



MATERI PERTEMUAN 6

MATA KULIAH: AZAS TEKNIK KIMIA 1

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

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:



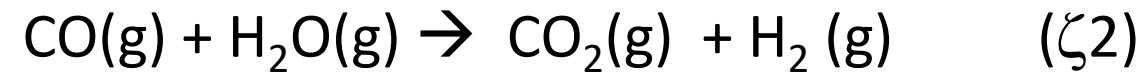
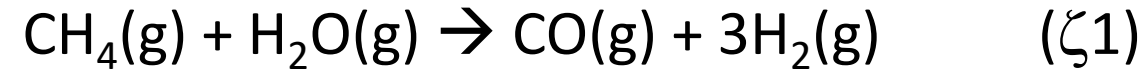
selain itu terjadi reaksi samping yang disebut dengan water-gas shift reaction sbb:



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:

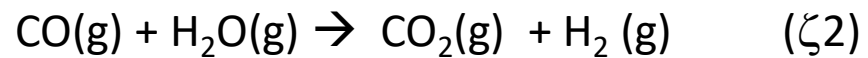
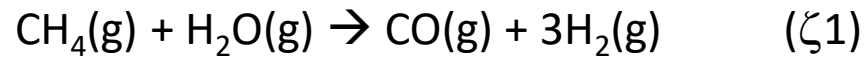
$$P1 = n_{\text{CH}_4} = 50 - \xi_1 \quad (1)$$

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

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

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

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



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:

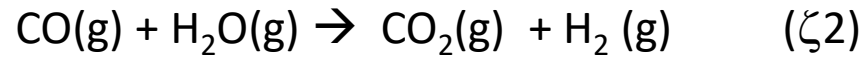
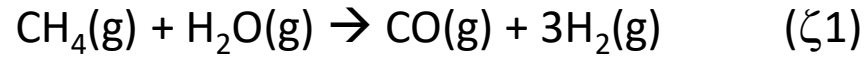
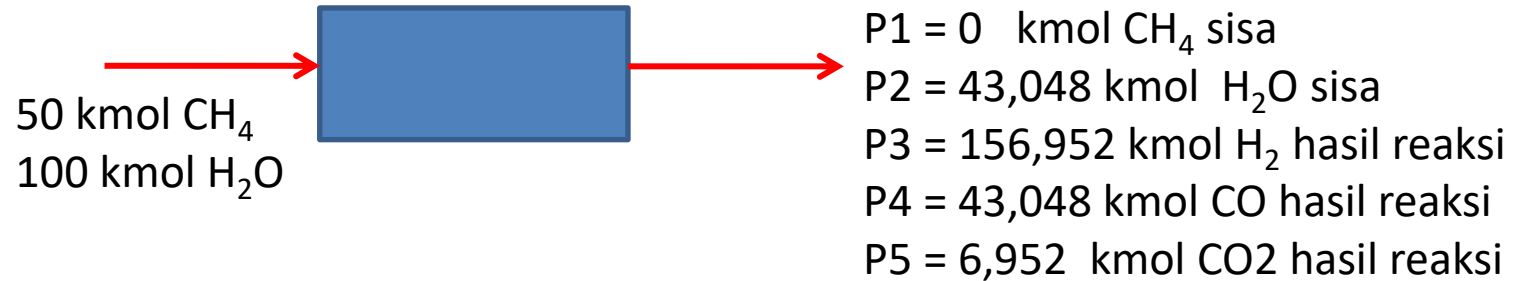


Diagram Proses



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

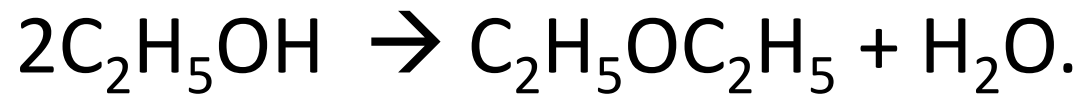
Senyawa	BM	Input		Output		% mol
		kmol	kg	kmol	kg	
CH ₄	16	50	800	0	0	0
H ₂ O	18	100	1800	43,5	783	17,4 %
H ₂	2	0		156,5	313	62,6%
CO	28	0		43,5	1218	17,4%
CO ₂	44			6,5	286	2,6%
TOTAL		150	2600	250	2600	100%

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%

SOAL

- Dietil eter dihasilkan dengan dehidrasi etil alkohol di dalam asam sulfat. Reaksi yang terjadi sbb:



- Jika konversi alkohol 87%, dengan basis 100 mol umpan per jam, tentukan:
 - a. Senyawa apa saja yang terdapat pada output reaktor
 - b. Mol masing-masing senyawa output reaktor
 - c. Buat tabel neraca massa

UMPAN REAKTOR

100 mol

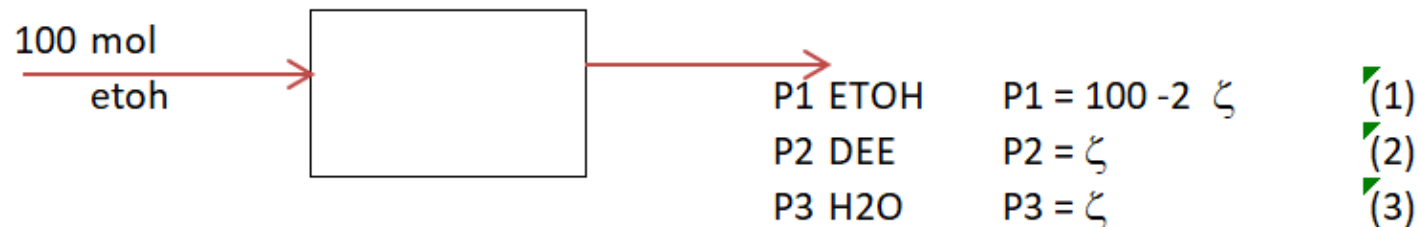
87%

OUTPUT REAKTOR

ETOH

DEE

H₂O


$$87\% = \text{ETOH brx} / 100 \quad \text{mol}$$

ETOH brx = 87 mol

$$\text{ETOH SISA} = \text{ETOH Umpan} - \text{ETOH brx}$$

ETOH SISA = 13 mol (= P1) , substitusikan ke persamaan (1)

Menentukan ζ

$\zeta = 43,5$ substitusikan nilai ζ ke P1 sampai P3

P2 = 43,5 mol DEE hasil

P3 = 43,5 mol H₂O hasil

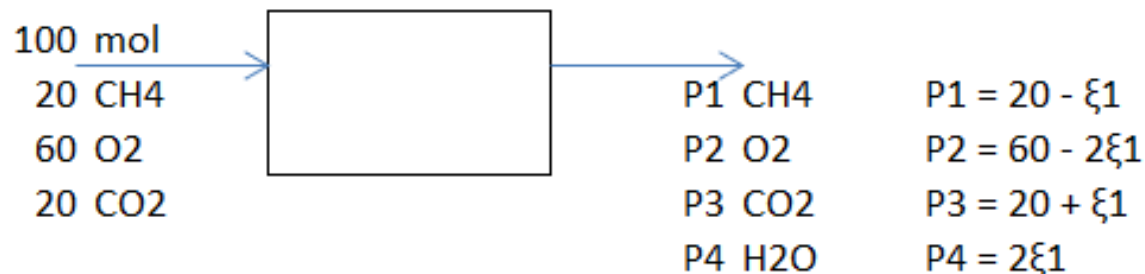
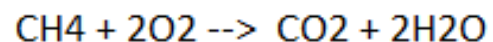
Tabel Neraca Massa

Senyawa	BM	Input		Output		% massa
		mol	gram	mol	gram	
ETOH	46	100	4600	13,0	598	13%
DEE	74		0	43,5	3219	70%
H2O	18		0	43,5	783	17%
Total		100	4600	100	4600	100%

Soal : Pembakaran Metana

Metana dibakar dengan **oksigen** menghasilkan karbondioksida dan air. Umpan terdiri dari 20 mole% CH_4 , 60% oksigen, dan 20% CO_2 . Konversi terhadap limiting reaktan adalah 90%. Tentukan:

- Komposisi molar aliran produk dengan basis perhitungan 100 mol campuran umpan.
- Extent of reaction (ξ).
- Tabel neraca massa



Konversi = CH₄ bereaksi / 20

CH₄ bereaksi = 18 mol

CH₄ sisa = 2 mol (= P1), substitusikan ke persamaan (1)

Menentukan ξ₁

ξ₁ = 18 substitusikan nilai ξ₁ ke P1 sampai P4

P2 = 24 mol oksigen sisa

P3 = 38 mol CO₂ hasil

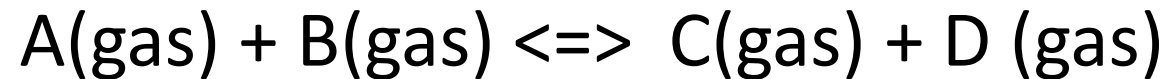
P4 = 36 mol H₂O hasil

Tabel Neraca Massa

Senyawa	BM	Input		Output		% mol
		mol	gram	mol	gram	
CH ₄	16	20	320	2	32	2
O ₂	32	60	1920	24	768	24
CO ₂	44	20	880	38	1672	38
H ₂ O	18			36	648	36
Total		100	3120	100	3120	100

