

APPENDIKS A
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas direncanakan	=	70.000	ton/tahun
Jumlah hari kerja	=	1 tahun = 330	hari
Jumlah waktu kerja/hari	=	1 hari = 24	jam
Kapasitas produksi	=	$\frac{70.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$	
	=	8,838383838	ton/jam
	=	8838,383838	kg/jam
	=	212,1212121	ton/hari
Basis perhitungan	=	14704,5747	kg/jam

Berikut data komponen :

Komponen	BM (g/mol)
C ₂ H ₅ OH	46
C ₂ H ₄	28
H ₂ O	18



1. VAPORIZER (V-113)

Fungsi : Untuk menguapkan etanol sampai menjadi gas



Keterangan :

M₁ = Massa larutan etanol 95% dari storage

M₂ = Massa gas etanol menuju reaktor

NM = M₁ = M₂

Feed masuk :

$$\begin{aligned} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \quad 99,5\% &= 99,5 \times 14704,5747 = 14631,052 \text{ kg/jam} \\ &= \frac{14631,05183}{46} = 318,066344 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} \quad 0,5\% &= 0,01 \times 14704,5747 = 73,522873 \text{ kg/jam} \\ &= \frac{73,522873}{18} = 4,084604083 \text{ kmol/jam} \end{aligned}$$

Karena massa bahan masuk sama dengan massa bahan keluar, sehingga :

$$M_1 = M_2$$

Maka massa bahan keluar adalah :

$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 14631,052 \text{ kg/jam}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 73,522873 \text{ kg/jam}$$

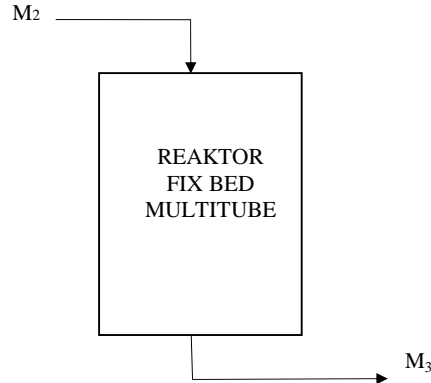
Neraca Massa Total pada Vaporizer (V-113)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Dari Storage C ₂ H ₅ OH (M ₁)		Ke Reaktor (M ₂)	
C ₂ H ₅ OH	14631,05183	C ₂ H ₅ OH	14631,05183

H ₂ O	73,52287349	H ₂ O	73,52287349
Total	14704,5747	Total	14704,5747

2. REAKTOR FIX BED MULTITUBE (R-110)

Fungsi : Untuk mereaksikan etanol dengan menggunakan katalis alumina



Keterangan :

M₂ = Massa gas etanol menuju reaktor

M₃ = Massa gas etilen menuju reaktor 2

NM = M₂ = M₃

Komposisi feed masuk

C₂H₅OH = 14631,052 kg/jam

H₂O = 73,522873 kg/jam

$$C_2H_5OH \text{ awal} = \frac{14631,05183}{46} = 318,066344 \text{ kmol/jam} = 314,885681$$

Reaksi utama :

Konversi = 99%

	C ₂ H ₅ OH	→	H ₂ O	+	C ₂ H ₄
Mula-mula	318,06634	x 99% =	314,886		
Reaksi	314,88568		314,88568		314,88568
Sisa	3,1806634		314,88568		314,88568

Dari reaksi utama didapatkan :

Bereaksi :

$$- C_2H_5OH = 314,88568 \times 46 = 14484,741 \text{ kg/jam}$$

Sisa :

$$- C_2H_5OH = 3,1806634 \times 46 = 146,31052 \text{ kg/jam}$$

Produk terbentuk :

$$- C_2H_4 = 314,88568 \times 28 = 8816,7991 \text{ kg/jam}$$

$$- H_2O = 314,88568 \times 18 = 5667,9423 \text{ kg/jam}$$

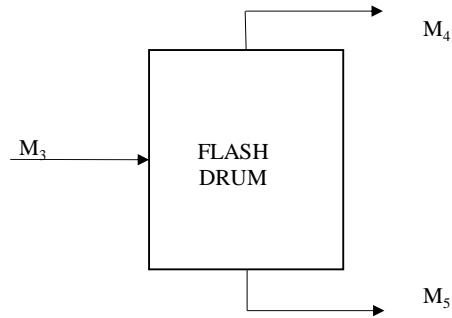
Neraca Massa Total Pada Reaktor (R-110)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Gas masuk Reaktor (M ₂)		Ke Flash Drum (M ₃)	
C ₂ H ₅ OH	14631,05183	C ₂ H ₄	8816,7991
H ₂ O	73,52287349	H ₂ O	5667,9423
		C ₂ H ₅ OH	146,31
		H ₂ O	73,52287349

Total	14704,5747	Total	14704,5747
-------	------------	-------	------------

3. FLASH DRUM (D-117)

Fungsi : Untuk memisahkan fase uap dan fase liquid berdasarkan perbedaan tekanan



Keterangan :

