



DIKTISAINTEK
BERDAMPAK

MATERI PERTEMUAN 12

MATA KULIAH: AZAS TEKNIK KIMIA 1

**NERACA MASSA DENGAN REAKSI
DAN SISTEM RECYCLE**

Prof. Ir. HERLIATI, M.T, Ph.D

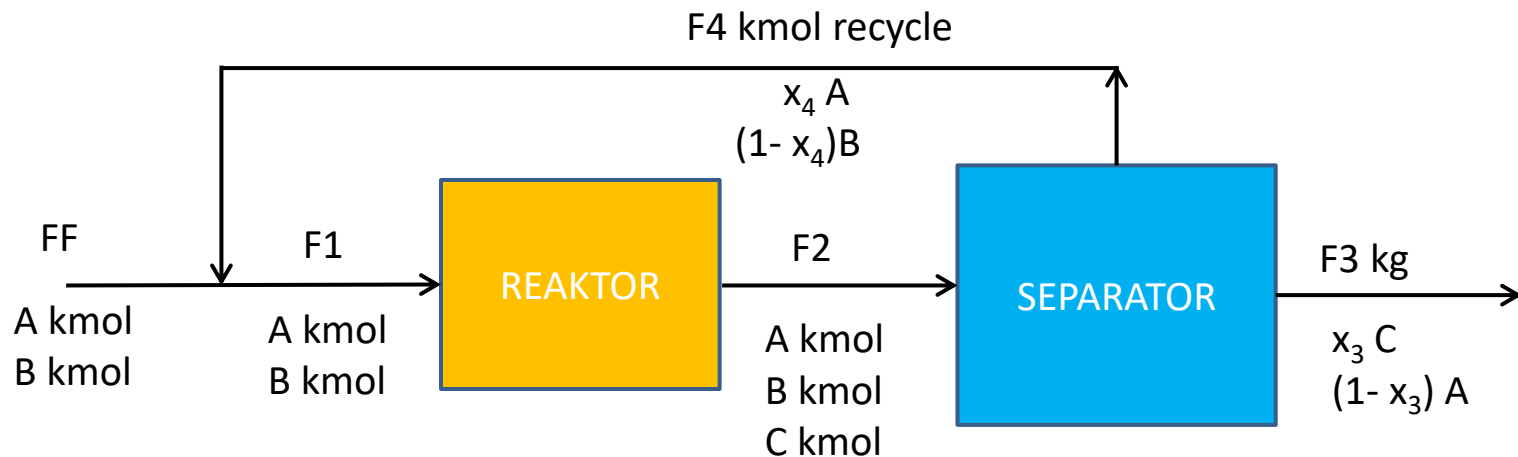
1. Neraca Massa dengan Reaksi
2. Neraca Massa dengan System
Recycle

DEFINISI

Sistem reaksi dengan recycle adalah → sebuah sistem dimana output reactor diumpankan ke dalam sebuah alat pemisah guna memisahkan reaktan yang tidak bereaksi kemudian bergabung dengan umpan segar untuk diumpankan kembali ke reaktor

Tujuan yang ingin dicapai adalah:

Untuk meningkatkan konversi overall limiting reaktan

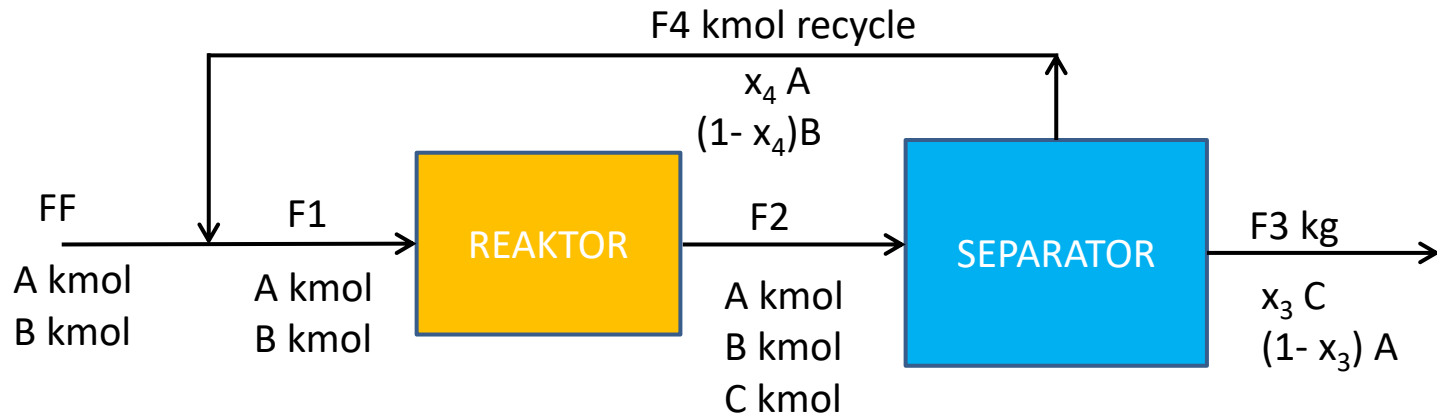


SINGLE PASS CONVERSION (SPC)
OVERALL CONVERSION (OC)

$$\% \text{ Conversion} = \frac{\text{mol LR Umpan} - \text{mol LR Sisa}}{\text{mol LR Umpan}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Conversion} = \frac{\text{mol LR Bereaksi}}{\text{mol LR Umpan}} \times 100\%$$

