

REAKSI PEMBAKARAN

PENGERTIAN

- **PEMBAKARAN :**

reaksi antara bahan bakar dengan oksigen yang berjalan sangat cepat dengan menghasilkan **panas (energi)** dalam jumlah besar.

- Jenis bahan bakar :

- Batu bara (karbon, hidrogen, sulfur, bahan non combustible)
- Bahan bakar minyak (HC, sulfur)
- Bahan bakar gas : gas alam/LNG (dominan metana)
LPG (propana, butana)

- Saat bahan bakar dibakar, yang terbentuk adalah :

karbon \longrightarrow CO_2 (pembakaran sempurna)



CO (pembakaran tak sempurna)

hidrogen \longrightarrow H_2O

sulfur \longrightarrow SO_2

senyawa NO_x terjadi akibat reaksi antara nitrogen di udara dengan oksigen pada suhu pembakaran yang tinggi ($1800\text{ }^\circ\text{C}$)

Sumber oksigen : udara

O_2 murni (jarang dilakukan dalam skala komersial)

Komposisi udara kering

N ₂	78.03%	} Average molecular weight = 29.0
O ₂	20.99%	
Ar	0.94%	
CO ₂	0.03%	
H ₂ , He, Ne, Kr, Xe	0.01%	
	<hr/> 100.00%	

Dalam perhitungan reaksi pembakaran, udara dianggap mempunyai komposisi 79% N₂ dan 21% O₂ (= 3,76 mol N₂ / mol O₂)

Komposisi gas hasil pembakaran :

basis basah (*wet basis*) : termasuk uap air

basis kering (*dry basis*) : tidak termasuk uap air

Composition on Wet and Dry Bases

1. Wet Basis \implies Dry Basis.

A stack gas contains 60.0 mole% N₂, 15.0% CO₂, 10.0% O₂, and the balance H₂O. Calculate the molar composition of the gas on a dry basis.

Basis: 100 mol Wet Gas

$$\begin{array}{r} 60.0 \text{ mol N}_2 \\ 15.0 \text{ mol CO}_2 \\ 10.0 \text{ mol O}_2 \\ \hline 85.0 \text{ mol dry gas} \end{array}$$



$\frac{60.0}{85.0}$	=	0.706	$\frac{\text{mol N}_2}{\text{mol dry gas}}$
$\frac{15.0}{85.0}$	=	0.176	$\frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol dry gas}}$
$\frac{10.0}{85.0}$	=	0.118	$\frac{\text{mol O}_2}{\text{mol dry gas}}$

2. *Dry Basis* \implies *Wet Basis*.

An **Orsat analysis** (a technique for stack analysis) yields the following dry basis composition:

N ₂	65%
CO ₂	14%
CO	11%
O ₂	10%

A humidity measurement shows that the mole fraction of H₂O in the stack gas is 0.0700. Calculate the stack gas composition on a wet basis.

Basis: 100 lb-moles Dry Gas

$$0.0700 \frac{\text{lb-mole H}_2\text{O}}{\text{lb-mole wet gas}} \rightleftharpoons 0.930 \frac{\text{lb-mole dry gas}}{\text{lb-mole wet gas}}$$



$$\frac{0.0700 \text{ lb-mole H}_2\text{O}/\text{lb-mole wet gas}}{0.930 \text{ lb-mole dry gas}/\text{lb-mole wet gas}} = 0.0753 \frac{\text{lb-mole H}_2\text{O}}{\text{lb-mole dry gas}}$$

Hence the gas in the assumed basis contains

$$\frac{100 \text{ lb-moles dry gas}}{\quad} \left| \frac{0.0753 \text{ lb-mole H}_2\text{O}}{\text{lb-mole dry gas}} \right. = 7.53 \text{ lb-moles H}_2\text{O}$$

$$\frac{100 \text{ lb-moles dry gas}}{\quad} \left| \frac{0.650 \text{ lb-mole N}_2}{\text{lb-mole dry gas}} \right. = 65.0 \text{ lb-moles N}_2$$

$$(100)(0.140) \text{ lb-moles CO}_2 = 14.0 \text{ lb-moles CO}_2$$

$$(100)(0.110) \text{ lb-moles CO} = 11.0 \text{ lb-moles CO}$$

$$(100)(0.100) \text{ lb-moles O}_2 = \frac{10.0 \text{ lb-moles O}_2}{107.5 \text{ lb-moles wet gas}}$$

