



**DIKTISAINTEK  
BERDAMPAK**

# MATERI PERTEMUAN 5

MATA KULIAH: AZAS TEKNIK KIMIA 1

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

## Latihan SOAL:

### Perhitungan dimulai dari Output reaktor

Metanol dihasilkan dengan cara mereaksikan gas CO dan H<sub>2</sub>. Feed yang mengandung CO dan H<sub>2</sub> diumpankan ke reaktor. Produk keluar reaktor sebesar 275 Kmol/Jam dengan komposisi 63,25 % mol H<sub>2</sub>, 27,27 % CO, dan 9,48 % CH<sub>3</sub>OH.

#### 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



# Persiapan Penyelesaian

## komposisi output reaktor:

63,25 % mol H<sub>2</sub>,  
27,27 % CO, dan  
9,48 % CH<sub>3</sub>OH

Basis :275 kmol/Jam output reaktor



## Menentukan kmol output masing-masing senyawa

$$\text{H}_2 = 63,25 \% \times 275 = 173,9375 \text{ kmol}$$

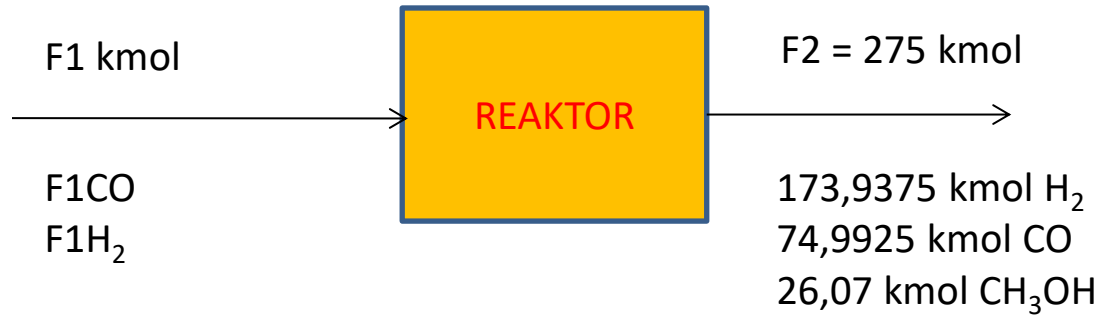
$$\text{CO} = 27,27 \% \times 275 = 74,9925 \text{ kmol}$$

$$\text{CH}_3\text{OH} = 9,48 \% \times 275 = 26,07 \text{ kmol}$$

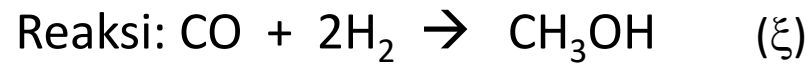
$$\text{Total} = 275 \text{ kmol}$$

# Penyelesaian

Basis :275 kmol/Jam output reaktor



**komposisi :**  
63,25 % mol H<sub>2</sub>,  
27,27 % CO, dan  
9,48 % CH<sub>3</sub>OH



### Menentukan F1CO dan F1H<sub>2</sub>

Perhatikan reaksi: dimana CO adalah Limiting reaktan

$$\begin{aligned}\text{CO bereaksi} &= \text{CH}_3\text{OH hasil} \\ &= 26,07 \text{ kmol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CO umpan} &= \text{CO bereaksi} + \text{CO sisa} \\ &= 26,07 + 74,9925 = 101,0625 \text{ kmol}\end{aligned}$$

Extend of reaction:

senyawa CO

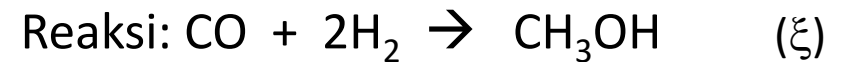
$$74,9925 = 101,0625 - \zeta$$

$$\zeta = 101,0625 - 74,9925 = 26,07$$

senyawa H<sub>2</sub>

$$173,9375 = n_{\text{H}_2} - 2\zeta; \text{ substitusikan nilai } \zeta, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned}\text{H}_2 \text{ umpan} &= 173,9375 + 2 \times 26,07 \\ &= 226,0775 \text{ kmol}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Fraksi Konversi reaksi terhadap CO adalah} \\ &= \text{CO bereaksi} / \text{CO umpan} \\ &= 26,07 / 101,0625 \\ &= 0,258\end{aligned}$$

