rho = \frac{BM_c \times P}{R \times T}$$

$$= 2,06E-09 \text{ gr/ml}$$

$$= 1,E-07 \text{ lb/cuft}$$

komponen	A	B	C	$\mu$	
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	-16,569	3E-01	-3E-05	1,7E+02	
NH <sub>3</sub>	-7,874	4E-01	-4E-06	2,4E+02	
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH	-3,913	2E-01	-2E-05	1,3E+02	
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	-6,918	3E-01	-3E-05	1,5E+02	

$$\mu \text{ campuran} = 148,014628 \text{ mcp} = 0,01480146 \text{ cps}$$

$$= 0,03580622 \text{ lb/je}$$

Dari **Kern Table 6 ; Page 808** didapat sg reference

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat  $\mu$  reference

$$\mu \text{ bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$\mu \text{ bahan} = \frac{0,0148}{1,0000} \times 0,9900 \text{ cPs}$$

$$= 0,0147 \text{ cPs (berdasarkan sg bahan)}$$

$$= 0,035 \text{ lb/ft dt}$$

**1. Data dari neraca massa dan neraca panas diperoleh:**

$$\text{Berat Bahan} = 19996,7 \text{ kg/jam}$$

$$= 44092,8 \text{ lb/jam}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Panas yang dilepas	=	4085474	kJ/jam
	=	3873029	Btu/jam
Air yang digunakan	=	13802,0	kg/jam
	=	30433,3	lb/jam
W fluida panas	=	19996,7	kg/jam
	=	44092,8	lb/jam

**2. Penentuan  $\Delta T_{LMTD}$**

hot fluida		cold fluida	diff.
762,98	higher temp.	212,0	551,0
464,00	lower temp.	86,0	378,0
<u>298,98</u>		<u>126,0</u>	173,0

$$\Delta_{TLMTD} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{551,0 - 378,0}{0,3768} = 459,0$$

$$R = \frac{\text{Hot fluid}}{\text{Cold fluid}} = \frac{299}{126} = 2$$

$$S = \frac{T_2 - T_1}{t_1 - T_1} = \frac{212 - 86,0}{763 - 86,0} = 0,186$$

$$F_T = 1 \quad (\text{Kern Fig 19, p. 829})$$

$$\Delta T = F_T \times \Delta T_{LMTD}$$

$$= 1 \times 459,07$$

$$= 459,07 \quad F$$

**3.  $T_c$  dan  $t_c$**

$$T_c = T_{av} \text{ bahan}$$

$$T_c = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{763 + 464}{2} = 613,5 \quad F$$

$$(\mu = 0,01)$$

$$t_c = t_{av} \text{ cooling brine}$$

$$t_c = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{86,0 + 212}{2} = 149 \quad F$$

$$(\mu = 1,30)$$

(Kern

(Kern 1965,

Dipilih tipe : 1-2 Heat Exchanger

Digunakan pipa dengan ukuran

$$OD, BWG = \frac{3}{4} \text{ in } 10 \text{ BWG}$$

$$\text{Pitch} = 1 \text{ in Square Pitch}$$



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Panjang tube = 12 ft

dari Kern Table 10. HE and Condenser Tube Data

ID = 0,4820 in (Kern 1965,  
 a't = 0,1820 in<sup>2</sup>  
 a = 0,196 ft<sup>2</sup>/ft  
 a" = 0,1263 ft<sup>2</sup>

Diasumsikan ; dari Kern Table 8. Overall UD light organics\*)

UD = 75 - 100 Btu/ft<sup>2</sup>.jam.F (Kern 1965, p. 840)  
 = 80 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.F

$$A = \frac{Q}{U_D \times \Delta T} = \frac{3873029}{80 \times 459,07} = 105,4583$$

$$N_t = \frac{A}{a'' \times L} = \frac{105,4583}{0,13 \times 12} = 69,58 \text{ buah}$$

Dipilih pipa ukuran standard (Kern Table 9. Tube counts)

