



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

MATERI PERTEMUAN 4

MATA KULIAH: AZAS TEKNIK KIMIA 1

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

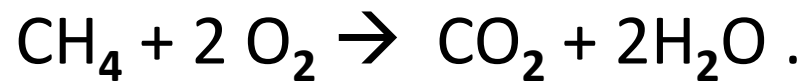


Apa yang akan dipelajari hari ini?

❖ **Penyelesaian Kasus
Reaksi Ganda**

LATIHAN SOAL: PEMBUATAN FORMALDEHID

Metana dan oksigen bereaksi untuk membentuk formaldehid dengan bantuan katalis. Reaksi yang terjadi adalah:

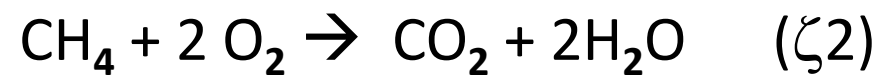
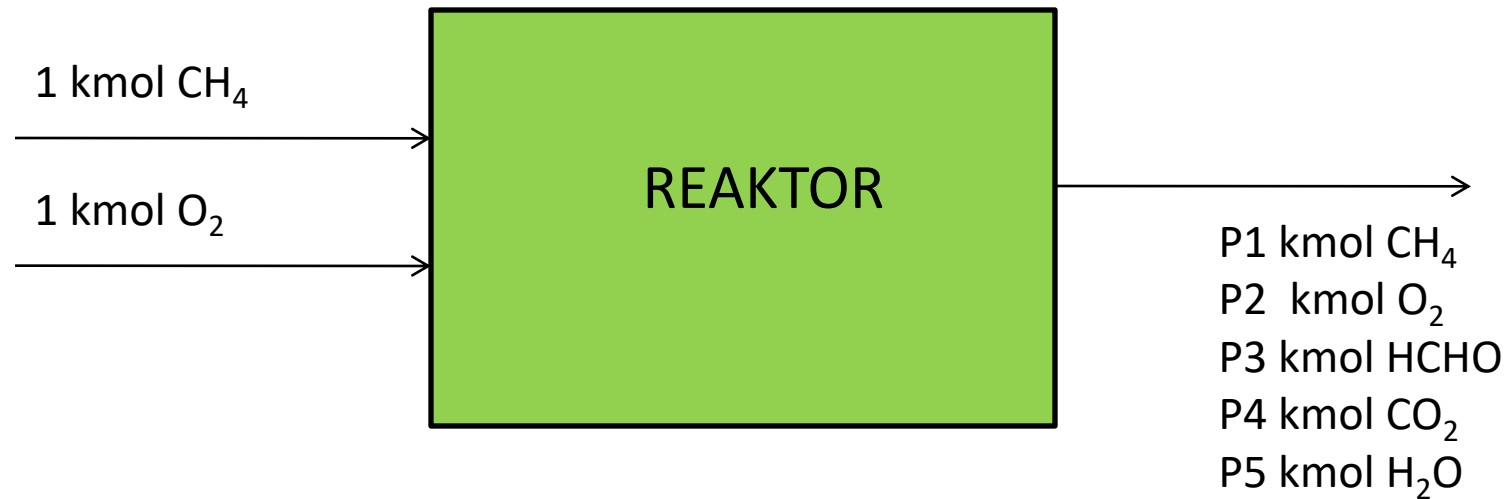


Umpan reaktor terdiri dari metana dan oksigen dengan perbandingan yang sama. Fraksi konversi metana 0,95 dan fraksi yield formaldehid adalah 0,9.

Tentukan:

- Tabel Neraca Massa dengan basis 1 kmol/jam metana umpan
- Jika ingin dihasilkan 1800 kg/jam formaldehid tentukan kebutuhan umpan
- Buatkan Tabel neraca massa dengan kapasitas aktual seperti pada pertanyaan b.

