

**APPENDIKS A
PERHITUNGAN NERACA MASSA**

Kapasitas	=	70.000			
Waktu Operasi	=	330			
1 Hari	=	24			
Kapasitas Produksi	=	70.000 ton	x	1.000 Kg	x
		tahun		ton	x
				330 hari	x
					1 hari
					24 jam
	=	8838,3838			Kg/jam
Basis Bahan Baku	=	23414			Kg/jam

Komponen	BM (Kgmol/Kg)
HCHO	30,03
CH ₃ CHO	44,05
NaOH	40,00
TOTAL	114,08

BM	
HCHO	= 30,03
CH ₃ CHO	= 44,05
NaOH	= 40,00
C ₂ H ₂ O ₄	= 136,15
HCOONa	= 68,01
H ₂ O	= 18,02
CH ₂ O	= 32,043

Kebutuhan bahan baku:

- HCHO	=	37,0%	x	23414	=	8663,2620	Kg/jam
- CH ₃ CHO	=	99,0%	x	23414	=	23180,0793	Kg/jam
- NaOH	=	50,0%	x	23414	=	11707,1108	Kg/jam
Total					=	43550,4520	Kg/jam

Komposisi HCOH yang digunakan 37%

- HCHO	=	37%	x	23414	=	8663,2620	Kg/jam
- CH ₂ O	=	10%	x	23414	=	2341,4222	Kg/jam
- H ₂ O	=	53%	x	23414	=	12409,5374	Kg/jam
Total					=	23414,2215	Kg/jam

Komposisi NaOH yang digunakan 50%

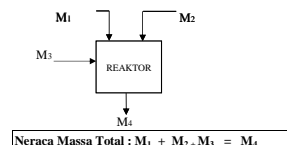
- NaOH	=	50%	x	23414	=	11707,1108	Kg/jam
- H ₂ O	=	50%	x	23414	=	11707,1108	Kg/jam
Total					=	23414,2215	Kg/jam

Komposisi CH₃CHO yang digunakan 99%

- CH ₃ CHO	=	99%	x	23414	=	23180,0793	Kg/jam
- H ₂ O	=	1%	x	23414	=	234,1422	Kg/jam
Total					=	23414,2215	Kg/jam

1. REAKTOR (R-110)

Fungsi : Mereaksikan antara HCHO (37%), NaOH (50%), dan CH₃CHO (99%) (Keyes, Hal 598)



Keterangan :

M_1	=	Massa HCHO 37% (Formaldehid)
M_2	=	Massa NaOH 50% (Natrium Hidroksida)
M_3	=	Massa CH ₃ CHO 99% (Acetaldehid)
M_4	=	Massa larutan keluar dari reaktor

Komposisi bahan masuk :

HCHO	=	8663,2620	kg/jam	=	288,5157	Kmol/jam
CH ₃ CHO	=	23180,0793	kg/jam	=	526,1742	Kmol/jam
NaOH	=	11707,1108	kg/jam	=	292,6997	Kmol/jam
H ₂ O	=	24350,7904	kg/jam	=	1351,6953	Kmol/jam
CH ₂ O	=	2341,4222	kg/jam	=	73,0713	Kmol/jam

Reaksi yang terjadi dalam Reaktor :



Reaksi :

	4HCHO	+ CH ₃ CHO	+ NaOH		C(CH ₂ OH) ₄	+ HCOONa	
M	288,5157	526,1742	292,6997				Kg/jam
R	259,6642	64,9160	64,9160	64,9160	64,9160		Kg/jam
S	28,8516	461,2582	227,7837	64,9160	64,9160		

Dari reaksi didapatkan :

Senyawa yang bereaksi :								
- HCHO	=	259,6642	Kmol/jam	x	30,03	=	7796,9358	Kg/jam
- CH ₃ CHO	=	64,9160	Kmol/jam	x	44,05	=	2859,811	Kg/jam
- NaOH	=	64,9160	Kmol/jam	x	40,00	=	2596,447	Kg/jam

Senyawa yang terbentuk :

- C(CH ₂ OH) ₄	=	64,9160	Kmol/jam	x	136,15	=	8838,3838	Kg/jam
- HCOONa	=	64,9160	Kmol/jam	x	68,01	=	4414,8101	Kg/jam

Sisa Reaksi :