SINGLE PASS CONVERSION (SPC) DAN OVERALL CONVERSION (OC)



Perhatikan Diagram di atas jika A sebagai Limiting Reactan (LR); maka

$$\% \text{ Single Pass Conversion} = \frac{\text{mol LR Umpan} - \text{mol LR Sisa}}{\text{mol LR Umpan}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Single Pass Conversion} = \frac{A_{F1} - A_{F2}}{A_{F1}} \times 100\%$$

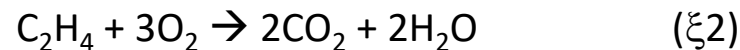
$$\% \text{ Overall Conversion} = \frac{A_{FF} - A_{F3}}{A_{FF}} \times 100\%$$

Contoh Soal: Pembuatan Etilen Oksida
Perhitungan dimulai dari Umpan reaktor

Etilen oksida dihasilkan dengan oksidasi katalitik etilen sbb:



Selain itu terjadi reaksi samping sbb:

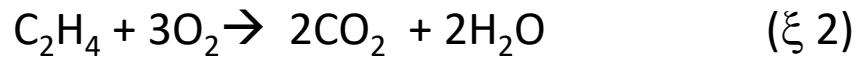
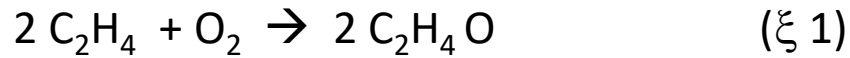


Umpan reaktor mengandung 3 mol C_2H_4 per mol O_2 . Single-pass conversion C_2H_4 adalah 20% dimana untuk setiap 100 kmol etilen terpakai direaktor maka 80 kmol $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ akan dihasilkan sebagai produk. Digunakan separator untuk memisahkan produk. C_2H_4 dan O_2 yang tidak bereaksi direcycle ke reaktor sementara $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, CO_2 dan H_2O dipisahkan lagi untuk meningkatkan kemurnian $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$.

Tentukan:

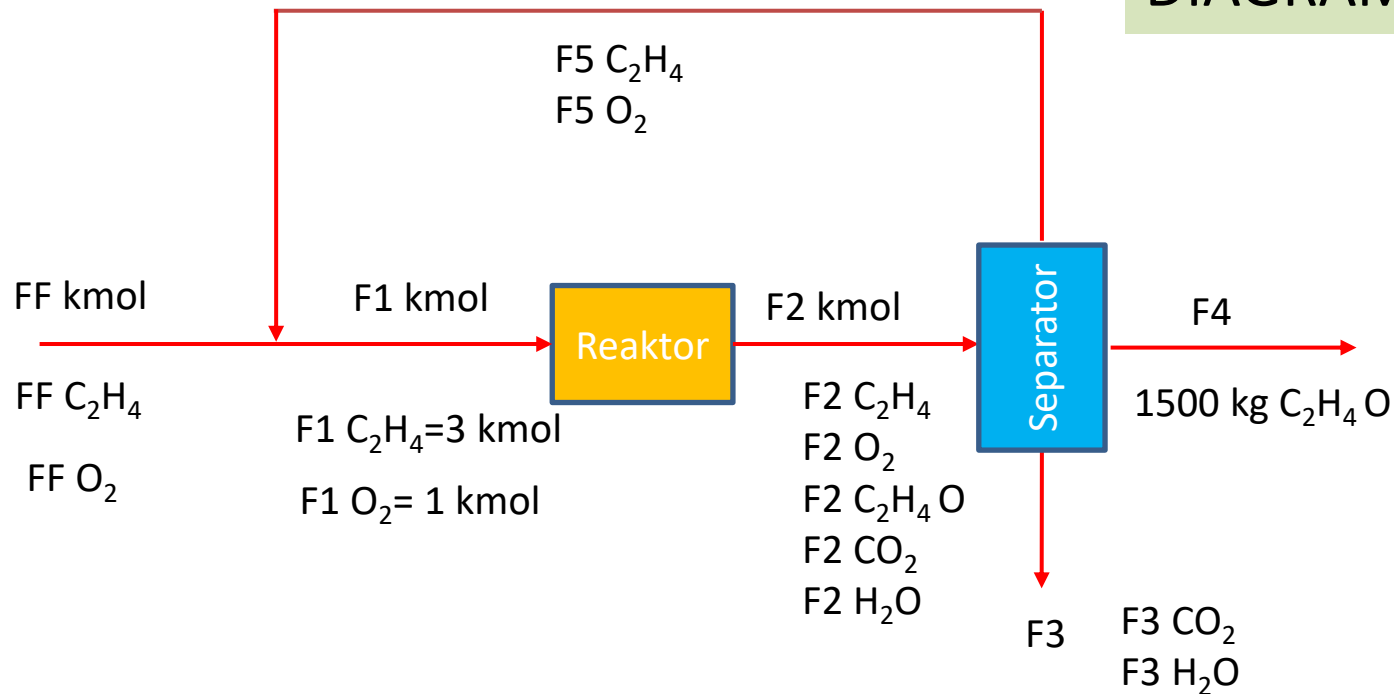
- Molar flow rate C_2H_4 dan O_2 pada aliran FF agar dihasilkan 1500 kg/jam $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
- Tabel Neraca Massa di reaktor dan Overall