Diagram Alir



Gunakan Basis perhitungan 1 Kmol/jam CH₄ umpan reaktor

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

Membuat Persamaan-persamaan aljabar

$$P1 = 1 - \xi_1 - \xi_2 \quad (1)$$

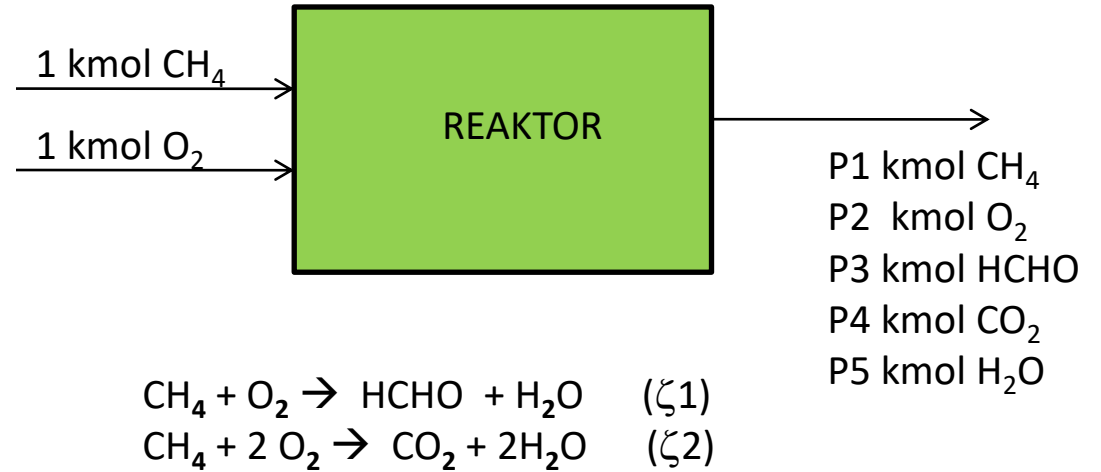
$$P2 = 1 - \xi_1 - 2 \xi_2 \quad (2)$$

$$P3 = \xi_1 \quad (3)$$

$$P4 = \xi_2 \quad (4)$$

$$P5 = \xi_1 + 2 \xi_2 \quad (5)$$

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



Menentukan ζ_1 : Dari soal, Yield HCHO = 0.9

Maka: jika 1mol CH₄ umpan

Yield = P₃/1

$$P_3 = 1 \times 0.9 = 0.9$$

Dari persamaan aljabar bahwa:

$$P_3 = \xi_1 : \text{maka } \xi_1 = 0.9$$

Menentukan ζ_2 : menggunakan informasi konversi = 0,95

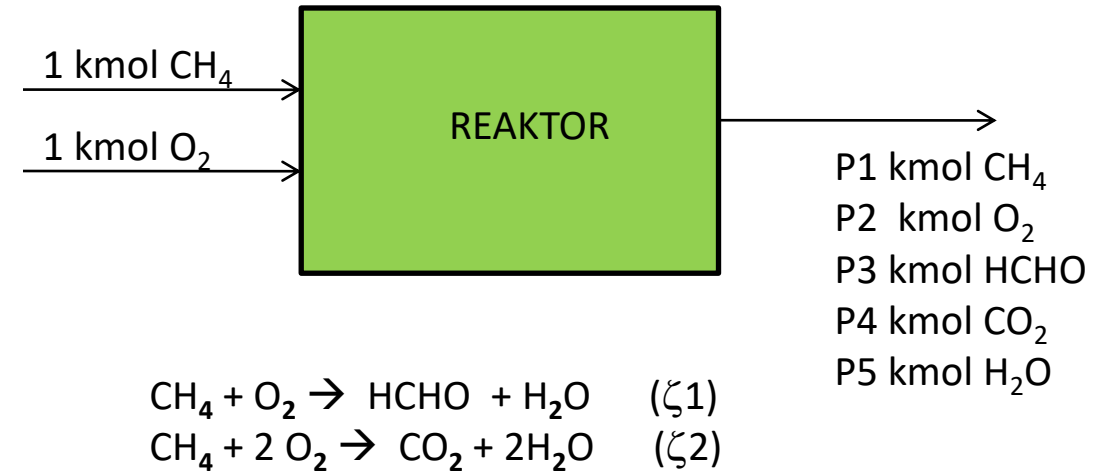
Konversi = CH₄ bereaksi/1

$$0.95 = \text{CH}_4 \text{ bereaksi}/1$$

$$\text{CH}_4 \text{ bereaksi} = 0.95 \text{ kmol}$$

$$\text{CH}_4 \text{ sisa} = 1 - 0.95 = 0.05 \text{ kmol (ini adalah } = P_1)$$

Substitusikan nilai ξ_1 dan P₁ ke persamaan (1), diperoleh



Membuat Persamaan-persamaan aljabar

$$P_1 = 1 - \xi_1 - \xi_2 \quad (1)$$

$$P_2 = 1 - \xi_1 - 2 \xi_2 \quad (2)$$

$$P_3 = \xi_1 \quad (3)$$

$$P_4 = \xi_2 \quad (4)$$

$$P_5 = \xi_1 + 2 \xi_2 \quad (5)$$

$$0,05 = 1 - \xi_1 - \xi_2, \text{ Maka,}$$

$$\xi_2 = 1 - 0,05 - 0,9 = 0,05$$

Dari pers (2)

$$P_2 = 1 - 0,9 - 2 \times 0,05 = 0 \text{ kmol Oksigen sisa (tdk ada sisa)}$$

$$P_3 = \xi_1 = 0,9 \text{ kmol produk HCHO}$$

$$P_4 = \xi_2 = 0,05 \text{ kmol CO}_2$$

$$P_5 = 0,9 + 2 \times 0,05 = 1 \text{ kmol H}_2\text{O}$$

Menentukan angka faktor pengali:

Dengan basis 1 kmol umpan CH₄ dihasilkan = $0,9 \times 30 = 27 \text{ kg HCHO}$

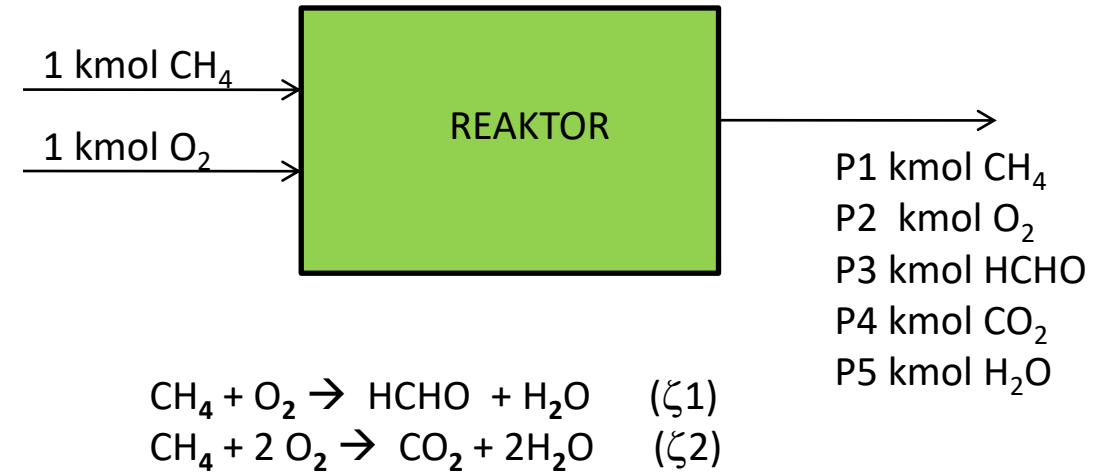
Kapasitas yang diinginkan = 1800 kg HCHO

$$FP = 1800 \text{ kg} / 27 \text{ kg} = 66.66667$$

Menentukan Feed untuk kedua reaktan:

$$F_{CH_4} = 1 \text{ kmol} \times 66.66667 = 66.66667 \text{ kmol}$$

$$F_{O_2} = 1 \text{ kmol} \times 66.66667 = 66.66667 \text{ kmol}$$



Membuat Persamaan-persamaan aljabar

$$P_1 = 1 - \xi_1 - \xi_2 \quad (1)$$

$$P_2 = 1 - \xi_1 - 2 \xi_2 \quad (2)$$

$$P_3 = \xi_1 \quad (3)$$

$$P_4 = \xi_2 \quad (4)$$

$$P_5 = \xi_1 + 2 \xi_2 \quad (5)$$

**Tabel Neraca massa dg Perhitungan basis
1 kmol/jam metana umpan**

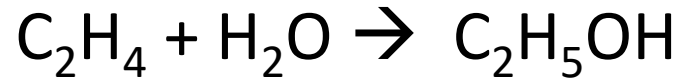
Komp	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
CH ₄	16	1	16	0,05	0,8	2,5
O ₂	32	1	32	0	0	0
HCHO	30	-	-	0,9	27	45
CO ₂	44	-	-	0,05	2,2	2,5
H ₂ O	18	-	-	1	18	50
TOTAL		2	48	2	48	100

Tabel Neraca massa dg Kapasitas Aktual 1800 kg/jam formaldehid

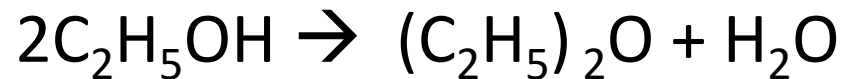
Komp	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
CH ₄	16	66,667	1.066,67	3,33	53,28	2,5
O ₂	32	66,667	2.133,34	0	0	0
HCHO	30	-	-	60	1800	45
CO ₂	44	-	-	3,33	146,52	2,5
H ₂ O	18	-	-	66,667	1200	50
TOTAL			3200		3200	100

Latihan Soal: Pembuatan Etanol

Etanol dihasilkan secara komersial dengan hidrasi etilen sbb:



Tetapi beberapa produk dikonversikan menjadi dietileter sbb:

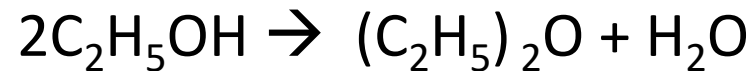
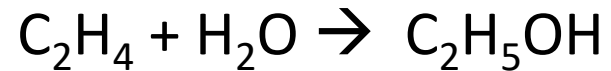
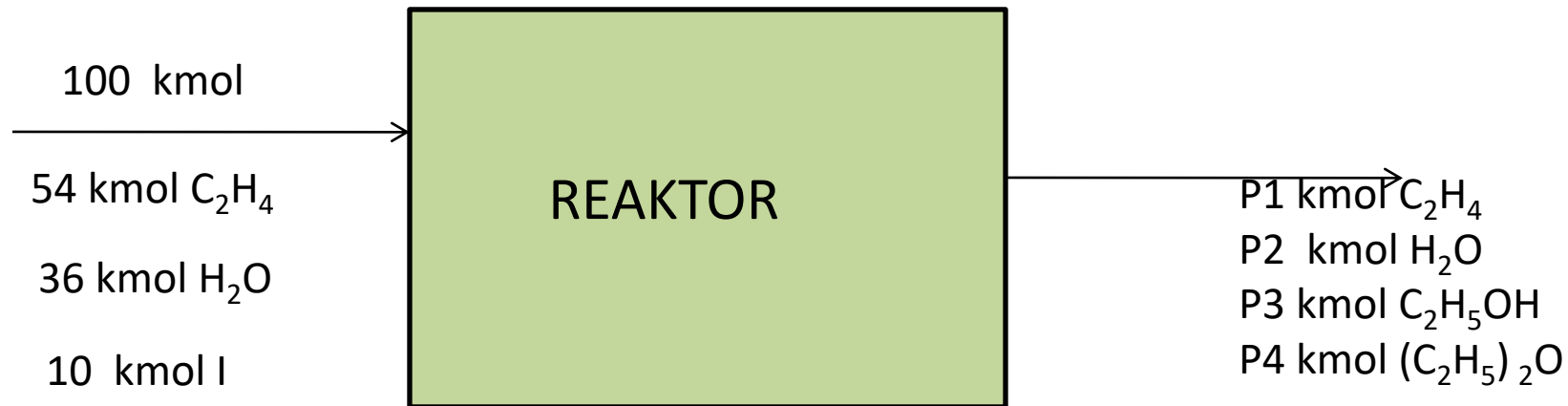