Untuk pipa 3/4 in. OD tubes on 1 in square pitch, dan  
 jumlah tube = 52 buah, diperoleh:  
 ID shell = 10 in  
 pases = 1

sehingga :

A koreksi = N<sub>t</sub> x a" x L  
 = 52 x 0,126 x 1  
 = 78,81

U<sub>D</sub> koreksi = Q / A x Δt  
 = 3873029 / 105,5 x 459,07  
 = 80,00

<i>Fluida dingin : shell side</i>	<i>fluid dingin : tu</i>
Cooling brine	Bahan
4' Flow area (as) $as = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot PT}$ ID = 10 in asumsi : B = 2 ID = 20 in C" = P <sub>T</sub> - OD = 1,00 - 0,75 = 0,25 as = ( 10 ) ( 0,25 ) ( 20 )	4 Flow area (at) $at = \frac{N_t \times a't}{144 \cdot n}$ $= \left[ \frac{52}{144} \right] \left[ \frac{0,1820}{1} \right]$ = 0,0657



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$as = \frac{144 \times 1,00}{0,3472} \text{ ft}^2$ <p>5' Kecepatan massa (Gs)</p> $Gs = \frac{W}{as}$ $= \frac{30433 \text{ lb/jam}}{0,3472 \text{ ft}^2}$ $= 87647,97 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$ <p>6' pada <math>T_c = 613,49 \text{ F}</math></p> $\mu = 1,30 \text{ cps}$ $= 3,146 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$ $De = 0,99 \text{ in}$ $= 0,08 \text{ ft}$ <p style="text-align: center;"><i>(Kern fig.28)</i></p> $Res = \frac{De \times Gs}{\mu}$ $= \frac{0,08 \times 87648,0}{3,1460}$ $= 2298,460839$ <p>7' <math>j_H = 30</math> <i>(Kern fig.28)</i></p>	<p>5 Kecepatan massa (C)</p> $Gt = \frac{W}{at}$ $= \frac{44093}{0,0657}$ $= 670895,96$ <p>6 pada <math>t_c =</math></p> $\mu = 0,01 \text{ cps}$ $= 0,035 \text{ lb/ft}$ $D = 0,48 \text{ in}$ $= 0,04 \text{ ft}$ <p><math>Re_{t} = \frac{D \times Gt}{\mu}</math></p> $= \frac{0,0402}{0}$ $= 75991$ <p>7. <math>J_h = 40</math></p>
<p>8' pada <math>t_c = 613,49 \text{ F}</math></p> $k = 0,34 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$ <p style="text-align: center;"><i>(Kern Tabel 5)</i></p> $C_p = 0,3 \text{ Btu/lb} \cdot \text{F}$ <p style="text-align: center;"><i>(Kern fig.2)</i></p> $\left( \frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{0,33} = 1,4054$ $\mu_w = 1 \text{ (standart)}$ $\phi_s = (\mu/\mu_w)^{0,14}$ $= 1,1740$ <p>9' <math>h_o = J_H \times (k/De) \times (c\mu/k)^{1/3} \times \phi_s</math></p> $= 134,311 \text{ Btu/hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$	<p>8 pada <math>t_c = 149</math></p> $k = 0,01$ $C_p = 0,996$ $\left( \frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{0,33} =$ $\mu_w = 1$ $\phi_s = (\mu/\mu_w)$ $= 1$ <p>9. <math>h_i = J_H \times (De/k) \times</math></p> $= 19,698883$ <p><math>h_{io} = H_i</math></p> $= 19,698883$





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

	= 12,7
--	--------

Clean overall coefficient  $U_c$ :

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_{o}}{h_{io} + h_o} = \frac{13 \times 134,31}{13 + 134,31} = 11,569322 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \cdot \text{j}}$$

Dirt factor  $R_d$ :