The mole fractions of each stack gas component may now easily be calculated:

$$y_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{7.53}{107.5} \frac{\text{lb-moles H}_2\text{O}}{\text{lb-moles wet gas}} = 0.070 \frac{\text{lb-mole H}_2\text{O}}{\text{lb-mole wet gas}}, \dots$$

Beberapa pengertian

- ***Oksigen teoritis :***

mol atau molar flow rate O_2 yang diperlukan untuk pembakaran sempurna seluruh bahan bakar yang dimasukkan, dengan menganggap bahwa semua karbon dioksidasi menjadi CO_2 .

- ***Udara teoritis :***

jumlah udara yang mengandung sejumlah O_2 teoritis

- ***Excess udara :***

jumlah kelebihan udara pada reaksi yang menggunakan udara berlebih

$$\% \text{ excess} = \frac{(\text{mol udara masuk} - \text{mol udara teori}) \times 100\%}{\text{mol udara teori}}$$

Contoh soal

- Etana dibakar dengan udara 50% berlebih. Persen konversi etana 90% (terbakar). 25% bereaksi membentuk CO dan sisanya (75%) bereaksi membentuk CO₂. Hitung komposisi molar gas hasil pembakaran dalam basis kering.

penyelesaian



Konversi $\text{C}_2\text{H}_6 = 90\%$

Basis 100 mol C_2H_6 mula-mula,

C_2H_6 bereaksi = 90 mol, di reaksi 1) $0,75 \times 90 = 67,5$ mol

di reaksi 2) $0,25 \times 90 = 22,5$ mol

penyelesaian

Udara terdiri atas O₂ (21%) dan N₂ (79%)

Jumlah O₂ teoritis = $[(7/2) * 67,5]$

Jumlah O₂ bereaksi di rx 1 = $[(7/2) * 67,5]$

= 236,25 mol

Jumlah O₂ excess/masuk = $1,5 * 236,25$ mol

= 354,375 mol

Jumlah N₂ umpan = $(79 / 21) * 354,375$ mol

= 1333,125 mol

Jumlah udara umpan = $(100 / 79) * 1333,125$ mol

= 1687,5 mol

C₂H₆ yang bereaksi di
reaksi 1

penyelesaian

Komposisi gas keluar (basis kering) :

$$\text{CO}_2 = 2 * 67,5 \text{ mol} = 135 \text{ mol}$$

$$\text{CO} = 2 * 22,5 \text{ mol} = 45 \text{ mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_6 = 100 - 90 \text{ mol} = 10 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{O}_2 &= 354,375 - 236,25 - 56,25 \text{ mol} \\ &= 61,875 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{N}_2 = 1333,125 \text{ mol}$$

Lanjutkan dalam bentuk persentase!

Soal (aplikasi tie component)

Campuran CH_4 dan H_2 dibakar secara sempurna dalam furnace.

Analisa gas keluar cerobong (stack gas) basis kering adalah :