M_3 = Massa gas etilene menuju flash drum

M_4 = Massa gas etilen menuju adsorber

M_5 = Menuju tangki penampung

$NM = M_3 = M_4 + M_5$

Dari Van Ness edisi 7 halaman 369 dapat dihitung neraca massa untuk komposisi vapour dan liquid pada flash drum dengan menggunakan persamaan berikut :

a. Tekanan masing-masing komponen uap murni dapat dicari menggunakan persamaan Antoine :

$$\ln P = A - \frac{B}{T + C}$$

b. Menghitung nilai K dengan menggunakan persamaan berikut :

$$K = \frac{P^{\text{sat}}}{P}$$

c. Untuk mengetahui jumlah vapor dan liquid dapat menggunakan persamaan :

$$F = \sum \frac{zK}{1 + V(K-1)} = 1$$

d. Untuk mengetahui komposisi uap dan liquid dapat menggunakan persamaan :

$$y = \frac{zK}{1 + V(K-1)} \quad x = \frac{y}{K}$$

Tabel A.1 Feed masuk flash drum

Komponen	M3		Fraksi (z)
	kg/jam	kmol/jam	
C ₂ H ₄	8816,7991	314,8857	0,9774
C ₂ H ₅ OH	146,3105	3,1807	0,0099
H ₂ O	73,5229	4,0846	0,0127
Jumlah	9036,6324	322,1509	1,0000

Tabel A.2 Data komponen antoine vapour preasurre

Komponen	A	B	C
C ₂ H ₄	13,8182	1427,2200	-14,3080
C ₂ H ₅ OH	16,1952	3423,5300	-55,7152
H ₂ O	16,5362	3985,4400	-38,9974

Sumber : Reklaitis, 1942 hal 649

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } T &= 50 \text{ } ^\circ\text{C} &= 323,15 \text{ } ^\circ\text{K} \\ P &= 101,3 \text{ kpa} &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

- a. Tekanan masing-masing komponen uap murni dapat dicari menggunakan persamaan Antoine :

$$\ln P = A - \frac{B}{T + C}$$

$$\begin{aligned} \ln P \quad \text{C}_2\text{H}_4 &= 13,818 - \frac{1427,220}{323,15 + -14,3080} \\ &= 9867,5 \text{ kpa} \\ &= 97,29 \text{ atm} \end{aligned}$$

Lakukan langkah yang sama untuk mencari P^{sat} pada semua komponen, maka :

$$\begin{aligned} P^{\text{sat}} \quad \text{C}_2\text{H}_4 &= 9867,503 \text{ kpa} = 97,2936 \text{ atm} \\ P^{\text{sat}} \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} &= 29,7800 \text{ kpa} = 0,29363 \text{ atm} \\ P^{\text{sat}} \quad \text{H}_2\text{O} &= 12,3110 \text{ kpa} = 0,12139 \text{ atm} \end{aligned}$$

- b. Menghitung nilai K dengan menggunakan persamaan berikut :

$$K = \frac{P^{\text{sat}}}{P}$$

$$\begin{aligned} K \quad \text{C}_2\text{H}_4 &= 97,294 \\ K \quad \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} &= 0,2936 \\ K \quad \text{H}_2\text{O} &= 0,1214 \end{aligned}$$

Komponen	Ki	Fraksi mol (Zi)	KiZi	Zi/Ki
C2H4	97,409	0,9774	95,21191868	0,01003
C2H5OH	0,294	0,0099	0,002902508	0,03358
H2O	0,1215	0,0127	0,001540906	0,10433

Trial and error asumsi L/V = 0,5100

Komponen	Ki	Ai = L/Vki	Vi = Fzi/(1+Ai)	yi = Vi/V	xi = (Fzi - Vi)/L
C2H4	97,409	0,005235671	313,2456295	0,99382	0,23576617
C2H5OH	0,294	1,734822376	1,163023774	0,00369	0,29004656
H2O	0,1215	4,196475257	0,786033586	0,00249	0,47418726
Total			315,1946869	1,000	1,000

$$V = 315,19$$

$$L = F - V$$

$$L = 322,151 - 315,19 = 6,956 \text{ kmol/jam}$$

Cek nilai L/V

$$\frac{L}{V} = \frac{6,956}{315,19} = 0,0221$$

Komposisi liquid keluar dari flash drum (M4)

Komposisi bahan = $X_i \times L$

Komponen	BM (Kg/Kmol)	Kgmol/jam	Kg/jam	%berat
C2H4	28	1,64005109	45,921	23,18%
C2H5OH	46	2,018	92,8114	46,85%
H2O	18	3,299	59,37	29,97%
Total		205,063	198,107	100%