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \cdot U_D} = \frac{11,569322 - 80,00}{11,569322 \times 80,00} = 0,074 \frac{\text{ft}^2 \cdot \text{j}}{\text{Btu}}$$

$R_d$  perhitungan >  $R_d$  data (Kern ; T 12)

$$0,0739 > 0,0010$$

Pressure Drop	
Shell side (bahan)	Tube side (brine)
<p>a. <math>Re_t = 2298,46</math>  <math>f = 0,0013</math>                      (kern fig 26)  <math>s = 0,967</math> (Tabel 6)</p> <p>b. No of crosses  <math>N + 1 = \frac{12L}{B}</math>  <math>= 7,20</math>  <math>\phi_s = 1</math>  <math>ID_s = 0,83</math> ft</p>	<p>a'. <math>Re_s = 759916,32</math>  <math>f = 0,0004</math> (ker  <math>s = 1,0000</math> (ker</p> <p>b. <math>\Delta P_t = \frac{(1/2) \times f \cdot C}{5,22 \times 10^{10} \times I}</math>  <math>= 1/2 \times \frac{216}{246}</math>  <math>= 0,4388</math> Psi</p>
<p>c. <math>\Delta P_s</math>  <math>= \frac{f \times G_s^2 \times ID_s \times (N + 1)}{5,22 \times 10^{10} \times De \times s \times \phi_s}</math>  <math>= \frac{59920904,39}{4889192605}</math>  <math>= 1,2 \times 10^{-2}</math> Psi</p>	<p>c. <math>G_t = 6708</math>  <math>V^2 = 0,19</math> (Kern, j  <math>2g'</math></p> <p><math>\Delta P_r = \frac{4n}{s} \times \frac{V^2}{2g'}</math>  <math>= \frac{4 \times 1}{1,0000} \times</math>  <math>= 0,76</math> Psi</p> <p>d. <math>\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta l</math>  <math>= 1,1988</math> psi</p>
$\Delta P_s < 10$ psi	$\Delta P_T < 10$ psi



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

(memenuhi)

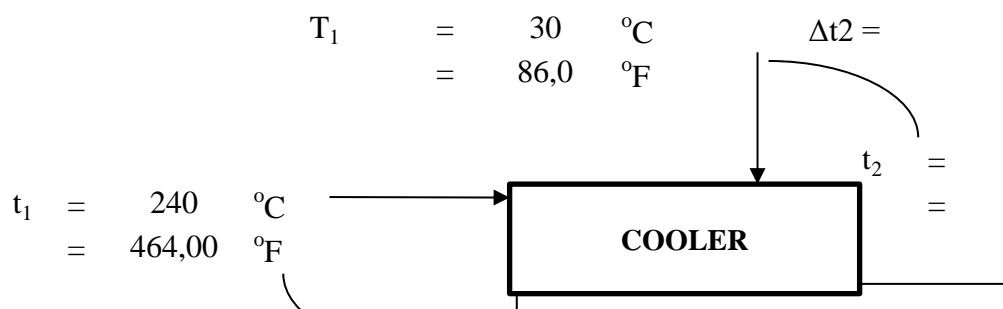
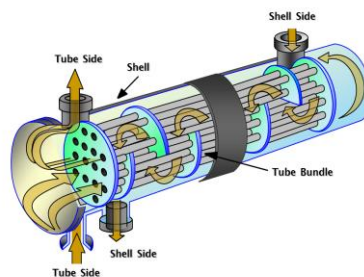
(memenuhi)

**Spesifikasi Cooler 1 (E-212)**

Type	:	<i>1-2 Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Tube			
OD	:	3/4 in ; 16	10 BWG
Panjang	:	12 ft =	144 in
Pitch	:	1 in	Square pitch
Jumlah tube, Nt	:	52	buah
Passes	:	1	
Shell			
ID	:	10	in
OD Shell	:	3/4	in
Jumlah exchanger	:	1	unit

