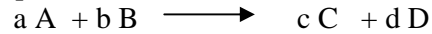


BAB III NERACA MASSA DENGAN REAKSI KIMIA

Pada kuliah terdahulu telah diberikan contoh kasus neraca massa tanpa reaksi kimia. Berikut ini akan dibahas neraca massa dimana reaksi terjadi di dalam sistem yang ditinjau.

Dalam reaksi kimia, stoikiometri reaksi kimia harus diperhatikan.

Contoh suatu persamaan reaksi :



Reaksi di atas mempunyai arti:

1. **Kualitatif**, yaitu bahan apa yang direaksikan dan yang dihasilkan.
Bahan A dan B merupakan reaktan atau pereaksi.
Bahan C dan D merupakan produk atau hasil reaksi.
2. **Kuantitatif**, yaitu perbandingan mol-mol sebelum dan sesudah reaksi.
Jika 1 mol A bereaksi maka (b/a) mol B yang bereaksi.

Di dalam praktek, jarang terdapat peristiwa dimana reaksi berjalan secara stoikiometri tepat. Biasanya, salah satu reaktan berada dalam jumlah yang berlebihan, sehingga reaksi tidak bisa berjalan stoikiometris. Pada akhir reaksi masih ada sisa-sisa jenuh reaktan.

Dalam perhitungan kuantitatif sistem reaksi yang demikian, perlu diketahui beberapa istilah seperti di bawah ini :

1. limiting reactant (reaktan pembatas)

Reaktan yang jumlah molnya paling sedikit bila ditinjau dari segi stoikiometri.

Atau reaktan yang akan habis terlebih dulu dibanding reaktan lainnya.

2. Excess reactant (zat reaktan yang berlebihan).

3. Percent excess of reactant = persen kelebihan reaktan yang berlebih.

$$\% \text{excess} = \frac{\text{jumlah mol kelebihan dari kebutuhan teoritis}}{\text{jumlah mol kebutuhan teoritis}} \times 100 \%$$

Jumlah mol kelebihannya = (mol umpan) – (mol kebutuhan teoritisnya).

Teoritis merupakan kondisi jika limiting reactant habis bereaksi.

4. Konversi.

$$\text{Konversi} = \frac{\text{jumlah mol reaktan yang bereaksi}}{\text{jumlah mol reaktan yang masuk reaktor}} \times 100\%$$

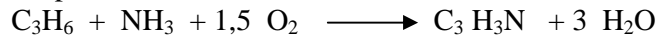
nilai konversi = 0 sampai dengan 100% (=1,00).

5. Yield/rendemen.

$$\text{Yield} = \frac{\text{berat hasil}}{\text{berat umpan}} \times 100\%$$

Ingat : untuk NM yang melibatkan reaksi kimia maka bekerjalah dengan satuan mol. Jika basis dinyatakan dalam satuan massa, maka ubahlah terlebih dulu menjadi satuan mol.

Contoh 1 : Akrilonitril diproduksi dengan mereaksikan propilen, amonia dan oksigen, seperti reaksi:



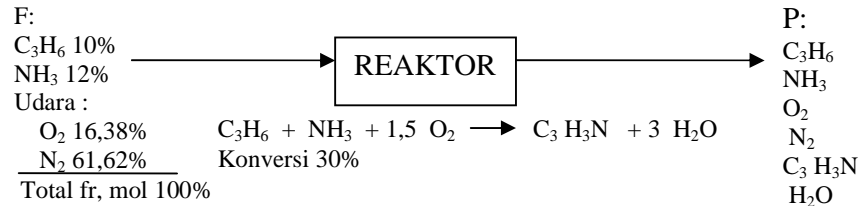
Umpan reaktor berisi 10% propilen, 12% amonia, dan 78% udara. Tentukan:

- limiting reactant.
- % excess reactant.
- Jika konversi limiting reactant hanya 30%, berapa rasio (mol akrilonitril/molNH₃ umpan).
- Komposisi di arus keluar reaktor.

Penyelesaian:

1. skema diagram alir:

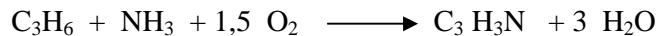
Komponen di arus produk (P) diprediksi berdasarkan data komposisi F, persamaan reaksi dan konversi.



2. Analisis NM

Basis perhitungan : 100 gmol F

Dipilih F sebagai basis, karena data kuantitatif berupa komposisi lengkap.



