



MATERI PERTEMUAN 5

MATA KULIAH: AZAS TEKNIK KIMIA 1

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

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 Nitrogen tentukan:

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



Komposisi: 75,16% H_2 , 24,57% N_2 dan 0,27 % Ar.

Untuk basis perhitungan 100 kmol/jam umpan reaktor

Menentukan Mol Umpan masing-masing

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

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

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

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

Penyelesaian

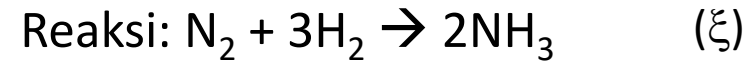
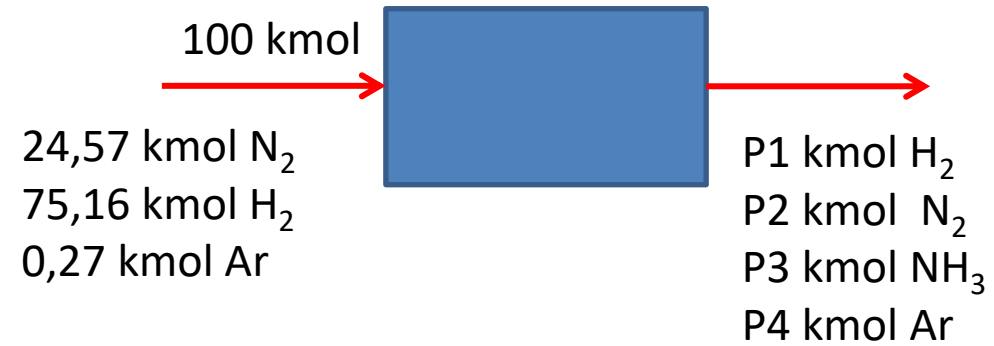
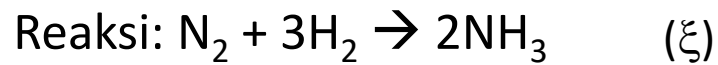


Diagram Proses



Penyelesaian

Susun Persamaan Aljabar:



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

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

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

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

Diagram Proses



Menentukan Flow Rate Produk
jika Konversi 13 % thd N_2

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

Subtitusikan P1 ke pers (1)

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

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

Masukkan nilai ξ ke persamaan
1 sampai 3 sehingga

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

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

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

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

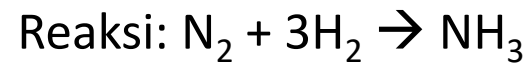
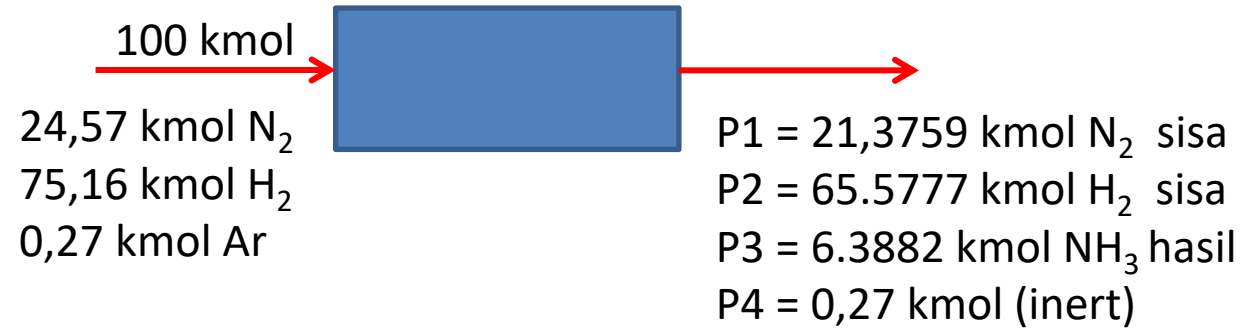


Diagram Proses



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 NH₃

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

$$\text{FP} = 2.475 \text{ kg} / 108,5994 = 22.7902$$

Tabel Neraca Massa Dengan Kapasitas 2.500 kg/jam produk NH₃ 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%