Reaksi Kimia:



F5 kmol recycle

DIAGRAM PROSES



digunakan basis perhitungan 3 Kmol C_2H_4 umpan reaktor

Maka: Oksigen Umpan = 1 kmol (informasi dari soal rasio mol 3: 1)

Persamaan-persamaan aljabar yang dapat disusun adalah :

$$F_{C_2H_4} = 3 - 2\xi_1 - \xi_2 \quad (1)$$

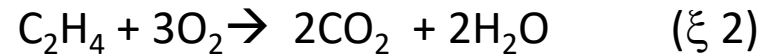
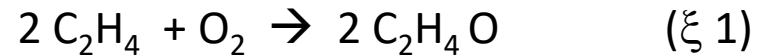
$$F_{O_2} = 1 - \xi_1 - 3\xi_2 \quad (2)$$

$$F_{C_2H_4O} = 2\xi_1 \quad (3)$$

$$F_{CO_2} = 2\xi_2 \quad (4)$$

$$F_{H_2O} = 2\xi_2 \quad (5)$$

Reaksi adalah:



Selanjutnya akan ditentukan nilai ξ_1 dan ξ_2 dengan menggunakan informasi konversi dan yield

Menentukan nilai Yield: gunakan informasi dari soal
Bahwa untuk setiap 100 kmol etilen terpakai di reaktor
maka 80 kmol C_2H_4O akan dihasilkan sebagai produk.

$$\text{Fraksi Yield} = \frac{\text{mol } C_2H_4O \text{ hasil}}{\text{mol } C_2H_4 \text{ umpan}}$$

$$\begin{aligned} \text{kmol } C_2H_4 \text{ umpan} &= 100 / \text{fraksi konversi} \\ &= 100 / 0,2 = 500 \end{aligned}$$

$$\text{maka: } \text{Fraksi Yield} = 80 / 500 = 0,16$$

Menentukan nilai ξ_1 menggunakan informasi yield;

Fraksi Yield = $F_{C_2H_4O} / C_{2H_4}$ umpan ;

dari persamaan (3) diketahui: $F_{C_2H_4O} = 2 \xi_1$

Dari basis ditentukan C_{2H_4} umpan = 3 kmol

Maka:

$$\text{Fraksi Yield} = 2 \xi_1 / 3$$

$$0,16 = 2 \xi_1 / 3$$

Maka diperoleh: $\xi_1 = 0,24$

Menentukan nilai ξ_2 : menggunakan informasi konversi

Fraksi konversi = C_{2H_4} bereaksi / C_{2H_4} umpan

$$0,2 = C_{2H_4} \text{ bereaksi} / 3$$

$$C_{2H_4} \text{ bereaksi} = 0,6 \text{ kmol}$$

Maka, C_{2H_4} sisa = $3 - 0,6 = 2,4$ kmol (ini adalah nilai $F_{C_2H_4}$)

Substitusikan nilai ξ_1 dan $F_{C_2H_4}$ ke persamaan (1); $F_{C_2H_4} = 3 - 2 \xi_1 - \xi_2$

Sehingga:

$$2,4 = 3 - 2 \times 0,24 - \xi_2 ; \text{ maka diperoleh } \xi_2 = 0,12$$

Subtitusikan nilai ξ_1 dan ξ_2 ke pers (1) sampai (5) akan diperoleh:

$F_{2O_2} = 1 - 0,24 - 3 \times 0,12 = 0,4$ kmol yaitu Oksigen sisa

$F_{2C_2H_4O} = 2 \xi_1 = 2 \times 0,24 = 0,48$ kmol yaitu produk C_2H_4O hasil

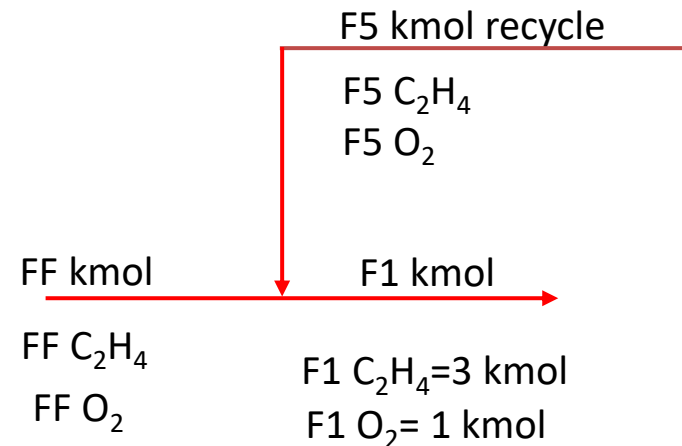
$F_{2CO_2} = 2 \xi_2 = 2 \times 0,12 = 0,24$ kmol yaitu CO_2 hasil reaksi

$F_{2H_2O} = 2 \xi_2 = 2 \times 0,12 = 0,24$ kmol H_2O

Menentukan Aliran Fresh Feed untuk kedua reaktan:

$FF_{C_2H_4} = F_{1C_2H_4} - F_{5C_2H_4} = 3 - 2,4 = 0,6$ kmol

$FF_{O_2} = F_{1O_2} - F_{5O_2} = 1 - 0,4 = 0,6$ kmol



Menentukan angka faktor pengali:

Dengan basis 3 kmol umpan C_2H_4 dihasilkan 0,48 kmol C_2H_4O

Sementara kapasitas yang diinginkan = $1500\text{kg} / 44(\text{kg/kmol}) = 34,1$ kmol

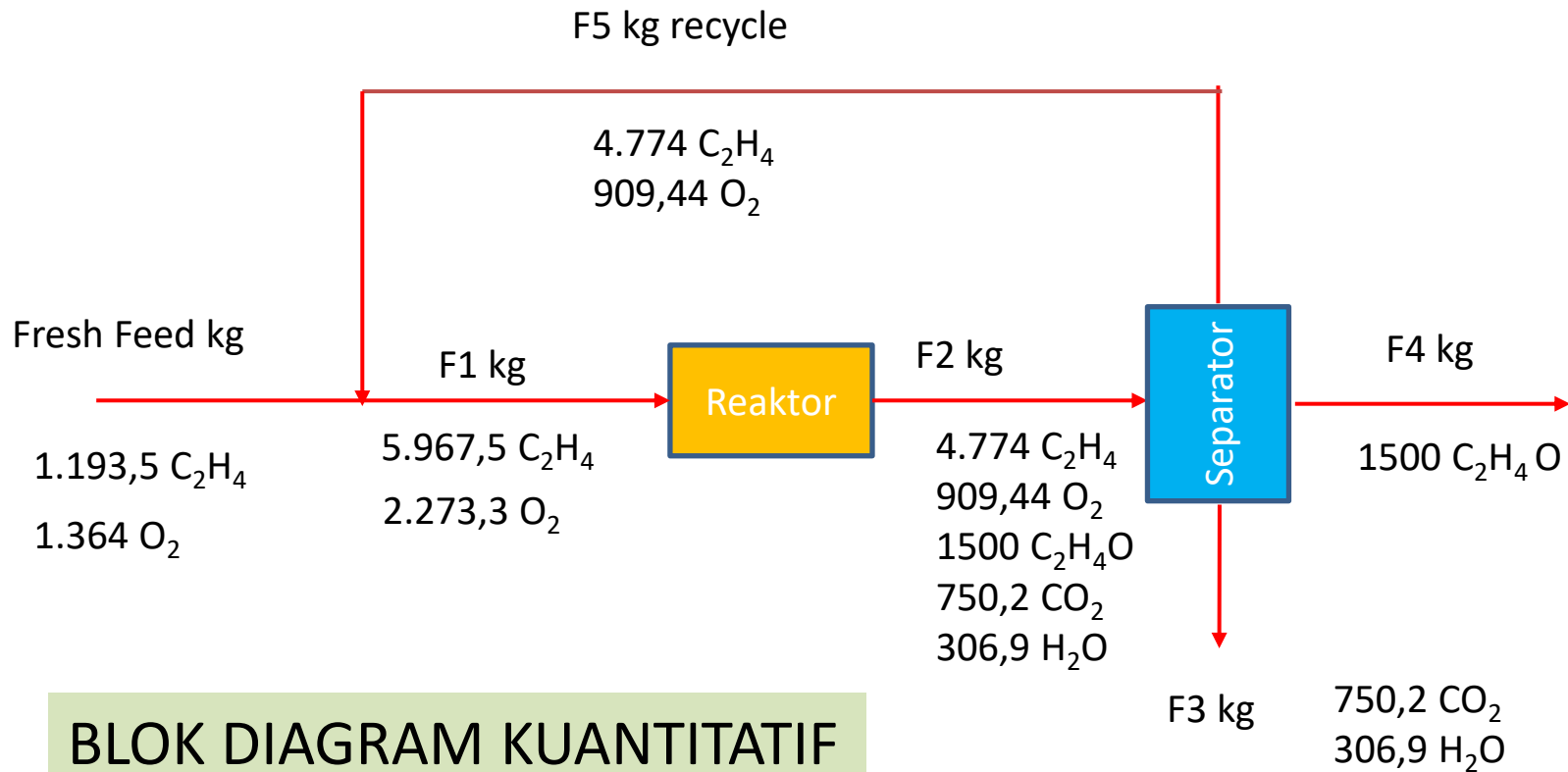
$FP = 34,1 \text{ kmol} / 0,48 \text{ kmol} = 71,0417$

Menentukan umpan aktual kapasitas 1500 kg C₂H₄O untuk kedua reaktan:

$$\begin{aligned} F_{\text{C}_2\text{H}_4} &= 3 \text{ kmol} \times 71,0417 = 213,1251 \text{ kmol} \\ &= 213,1251 \text{ kmol} \times 28 \text{ kg/kmol} = 5967,5028 \text{ kg} \\ F_{\text{O}_2} &= 1 \text{ kmol} \times 71,0417 = 71,0417 \text{ kmol} \\ &= 71,0417 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol} = 2273,3344 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menentukan aliran fresh feed actual kapasitas 1500 kg C₂H₄O:

$$\begin{aligned} F_{\text{C}_2\text{H}_4} &= 0,6 \text{ kmol} \times 71,0417 = 42,62502 \text{ kmol} \\ &= 42,62502 \text{ kmol} \times 28 \text{ kg/kmol} = 1193,5 \text{ kg} \\ F_{\text{O}_2} &= 0,6 \text{ kmol} \times 71,0417 = 42,62502 \text{ kmol} \\ &= 42,62502 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol} = 1364 \text{ kg} \end{aligned}$$