Umpan reaktor mengandung etilen dan steam dalam mol rasio 3:2 dan 10 % mol inert. Fraksi konversi etilen 25 % sementara yield produk adalah 20 %.

- Buat Diagram Proses
- Tentukan Komposisi produk keluar reaktor (w/w) dengan basis 100 kmol/jam umpan reaktor.
- Tentukan kebutuhan bahan baku etilen (kg/jam) untuk kapasitas produksi 200.000 ton/tahun (1 tahun = 300 hari).

Diagram Alir

Basis perhitungan untuk 1 jam operasi
100 kmol umpan :
Rasio $C_2H_4 : H_2O = 3:2$
10 % inert (I)



Membuat Persamaan-persamaan aljabar

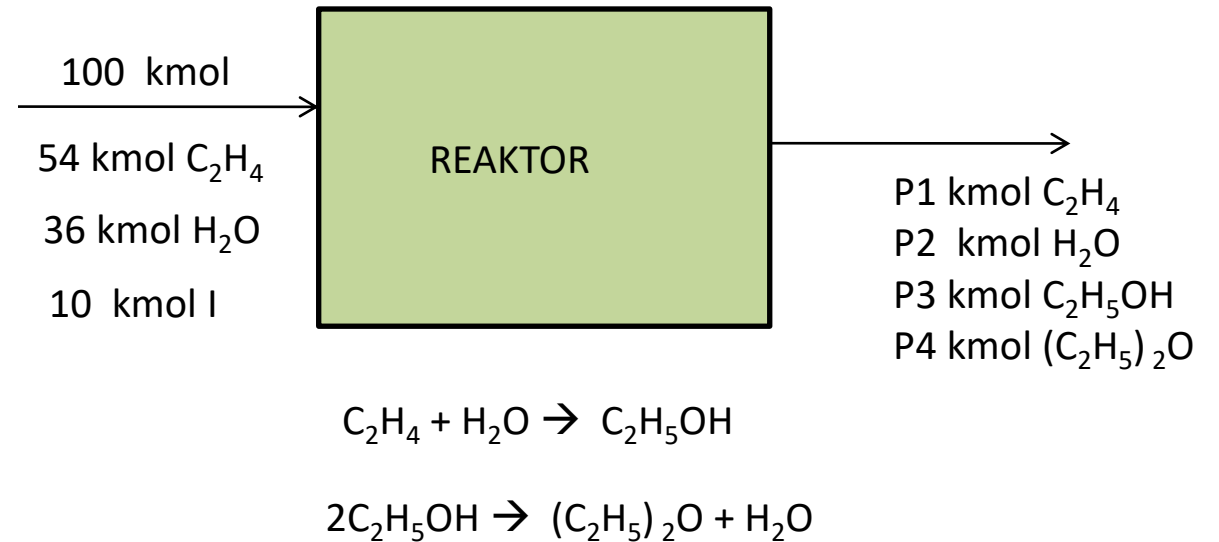
$$P1 = 54 - \xi_1 \quad (1)$$

$$P2 = 36 - \xi_1 + \xi_2 \quad (2)$$

$$P3 = \xi_1 - 2 \xi_2 \quad (3)$$

$$P4 = \xi_2 \quad (4)$$

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



Menentukan ξ_1 dan ξ_2 :

Dari soal, Yield Etanol = 0.2

$$\text{Yield} = P3/54$$

$$P3 = 54 \times 0.2 = 10,8 \text{ kmol}$$

Dari persamaan aljabar bahwa:

$$P3 = \xi_1 - 2 \xi_2 = 10,8 \quad (5)$$

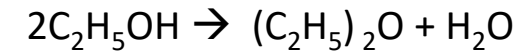
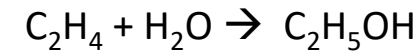
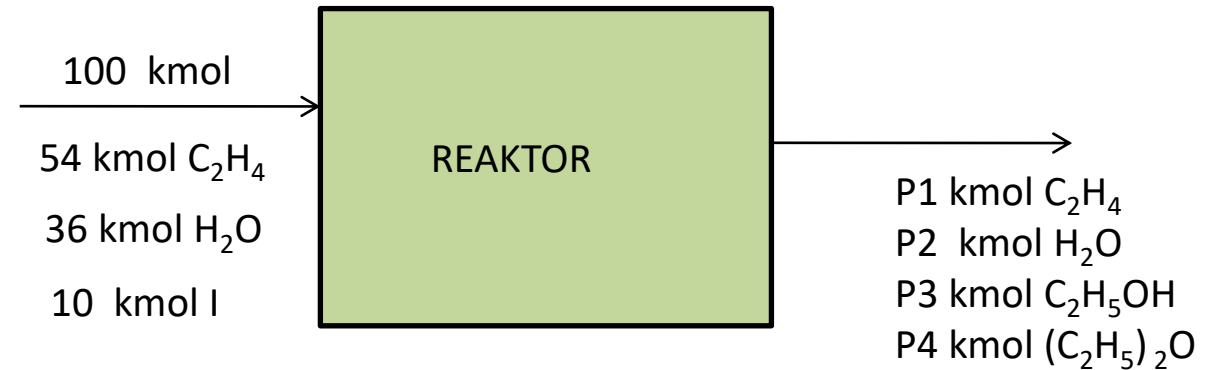
Menggunakan informasi konversi = 0,25

$$\text{Konversi} = \text{Etilen bereaksi}/54 = 0,25$$

$$\text{Etilen bereaksi} = 13,5 \text{ kmol}$$

$$\text{Etilen sisa} = 54 - 13,5 = 40,5 \text{ mol (ini adalah } = P1)$$

Substitusikan nilai P1 ke persamaan (1), diperoleh $\xi_1 = 13,5$



$$P1 = 54 - \xi_1 \quad (1)$$

$$P2 = 36 - \xi_1 + \xi_2 \quad (2)$$

$$P3 = \xi_1 - 2 \xi_2 \quad (3)$$

$$P4 = \xi_2 \quad (4)$$

substitusi ξ_1 ke pers (5), diperoleh
 $\xi_1 - 2 \xi_2 = 10,8$, maka $\xi_2 = 1,35$

Substitusi nilai $\xi_1 = 13,5$ dan $\xi_2 = 1,35$ ke pers (1) sampai (4), diperoleh:

$P1 = 40,5$ kmol etilen sisa

$P2 = 23,85$ kmol steam sisa

$P3 = 10,8$ kmol etanol (produk utama)

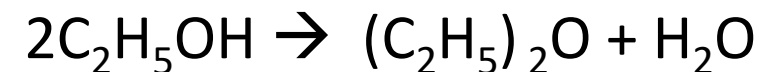
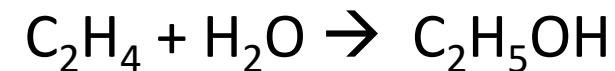
$P4 = 1,35$ kmol dietil eter (produk samping)

$$P1 = 54 - \xi_1 \quad (1)$$

$$P2 = 36 - \xi_1 + \xi_2 \quad (2)$$

$$P3 = \xi_1 - 2 \xi_2 \quad (3)$$

$$P4 = \xi_2 \quad (4)$$



Tabel Perhitungan Neraca Massa dengan Basis

Komp	BM	Input		Output		% (w/w)
		kmol	kg	mol	kg	
C ₂ H ₄	28	54	1.512	40,5	1.134	52,5
H ₂ O	18	36	648	23,85	429,3	19,875
C ₂ H ₅ OH	46	-	-	10,8	496,8	23
(C ₂ H ₅) ₂ O	74	-	-	1,35	99,9	4,625
TOTAL		90	2.160	76,5	2.160	100%

Menentukan kebutuhan bahan baku
untuk kapasitas produksi 200.000
ton/tahun (1 tahun = 300 hari).

$$\begin{aligned}\text{Etanol} &= 200.000.000 \text{ kg/tahun} = \\ &666.666,7 \text{ kg/hari} \\ &= 27.777,8 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Menentukan Faktor Pengali

Dengan basis etilen 54 kmol
dihasilkan etanol 10,8 kmol x 46
kg/kmol = 496,8 kg

Faktor Pengali

$$\begin{aligned}&= \text{nilai kapasitas} / \text{nilai basis} \\ &= 27.777,8 / 496,8 = 55,9134\end{aligned}$$

Kalikan semua stream dengan
faktor pengali, maka

Input:

$$\text{Etilen} = 54 \times 55,913 = 3.019,30$$

$$\text{H}_2\text{O} = 2.012,87 \text{ kmol}$$

Output

$$\text{Etilen} = 2.264,48 \text{ kmol}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 1.333,53 \text{ kmol}$$

$$\text{Etanol} = 603,86 \text{ kmol}$$

$$\text{Dietil Eter} = 75,48 \text{ kmol}$$

Tabel Perhitungan Neraca Massa Aktual

Komp	BM	Input		Output		%
		kmol	kg	kmol	kg	
C ₂ H ₄	28	3.019,30	84.540,4	2.264,48	63.405,4	52,5
H ₂ O	18	2.012,87	36.231,7	1.333,53	24.003,5	19,875
C ₂ H ₅ OH	46	-	-	603,86	27.777,6	23
(C ₂ H ₅) ₂ O	74	-	-	75,48	5.585,5	4,625
TOTAL		5.032,17	120.772	4.277,35	120.772	100%