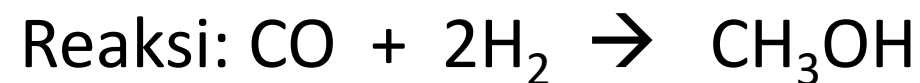


Latihan SOAL:

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



Persiapan Penyelesaian

komposisi output reaktor:

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

Basis :275 kmol/Jam output reaktor



Menentukan kmol output masing-masing senyawa

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

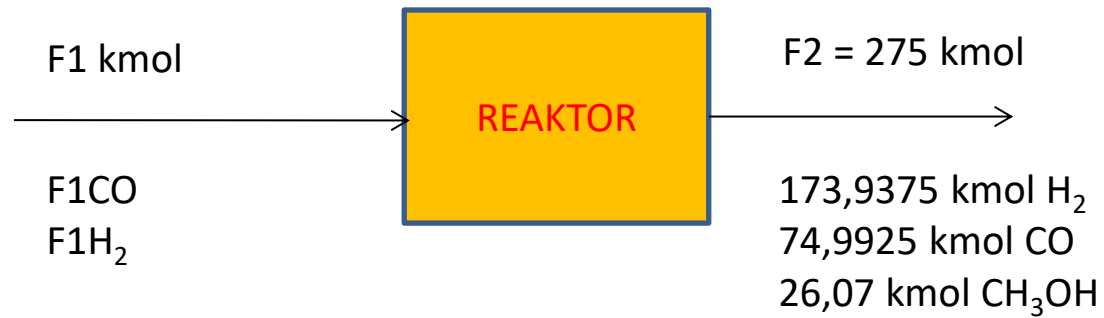
$$\text{CO} = 27,27 \% \times 275 = 74,9925 \text{ kmol}$$

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

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

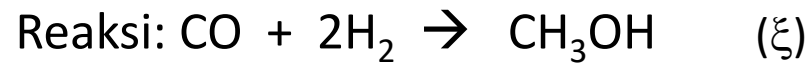
Penyelesaian

Basis :275 kmol/Jam output reaktor



komposisi :

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



Menentukan F1CO dan F1H₂

Perhatikan reaksi: Asumsi CO adalah Limiting reaktan

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

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

Extend of reaction:

senyawa CO

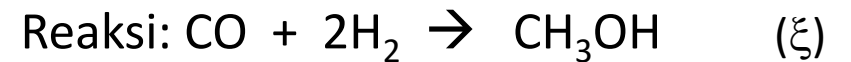
$$74,9925 = 101,0625 - \zeta$$

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

senyawa H₂

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

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



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

Menentukan Faktor Pengali

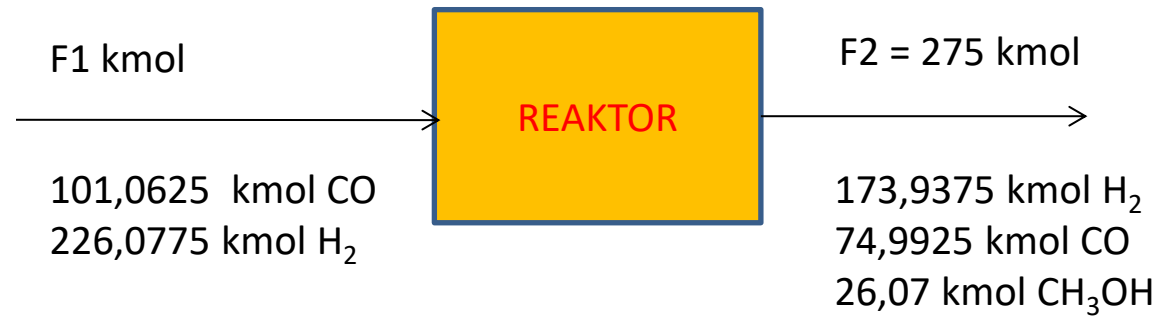
Produk CH₃OH sesuai kapasitas = 30000 kg