**9. Cooler 2 (E-311)**

Fungsi	=	Untuk mendinginkan gas hingga suhu 80 °C
Tipe	=	Shell and Tube Heat Exchanger
Dasar pemilihan	=	Umum digunakan karena lebih efisien





**APPENDIX D**  
**ANALISA EKONOMI**

Kapasitas Produksi	=	50.000,00	Ton/Tahun
Waktu Operasi	=	330	Hari/Tahun
		24	Jam/Hari

#

Dengan bahan baku :

a. Anilin	=	19.996,73	Kg/Jam
-----------	---	-----------	--------

Menghasilkan Produk :

a. Difenilamin	=	6.313,13	Kg/Jam
b. Amonia	=	619,61	Kg/Jam

Analisa ekonomi di dalam suatu perencanaan pabrik adalah sangat penting, karena perhitungan ekonomi ini dapat diketahui apakah pabrik yang direncanakan ini layak untuk didirikan atau dalam artian memenuhi.

Faktor - faktor yang perlu untuk ditinjau antara lain :

1. Laju pengembalian modal (*Rate of Return*) ( ROI )
2. Lama pengembalian modal (*Pay Back Periode*) ( PBP )
3. Titik impas (*Break Even Point*) ( BEP )

Untuk meninjau faktor - faktor diatas, perlu adanya penaksiran terhadap beberapa faktor , yaitu :

1. Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment*)
  - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)
  - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

**A. Harga Peralatan**

Harga peralatan berubah menurut waktu resmi sesuai dengan kondisi ekonomi dunia. Untuk memperkirakan harga peralatan saat ini, digunakan indeks seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$C_p = \frac{I_p}{I_o} \times C_o$$

Dimana

$C_p$  = Harga alat pada tahun 2025



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

Co = Harga alat pada tahun data 2022

Ip = Cost Index pada tahun 2025

Io = Cost Index pada tahun data 2014

Indeks Harga Peralatan berdasarkan pada Peters and Timmerhaus "*Plant Design and Economic for Chemical Engineering*". Perhitungan berdasarkan Marshall (*All Industry*), Chemical tabel D-1.

**Tabel D.1 Indeks Harga Peralatan**

Tahun	Indeks
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	567,5
2018	603,1
2019	607,5
2020	596,2
2021	708,8
2022	816,0
2023	797,9

Sumber : CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*)  
Tahun 2024 Annual Index

Dengan metode least square dan data-data pada tabel di atas dilakukan pendekatan atau penafsiran indeks harga peralatan pada tahun 2027.

Keterangan :

X = Tahun ke-n

Y = Indeks harga peralatan pada tahun ke-n

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X.Y
1	2011	585,7	4.044.121,0	1.177.842,7
2	2012	584,6	4.048.144,0	1.176.215,2
3	2013	567,3	4.052.169,0	1.141.974,9
4	2014	576,1	4.056.196,0	1.160.265,4
5	2015	556,8	4.060.225,0	1.121.952,0
6	2016	541,7	4.064.256,0	1.092.067,2
7	2017	567,5	4.068.289,0	1.144.647,5



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

8	2018	603,1	4.072.324,0	1.217.055,8
9	2019	607,5	4.076.361,0	1.226.542,5
10	2020	596,2	4.080.400,0	1.204.324,0
11	2021	708,8	4.084.441,0	1.432.484,8
12	2022	816,0	4.088.484,0	1.649.952,0
13	2023	797,9	4.092.529,0	1.614.236,0
Total	26221	8.109,2	52.887.939,0	16.359.560,0

Jumlah data = 13

Pers. 21 Peter & Timmerhauss :

$$\Sigma (x - \bar{x})^2 = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n} = 182,00$$