TABEL NERACA MASSA DI REAKTOR

Komp	BM	Input, F1		Output, F2		% massa
		kmol	kg	kmol	kg	
C ₂ H ₄	28	213,12	5.967	170,5	4774	57.93
O ₂	32	71,04	2273	28,42	909	11.03
C ₂ H ₄ O	44	-	-	34,1	1.500	18.20
CO ₂	44	-	-	17,05	750	9.10
H ₂ O	18	-	-	17,05	307	3.72
TOTAL			8240	267.12	8240	100

TABEL NERACA MASSA OVERALL

Komp	Input, FF (kg)	Output (kg)	
		F3	F4
C ₂ H ₄	1.193,36	-	-
O ₂	1.363,84	-	-
C ₂ H ₄ O	-	-	1.500
CO ₂	-	750,2	-
H ₂ O	-	306,9	-
Sub Total	2.556	1.057,1	1500
TOTAL	2.557	2.557	

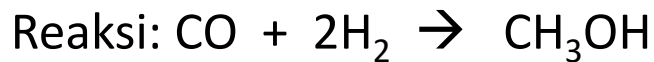
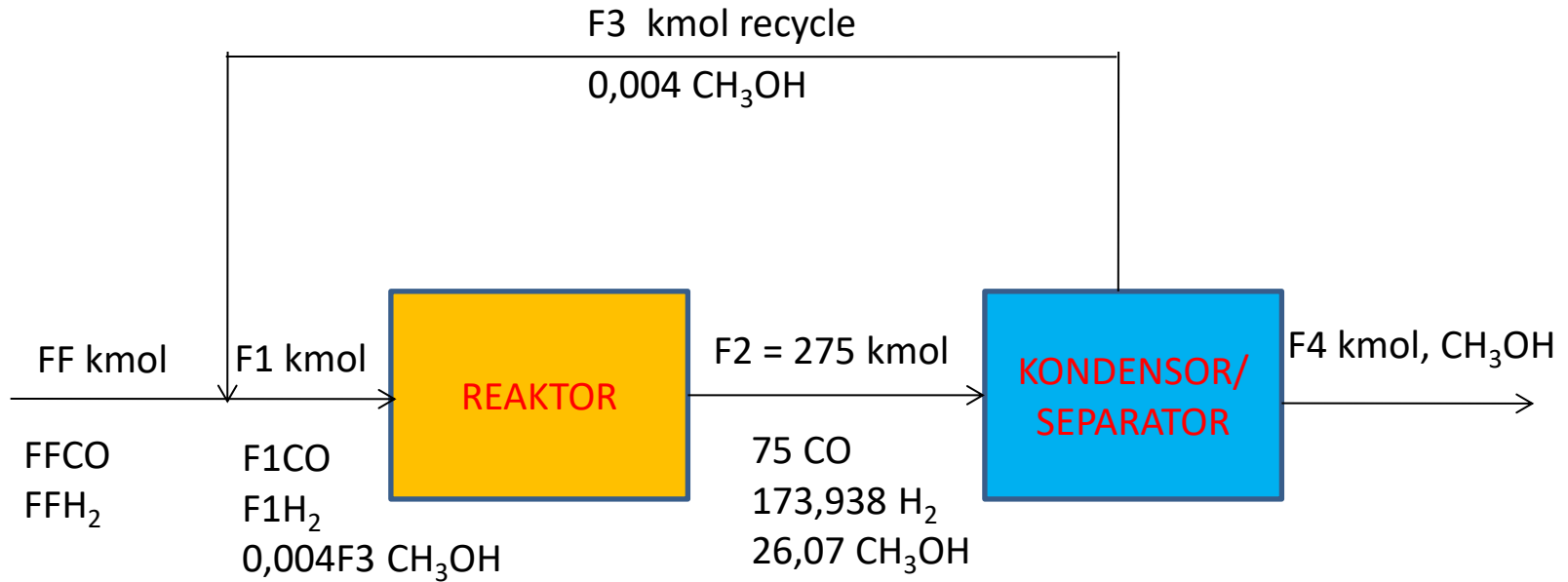
CONTOH SOAL

Perhitungan dimulai dari Output reaktor dan ada sedikit produk pada aliran recycle

Metanol dihasilkan dengan cara mereaksikan gas CO dan H₂. Aliran fresh feed yang mengandung CO dan H₂ bergabung dengan aliran recycle (disebut combined stream), combined stream lalu diumpankan ke reaktor. Produk keluar reaktor dilewatkan melalui kondensor dimana sebagian besar metanol tercairkan dan dipisahkan, sementara reaktan sisa dan metanol yang tidak tercairkan dikembalikan ke reaktor. Aliran dari reaktor menuju kondensor sebesar 275 Kmol/Jam dengan komposisi 63,25 % mol H₂, 27,27 % CO, dan 9,48 % CH₃OH. Fraksi mol metanol dalam aliran recycle adalah 0,004.