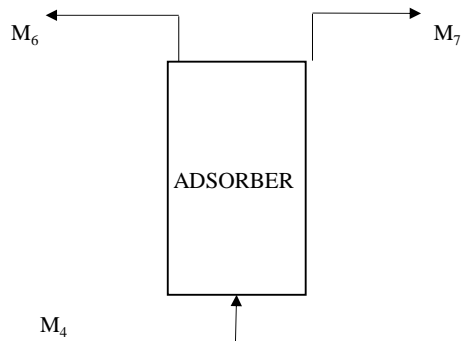
Komposisi vapour keluar dari flash drum (M3)

Komponen	BM (Kg/Kmol)	Kgmol/jam	Kg/jam	%berat
C2H4	28	313,246	8770,878	99,23%
C2H5OH	46	1,163	53,4991	0,61%
H2O	18	0,786	14,15	0,16%
Total		9153,720	8838,525	100%

Neraca Massa Total Flash Drum (D-117)			
Massa Masuk M3 (kg/jam)		Massa Keluar Liquid M4 (kg/jam)	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
C ₂ H ₄	8816,7991	C ₂ H ₄	45,921
C ₂ H ₅ OH	146,3105	C ₂ H ₅ OH	92,8114
H ₂ O	73,52	H ₂ O	59,37
		Jumlah	198,107
		Massa Keluar Vapour M3 (kg/jam)	
		Komponen	Massa
		C ₂ H ₄	8770,878
		C ₂ H ₅ OH	53,4991
		H ₂ O	14,15
		Jumlah	8838,525
Total	9036,632448	Total	9036,632

4. ADSORBER (D-119)

Fungsi : Untuk memisahkan/menyerap kadar air yang masih terikut bersama gas



Keterangan :

M_4 = Massa gas etilene menuju adsorber

M_6 = Menuju tangki pembuangan

M_7 = Massa produk etilene menuju ke storage

$NM = M_4 = M_6 + M_7$

Komposisi feed masuk :

$C_2H_4 = 8770,8776$

$$\begin{aligned} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} &= 53,4991 \\ \text{H}_2\text{O} &= 14,1486 \end{aligned}$$

A. Perhitungan uap air yang teradsorpsi oleh zeolit ZSM-5

$$\begin{aligned} \text{Diasumsi uap air yang teradsorpsi sebesar} & \quad 99\% \\ \text{Sehingga H}_2\text{O yang terserap yaitu} & = 99\% \times 0,7860336 \text{ kmol/jam} \\ & = 0,7781733 \times 18 \\ & = 14,007119 \text{ kg/jam} \\ \text{H}_2\text{O yang tidak terserap yaitu} & = 100\% - 99\% \times 0,78603359 \\ & = 1\% \times 0,7860336 \\ & = 0,0078603 \times 18 \\ & = 0,141486 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Total gas setelah terjadi penyerapan H₂O oleh zeolit

$$\begin{aligned} \text{C}_2\text{H}_4 &= 8770,8776 \text{ kg/jam} \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} &= 53,4991 \text{ kg/jam} \\ \text{H}_2\text{O} &= 14,0071 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

B. Perhitungan kebutuhan zeolit ZSM-5

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : Density Air} &= 0,809 \text{ g/cm}^3 \quad (\text{Carl Yaws, 1999}) \\ \text{Density Zeolit} &= 0,50 \text{ g/cm}^3 \quad (\text{US Patent etilen, 1986}) \\ \text{Data kelarutan air dalam zeolit} &= \frac{20 \text{ ml air}}{2 \text{ g zeolit}} = \frac{18 \text{ g air}}{2 \text{ g zeolit}} \\ & \quad (\text{US Patent etilen, 1986}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian} &= \frac{18 \text{ g}}{2 \text{ g}} \times \frac{0,809 \text{ g/cm}^3}{0,50 \text{ g/cm}^3} = 14,5584 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 \text{ zeolit} \\ &= 13,1026 \text{ g/g zeolit} \end{aligned}$$

Sehingga zeolit yang dibutuhkan untuk menyerap air (H₂O) adalah :

$$\text{Zeolit} = \frac{0,014}{13,103} = 0,0011 \text{ g/jam} = 1,0690368 \text{ kg/jam}$$

Neraca Massa Pada Adsorber (D-119)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Gas masuk Adsorber (M ₄)		Menuju tangki produk (M ₇)	
C ₂ H ₄	8770,8776	C ₂ H ₄	8770,8776
C ₂ H ₅ OH	53,4991	C ₂ H ₅ OH	53,4991
H ₂ O	14,1486	H ₂ O	14,0071
Jumlah	8838,525324	Jumlah	8838,383838
		Menuju tangki penampung (M ₆)	
		H ₂ O	0,1415
		Jumlah	0,1415
Total	8838,5253	Total	8838,5253

$$\begin{aligned} \text{Kemurnian etilene} &= \frac{\text{Massa produk etilene}}{\text{Kapasitas produksi}} \times 100\% \\ &= \frac{8770,8776}{8838,5253} \times 100\% = 99,2\% \end{aligned}$$