Pers. 20 Peters & Timmerhauss :

$$\Sigma (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = \Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n} = 3.219,55$$

$$b = \frac{\Sigma (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\Sigma (x - \bar{x})^2} = 17,69$$

$$a = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{8.109}{13} = 623,79$$

$$c = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{26.221}{13} = 2017$$

$$\begin{aligned} y &= a + b(x - c) \\ &= 624 + 17,69(x - 2.017) \\ &= 624 + 17,69x - 35.680 \\ &= -35.057 + 17,69x \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas diperoleh indeks harga pada tahun 2027 sebesar

$$\begin{aligned} y &= -35.057 + 17,69x \\ &= -35.057 + 17,69x_{2027} \\ &= 800,686 \end{aligned}$$

Kurs dollar pada tahun 2025

$$\$1 = \text{Rp } 15.729,00 \quad (\text{www.kursdollar.net, 10 Januari 2025})$$

Contoh Perhitungan Harga Alat  
Tangki Penyimpanan NH<sub>3</sub>



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

$$\begin{aligned} \text{Harga pada Tahun 2014} &= \$ 22.300 \\ \text{Harga pada Tahun 2027} &= \frac{\text{Indeks harga th 2027}}{\text{Indeks harga th 2014}} \times \text{Harga alat pada th 2014} \\ &= \frac{800,686}{576,1} \times \$ 22.300,00 \\ &= \$ 30.993,41 \end{aligned}$$

**Tabel D.2 Harga Peralatan Produksi**

No.	Nama Alat	Harga per unit (\$)		Jumlah	Harga Total \$ (USD)
		2014	2027		
1	Tangki Penyimpanan Anilin	60000	83390	10	\$ 833.903
2	Pompa 1	8900	12370	1	\$ 12.370
3	Vaporizer	70900	98540	1	\$ 98.540
4	Furnace	50000	69492	1	\$ 69.492
5	Compressor	15600	21681	1	\$ 21.681
6	Reaktor Fixed Bed Multitube	120000	166781	1	\$ 166.781
7	Ekspander	5000	6949	1	\$ 6.949
8	Cooler 1	4900	6810	1	\$ 6.810
9	Separator 1	69600	96733	2	\$ 193.466
10	Cooler 2	4500	6254	1	\$ 6.254
11	Pompa 2	7900	10980	1	\$ 10.980
12	Prilling Tower	730000	1014582	1	\$ 1.014.582
13	Cyclone	71400	99234	1	\$ 99.234
14	Screw Conveyor	5700	7922	1	\$ 7.922
15	Bucket Elevator	12900	17929	1	\$ 17.929
16	Gudang Penyimpanan Difenilamin	45000	62543	1	\$ 62.543
17	Blower 1	500	695	1	\$ 695
18	Molecular Sieve	2040	2835	1	\$ 2.835
19	Blower 2	500	695	1	\$ 695
20	Cooler 3	4500	6254	1	\$ 6.254
21	Separator 2	68340	94981,6	1	\$ 94.982
22	Tangki Penyimpanan Amonia	8000	11118,7	8	\$ 88.950
23	Pompa 3	7900	10979,7	1	\$ 10.980
Total					\$ 2.639.916

**Tabel D.3 Harga Peralatan Utilitas**

No.	Nama Alat	Harga per unit (\$)		Jumlah	Harga Total \$ (USD)
		2014	2027		
1	Pompa 1	13200	18346	1	18.346
2	Bak Penampung Air Sungai	4111	5713	1	5.713