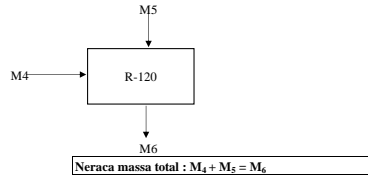
- HCHO	=	28,8516	Kmol/jam	x	30,03	=	866,3262	Kg/jam
- CH ₃ CHO	=	461,2582	Kmol/jam	x	44,05	=	20320,2681	Kg/jam
- NaOH	=	227,7837	Kmol/jam	x	40,00	=	9110,6639	Kg/jam

Neraca Massa Reaktor (R-110)			
Masuk (kg/jam)		M4 keluaran reaktor (kg/jam)	
HCHO	8663,2620	C(CH ₂ OH) ₄	8838,3838
CH ₂ O	2341,4222	HCHO	866,3262
NaOH	11707,1108	HCOONa	4414,8101
CH ₃ CHO	23180,0793	CH ₂ O	2341,4222
H ₂ O	24350,7904	NaOH	9110,6639
		CH ₃ CHO	20320,2681
		H ₂ O	24350,7904

Total	70242.6646	Total	70242.6646
-------	------------	-------	------------

2. Netralizer (R-120)

Fungsi : Untuk menetralkan larutan saat kelebihan alkali



Keterangan :

- M₄ = Massa masuk dari Reaktor
- M₅ = Massa HCOOH 98% (Asam format)
- M₆ = Massa menuju evaporator

Reaksi



Komposisi Bahan masuk dari reaktor ke Netralisier :

Komponen	Massa (Kg/jam)	BM	Kmol/jam
C(CH ₂ OH) ₄	8838,3838	136	64,9160
HCHO	866,3262	30,03	28,8516
HCOONa	4414,8101	68,01	64,9160
CH ₂ O	2341,4222	32,71	71,5812
NaOH	9110,6639	40,00	227,7837
CH ₃ CHO	20320,2681	44,05	461,2582
H ₂ O	24350,7904	18,02	1351,6953
Total	70242,6646		

Komposisi HCOOH yang digunakan 98%

Komponen	%massa	(Kg/jam)	BM	Kmol/jam
HCOOH	98%	x	10692	10478,0502
H ₂ O	2%	x	10692	213,8378
Total	100%		10691,8880	239,6537

Reaksi



M	227,7837	227,7837		
R	227,7837	227,7837	227,7837	227,7837
S	0,0000	0,0000	227,7837	227,7837

Dari reaksi yang didapatkan :

Senyawa yang bereaksi

- NaOH = 227,7837 Kmol/jam x 40,00 = 9110,6639 Kg/jam
- HCOOH = 227,7837 Kmol/jam x 46 = 10478,0493 Kg/jam

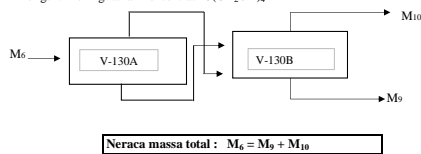
Senyawa yang terbentuk

- HCOONa = 227,7837 Kmol/jam x 68 = 15491,1126 Kg/jam
- H₂O = 227,7837 Kmol/jam x 18,0 = 4097,6006 Kg/jam

Neraca Massa Pada Netralizer			
Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
M ₄	M ₅	M ₆	M ₈
C(CH ₂ OH) ₄	8838,3838	C(CH ₂ OH) ₄	8838,3838
HCOONa	4414,8101	HCOONa	19905,9227
HCOH	866,3262	HCHO	866,3262
CH ₂ O	2341,4222	CH ₃ CHO	20320,2681
NaOH	9110,6639	H ₂ O	28662,2288
CH ₃ CHO	20320,2681	CH ₂ O	2341,4222
H ₂ O	24350,7904		
M₄	10478,0502		
HCOOH	213,8378		
Total	80934,5525	Total	80934,5516

3. EVAPORATOR (V-120)

Fungsi : Meningkatkan konsentrasi C(CH₂OH)₄



Keterangan:

- M₆ = Massa Masuk dari Netralizer
- M₁₀ = uap air keluaran yang diuapkan dari proses pemekatan
- M₈ = hasil akhir proses penguapan

Diharapkan : hanya H₂O yang teruapkan

a. Aliran bahan masuk Evaporator dari Netralizer

Komposisi bahan masuk

C(CH ₂ OH) ₄	=	8838,3838	kg/jam
HCOONa	=	19905,9227	kg/jam
HCHO	=	866,3262	kg/jam
CH ₃ CHO	=	20320,2681	kg/jam