NM untuk menentukan limiting reactant

Komponen	Umpan, gmol	Reaksi, gmol	Sisa, gmol
C ₃ H ₆	10	10	0
NH ₃	12	10	2
O ₂	16,38	15	1,38

Terlihat bahwa C₃H₆ habis bereaksi terlebih dahulu dibanding reaktan yang lain, maka C₃H₆ adalah limiting reactant.

Menentukan % excess:

$$\% \text{ excess NH}_3 = (2/10).100\% = 20\%$$

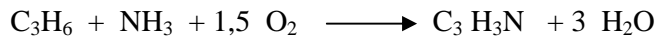
$$\% \text{ excess O}_2 = (1,38/15).100\% = 9,2\%$$

NM jika konversi = 30%:

Karena limiting reactant-nya adalah C₃H₆, maka konversi 30% adalah konversi C₃H₆.

$$30\% = \frac{\text{C}_3\text{H}_6 \text{ yang bereaksi}}{\text{C}_3\text{H}_6 \text{ umpan reaktor}}$$

$$\text{C}_3\text{H}_6 \text{ yang bereaksi} = 0,3.10 = 3 \text{ gmol}$$



Komponen	Umpan, gmol	Reaksi, gmol	Produk, gmol
C ₃ H ₆	10	3	10-3=7
NH ₃	12	3	12-3=9
O ₂	16,38	4,5	11,88
N ₂	61,62	0	61,62
C ₃ H ₃ N	0	3	3
H ₂ O	0	(3. 3) = 9	9
TOTAL	100	22,5	101,5

Jadi rasio (mol akrilnitril/NH₃ umpan)=3/10

Komposisi arus di P:

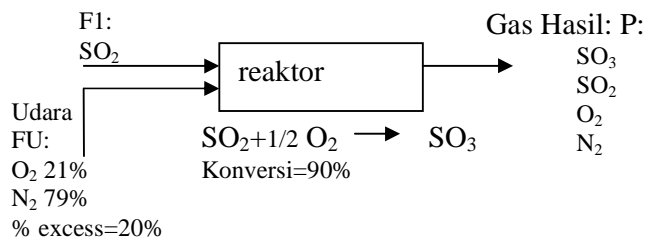
Komponen	Produk, gmol	Komposisi, %
C ₃ H ₆	10-3=7	(7/101,5)100% = 6,89%
NH ₃	12-3=9	8,87%
O ₂	11,88	11,70%
N ₂	61,62	60,71%
C ₃ H ₃ N	3	2,96%
H ₂ O	9	8,87%
P = 101,5		100%

Contoh 2: Suatu reaktor digunakan untuk mengoksidasi SO₂ menjadi SO₃. Udara umpan berlebihan 20% dan konversi SO₂ hanya 90%. Tentukan komposisi gas hasil reaktor.

Penyelesaian:

a. **Skema diagram alir:**

Komponen di arus produk (P) diprediksi berdasarkan data komposisi F1, FU, persamaan reaksi, konversi dan % excess.



Dicari : komposisi gas hasil (P).

b. **Basis perhitungan.**

Diambil basis perhitungan = 100 mol F1.

c. **Neraca Massa di sekitar Reaktor:**

NM SO₂ :

Input - reaksi = output

100 - reaksi = output

Berdasarkan data konversi:

$$\text{Konversi} = 90\% = \frac{\text{molSO}_2 \text{ yang bereaksi}}{\text{molSO}_2 \text{ umpan reaktor}}$$

Maka SO₂ yang bereaksi = 90%. 100 = 90 mol.

Jadi,

SO₂ output = SO₂ dalam gas hasil = 100 - 90 = 10 mol.

NM O₂:

Input - reaksi = output

Berdasarkan persamaan reaksi, jika SO₂ yang bereaksi = 90 mol, maka O₂ yang bereaksi = ½ . 90 = 45 mol.

Berdasarkan data % excess :

$$20\% = \frac{\text{mol O}_2 \text{ umpan} - \text{mol O}_2 \text{ yang bereaksi jika SO}_2 \text{ habis}}{\text{mol O}_2 \text{ jika SO}_2 \text{ habis bereaksi}}$$

maka O₂ umpan = 1,2 . (½ . 100) = 60 mol.

Maka NM O₂ menjadi:

O₂ output = O₂ dalam gas hasil = 60 – 45 = 15 mol.

NM N₂:

Input = output

Jika O₂ umpan = 60 mol,

maka N₂ umpan = (79% / 21%). 60 = 225,71 mol.

NM SO₃:

Input + reaksi = output

0 + reaksi = output

Berdasarkan persamaan reaksi, jika SO₂ yang bereaksi= 90 mol, maka SO₃ yang dihasilkan dari reaksi = 90 mol.