Kesetimbangan Reaksi

- ✓ Ketika reaksi kimia berjalan dalam satu arah saja, maka kita sebut **irreversible**.
- ✓ Tetapi jika reaksi berlangsung dalam arah ke kanan dan kekiri, maka kita sebut **reversible**.
- ✓ Jika laju reaksi ke kanan dan laju reaksi ke kiri sama, maka reaksi ini disebut dalam **equilibrium** atau **kesetimbangan**.
- ✓ Konstanta kesetimbangan (K) untuk fase gas utk reaksi



Adalah: $K = \frac{Y_C Y_D}{Y_A Y_B}$; Y = fraksi mol

Contoh Soal: Perhitungan reaksi kesetimbangan

Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut:



Proses berlangsung pada temperatur K

Persamaan kesetimbangan reaksi di atas adalah:

$$K(T) = \frac{y_{\text{CO}_2} y_{\text{H}_2}}{y_{\text{CO}} y_{\text{H}_2\text{O}}}$$

K(T): konstanta kesetimbangan fungsi dari T

SOAL

Pada $T = 1105 \text{ K}$ (832°C), $K = 1.00$.

Jika umpan reaktor terdiri dari: 1.00 mol CO, 2.00 mol H_2O , dan tidak ada CO_2 maupun H_2

Campuran reaksi mencapai kesetimbangan pada $T = 1105 \text{ K}$.

Tentukan:

- ✓ Komposisi kesetimbangan
- ✓ fraksi konversi dari LR.

Penyelesaian:

Analogi dengan persamaan reaksi irreversible:



1 mol 2 mol

Mol senyawa-senyawa pada kesetimbangan adalah:

Dimana:

ξ_e = extent of reaction pada kesetimbangan

$$n_{\text{CO}} = 1 - \xi_e$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 - \xi_e$$

$$n_{\text{CO}_2} = \xi_e$$

$$n_{\text{H}_2} = \xi_e$$

$$\frac{n_{\text{H}_2} = \xi_e}{n_{\text{Total}} = 3} \quad +$$

Sehingga fraksi mol masing-masing senyawa, yi adalah:

$$y_{\text{CO}} = \frac{1 - \xi_e}{3}$$

$$y_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2 - \xi_e}{3}$$

$$y_{\text{CO}_2} = \frac{\xi_e}{3}$$

$$y_{\text{H}_2} = \frac{\xi_e}{3}$$

Penyelesaian:

$$y_{CO} = \frac{1 - \xi_e}{3}$$

$$y_{H_2O} = \frac{2 - \xi_e}{3}$$

$$y_{CO_2} = \frac{\xi_e}{3}$$

$$y_{H_2} = \frac{\xi_e}{3}$$

Substitusikan nilai-nilai ini ke persamaan kesetimbangan:

$$K(T) = \frac{y_{CO_2} y_{H_2}}{y_{CO} y_{H_2O}}$$

$$K = \frac{\frac{\xi_e}{3} \cdot \frac{\xi_e}{3}}{\frac{1 - \xi_e}{3} \frac{2 - \xi_e}{3}}$$

Sehingga:

$$K = \frac{\xi_e^2}{(1 - \xi_e)(2 - \xi_e)} = 1$$

Nilai ξ_e diperoleh = 0,667,
substitusikan nilai tersebut ke
dalam persamaan fraksi masing-
masing senyawa:

$$y_{CO} = 0,111 ; y_{H_2O} = 0,444 ;$$

$$y_{CO_2} = 0,222 ; y_{H_2} = 0,222$$

Jawaban pertanyaan:

- ✓ Limiting Reaktan
- ✓ Fraksi konversi LR

$$y_{CO} = 0,111 ; y_{H_2O} = 0,444;$$
$$y_{CO_2} = 0,222; y_{H_2} = 0,222$$

Limiting reaktan adalah CO

Fraksi konversi CO adalah

$F = \text{mol CO bereaksi/mol CO awal}$

$$\begin{aligned} \text{CO sisa} &= 1 - 0,667 \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO bereaksi} &= 1 - 0,333 \\ &= 0,667 \end{aligned}$$

$$F = 0,667/1 = 0,667$$

ADA PERTANYAAN??

