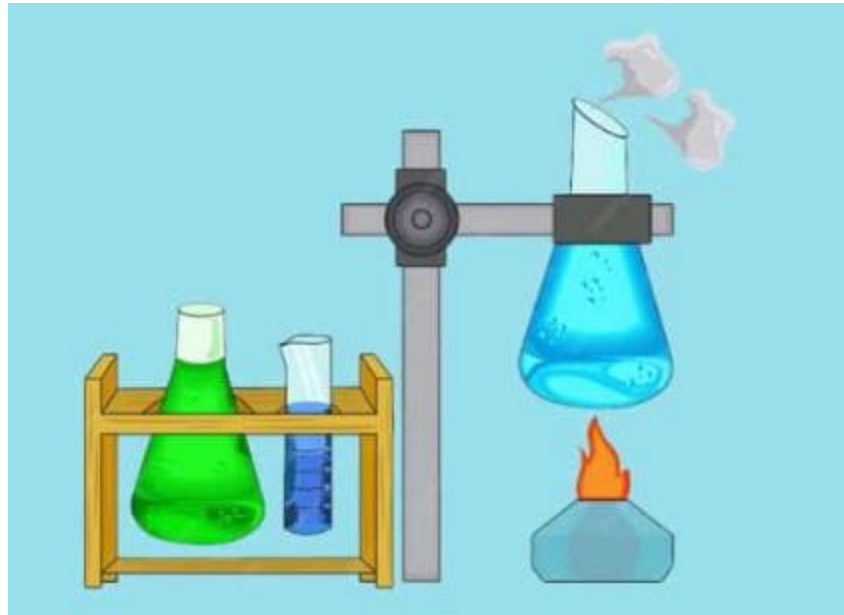


SAP 5.

PERHITUNGAN-PERHITUNGAN KIMIA (STOIKIOMETRI)



PERHITUNGAN-PERHITUNGAN KIMIA (STOIKIOMETRI)

- ❖ **Stoikiometri** adalah ilmu yang mempelajari **pengukuran kuantitatif** dari reaktan dan produk dalam reaksi kimia.
- ❖ Melibatkan perhitungan tentang **jumlah** partikel (atom, molekul, ion) dan **massa** yang terlibat dalam reaksi kimia.
- ❖ Pendekatan metode **mol** : koefisien reaksi dalam persamaan kimia dapat diartikan sebagai jumlah **mol** dari setiap zat.
- ❖ Meskipun satuan yang digunakan untuk reaktan (atau produk) mol, gram, liter (untuk gas), atau satuan lainnya, kita menggunakan satuan **mol** untuk menghitung jumlah produk yang terbentuk dalam reaksi kimia.

Tujuan utamanya adalah untuk menentukan **hubungan** antara **jumlah reaktan** yang terlibat dan **jumlah produk** yang dihasilkan dalam suatu reaksi kimia



Macam-macam Stoikiometri

1. **Stoikiometri Mol-Mol** → paling umum → disebut : **Metode mol**

Menggunakan jumlah mol reaktan dan produk dalam perhitungan.

2. **Stoikiometri Massa-Massa**

Menggunakan massa reaktan untuk menentukan massa produk yang dihasilkan, dan sebaliknya.

3. **Volume-Volume Stoikiometri**

Khusus untuk reaksi yang melibatkan gas, mengubah volume gas reaktan menjadi volume gas produk.

4. **Stoikiometri Larutan**

Menghitung konsentrasi larutan dalam reaksi kimia.

5. **Gas Stoikiometri**

Menghitung volume, tekanan, suhu, atau jumlah mol gas dalam suatu reaksi.

Perhitungan Stoikiometri pada Metode mol terdiri dari beberapa tahap

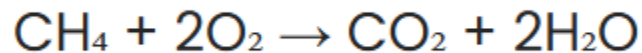
1. Tulis rumus yang benar untuk semua reaktan dan produk, dan setarakan persamaan kimianya (koefisien reaksi harus benar).
2. Konversi kuantitas dari semua zat yang diketahui (biasanya gram atau mg) menjadi mol $\rightarrow$ bobot/Mr = gram/Mr atau mg/Mr.
3. Gunakan koefisien reaksi untuk menentukan hubungan antara reaktan dan produk
4. menghitung jumlah mol dari kuantitas yang dicari atau yang tidak diketahui.