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

3	Pompa 2	11500	15983	1	15.983
4	Tangki Koagulasi	1800	2502	1	2.502
5	Tangki Flokulasi	2000	2780	1	2.780
6	Pompa 3	11500	15983	1	15.983
7	Clarifier	54538	75799	1	75.799
8	Bak Penampung Flok	4252	5910	1	5.910
9	Bak Penampung Air Setengah H	809	1124	1	1.124
10	Pompa 4	11600	16122	1	16.122
11	Sand Filter	4258	5917	1	5.917
12	Bak Penampung Air Bersih	804	1118	1	1.118
13	Pompa 5	3200	4447	1	4.447
14	Bak Penampung Air Sanitasi	322	447	1	447
15	Pompa 6	11500	15983	1	15.983
16	Pompa 10	4258	5917	1	5.917
17	Bak Penampung Air Pendingin	11500	15983	1	15.983
18	Pompa 11	4258	5917	1	5.917
19	Pompa 12	3962	5506	1	5.506
20	Kation Exchanger	7500	10424	1	10.424
21	Pompa 7	4914	6830	1	6.830
22	Anion Exchanger	11500	15983	1	15.983
23	Bak Penampung Air Demineral	3306,03	4595	1	4.595
24	Pompa 8	9700	13481	1	13.481
25	Pompa 9	2781,6	3866	1	3.866
26	Bak Penampung Air Proses	9700	13481	1	13.481
27	Boiler	9700	13481	1	13.481
28	Cooling Tower	2027,43	2818	1	2.818
29	Pompa 13	9700	13481	1	13.481
30	Generator Set	56159,7	78053	1	78.053
31	Tangki Penyimpanan Solar	50000	69492	5	347.460
Total					\$ 745.452

Total Harga = Harga Peralatan Proses + Harga Peralatan Utilitas  
= \$ 2.639.916 \$ 745.452  
= \$ 3.385.368  
= Rp 53.248.450.755

**B.Harga bahan baku dan penjualan produk**

**1. Harga Bahan Baku**

a. Anilin



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

---

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kebutuhan} &= 158.374 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 19.996,73 \text{ Kg/jam} = 19,996726 \text{ Ton/Jam} \\ \text{Harga} &= \$1.000 \text{ /Ton (Alibaba.com)} \\ &= \text{Rp}15.729.000 \text{ /Ton} \\ \text{Biaya per Tahun} &= \text{Rp}15.729.000 \times 20,00 \times 24 \times 330 \\ &= \text{Rp}2.491.065.733.022 \end{aligned}$$

$$\text{Total Harga Bahan Baku per Tahun} = \text{Rp}2.491.065.733.022$$

## 2. Harga Penjualan Produk

### a. Difenilamin

Jumlah Produk

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= 6.313,13 \text{ Kg/Jam} \\ &= 6,3131 \text{ Ton/Jam} \\ \text{Biaya per tahun} &= \$ 437,00 \text{ /100kg (https://businessanalytiq.com)} \\ &= \text{Rp}68.735.730 \text{ /Ton} \\ &= \text{Rp}68.735.730 \times 6,3131 \times 24 \times 330 \\ &= \text{Rp}3.436.786.500.000 \end{aligned}$$

### b. Amonia

Jumlah Produk

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= 619,61 \text{ Kg/Jam} \\ \text{Biaya per tahun} &= 0,6196 \text{ Ton/Jam} \\ &= \$ 250,00 \text{ /Ton (https://businessanalytiq.com)} \\ &= \text{Rp}3.932.250 \times 0,62 \times 24 \times 330 \\ \text{Total Harga Produk} &= \text{Rp}19.296.656.591 \\ \text{per Tahun} & \end{aligned}$$

## 3. Total Biaya Pengemasan

### a. Difenilamin

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Produk} &= 6.313,13 \text{ Kg/jam} \\ &= 50.000.000 \text{ Kg/Tahun} \\ \text{Kemasan (Karung)} &= 100 \text{ Kg} \\ \text{Kebutuhan karung} &= 500.000 \text{ /Tahun} \\ \text{Harga gas canister} &= \text{Rp} 3.000 \\ \text{Biaya per tahun} &= \text{Rp} 1.500.000.000 \end{aligned}$$