Maka:

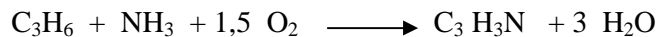
SO₃ output= SO₃ dalam gas hasil = 90 mol.

d. Rekapitulasi:

Komponen	Umpan, mol	Reaksi, mol	Gas hasil (P)	% mol dalam P
SO ₂	100	90	10	2,93
SO ₃	0	90	90	26,42
O ₂	60	45	15	4,40
N ₂	225,71	0	225,71	66,25
TOTAL	385,71	225	340,71	100

Soal latihan Neraca massa dengan reaksi.

- Akrilonitril diproduksi dengan mereaksikan propilen, amonia dan oksigen, seperti reaksi:



Umpan reaktor berisi 15% propilen, 7% amonia, dan 78% udara.

Tentukan:

- limiting reactant.
 - % excess reactant.
 - Jika konversi limiting reactant hanya 30%, berapa rasio (mol akrilonitril/molNH₃ umpan).
 - Komposisi di arus keluar reaktor.
- Metan dibakar dengan oksigen sehingga menghasilkan CO₂ dan H₂O. Seratus lima puluh Kgmol/jam umpan yang terdiri atas 20% CH₄, 60% O₂ dan 20% CO₂ diumpankan ke reaktor. Konversi limiting reactant hanya 90%. Tentukan:
 - Komposisi (dalam mol dan Kg) gas keluar reaktor.
 - Excess reactant.
 - Suatu konverter digunakan untuk mengoksidasi SO₂ menjadi SO₃. Umpan reaktor terdiri atas 12% SO₂, 8% O₂ dan 80% N₂. Jika konversi SO₂ hanya 95%, tentukan komposisi gas hasil konverter.

4. Suatu konverter digunakan untuk mengoksidasi SO_2 menjadi SO_3 . Umpan reaktor terdiri atas 12% SO_2 , 8% O_2 dan 80% N_2 . Jika konversi SO_2 hanya 95% dan diinginkan SO_3 yang dihasilkan 100 mol/jam, tentukan :
- kecepatan gas umpan.
 - komposisi gas hasil konverter.
5. Pada produksi vinil klorid, dikloroetan dipirolisis dalam reaktor, dengan reaksi:
- $$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl} \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_3\text{Cl} + \text{HCl}$$
- Agar pirolisis ini tidak menghasilkan karbon, maka konversi dibatasi 50%. Jika diinginkan memproduksi 5000 Kg/jam vinilklorid, tentukan:
- dikloetan yang dibutuhkan.
 - Komposisi gas keluar reaktor.
6. Sintesa amonia mengikuti reaksi ebagai berikut:
- $$\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \longrightarrow 2 \text{NH}_3$$
- Suatu pabrik mengumpankan 4202 lb amonia dan 1046 lb hidrogen ke dalam reaktor setiap jam, diproduksi amonia murni 3060 lb / jam.
- tentukan limiting reactant.
 - % excess reactant.
 - C. Konversi.
7. Gypsum (plaster Paris ; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) diproduksi dengan mereaksikan CaCO_3 dengan asam sulfat. Batu kapur digunakan sebagai sumber CaCO_3 . Batu kapur mempunyai komposisi : CaCO_3 96,89%; MgCO_3 1,41% dan inert 1,70%. Sedangkan asam sulfat yang digunakan larutan asam sulfat 98%. Jika 5 ton batu kapur bereaksi sempurna, tentukan:
- Kg gipsum anhidros yang dihasilkan.
 - Kg larutan asam sulfat yang dibutuhkan.
 - Kg CO_2 yang dihasilkan.
8. Lima lb bismuth (BM = 209) dipanaskan bersama satu lb sulfur sehingga membentuk Bi_2S_3 . Pada akhir reaksi massa hasil masih mengandung sulfur adalah 5% dari total hasil. Tentukan:
- limiting reactant.
 - % excess reactant.
 - % konversi.
9. Berapa gram kromat sulfit yang akan dibentuk dari 0,718 gram kromat oksit sesuai reaksi :
- $$2 \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3 \text{CS}_2 \longrightarrow 2\text{Cr}_2\text{S}_3 + 3\text{CO}_2$$
10. Batu barit berisi 100% BaSO_4 . Barit direaksikan dengan karbon dalam bentuk coke yang berisi 6% abu. Komposisi hasil :
- $\text{BaSO}_4 = 11,1\%$; $\text{BaS} = 72,8\%$; $\text{C} = 13,9\%$; dan abu 2,2 %. Reaksi:
- $$\text{BaSO}_4 + 4 \text{C} \longrightarrow \text{BaS} + 4 \text{CO}$$
- Tentukan: excess reactant, Persen excess, dan konversi.