### Menentukan Faktor Pengali

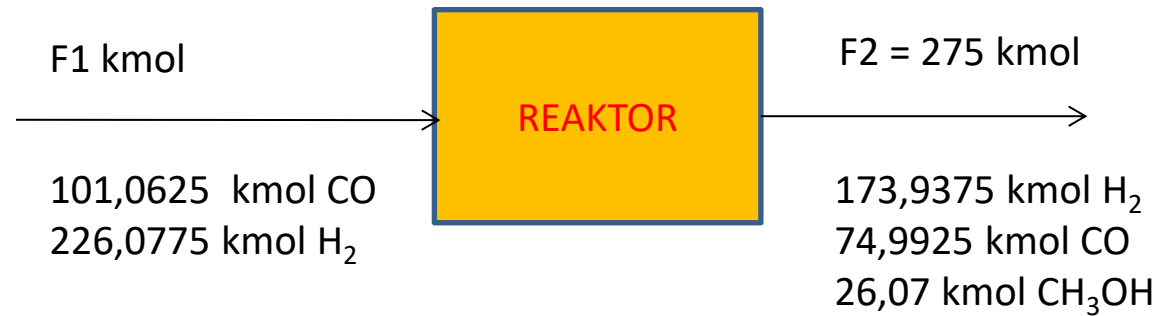
Produk CH<sub>3</sub>OH sesuai kapasitas = 30000 kg

Produk CH<sub>3</sub>OH sesuai basis output reaktor = 26,07 kmol x 32 kg/kmol = **834,24**

Maka:

$$FP = \frac{30000}{834,24} = 35,96087$$

### BLOK DIAGRAM KUANTITATIF



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

Senyawa	BM	Input, F1		Output, F2	
		kmol	kg	kmol	kg
H <sub>2</sub>	2	226,0775	452,155	173,9375	347,875
CO	28	101,0625	2829,75	74,9925	2099,79
CH <sub>3</sub> OH	32	-	-	26,07	834,24
<b>TOTAL</b>		<b>327,14</b>	<b>3281,905</b>	<b>275</b>	<b>3281,905</b>

$$FP = \frac{30000}{834,24} = 35,96087$$

**Tabel Neraca Massa  
dengan Kapasitas Produksi CH<sub>3</sub>OH  
30.000 kg/Jam**

Senyawa	BM	Input, F1		Output, F2	
		kmol	kg	kmol	kg
H <sub>2</sub>	2	8129,9	16259,9	6254,9	12509,9
CO	28	3634,3	101760,3	2696,8	75510,3
CH <sub>3</sub> OH	32	-	-	937,5	30000,0
<b>TOTAL</b>		<b>11764,2</b>	<b>118020,2</b>	<b>9889,2</b>	<b>118020,2</b>

## Latihan Soal : Pembuatan Syngas

Syn gas (utamanya merupakan campuran CO dan H<sub>2</sub>) adalah diperoleh dengan reaksi katalitik gas metana dengan steam pada temperatur tinggi dan tekanan atmosfer dengan reaksi steam reforming sebagai berikut:



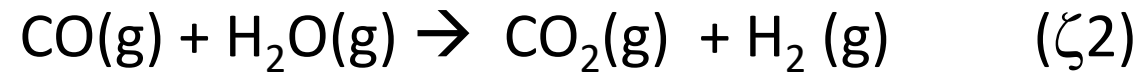
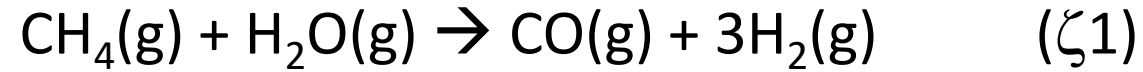
selain itu terjadi reaksi samping yang disebut dengan water-gas shift reaction sbb:



Jika reaktan yang disupply ke reaktor terdiri dari steam dan metana dengan perbandingan 2:1, dimana metana habis bereaksi dan selektivitas mol CO terhadap mol CO<sub>2</sub> adalah 6,692. Tentukan:

- Komposisi produk keluar reaktor (% mol) dengan basis 100 kmol/jam steam umpan reaktor.
- Tabel neraca massa untuk kapasitas produksi H<sub>2</sub> 1.200 kg/jam.

## Reaksi:



## Proses Diagram



Basis perhitungan  
umpan :  
50 kmol CH<sub>4</sub>  
100 kmol H<sub>2</sub>O

Dari Informasi soal:  
Metana habis bereaksi  
Selectivity = CO/CO<sub>2</sub> = 6,692

Susun persamaan aljabar untuk menentukan Mol masing-masing senyawa pada akhir reaksi sbb:

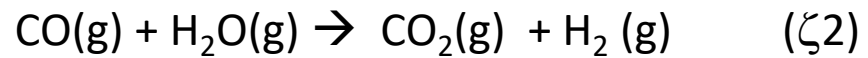
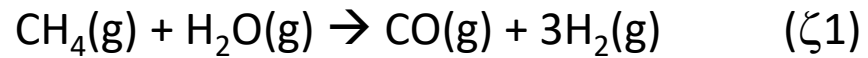
$$P1 = n_{\text{CH}_4} = 50 - \xi_1 \quad (1)$$

$$P2 = n_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - \xi_1 - \xi_2 \quad (2)$$

$$P3 = n_{\text{H}_2} = 3 \xi_1 + \xi_2 \quad (3)$$

$$P4 = n_{\text{CO}} = \xi_1 - \xi_2 \quad (4)$$

$$P5 = n_{\text{CO}_2} = \xi_2 \quad (5)$$



Selanjutnya akan ditentukan nilai  $\xi_1$  dan  $\xi_2$  dengan menggunakan informasi konversi dan selectivity

Gunakan informasi yang diketahui dari soal untuk menyederhanakan persamaan2 yang dibuat.

Selesaikan persamaan2 yang dibentuk dengan metode eliminasi atau substitusi.

**Menentukan  $\xi_1$**  : menggunakan informasi konversi  $\text{CH}_4$  sempurna, maka tidak ditemukan  $\text{CH}_4$  pada output dengan kata lain  $P_1 = 0 \text{ kmol CH}_4$ ; **substitusikan**  $P_1$  ke persamaan (1)

$$0 = 50 - \xi_1$$

$$\text{maka } \xi_1 = 50$$

**Menentukan  $\xi_2$**

Sesuaikan dengan persamaan aljabar di atas:

selectivity =  $P_4/P_5$  ; substitusikan persamaan (4) dan (5)

$$6,692 = (\xi_1 - \xi_2) / \xi_2 \text{ substitusikan nilai } \xi_1$$

**Maka:**

$$6,692 = (50 - \xi_2) / \xi_2$$

$$\xi_2 = 6,5$$

Substitusikan nilai  $\xi_1$  dan  $\xi_2$  ke persamaan (1) sampai (5), akan diperoleh:

$$P1 = 50 - 50 = 0 \text{ kmol CH}_4 \text{ sisa}$$

$$P2 = 100 - 50 - 6,5 = 43,45 \text{ kmol H}_2\text{O sisa}$$

$$P3 = 3 \times 50 + 6,5 = 156,5 \text{ kmol H}_2 \text{ hasil reaksi}$$

$$P4 = 50 - 6,5 = 43,5 \text{ kmol CO hasil reaksi}$$

$$P5 = 6,5 \text{ kmol CO}_2 \text{ hasil reaksi}$$

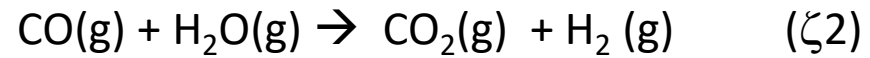
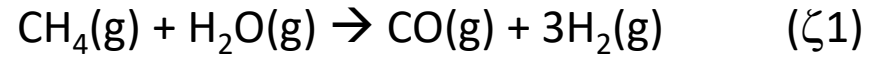
**Menentukan angka faktor pengali:**