### b. Amonia

Produk yang dihasilkan merupakan produk intermediet yang masih





**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

memerlukan proses lanjutan sehingga tidak diperlukan biaya

Total biaya pengemasan per tahun = Rp 1.500.000.000

**C. Gaji Karyawan**

No.	Jabatan	Gaji (Rp/Bulan)	Jumlah	Total
1	Direktur Utama	Rp 30.000.000	1	Rp 30.000.000
2	Direktur Operasi dan Produksi	Rp 27.000.000	1	Rp 27.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	Rp 27.000.000	1	Rp 27.000.000
4	Sekretaris Perusahaan	Rp 15.000.000	1	Rp 15.000.000
5	Staff Ahli Proses	Rp 12.000.000	1	Rp 12.000.000
6	Staff Ahli Teknik	Rp 10.000.000	1	Rp 10.000.000
7	Staff Ahli Keuangan dan Pemasaran	Rp 10.000.000	1	Rp 10.000.000
8	Staff Ahli Hukum	Rp 10.000.000	1	Rp 10.000.000
9	Kepala Bagian Produksi	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
10	Kepala Bagian Teknik	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
11	Kepala Bagian Umum	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
12	Kepala Bagian Keuangan	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
13	Kepala Bagian Pemasaran	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
14	Kepala Seksi Produksi	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
15	Karyawan Seksi Produksi-Nonshift	Rp 6.000.000	4	Rp 24.000.000
16	Karyawan Seksi Produksi-Shift (Kepala)	Rp 6.000.000	4	Rp 24.000.000
17	Karyawan Seksi Produksi-Shift	Rp 6.000.000	40	Rp 240.000.000
18	Kepala Seksi Penelitian & Pengembangan	Rp 6.000.000	1	Rp 6.000.000
19	Karyawan Seksi Penelitian & Pengembangan	Rp 6.000.000	6	Rp 36.000.000
20	Kepala Seksi Utilitas dan Energi	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
21	Karyawan Seksi Utilitas & Energi-Nonshift	Rp 6.000.000	1	Rp 6.000.000



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

22	Karyawan Seksi Utilitas & Energi-Shift (Kepala)	Rp 6.000.000	4	Rp 24.000.000
23	Karyawan Seksi Utilitas & Energi-Shift	Rp 6.000.000	40	Rp 240.000.000
24	Kepala Seksi Pemeliharaan & Perbaikan	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
25	Karyawan Seksi Pemeliharaan & Perbaikan-Nonshift	Rp 6.000.000	2	Rp 12.000.000
26	Karyawan Seksi Pemeliharaan & Perbaikan-Shift	Rp 6.000.000	8	Rp 48.000.000
27	Kepala Seksi Keselamatan & Kesehatan Kerja	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
28	Karyawan Seksi Keselamatan & Kesehatan Kerja	Rp 6.000.000	6	Rp 36.000.000
29	Kepala Seksi Personalia & Kesejahteraan	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
30	Karyawan Seksi Personalia & Kesejahteraan	Rp 6.000.000	3	Rp 18.000.000
31	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
32	Karyawan Seksi Hubungan Masyarakat	Rp 6.000.000	2	Rp 12.000.000
33	Kepala Seksi Keamanan	Rp 6.000.000	1	Rp 6.000.000
34	Karyawan Seksi Keamanan-Nonshift	Rp 4.000.000	1	Rp 4.000.000
35	Karyawan Seksi Keamanan-Shift	Rp 4.000.000	20	Rp 80.000.000
36	Kepala Seksi Keuangan	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
37	Karyawan Seksi Keuangan	Rp 6.000.000	4	Rp 24.000.000
38	Kepala Seksi Administrasi	Rp 6.000.000	1	Rp 6.000.000
39	Karyawan Seksi Administrasi	Rp 4.000.000	4	Rp 16.000.000



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

40	Kepala Seksi Pemasaran	Rp 4.000.000	1	Rp 4.000.000
41	Karyawan Seksi Pemasaran	Rp 4.000.000	4	Rp 16.000.000
42	Kepala Seksi Pengadaan & Gudang	Rp 9.000.000	1	Rp 9.000.000
43	Karyawan Seksi Pengadaan & Gudang	Rp 6.000.000	4	Rp 24.000.000
44	Helper Gudang	Rp 3.500.000	8	Rp 28.000.000
45	Petugas Kebersihan	Rp 3.500.000	8	Rp 28.000.000
46	Sopir	Rp 3.500.000	6	Rp 21.000.000
47	Dokter	Rp 7.000.000	2	Rp 14.000.000
48	Perawat	Rp 3.500.000	2	Rp 7.000.000
Total (Gaji/Bulan)			208	Rp 1.262.000.000
Total (Gaji/Tahun)				Rp16.406.000.000