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/>

PERIOD	GROUP	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1		1 1.0079 H HYDROGEN																	2 4.0026 He HELIUM
2		3 6.941 Li LITHIUM	4 9.0122 Be BERYLLIUM											5 10.811 B BORON	6 12.011 C CARBON	7 14.007 N NITROGEN	8 15.999 O OXYGEN	9 18.998 F FLUORINE	10 20.180 Ne NEON
3		11 22.990 Na SODIUM	12 24.305 Mg MAGNESIUM											13 26.982 Al ALUMINIUM	14 28.086 Si SILICON	15 30.974 P PHOSPHORUS	16 32.065 S SULPHUR	17 35.453 Cl CHLORINE	18 39.948 Ar ARGON
4		19 39.098 K POTASSIUM	20 40.078 Ca CALCIUM	21 44.956 Sc SCANDIUM	22 47.867 Ti TITANIUM	23 50.942 V VANADIUM	24 51.996 Cr CHROMIUM	25 54.938 Mn MANGANESE	26 55.845 Fe IRON	27 58.933 Co COBALT	28 58.693 Ni NICKEL	29 63.546 Cu COPPER	30 65.39 Zn ZINC	31 69.723 Ga GALLIUM	32 72.64 Ge GERMANIUM	33 74.922 As ARSENIC	34 78.96 Se SELENIUM	35 79.904 Br BROMINE	36 83.80 Kr KRYPTON
5		37 85.468 Rb RUBIDIUM	38 87.62 Sr STRONTIUM	39 88.906 Y YTRIUM	40 91.224 Zr ZIRCONIUM	41 92.906 Nb NIOBIUM	42 95.94 Mo MOLYBDENUM	43 (98) Tc TECHNETIUM	44 101.07 Ru RUTHENIUM	45 102.91 Rh RHODIUM	46 106.42 Pd PALLADIUM	47 107.87 Ag SILVER	48 112.41 Cd CADMIUM	49 114.82 In INDIUM	50 118.71 Sn TIN	51 121.76 Sb ANTIMONY	52 127.60 Te TELLURIUM	53 126.90 I IODINE	54 131.29 Xe XENON
6		55 132.91 Cs CAESIUM	56 137.33 Ba BARIUM	57-71 La-Lu Lanthanide	72 178.49 Hf HAFNIUM	73 180.95 Ta TANTALUM	74 183.84 W TUNGSTEN	75 186.21 Re RHENIUM	76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM	78 195.08 Pt PLATINUM	79 196.97 Au GOLD	80 200.59 Hg MERCURY	81 204.38 Tl THALLIUM	82 207.2 Pb LEAD	83 208.98 Bi BISMUTH	84 (209) Po POLONIUM	85 (210) At ASTATINE	86 (222) Rn RADON
7		87 (223) Fr FRANCIUM	88 (226) Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 (261) Rf RUTHERFORDIUM	105 (262) Db DUBNIUM	106 (266) Sg SEABORGIUM	107 (264) Bh BOHRIUM	108 (277) Hs HASSIUM	109 (268) Mt MEITNERIUM	110 (281) Uuq UNUNNIUM	111 (272) Uuu UNUNUNIUM	112 (285) Uub UNUNBIUM	114 (289) Uuq UNUNQUADIUM					

RELATIVE ATOMIC MASS (A_r)

GROUP IUPAC

GROUP CAS

ATOMIC NUMBER

SYMBOL

ELEMENT NAME

Legend:

- Metal
- Semimetal
- Nonmetal
- Alkali metal
- Alkaline earth metal
- Transition metals
- Lanthanide
- Actinide
- Chalcogens element
- Halogens element
- Noble gas

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)

- Ne - gas
- Ga - liquid
- Fe - solid
- Tc - synthetic

LANTHANIDE

57 138.91 La LANTHANUM	58 140.12 Ce CERIUM	59 140.91 Pr PRASEODYMIUM	60 144.24 Nd NEODYMIUM	61 (145) Pm PROMETHIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.04 Yb YtterBIUM	71 174.97 Lu LUTETIUM
-------------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

ACTINIDE

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMERICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKELIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MENDELEVIUM	102 (259) No NOBELIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

Copyright © 1998-2003 EniG. (eni@ktf-split.hr)

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements with no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.
However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Editor: Aditya Vardhan (adivar@netlinx.com)