Tentukan: Tabel neraca massa jika kapasitas produk 30.000 kg/jam

Basis : 1 Jam operasi



Menentukan F3 dan F4

Neraca Massa Overall di Kondensor

$$275 = F3 + F4 \quad (1)$$

Neraca Massa CH₃OH di Kondesor

$$26,04955 = 0,004F3 + F4 \quad (2)$$

Eliminasi persamaan (1) dan (2) diperoleh:

$\begin{array}{rcl} 275 & = & F3 + F4 \\ 26,07 & = & 0,004F3 + F4 \\ \hline 248,93 & = & 0,996F3 + 0 \end{array}$	-	$\begin{array}{rcl} 275 & = & F3 + F4 \\ 26,07 & = & 0,004F3 + F4 \\ \hline 248,93 & = & 0,996F3 + 0 \end{array}$	-
---	---	---	---

Maka Diperoleh:

F3 = 249,95 Kmol recycle

F4 = 25,05 Kmol /Jam produk CH₃OH

= 25,05 kmol x 32 kg/kmol = 801,6 Kg/jam

Menentukan umpan reaktor F1CO dan F1H₂

Neraca CH₃OH di reaktor

$$26,05 = 0,004F_3 + \text{CO yang bereaksi} \quad (3)$$

Dimana

$$\text{CO yang bereaksi} = F_{1\text{CO}} - 75,01 \quad (4)$$

Substitusikan pers (4) ke (3)

Maka:

$$26,05 = 0,004F_3 + F_{1\text{CO}} - 75,01 \quad (5)$$

substitusikan nilai F₃ ke persamaan (5)

$$\begin{aligned} F_{1\text{CO}} &= 26,05 - 0,004(249,95) + 75,01 \\ &= 100,0602 \text{ kmol CO umpan reaktor} \\ &= 100,06 \text{ kmol} \times 28 \text{ kg/kmol} = 2801,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$F_{1\text{H}_2} = 2 \times \text{CO yang bereaksi} + \text{H}_2 \text{ Sisa}$$

Maka:

$$\begin{aligned} F_{1\text{H}_2} &= 224,0404 \text{ kmol H}_2 \text{ umpan reaktor} \\ &= 224,04 \text{ kmol} \times 2 \text{ kg/kmol} = 448,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menentukan Aliran Fresh Feed, FF

$$\text{FFCO} = \text{F1CO} - 75,01$$

$$\text{FFCO} = 100,06 - 75,01$$

$$\begin{aligned}\text{Maka FFCO} &= 25,05 \text{ kmol CO fresh feed} \\ &= 25,05 \text{ kmol} \times 28 \text{ kg/kmol} \\ &= 701,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{FFH}_2 = \text{F1H}_2 - 173,937$$

$$\text{FFH}_2 = 224,04 - 173,937$$

$$\begin{aligned}\text{Maka FF2} &= 50,103 \text{ kmol H}_2 \text{ fresh feed} \\ &= 50,103 \times 2 = 100.207 \text{ kg}\end{aligned}$$

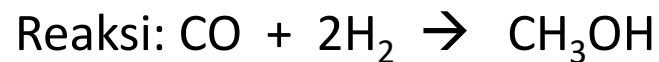
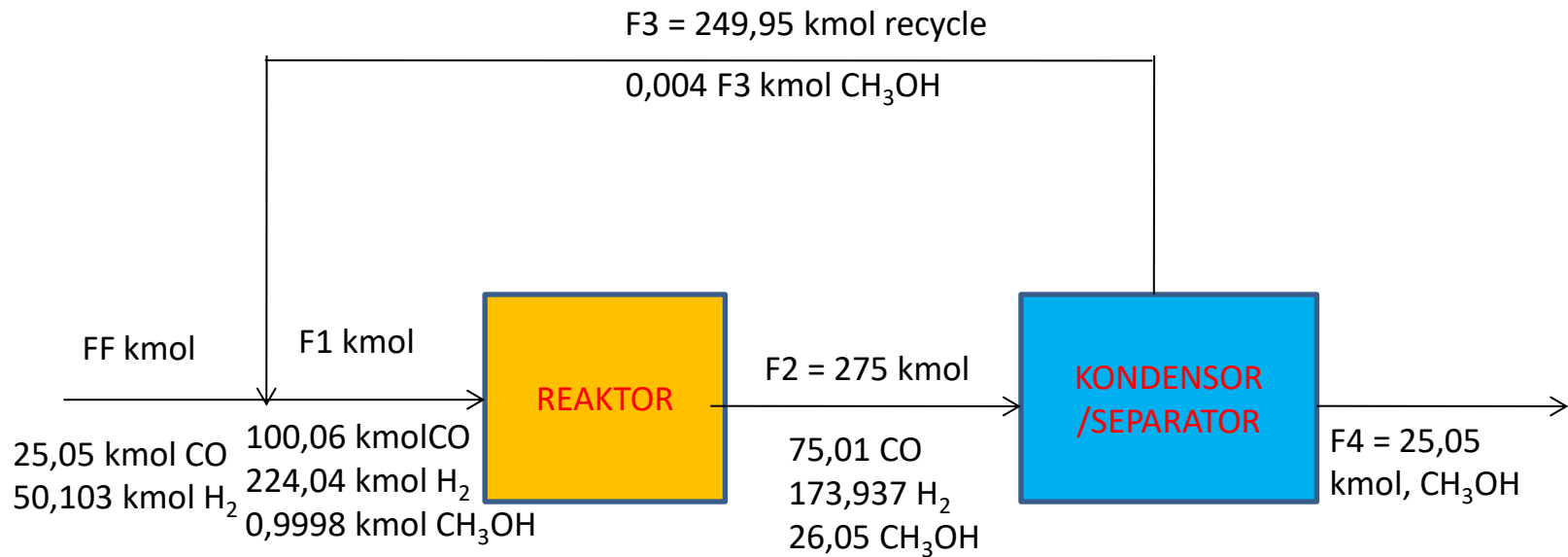
Menentukan Faktor Pengali