H ₂ O	=	28662,229	kg/jam
CH ₂ O	=	2341,4222	kg/jam
Total	=	80934,5516	kg/jam

b. Perhitungan neraca massa evaporator

Konsentrasi bahan keluar diinginkan 98%

Konsentrasi bahan masuk :

$$\text{Konsentrasi } C(CH_2OH)_2 \text{ dalam larutan} = \frac{28744,3065}{57406,535} \times 100\% = 0,5007 = 50,07 \%$$

C(CH₂OH)₂ dipekatkan dari 10,92% menjadi 98%

- Neraca massa total

$$M_6 = M_9 + M_{10}$$

$$F = L + V$$

$$57406,535 = L + (V_1 + V_2)$$

- Neraca Komponen:

$$F = L + (V_1 + V_2)$$

$$F \times X_{F1} = L \times X_{L1} + V_{out} \times X_v$$

$$57406,5352 \times 0,5007 = L \times X_{L1}$$

$$= L \times 0,98$$

$$L = \frac{28744,3065}{0,98} = 29330,9250$$

$$L = 29330,9250$$

$$F = L + (V_1 + V_2)$$

$$57406,5352 = 29330,925 + V_1 + V_2$$

$$V_1 + V_2 = 57406,535 - 29330,925$$

$$V_1 + V_2 = 28075,610$$

$$V_1 = V_2 = 14037,805$$

- Neraca massa masing-masing effect

Effect I

$$F_1 = L_1 + V_1$$

$$57406,5352 = L_1 + 14037,8051$$

$$L_1 = 57406,5352 - 14037,8051$$

$$L_1 = 43368,7301$$

Effect II

$$L_1 = L_2 + V_2$$

$$43368,7301 = L_2 + 14037,805$$

$$L_2 = 29330,9250$$

- Neraca komponen masing-masing effect:

Effect I :

$$F \cdot x_{F1} = L \cdot x_{L1}$$

$$57406,535 \times 0,5007 = 43368,7301 \times x_{L1}$$

$$x_{L1} = 0,6628$$

- **Effect II :**

$$L_2 \times x_{L2} = L_1 \times x_{L1}$$

$$29330,9250 \times x_{L2} = 43368,7301 \times 0,6628$$

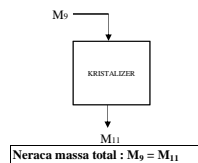
$$x_{L2} = 0,9800$$

Komponen	kg/jam	Massa Keluar Effect 1		Massa Keluar Effect 2	
		atas	bawah	atas	bawah
C(CH ₂ OH) ₂	8838,3838	0	8838,3838	0	8838,3838
HCOONa	19905,9227	0	19905,9227	0	19905,9227
HCHO	866,3262	0	866,3262	0	866,3262
CH ₃ CHO	20320,2681	0	20320,2681	0	20320,2681
H ₂ O	28662,2288	14037,8051	14624,4236	14037,8051	586,6185
CH ₂ O	2341,4222	0	2341,4222	0	2341,4222
Jumlah	80934,5516	14037,8051	66896,7465	14037,8051	52858,9414
			80934,5516		66896,7465

Neraca Massa Pada Evaporator (V-130)			
Bahan masuk evaporator		Bahan keluar evaporator	
Komponen	Massa bahan (kg/jam)	Komponen	Massa bahan (kg/jam)
	M ₆		M ₁₀
C(CH ₂ OH) ₂	8838,3838	H ₂ O	28075,6103
HCOONa	19905,9227		M ₉
HCHO	866,3262	H ₂ O	586,6185
CH ₃ CHO	20320,2681	C(CH ₂ OH) ₂	8838,3838
H ₂ O	28662,2288	HCOONa	19905,9227
CH ₂ O	2341,4222	HCHO	866,3262
		CH ₃ CHO	20320,2681
		CH ₂ O	2341,4222
Total	80934,5516	Total	80934,5516

5. KRISTALIZER (X-140)

Fungsi : untuk membentuk Kristal Pentaeritritol C(CH₂OH)₄



Keterangan :

