

# 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  $\longrightarrow$   $\text{CO}_2$  (pembakaran sempurna)



$\text{CO}$  (pembakaran tak sempurna)

hidrogen  $\longrightarrow$   $\text{H}_2\text{O}$

sulfur  $\longrightarrow$   $\text{SO}_2$

senyawa  $\text{NO}_x$  terjadi akibat reaksi antara nitrogen di udara dengan oksigen pada suhu pembakaran yang tinggi ( $1800\text{ }^\circ\text{C}$ )

Sumber oksigen : udara

$\text{O}_2$  murni (jarang dilakukan dalam skala komersial)

## Komposisi udara kering

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

Dalam perhitungan reaksi pembakaran, udara dianggap mempunyai komposisi 79% N<sub>2</sub> dan 21% O<sub>2</sub> (= 3,76 mol N<sub>2</sub> / mol O<sub>2</sub>)

Komposisi gas hasil pembakaran :

basis basah : termasuk uap air

basis kering : tidak termasuk uap air

## Composition on Wet and Dry Bases

### 1. Wet Basis $\implies$ Dry Basis.

A stack gas contains 60.0 mole%  $\text{N}_2$ , 15.0%  $\text{CO}_2$ , 10.0%  $\text{O}_2$ , and the balance  $\text{H}_2\text{O}$ . Calculate the molar composition of the gas on a dry basis.

*Basis: 100 mol Wet Gas*

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



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

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

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

N <sub>2</sub>	65%
CO <sub>2</sub>	14%
CO	11%
O <sub>2</sub>	10%

A humidity measurement shows that the mole fraction of H<sub>2</sub>O 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 CO<sub>2</sub>. Hitung komposisi molar gas hasil pembakaran dalam basis kering.

# penyelesaian



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

Basis 100 mol  $\text{C}_2\text{H}_6$  mula-mula,

$\text{C}_2\text{H}_6$  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  $O_2$  (21%) dan  $N_2$  (79%)

$$\text{Jumlah } O_2 \text{ teoritis} = [(7/2) * 67,5]$$

$$\text{Jumlah } O_2 \text{ bereaksi di rx 1} = [(7/2) * 67,5]$$

$$= 236,25 \text{ mol}$$

$$\text{Jumlah } O_2 \text{ excess/masuk} = 1,5 * 236,25 \text{ mol}$$

$$= 354,375 \text{ mol}$$

$$\text{Jumlah } N_2 \text{ umpan} = (79 / 21) * 354,375 \text{ mol}$$

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

$$\text{Jumlah udara umpan} = (100 / 79) * 1333,125 \text{ mol}$$

$$= 1687,5 \text{ mol}$$

$C_2H_6$  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  $\text{CH}_4$  dan  $\text{H}_2$  dibakar secara sempurna dalam furnace.

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

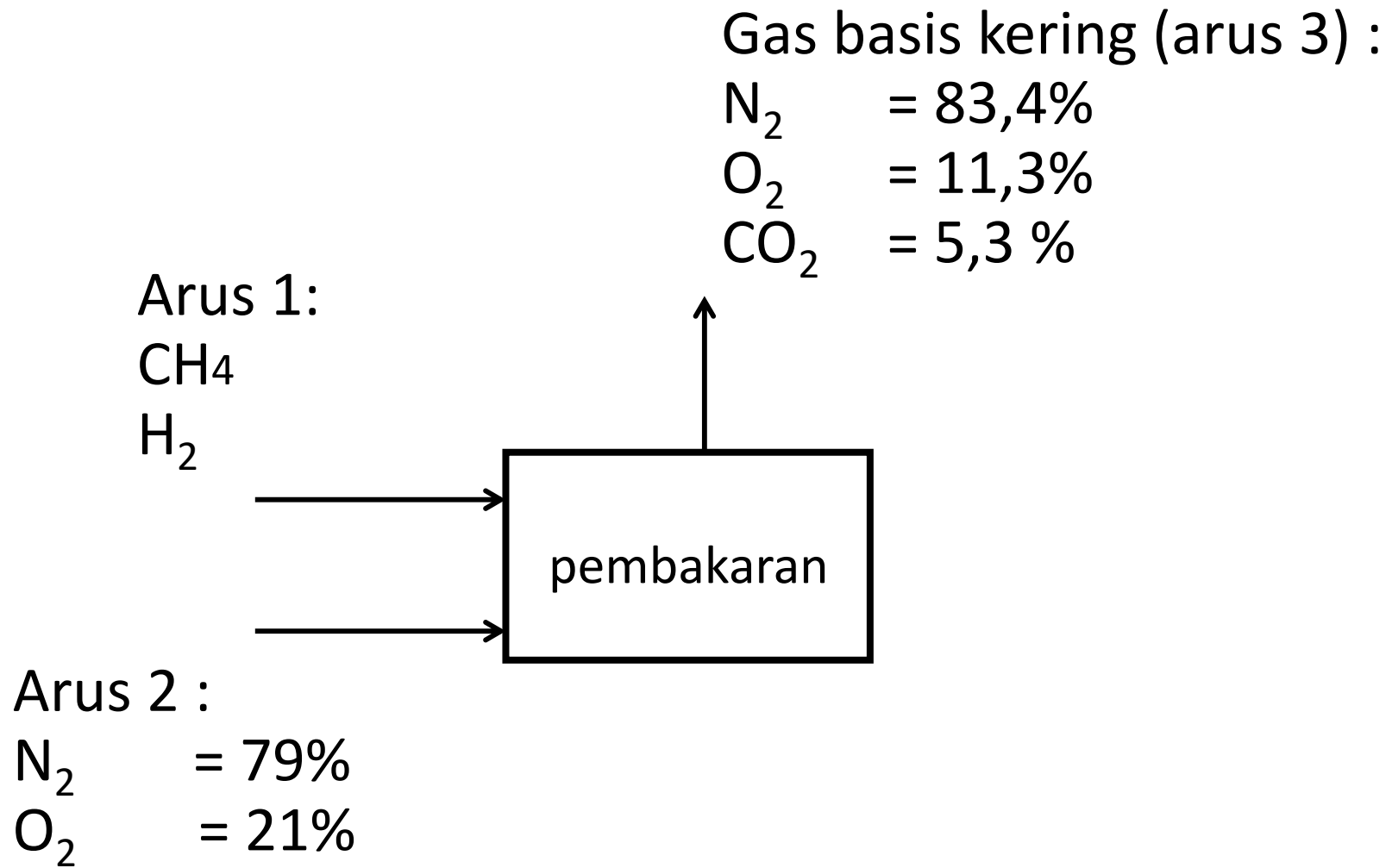
$$\text{N}_2 = 83,4\%$$

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

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

a. Tentukan perbandingan mol  $\text{H}_2/\text{CH}_4$  !

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



Reaksi yang terjadi :



# Penyelesaian

komponen	komp	arus 1	komp	arus 2	komp	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  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Seratus lima puluh Kgmol/jam umpan yang terdiri atas 20%  $\text{CH}_4$ , 60%  $\text{O}_2$  dan 20%  $\text{CO}_2$  diumpankan ke reaktor. Konversi limiting reactant hanya 90%.

Tentukan:

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