#### D. Biaya Keperluan Utilitas

##### 1. Air

Hari kerja

1 tahun = 330 Hari

1 hari = 24 jam

Kebutuhan air tiap hari = 4.162,78 m<sup>3</sup>/hari

Biaya air sungai Bengawan Solo = Rp246 /m<sup>3</sup>

(Perum Jasa Tirta, 2023)

Biaya air / hari = 4.162,78 m<sup>3</sup>/hari x Rp 246

= Rp 1.024.043 /hari

Biaya air / tahun = Rp 1.024.043 x 330 hari

= Rp 337.934.113

##### 2. Kebutuhan Penunjang Pengolahan Air

###### a. Tawas (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)

Kebutuhan = 27.474 kg/tahun

Harga = Rp 2.500 /kg (PT. Darnait Esa Artha)

Biaya per tahun = Rp 68.685.795

###### b. PAC (Poly Aluminium Chloride)



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

---

Kebutuhan = 4.121 kg/tahun  
Harga = Rp 1.500 /kg (PT. Nusa Indah Mega)  
Biaya per tahun = Rp 6.182.137

**c. Resin Kation (Dowex Marathon-C)**

Kebutuhan = 1.287.608 L/tahun  
Harga = Rp 7.000 (PT. Mitra Tsalasa Jaya)  
Biaya per tahun = Rp 9.013.256.059

**d. Resin Anion (Dowex Marathon - A)**

Kebutuhan = 860.122 L/tahun  
Harga = Rp 8.000 (PT. Gael Vada Indonesia)  
Biaya per tahun = Rp 6.880.977.088

**e. HCl 33%**

Kebutuhan = 256.070 kg/tahun  
Harga = Rp 1.500 (PT. Petrokimia Gresik)  
Biaya per tahun = Rp 384.105.174

**3. Kebutuhan Bahan Bakar**

Kebutuhan bahan bakar dies = 480 L/jam  
Harga bahan bakar diesel = Rp 6.800 /L (PT. Pertamina)  
Biaya bahan bakar tiap tahu = **Rp 25.847.991.920**

**4. Kebutuhan Listrik**

**a. Peralatan Proses dan Utilitas**

Kebutuhan listrik per jam = 32.769,00 kWh (Kementerian  
Biaya listrik per kWh = Rp 918 /kWh ESDM)  
Biaya listrik per tahun = **Rp 238.248.980.640**

Jadi,

**Total biaya keperluan utilitas/tahun = Rp 264.481.077.734**

**E. Harga Tanah dan Bangunan**

Luas tanah = 26.840 m<sup>2</sup>  
Harga tanah per m<sup>2</sup> = Rp 2.793.245 (JIPE, 2023)  
Harga tanah total = **Rp 74.970.695.800**

Luas bangunan pabrik = 12.915 m<sup>2</sup>  
Harga bangunan pabrik per m<sup>2</sup> = Rp 3.200.000 (rumah.com)



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

---

**Harga bangunan pabrik total = Rp 41.328.000.000**

Luas bangunan gedung = 7.075 m<sup>2</sup>

Harga bangunan gedung per m<sup>2</sup> = Rp 3.200.000 (*rumah.com*)

**Harga bangunan gedung tota = Rp 22.640.000.000**

Jadi,

**Total harga tanah dan bangunan = Rp 138.938.695.800**



**PRARANCANGAN PABRIK  
PABRIK DIFENILAMIN DARI ANILIN DAN KATALIS  
ALUMINA AKTIF DENGAN PROSES ALKILASI**

---