M_2 = massa keluaran evaporator
 M_{11} = massa menuju centrifuge

Diharapkan $C(CH_2OH)_4$ yang terbentuk sebesar 98% dan 2% sebagai mother liquor

Data kelarutan $C(CH_2OH)_4$

Suhu masuk = 50 °C
 Suhu keluar = 30 °C

Solubility H_2O pada suhu 20 °C $C(CH_2OH)_3$ = 109/1000 kg (Perry Handbook 7 th edition hal 2-123)
 Solubility $C(CH_2OH)_4$ dalam air pada suhu 30°C = 7 kg / 100 kg air (Faith keys, hal 600)

- Kristal yang terbentuk:

$$P = R \frac{100 \cdot W_o - S(HO - E)}{100 - S(R-1)}$$

Keterangan:

P = Berat Kristal
 R = Ratio berat molekul dari kristal
 S = Solubility kristal pada air
 W_o = Berat bahan yang akan dikristalkan pada bahan masuk
 HO = Total bahan yang bersifat liquid pada bahan masuk
 E = Evaporation (Perry Handbook 7 th edition)

Ratio berat molekul $C(CH_2OH)_4$ dengan larutan

$$R = \frac{BM C(CH_2OH)_4 \text{ larutan}}{BM C(CH_2OH)_4 \text{ kristal}}$$

$$= \frac{(0.98 \times 136) + (0.02 \times 18)}{136}$$

$$= \frac{133.64}{136}$$

$$= 0.9826$$

Kelarutan $C(CH_2OH)_4$ pada mother liquor, S

$C(CH_2OH)_4$ = 7 gr / 100 gr air
 = 0.07 gr/ml

Berat $C(CH_2OH)_4$ yang dikristalkan, W_o
 W_o = 8838.3838 kg/jam

Total bahan masuk non kristal , HO

HO = Berat total - W_o
 = 80934.55163 - 8838.3838
 = 72096.1678

Data komponen pada proses Evaporasi

E = H_2O
 H_2O = 586.6185 kg/jam

Maka jumlah kristal yang terbentuk:

$$P = R \frac{100 \cdot W_o - S (HO - E)}{100 - S(R-1)}$$

$$= 0.9826 \left(\frac{100 \times 8838.3838 - 0.07 (72096.168 - 586.6185)}{100 - 0.07 (0.9826 - 1)} \right)$$

$$= 0.9826 \frac{878832.71}{100.00121}$$

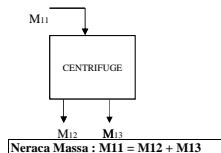
$$= 8635.718893 \text{ kg/jam}$$

$C(CH_2OH)_4$ yang tidak terkristal = Komponen $C(CH_2OH)_4$ - berat kristal)
 = (8838.3838 - 8635.718893) kg/jam
 = 202.6649 kg/jam

Neraca Massa Pada kristalizer (X-140)			
Bahan masuk kristalizer		Bahan keluar kristalizer	
Komponen	Massa bahan (kg/jam)	Komponen	Massa bahan (kg/jam)
Kristal			
$C(CH_2OH)_4$	8838,3838	$C(CH_2OH)_4$	8635,7189
Rafinat			
HCOONa	19905,9227	HCOONa	19905,9227
H_2O	586,6185	H_2O	586,6185
HCHO	866,3262	HCHO	866,3262
CH_3CHO	20320,2681	$C(CH_2OH)_4$	202,6649
CH_2O	2341,4222	CH_3CHO	20320,2681
		CH_2O	2341,4222
		Jumlah	44223,2225
Total	52858,9414	Total	52858,9414

6. CENTRIFUGE (H-142)

Fungsi : Memisahkan kristal Pentaeritritol dari mother liquor yang masih tercampur



Keterangan :

M_{11} = Massa masuk dari *Crystallizer*
 M_{12} = Massa larutan keluar menuju *Waste*
 M_{13} = Massa keluar menuju *screw Conveyor*

Komposisi Bahan Masuk (Kg/jam)	
C(CH ₂ OH) ₄	202,6649
HCOONa	19905,9227
H ₂ O	586,6185
HCHO	866,3262
CH ₃ CHO	20320,2681
CH ₂ O	2341,4222
Kristal C(CH ₂ OH) ₄	8635,7189
Total	52858,9414

Asumsi efisiensi centrifuge dalam memisahkan air hingga 70%
 $= 586,6185 \times 70\%$
 $= 410,6329494$