LATIHAN SOAL: PEMBUATAN AMONIAK

Proses Haber Bosch dikenal sebagai salah satu metode untuk menghasilkan amoniak. Reaksi berlangsung menggunakan katalis. Nitrogen yang digunakan mengandung rare gas (spt argon) yang inert. Aliran umpan reaktor terdiri dari 75,16% H₂, 24,57% N₂ dan 0,27 % Ar. Reaksi yang terjadi adalah sbb: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$. Untuk basis perhitungan 100 kmol/jam umpan reaktor dimana 13 % konversi terhadap Limiting reaktan tentukan:

- Siapa yang bertindak sebagai Limiting reaktan
- Komposisi massa output reaktor Untuk basis perhitungan 100 kmol/jam umpan reaktor
- Tabel Neraca massa untuk kapasitas 2500 kg/jam amoniak dengan kemurnian 99 %.

Penyelesaian

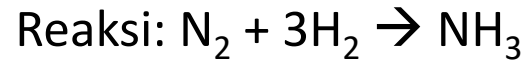
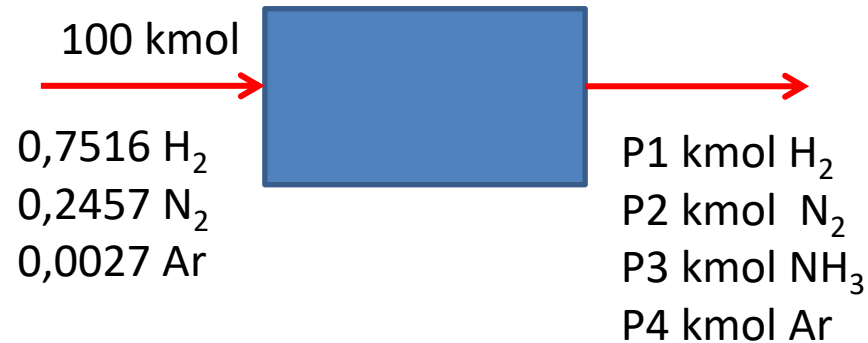


Diagram Proses



Menentukan Mol Umpan masing-masing

$$\text{H}_2 = 0,7516 \times 100 = 75,16 \text{ kmol}$$

$$\text{H}_2 = 0,2457 \times 100 = 24,57 \text{ kmol}$$

$$\text{Ar} = 0,0027 \times 100 = 0,27 \text{ kmol}$$

$$\text{Total} = 100 \text{ kmol}$$

Penyelesaian

Susun Persamaan Aljabar:

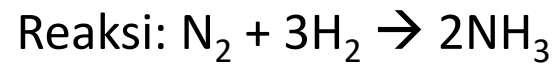
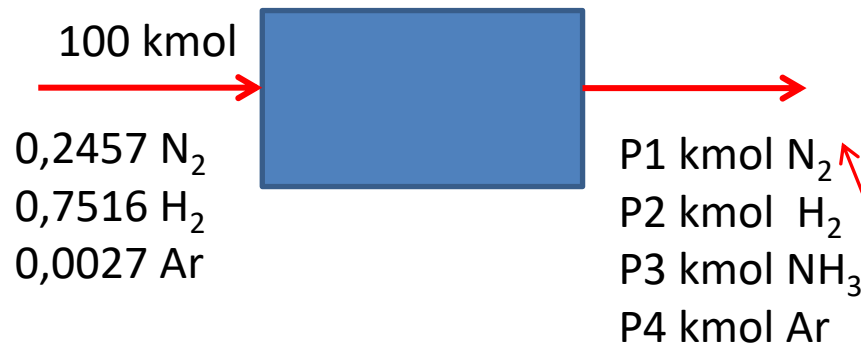


Diagram Proses



Menentukan Flow Rate Produk
jika Konversi 13 % thd N₂

$$\begin{aligned}\text{N}_2 \text{ sisa} &= \text{N}_2 \text{ mula-mula} - \text{N}_2 \text{ bereaksi} \\ &= 24,57 - 0,13 \times 24,57 \\ &= 21,3759 \text{ kmol} = P1\end{aligned}$$

$$n\text{N}_2 = P1 = 24,57 - \xi \quad (1)$$

$$n\text{H}_2 = P2 = 75,16 - 3\xi \quad (2)$$

$$n\text{NH}_3 = P3 = 2\xi \quad (3)$$

$$n\text{Ar} = P4 = 0,27 \text{ kmol}$$

Subtitusikan P1 ke pers (1)