Produk CH_3OH sesuai kapasitas = 30000 kg

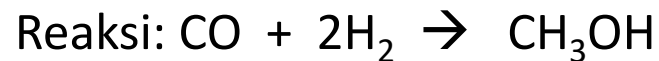
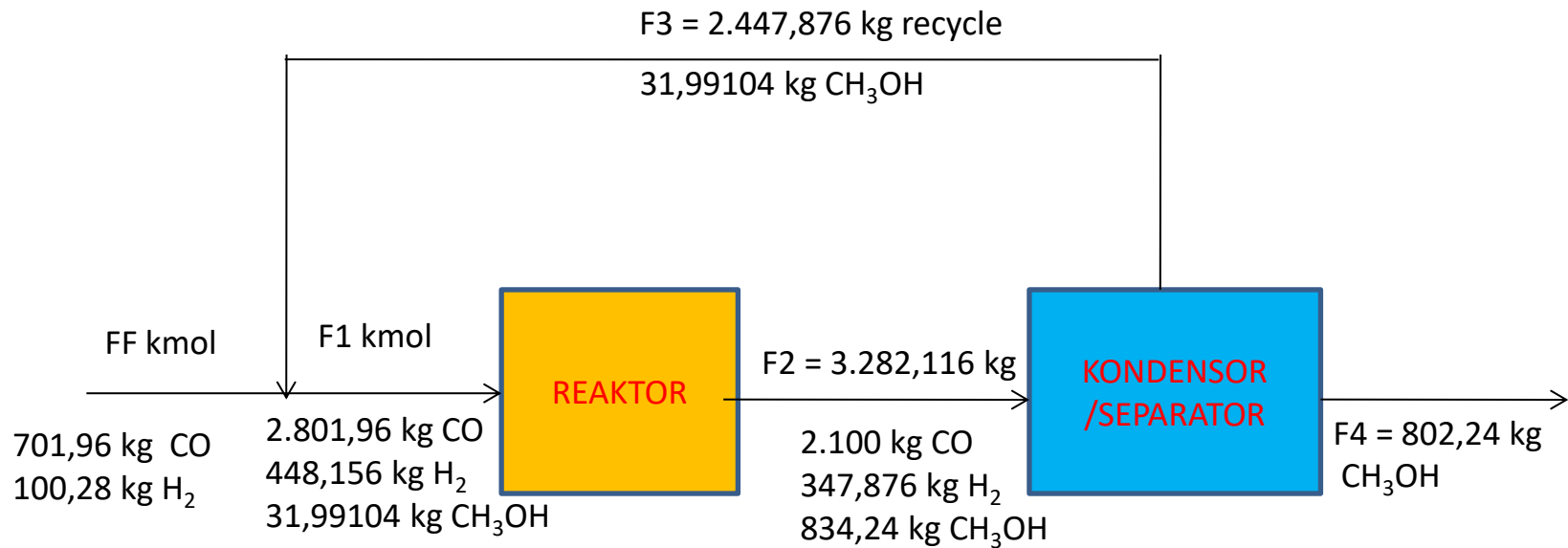
Maka:

$$\text{FP} = 30000 / 801,6 = 37,425$$

BLOK DIAGRAM KUANTITATIF



BLOK DIAGRAM KUANTITATIF



**Tabel Neraca Massa di Reaktor
dengan Basis Perhitungan 275 kmol Output Reaktor**

Senyawa	BM	Input, F1		Output, F2	
		kmol	kg	kmol	kg
CO	28	100,07	2.801,96	75.	2100
H ₂	2	224,078	448,156	173.938	347,876
CH ₃ OH	32	0,99972	31,991	26.07	834,24
TOTAL		325,15	3.282,107	274.997	3.282,116

Tabel Neraca Massa di Reaktor
dengan Kapasitas Produksi CH₃OH 30.000 kg/Jam

Senyawa	BM	Input, F1		Output, F2	
		kmol	kg	kmol	kg
CO	28	3744.75	104853	2807.249	78602.98
H ₂	2	8384.7	16769.4	6509.592	13019.18
CH ₃ OH	32	37.4175	1197.36	974.9213	31197.48
TOTAL		12166.9	122820	10291.76	122820