Produk CH₃OH 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**

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

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

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

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

Latihan Soal : Pembuatan Syngas

Syn gas (utamanya merupakan campuran CO dan H₂) adalah diperoleh dengan reaksi katalitik gas metana dengan steam pada temperatur tinggi dan tekanan atmosfir dengan reaksi steam reforming sebagai berikut:



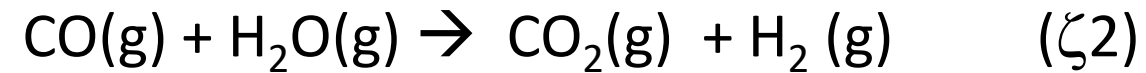
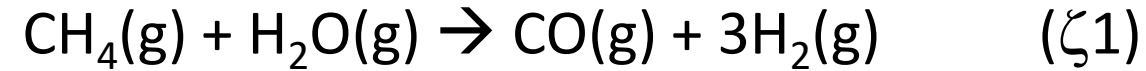
selain itu terjadi reaksi samping yang disebut dengan water-gas shift reaction sbb:



Jika reaktan yang disuplay ke reaktor terdiri dari steam dan metana dengan perbandingan 2:1, dimana metana habis bereaksi dan selektivitas mol CO terhadap mol CO₂ adalah 6,692. Tentukan:

- Komposisi produk keluar reaktor (% mol) dengan basis 100 kmol/jam steam umpan reaktor.
- Tabel neraca massa untuk kapasitas produksi H₂ 1.200 kg/jam.

Reaksi:



Proses Diagram



Basis perhitungan
umpan :
100 kmol CH₄
50 kmol H₂O

Dari Informasi soal:
Metana habis bereaksi
Selectivity = CO/CO₂ = 6,692

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

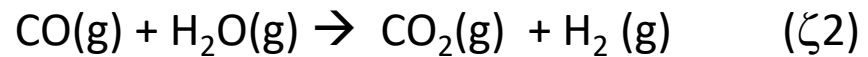
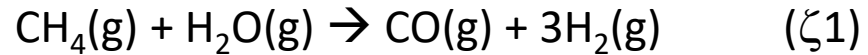
$$P1 = n_{\text{CH}_4} = 50 - \xi_1 \quad (1)$$

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

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

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

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



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

Selesaikan persamaan2 yang dibentuk dengan metode eliminasi atau substitusi.

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

Menentukan ξ_1 : menggunakan informasi konversi CH_4 sempurna, maka tidak ditemukan CH_4 pada output dengan kata lain

$P_1 = 0 \text{ kmol CH}_4$; **subtitusikan** P_1 ke persamaan (1)

$$0 = 50 - \xi_1$$

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

Menentukan ξ_2

Sesuaikan dengan persamaan aljabar di atas:

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

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

Maka:

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

$$\xi_2 = 6,5$$

Subtiitusikan nilai ξ_1 dan ξ_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 H₂O dihasilkan 156,5 kmol H₂

Kapasitas yang diinginkan = 1.200 kg/jam H₂ = 600 kmol/jam

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

Reaksi:

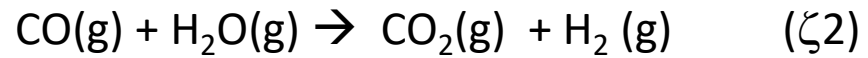
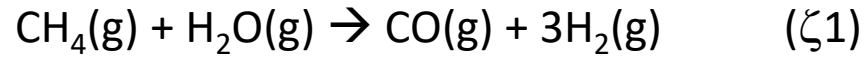
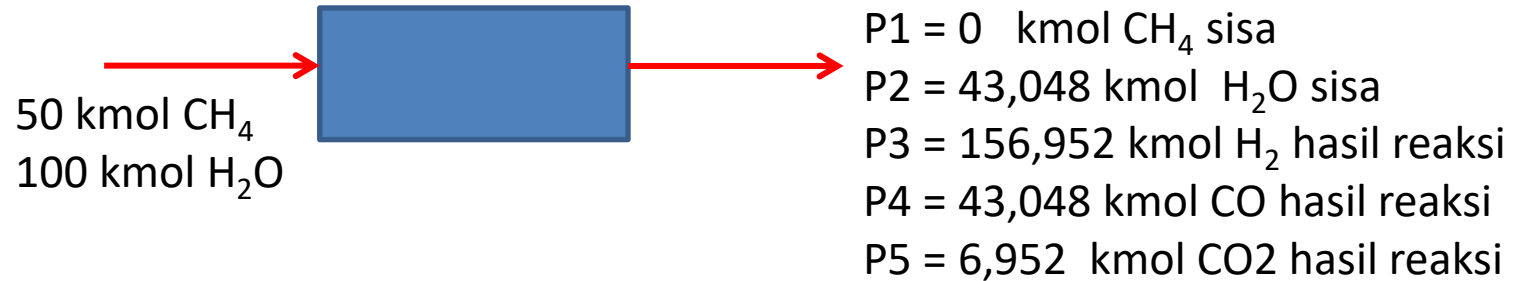