$$21,3759 = 24,57 - \xi$$

$$\text{maka } \xi = 3,1941$$

Masukkan nilai ξ ke persamaan
1 sampai 3 sehingga

$$P1 = 21,3759 \text{ kmol N}_2 \text{ sisa}$$

$$P2 = 65.5777 \text{ kmol H}_2 \text{ sisa}$$

$$P3 = 6.3882 \text{ kmol NH}_3 \text{ hasil}$$

$$P4 = 0,27 \text{ kmol (inert)}$$

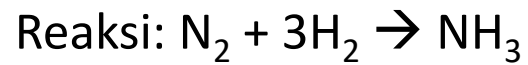
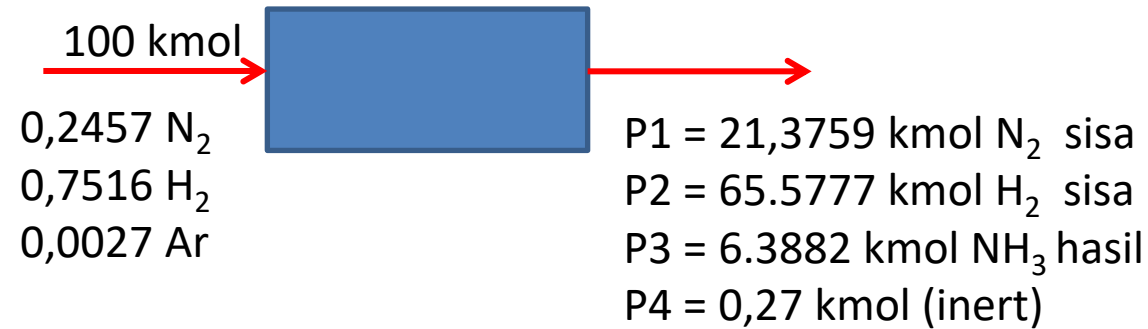


Diagram Proses



Tabel Neraca Massa Dengan Basis Umpan Reaktor 100 kmol

Senyawa	BM	Input		Output		% Massa
		kmol	kg	kmol	kg	
N_2	28	24,57	687.96	21,3759	598.5252	70.49%
H_2	2	75,16	150.32	65,5777	131.1554	15.45%
NH_3	17	0	0	6,3882	108.5994	12.79%
Ar	39,9	0,27	10.773	0,27	10.773	1.27%
TOTAL		100	849.053	93.6118	849.053	100.00%

Menentukan angka faktor pengali:

Dengan basis 100 kmol/jam umpan dihasilkan 108.5994 kg/jam NH_3

Kapasitas yang diinginkan = 2.500 kg/jam produk amoniak
dengan kemurnian 99 %. = 2.500 kg/jam x 0,99
= 2.475 kg/jam

$$\text{FP} = 2.475 \text{ kg} / 108,5994 = 22.79$$

Tabel Neraca Massa Dengan Kapasitas 2.500 kg/jam produk NH_3 99%

Senyawa	BM	Input		Output		% Massa
		kmol	kg	kmol	kg	
N_2	28	559,95	15678,6084	487,157	13640,389	70.49%
H_2	2	1712,9	3425,7928	1494.516	2989,0316	15.45%
NH_3	17	0	0	145,587	2474,9803	12.79%
Ar	39,9	6,1533	245,51667	6,153	245,51667	1.27%
TOTAL		2279.000	19349,9179	2133,413	19349,9179	100.00%

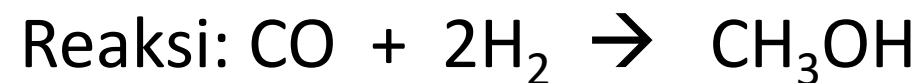


Latihan SOAL:

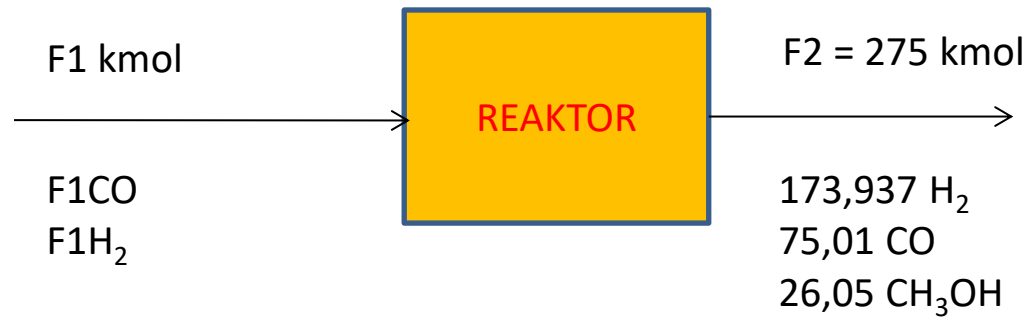
Perhitungan dimulai dari Output reaktor

Metanol dihasilkan dengan cara mereaksikan gas CO dan H₂. Feed yang mengandung CO dan H₂ diumpankan ke reaktor. Produk keluar reaktor sebesar 275 Kmol/Jam dengan komposisi 63,25 % mol H₂, 27,27 % CO, dan 9,48 % CH₃OH. **Tentukan:**