Tabel Neraca Massa Overall
dengan Kapasitas Produksi CH₃OH 30.000 kg/Jam

Senyawa	BM	Input, FF		Output, F4	
		kmol	kg	kmol	kg
CO	28	937.496	26249.9	0	0
H ₂	2	1875.1	3750.21	0	0
CH ₃ OH	32	0	0	937.5	29999.9
TOTAL		2812.6	30000	937.5	30000

Tabel Neraca Massa Overall
dengan Kapasitas Produksi CH_3OH 30.000 kg/Jam

Senyawa	BM	Input, FF		Output, F4	
		kmol	kg	kmol	kg
CO	28	25,07	701,96	0	0
H ₂	2	50,14	100,28	0	0
CH ₃ OH	32	0	0	25,07	802,24
TOTAL		75,21	802,24	937.5	802,24

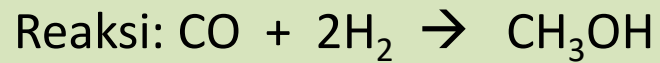
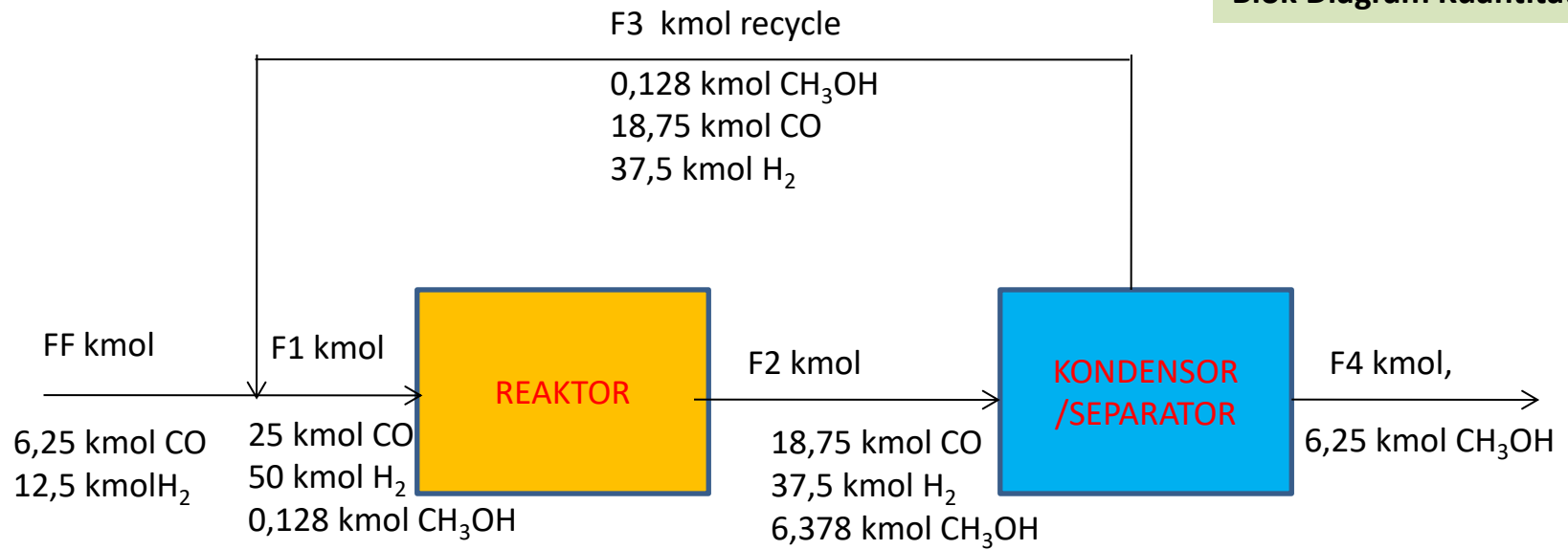
LATIHAN SOAL

Perhitungan dimulai dari Umpan reaktor

Metanol dihasilkan dengan mereaksikan CO dan H₂ dengan perbandingan stoikiometri. Aliran fresh feed yang mengandung CO dan H₂ gabung dengan aliran recycle (combined stream), combined stream diumpankan ke reaktor. Produk keluar reaktor dilewatkan melalui kondensor dimana 98% metanol tercairkan dan dipisahkan, sementara reaktan sisa dan metanol yang tidak tercairkan dikembalikan ke reaktor. Aliran dari reaktor menuju kondensor mengandung 75 % mol CO dari umpan. Jika kapasitas produk 30.000 kg/jam

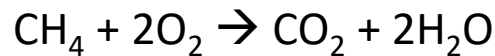


Blok Diagram Kuantitatif



SOAL

Metana dan oksigen bereaksi dengan bantuan katalis menghasilkan formaldehid. Reaksi yang terjadi adalah sbb:



Umpan reaktor terdiri dari metana dan oksigen dengan perbandingan stoikiometri. Jika basis perhitungan 100 kmol per jam umpan reaktor dimana fraksi konversi metana 0,7 dan fraksi yield formaldehid adalah 0,65. output keluar reaktor dilewatkan menuju separator dimana semua reaktan yang tidak bereaksi terpisahkan dan dikembalikan ke reaktor.

Tentukan:

Kebutuhan Fresh Feed metana dan oksigen jika kapasitas produksi 1.000 kg/jam HCHO

THANK YOU