Diagram Proses



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

Senyawa	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
CH_4	16	50	800	0	0	0
H_2O	18	100	1800	43,5	783	17,4 %
H_2	2	0		156,5	313	62,6%
CO	28	0		43,5	1218	17,4%
CO_2	44			6,5	286	2,6%
TOTAL		150	2600	250	2600	100%

Tabel Neraca Massa Dengan kapasitas produksi H₂ 1200 kg/jam

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

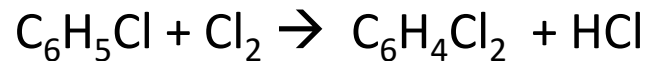
Latihan Soal: Pembuatan Monoklorobenzena

Monoklorobenzen dihasilkan dengan proses klorinasi sbb:



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

Namun sebagian monoklorobenzen bereaksi membentuk diklorobenzen sbb:

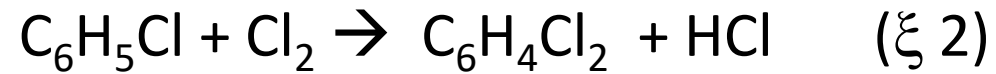


Benzen terkonversi sebesar 85 % dan selektifitas benzen klorida terhadap benzen diklorida adalah 15.67 mol/mol.

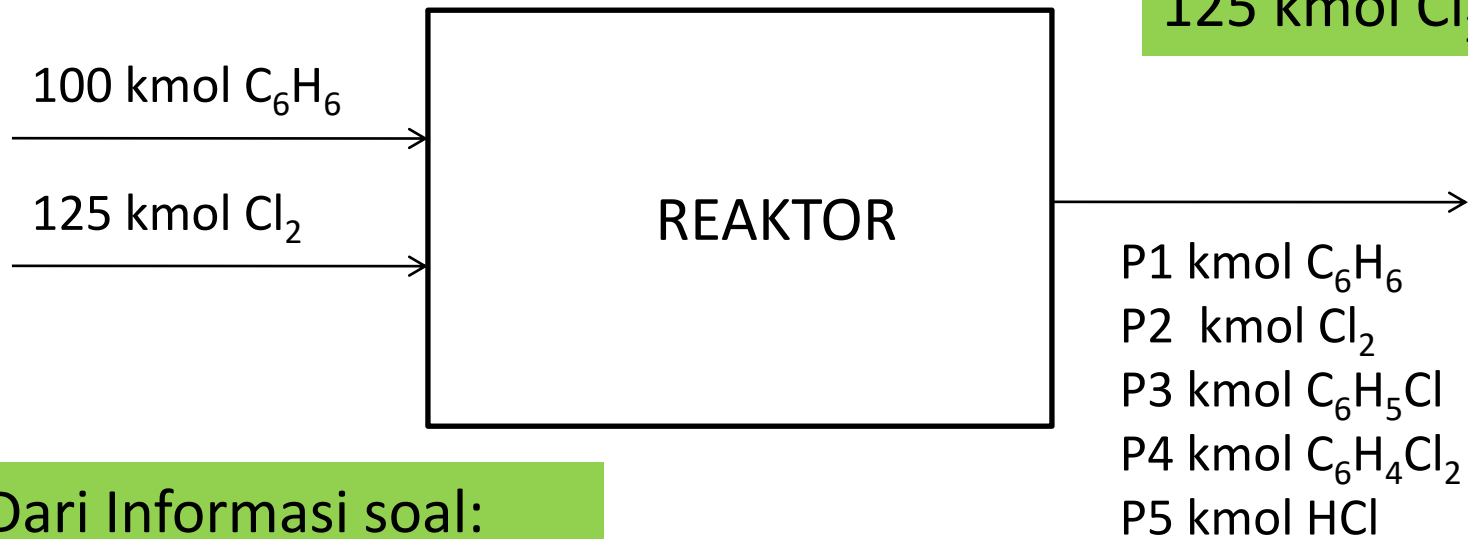
1. Tentukan massa masing-masing senyawa yang keluar reaktor dengan basis 100 kmol umpan benzen
2. Jika kapasitas produk sebesar 45.000 ton/tahun tentukan Faktor Pengali untuk kapasitas dimaksud.
3. Tentukan kebutuhan umpan C_6H_6 dan Cl_2 (kg/jam), tanpa decimal
4. Tentukan Total massa input dan total massa output reactor aktual untuk kapasitas dimaksud.