Massa air menuju belt = 586,6185 - 410,6329494
 $= 175,9855 \text{ kg/jam}$

Masing-masing 0,1% dari komponen ikut dalam produk sebagai impinitris
 C(CH₂OH)₄ = 202,6649 x 0,1%

C(CH₂OH)₄ sisa = 0,2027
 = 202,4622 kg/jam

HCOONa = 19905,9227 x 0,1%
 = 19,9059

HCOONa sisa = 19886,0167 kg/jam

HCHO = 866,3262 x 0,1%
 = 0,8663

HCHO sisa = 865,4599 kg/jam

CH₃CHO = 20320,2681 x 0,1%
 = 20,3203

CH₃CHO sisa = 20299,9478 kg/jam

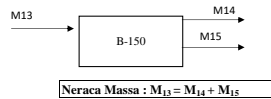
CH₂O = 2341,4222 x 0,1%
 = 2,3414

CH₂O sisa = 2339,0807 kg/jam

Neraca Massa Pada Centrifuge (H-142)			
Bahan masuk Centrifuge		Bahan keluar Centrifuge	
Komponen	Massa bahan (Kg/jam)	Komponen	Massa bahan (Kg/jam)
	Kristal	Ke waste	
C(CH ₂ OH) ₄	8635,7189	HCOONa	19,886,0167
	Rafinat	HCHO	865,4599
HCOONa	19905,9227	C(CH ₂ OH) ₄	202,6649
HCHO	866,3262	CH ₃ CHO	20299,9478
C(CH ₂ OH) ₄	202,6649	CH ₂ O	2339,0807
CH ₃ CHO	20320,2681	H ₂ O	410,6329
CH ₂ O	2341,4222	Jumlah	44003,8030
H ₂ O	586,6185	ke screw	
		HCOONa	19,9059
		H ₂ O	175,9855
		HCHO	0,8663
		CH ₃ CHO	20,3203
		CH ₂ O	2,3414
		Kristal C(CH ₂ OH) ₄	8635,7189
		Jumlah	8855,1384
Total	52858,9414	Total	52.858,9414

7 Rotary Dryer (B-150)

Fungsi : Mengurangi kadar air dari produk pentaeritritol



Keterangan :

M₁₃ = Massa masuk dari Centrifuge

M₁₄ = Massa larutan keluar menuju cyclone

M₁₅ = Massa keluar menuju belt conveyor

Komposisi Bahan Masuk		0,01987
HCOONa	19,9059	
H ₂ O	175,9855	
HCHO	0,8663	
CH ₃ CHO	20,3203	
CH ₂ O	2,3414	
Kristal C(CH ₂ OH) ₄	8635,7189	
Total	8855,1384	

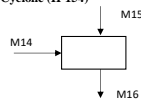
Jumlah Air (H₂O) yang menguap = 98%
 $= 98\% \times 175,9855 = 172,4658$

Padatan yang terikut gas panas keluar dari rotary dryer dan masuk ke dalam cyclone adalah 1%

HCOONa	=	19,9059	x	0,0100	=	0,1990592
HCHO	=	0,8663	x	0,0100	=	0,0086633
CH ₃ CHO	=	20,3203	x	0,0100	=	0,2032027
CH ₂ O	=	2,3414	x	0,0100	=	0,0234142
Kristal C(CH ₂ OH) ₄	=	8635,7189	x	0,0100	=	86,357189
Total	=	8855,1384			=	86,7915

Neraca Massa Pada Rotary Dryer (B-150)			
Bahan masuk Rotary Dryer		Bahan keluar cyclone	
Komponen	Massa bahan (Kg/jam)	Komponen	Massa bahan (Kg/jam)
HCOONa	19,9059	HCOONa	0,1991
Kristal C(CH ₂ OH) ₄	8635,7189	HCHO	0,0087
H ₂ O	175,9855	C(CH ₂ OH) ₄	86,3572
HCHO	0,8663	CH ₂ O	0,0234
CH ₃ CHO	20,3203	CH ₃ CHO	0,2032
CH ₂ O	2,3414	H ₂ O	172,4658
		Jumlah	259,2574
		Bahan keluar belt conveyor	
		Komponen	Massa bahan (Kg/jam)
		HCOONa	19,7069
		HCHO	0,8577
		C(CH ₂ OH) ₄	8549,3617
		CH ₂ O	2,3180
		CH ₃ CHO	20,1171
		H ₂ O	3,5197
		Jumlah	8,595,8810
Total	8855,1384	Total	8,855,1384