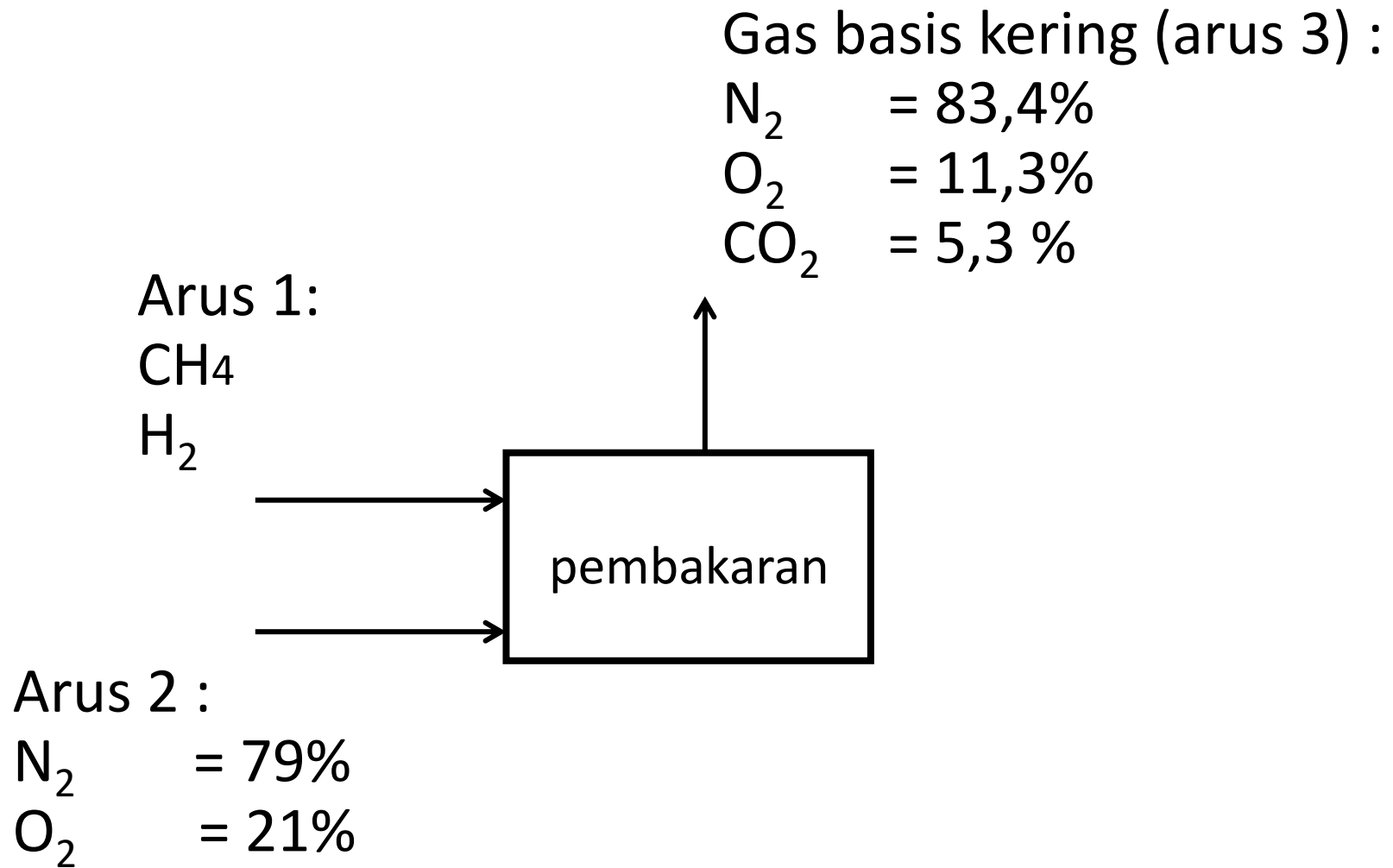
$$\text{N}_2 = 83,4\%$$

$$\text{O}_2 = 11,3\%$$

$$\text{CO}_2 = 5,3 \%$$

a. Tentukan perbandingan mol H_2/CH_4 !

b. Tentukan perbandingan mol $(\text{H}_2 + \text{CH}_4)$ dengan udara !



Reaksi yang terjadi :



Penyelesaian

komponen	komposisi	arus 1	komposisi	arus 2	komposisi	arus 3
	(%)	mol	(%)	mol	(%)	mol
CH4	90,77	5,30	0,00	0,00	0,00	0,00
H2	9,23	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00
O2	0,00	0,00	21,00	22,17	11,30	11,30
N2	0,00	0,00	79,00	83,40	83,40	83,40
CO2	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30	5,30
H2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	100,00	5,84	100,00	105,57	100,00	100,00

N2 : tie
component
karena
jumlahnya
selalu tetap

Basis
perhitungan
100 mol gas

SOAL

Metan dibakar dengan oksigen sehingga menghasilkan CO_2 dan H_2O . Seratus lima puluh Kgmol/jam umpan yang terdiri atas 20% CH_4 , 60% O_2 dan 20% CO_2 diumpankan ke reaktor. Konversi limiting reactant hanya 90%.

Tentukan:

- Komposisi (dalam mol dan Kg) gas keluar reaktor.
- Excess reactant.

2. Analisa gas basis kering keluar reaktor etilen oksida sbb : C₂H₄ 3,2%, C₂H₄O 0,824%, N₂ 79,6%, CO₂ 5,5%, O₂ 10,8%.

Reaksi yang terjadi :



Hitung :

- a. Selektivitas
- b. Konversi perpass
- c. RC / W
- d. Perbandingan C₂H₄ dg udara