Asumsi: 1 tahun = 330 hari dan Bahan baku dan produk murni

Reaksi:



Proses Diagram



Basis perhitungan
umpan :

100 kmol C_6H_6

125 kmol 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 ξ_1 dan ξ_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 ξ_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 ξ_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 ξ_1 dan ξ_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

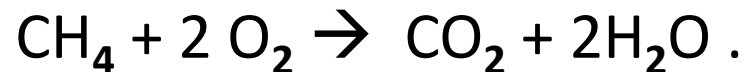
Komp	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
C_6H_6	78	69,53	5423.377	10.43	813.506	6,7
Cl_2	71	86,913	6170.83	24.267	1722.946	15,5
C_6H_5Cl	113	-	-	55.555	6250	35,5
$C_6H_4Cl_2$	147	-	-	3.545	521.166	2,3
HCl	37	-	-	62.646	2286.588	40
TOTAL		156.444	11594.206	156.444	11594.206	100

TUGAS KELOMPOK
PRESENTASIKAN PADA PERTEMUAN 6

KELOMPOK	NO POKOK	SOAL
1	2025710450101 - 2025710450112	Pembuatan Formaldehid
2	2025710450113 - 2025710450123	Pembuatan Formaldehid
3	2025710450124 - 2025710450135	Pembuatan Formaldehid
4	2025710450136 - 2025710450146	Pembuatan Etanol
5	2025710450147 - 2025710450157	Pembuatan Etanol
6	2025710450158 - 2025710450171	Pembuatan Etanol

Soal 1: Pembuatan Formaldehid

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

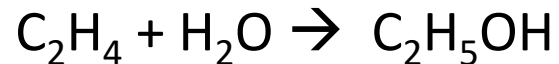


Umpan reaktor terdiri dari metana dan udara. Umpan metana mengandung hydrogen 2 % mol. Metana dan oksigen diumpankan dengan perbandingan 1:1,5. Fraksi konversi terhadap limiting reaktan 0,8 dan fraksi yield formaldehid adalah 0,7. Tentukan:

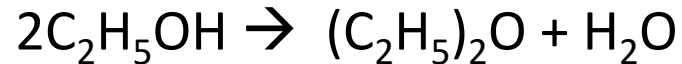
- Faktor Pengali jika digunakan basis perhitungan 10 kmol/jam metana umpan
- Jika kapasitas produksi formaldehid sebesar 19.800 ton/tahun (1 Tahun 330 hari) buatlah tabel hasil perhitungan neraca massa aktual pada reactor dimaksud.

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 perhitungan 100 kmol/jam umpan etilen.
2. Jika kapasitas produksi etanol 6.336 ton/tahun (1 Tahun 330 hari) buatlah tabel hasil perhitungan neraca massa aktual pada reaktor dimaksud.



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

ADA PERTANYAAN??