Dengan basis 100 kmol umpan H<sub>2</sub>O dihasilkan 156,5 kmol H<sub>2</sub>

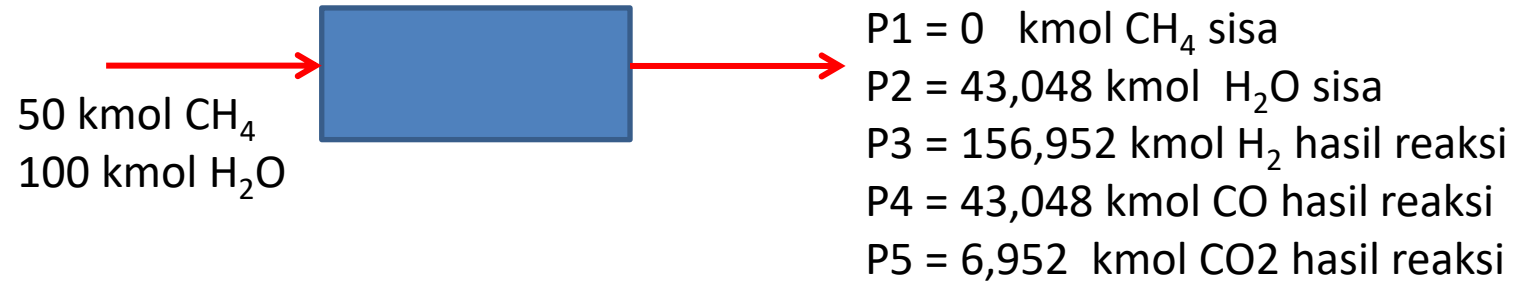
Kapasitas yang diinginkan = 1.200 kg/jam H<sub>2</sub> = 600 kmol/jam

$$FP = 600 \text{ kmol} / 156,5 \text{ kmol} = 3,8338$$

Reaksi:



### Diagram Proses



**Tabel Neraca Massa Dengan Basis Umpan Reaktor 100 kmol Steam / jam**

Senyawa	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
CH <sub>4</sub>	16	50	800	0	0	0
H <sub>2</sub> O	18	100	1800	43,5	783	17,4 %
H <sub>2</sub>	2	0		156,5	313	62,6%
CO	28	0		43,5	1218	17,4%
CO <sub>2</sub>	44			6,5	286	2,6%
<b>TOTAL</b>		150	2600	250	2600	100%

**Tabel Neraca Massa Dengan kapasitas produksi H<sub>2</sub> 1200 kg/jam**

Senyawa	BM	Input		Output		% mol
		kmol	Kg	kmol	kg	
CH <sub>4</sub>	16	191,5	30640	0.000	0	0
H <sub>2</sub> O	18	383	6894	166,605	2998,95	17,4 %
H <sub>2</sub>	2	0		599,395	1198,79	62,6%
CO	28	0		166,605	4664,94	17,4%
CO <sub>2</sub>	44			24,895	1095,38	2,6%
<b>TOTAL</b>		574,5	9958	957,5	9958	100%

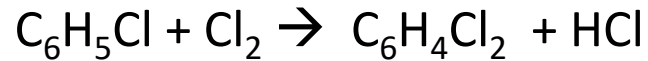
# Latihan Soal: Pembuatan Monoklorobenzena

Monoklorobenzen dihasilkan dengan proses klorinasi sbb:



Benzen dan klorin diumpankan dengan rasio mol 1:1,25.