8 Cyclone (H-154)



Keterangan:

M₁₄ : Massa masuk dari rotary dryer

M₁₅ : Massa di dalam stack

M₁₆ : Massa didalam screen

$$\text{Neraca Massa : } M_{14} = M_{15} + M_{16}$$

Diharapkan : efisiensi pemisahan pentaerythritol 99%

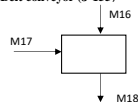
Komposisi bahan masuk	Massa bahan (kg/jam)
HCOONa	0,1991
HCHO	0,0087
C(CH ₂ OH) ₄	86,3572
CH ₂ O	0,0234
CH ₃ CHO	0,2032
H ₂ O	172,4658
Total	259,2574

Produk bawah cyclon ke screen	
Komposisi	Massa bahan (kg/jam)
HCOONa	0,1971
HCHO	0,0086
C(CH ₂ OH) ₄	85,4936
CH ₂ O	0,0232
CH ₃ CHO	0,2012
H ₂ O	170,7412

Produk atas cyclone ke stack	
Komposisi	Massa bahan (kg/jam)
HCOONa	0,0020
CH ₂ O	0,0001
C(CH ₂ OH) ₄	0,8636
CH ₂ O	0,0002
CH ₃ CHO	0,0020
H ₂ O	1,7247

Neraca Massa Pada Cyclone (H-154)			
Bahan masuk rotary dryer		Massa di screen	
Komponen	Massa bahan (Kg/jam)	Komponen	Massa bahan (Kg/jam)
HCOONa	0,1991	HCOONa	0,1971
HCHO	0,0087	HCHO	0,0086
C(CH ₂ OH) ₄	86,3572	C(CH ₂ OH) ₄	85,4936
CH ₂ O	0,0234	CH ₂ O	0,0232
CH ₃ CHO	0,2032	CH ₃ CHO	0,2012
H ₂ O	172,4658	H ₂ O	170,7412
		Jumlah	256,6648
		Massa ke stack	
		Komponen	Massa bahan (Kg/jam)
		HCOONa	0,0020
		HCHO	0,0001
		C(CH ₂ OH) ₄	0,8636
		CH ₂ O	0,0002
		CH ₃ CHO	0,0020
		H ₂ O	1,7247
		Jumlah	2,5926
Total	259,2574	Total	259,2574

8 Belt conveyor (J-155)



Keterangan:

 M_{17} : Massa bahan dari rotary dryer M_{16} : Massa di dalam screen M_{18} : Massa bahan keluar

Neraca Massa : $M_{17} + M_{16} = M_{18}$

Komposisi Bahan Masu (M_{17})	
Komposisi bahan masuk	Massa bahan (kg/jam)
HCOONa	19,7069
HCHO	0,8577
C(CH ₂ OH) ₄	8549,3617
CH ₂ O	2,3180
CH ₃ CHO	0,2032
H ₂ O	3,5197
Total	8.575,9672

Komposisi Bahan Masuk (M_{16})	
Komposisi	Massa bahan (kg/jam)
HCOONa	0,1971
HCHO	0,0086
C(CH ₂ OH) ₄	85,4936
CH ₂ O	0,0232
CH ₃ CHO	0,2012
H ₂ O	170,7412
Total	256,6648

Neraca Massa Pada Belt Conveyor (J-155)			
Bahan masuk (M_{17})		Massa di Bucket	
Komponen	Massa bahan (Kg/jam)	Komponen	Massa bahan (Kg/jam)
HCOONa	19,7069	HCOONa	19,9039
HCHO	0,8577	HCHO	0,8662
C(CH ₂ OH) ₄	8549,3617	C(CH ₂ OH) ₄	8634,8553
CH ₂ O	2,3180	CH ₄ O	2,3412
CH ₃ CHO	0,2032	CH ₃ CHO	0,4044
H ₂ O	3,5197	H ₂ O	174,2609
Jumlah	8575,9672	Jumlah	8.832,6319
M_{16}			
Komponen	Massa bahan (Kg/jam)		
HCOONa	0,1971		
HCHO	0,0086		
C(CH ₂ OH) ₄	85,4936		
CH ₂ O	0,0232		
CH ₃ CHO	0,2012		
H ₂ O	170,7412		
Jumlah	256,6648		
Total	8832,6319	Total	8.832,6319