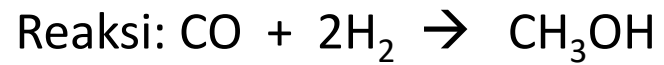
1. Umpan reaktor (kmol/jam)
2. Konversi reaksi jika CO sebagai limiting
3. Faktor Pengali jika ingin diproduksi metanol sebanyak 30.000 kg/jam
4. Tabel neraca massa untuk kapasitas produk 30.000 kg/jam



Basis : 1 Jam operasi



komposisi :
63,25 % mol H₂,
27,27 % CO, dan
9,48 % CH₃OH



Menentukan F1CO dan F1H₂

Perhatikan reaksi: Asumsi CO adalah Limiting reaktan

$$\begin{aligned}\text{CO bereaksi} &= \text{CH}_3\text{OH hasil} \\ &= 26,05 \text{ kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CO umpan} &= \text{CO bereaksi} + \text{CO sisa} \\ &= 26,05 + 75,01 = 101,06 \text{ kmol}\end{aligned}$$

Extend of reaction:

senyawa CO

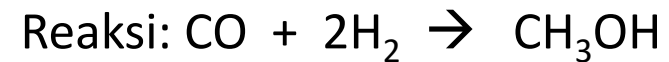
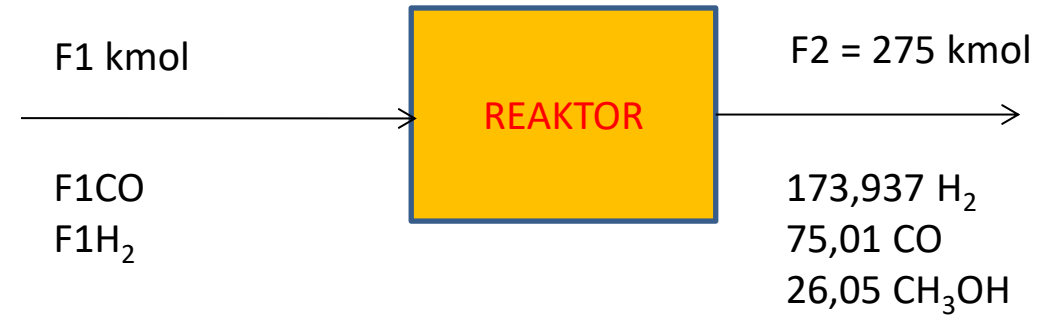
$$75,01 = 101,06 - \zeta$$

$$\zeta = 101,06 - 75,01 = 26,05$$

senyawa H₂

$$173,937 = n_{\text{H}_2} - 2\zeta; \text{ substitusikan nilai } \zeta, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2 \text{ umpan} &= 173,937 + 2 \times 26,05 \\ &= 226,037 \text{ kmol}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Fraksi Konversi reaksi terhadap CO adalah} \\ &= \text{CO bereaksi} / \text{CO umpan} \\ &= 26,05 / 101,06 \\ &= 0,2578\end{aligned}$$

Menentukan Faktor Pengali

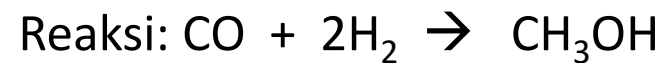
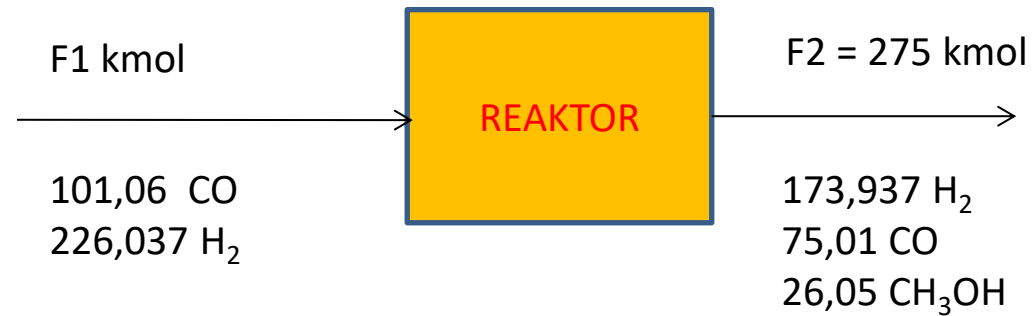
Produk CH₃OH sesuai kapasitas = 30000/32 = **937,5 kmol**

Produk CH₃OH sesuai basis output reaktor = 26,05 kmol

Maka:

$$FP = \frac{937,5}{26,05} = 35,9885$$

BLOK DIAGRAM KUANTITATIF



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

$$FP = \frac{937,5}{26,05} = 35,9885$$

Senyawa	BM	Input, F1		Output, F2	
		kmol	kg	kmol	kg
CO	28	101,06	2829,680	75,01	2100,280
H ₂	2	226,04	452,074	173,937	347,874
CH ₃ OH	32	-	-	26,05	833,600
TOTAL			3281,754		3281,754

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

Senyawa	BM	Input, F1		Output, F2	
		kmol	kg	kmol	kg
CO	28	3636,998	101835,939	2699,4974	75585,927
H ₂	2	8134,733	16269,465	6259,7317	12519,463
CH ₃ OH	32	-	-	937,50043	30000,014
TOTAL			118105,404		118105,404