Namun sebagian monoklorobenzen bereaksi membentuk diklorobenzen sbb:

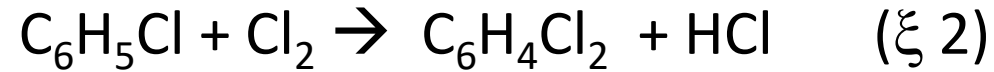


Benzen terkonversi sebesar 85 % dan selektifitas benzen klorida terhadap benzen diklorida adalah 15.67 mol/mol.

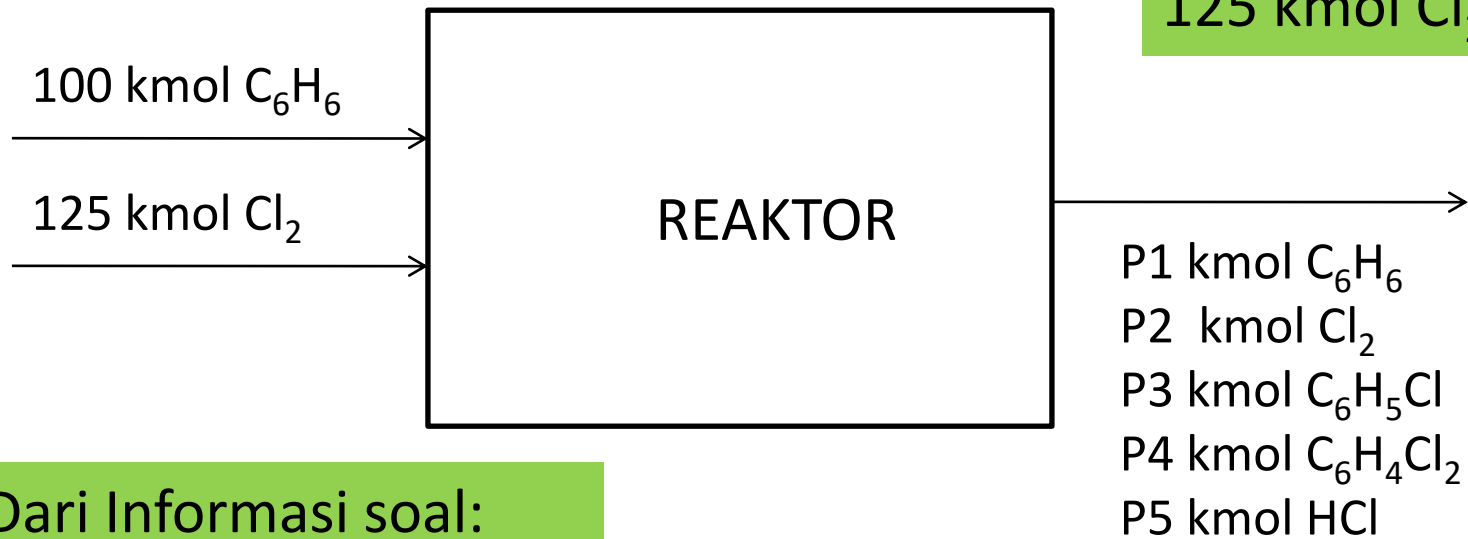
1. Tentukan massa masing-masing senyawa yang keluar reaktor dengan basis 100 kmol umpan benzen
2. Jika kapasitas produk sebesar 45.000 ton/tahun tentukan Faktor Pengali untuk kapasitas dimaksud.
3. Tentukan kebutuhan umpan  $\text{C}_6\text{H}_6$  dan  $\text{Cl}_2$  (kg/jam), tanpa decimal
4. Tentukan Total massa input dan total massa output reactor aktual untuk kapasitas dimaksud.

Asumsi: 1 tahun = 300 hari dan Bahan baku dan produk murni

Reaksi:



Proses Diagram



Basis perhitungan  
umpan :

100 kmol  $\text{C}_6\text{H}_6$

125 kmol  $\text{Cl}_2$

Dari Informasi soal:

FK = 0,85

Selectivity = 15,67

Susun persamaan aljabar untuk menentukan Mol masing-masing senyawa pada akhir reaksi sbb:

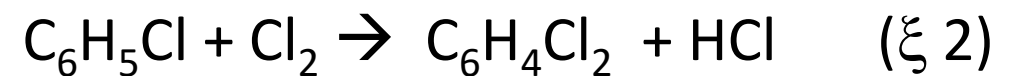
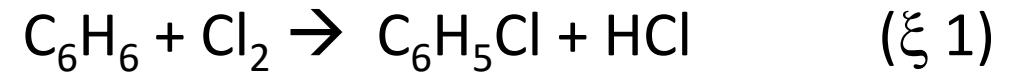
$$P1 = nC_6H_6 = 100 - \xi_1 \quad (1)$$

$$P2 = nCl_2 = 125 - \xi_1 - \xi_2 \quad (2)$$

$$P3 = nC_6H_5Cl = \xi_1 - \xi_2 \quad (3)$$

$$P4 = nC_6H_4Cl_2 = \xi_2 \quad (4)$$

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



Selanjutnya akan ditentukan nilai  $\xi_1$  dan  $\xi_2$  dengan menggunakan informasi konversi dan selectivity

### Menggunakan informasi konversi:

Fraksi Konversi = kmol  $C_6H_6$  bereaksi/kmol  $C_6H_6$  mula-mula

$$0,85 = \text{kmol } C_6H_6 \text{ bereaksi}/100 \text{ kmol}$$

$C_6H_6$  bereaksi = 85 kmol, maka

$$C_6H_6 \text{ sisa} = 100 - 85 = 15 \text{ kmol (ini adalah nilai P1)}$$

Substitusikan nilai P1 ke persamaan (1), akan diperoleh  $\xi_1$  :

$$P1 = 100 - \xi_1, \text{ maka: } \xi_1 = 100 - 85 = 15$$

### Menggunakan informasi selectivity:

$$\text{Selectivity} = P3/P4 ;$$

$$15,67 = (\xi_1 - \xi_2) / \xi_2$$

Substitusikan nilai  $\xi_1$  maka diperoleh:

$$\xi_2 = 5,1$$

$$P1 = 15 \text{ kmol } C_6H_6 \text{ sisa}$$

$$P2 = 34,9 \text{ kmol } Cl_2 \text{ sisa}$$

$$P3 = 79,9 \text{ kmol } C_6H_5Cl \text{ produk}$$

$$P4 = 5,1 \text{ kmol } C_6H_4Cl_2$$

$$P5 = 90,1 \text{ kmol } HCl$$

Dengan diketahui nilai  $\xi_1$  dan  $\xi_2$ ,

maka

P1 sampai P5 dapat dihitung

## Tabel Neraca Massa Dengan Basis umpan 100 kmol $C_6H_6$

Komp	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
$C_6H_6$	78	100	7.800	15	1170	6,7
$Cl_2$	71	125	8.875	34,9	2477,97	15,5
$C_6H_5Cl$	113	-	-	79,9	8988,86	35,5
$C_6H_4Cl_2$	147	-	-	5,1	749,55	2,3
HCl	37	-	-	90,1	3288,61	40
TOTAL		225	16.675	225	16.675	100

**Menentukan angka faktor pengali:**

Dengan basis 100 kmol umpan  $C_6H_6$

dihasilkan 79,9 kmol  $C_6H_5Cl$

Kapasitas yang diinginkan = 4.500 ton/tahun (1 tahun 300 hari)

$$= 6.250 \text{ kg/jam}$$

$$= 55,555 \text{ kmol}$$

$$FP = 55,555 \text{ kmol} / 79,9 \text{ kmol} = 0,6953$$

## Tabel Neraca Massa Dengan Kapasitas 4.500 ton/tahun $C_6H_5Cl$

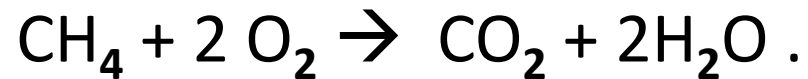
Komp	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
$C_6H_6$	78	69,53	5423.377	10.43	813.506	6,7
$Cl_2$	71	86,913	6170.83	24.267	1722.946	15,5
$C_6H_5Cl$	113	-	-	55.555	6250	35,5
$C_6H_4Cl_2$	147	-	-	3.545	521.166	2,3
HCl	37	-	-	62.646	2286.588	40
<b>TOTAL</b>		156.444	<b>11594.206</b>	156.444	<b>11594.206</b>	100

**TUGAS KELOMPOK**  
**PRESENTASIKAN PADA PERTEMUAN 6**

<b>KELOMPOK</b>	<b>NO POKOK</b>	<b>SOAL</b>
1	2025710450172 - 2025710450183	Pembuatan Formaldehid
2	2025710450184 - 2025710450195	Pembuatan Formaldehid
3	2025710450196 - 2025710450207	Pembuatan Etanol
4	2025710450208 - 2025710450219	Pembuatan Etanol
5	2025710450220 - 2025710450230	Pembuatan Monoklorobenzen
6	2025710450231 - 2025710450240	Pembuatan Monoklorobenzen

# Soal 1: Pembuatan Formaldehid

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

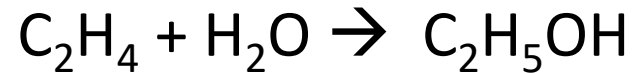


Umpan reaktor terdiri dari metana dan udara. Umpan metana mengandung hydrogen 2 % mol. Metana dan oksigen diumpankan dengan perbandingan 1:1,5. Fraksi konversi terhadap limiting reaktan 0,8 dan fraksi yield formaldehid adalah 0,7. Tentukan:

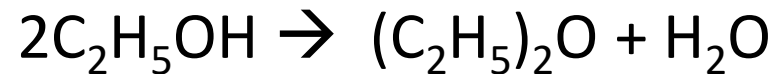
- Faktor Pengali jika digunakan basis 100 kmol/jam umpan metana.
- Jika kapasitas produksi formaldehid sebesar 19.800 ton/tahun (dimana 1 Tahun = 330 hari) susun tabel hasil perhitungan neraca massa aktual pada reaktor tersebut.

## Soal 2: Pembuatan Etanol

Etanol dihasilkan secara komersial dengan hidrasi etilen sbb:



Tetapi terjadi reaksi samping dimana beberapa produk dikonversikan menjadi dietileter sbb:



Etilen umpan reaktor mengandung 20% etana. Etilen dan steam diumpankan dalam mol rasio 1:2. Fraksi konversi limiting reaktan sebesar 25 % sementara persen yield sebesar 20 %. Tentukan:

1. Faktor Pengali jika digunakan basis 100 kmol/jam umpan etilen.
2. Jika kapasitas produksi etanol 6.336 ton/tahun (dimana 1 Tahun = 330 hari) susun tabel hasil perhitungan neraca massa aktual pada reaktor tersebut.

## Soal 3: Pembuatan Monoklorobenzena

Monoklorobenzen diproduksi melalui proses klorinasi benzena menurut reaksi berikut:



Umpam benzena dan klorin dimasukkan ke dalam reaktor dengan rasio mol stoikiometris. Namun, sebagian monoklorobenzen yang terbentuk mengalami reaksi lanjutan menghasilkan diklorobenzen sesuai reaksi:



Benzena umpam mengandung impuritas toluena sebesar 10% massa, sedangkan klorin yang digunakan dianggap murni.

Pada proses tersebut diketahui benzene terkonversi sebesar 85 % sedangkan persen yield sebesar 80%.

Tentukan:

1. Faktor pengali jika digunakan basis 100 kmol umpam benzen
2. Jika kapasitas produksi monoklorobenzen sebesar 75.000 ton/tahun (dimana 1 Tahun = 330 hari) susun tabel hasil perhitungan neraca massa aktual pada reaktor tersebut.