Dengan menggunakan jumlah mol yang telah dihitung , konversi kuantitas zat yang tidak diketahui menjadi satuan yang diperlukan (biasanya gram).

Untuk ini diperlukan data Ar atau Mr - nya.

5. Periksa bahwa jawabannya masuk akal dalam wujud fisiknya.

Misalnya, dalam reaksi pembakaran metana (CH_4) dalam udara, metana bereaksi dengan oksigen (O_2) untuk menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) menurut persamaan berikut:

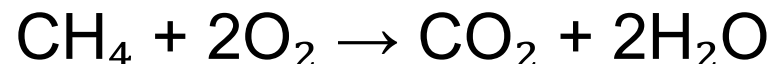


1 mol metana bereaksi dengan 2 mol oksigen untuk menghasilkan 1 mol karbon dioksida dan 2 mol air.

Misalkan ingin diketahui berapa gram air yang dihasilkan jika 5 gram metana dibakar sepenuhnya

Jawab :

1. Menuliskan Persamaan Reaksi:



2. Konversi Mol:

Mengkonversi 5 gram metana (CH_4) menjadi mol. Massa molar metana (CH_4) adalah sekitar 16 gram/mol, sehingga 5 gram CH_4 setara dengan sekitar 0,31 mol CH_4 . ($5/16$)

3. Menggunakan Koefisien Stoikiometri:

Dari persamaan reaksi, 1 mol CH_4 menghasilkan 2 mol H_2O . Menghitung Jumlah Air yang Dihasilkan: 0,31 mol CH_4 akan menghasilkan $2 \times 0,31$ mol H_2O . Massa molar air (H_2O) adalah sekitar 18 gram/mol, sehingga 0,62 mol H_2O setara dengan sekitar 11,16 ($=0,62 \times 18$) gram H_2O .

Dari perhitungan tersebut, kita dapat menyimpulkan bahwa 5 gram metana akan menghasilkan sekitar 11,16 gram air.

A. PERHITUNGAN BERDASARKAN PERSAMAAN REAKSI

Contoh: asetilen yang dibuat dari reaksi



- Berapa mol C_2H_2 yang dihasilkan dari 2,50 mol CaC_2 ?
- Berapa gram C_2H_2 yang terbentuk dari 0,500 mol CaC_2 ?
- Berapa mol air yang dibutuhkan jika 3,20 mol C_2H_2 terbentuk ?
- Berapa gram Ca(OH)_2 yang dihasilkan jika 28,0 g C_2H_2 yg terbentuk ?

Jawab:

- $1 \text{ mol CaC}_2 \leftrightarrow 1 \text{ mol C}_2\text{H}_2$
 $2,50 \text{ mol CaC}_2 \leftrightarrow \mathbf{2,50 \text{ mol C}_2\text{H}_2}$
- $0,500 \text{ mol CaC}_2 \leftrightarrow 0,500 \text{ mol C}_2\text{H}_2 = 0,5 \times 26 \text{ g} = \mathbf{13 \text{ g C}_2\text{H}_2}$
- $2 \text{ mol H}_2\text{O} \leftrightarrow 1 \text{ mol C}_2\text{H}_2$
 $\mathbf{6,40 \text{ mol H}_2\text{O}} \leftrightarrow 3,20 \text{ mol C}_2\text{H}_2$
- | | |
|--|-------------------------------|
| $1 \text{ mol Ca(OH)}_2 \leftrightarrow 1 \text{ mol C}_2\text{H}_2$ | $\text{Mr Ca(OH)}_2 = 74,1$ |
| $74,1 \text{ g} \qquad \qquad 26,0 \text{ g}$ | $\text{C}_2\text{H}_2 = 26,0$ |

 $\text{gram Ca(OH)}_2 = 28/26 \times 74,1 = \mathbf{79,8 \text{ g}}$

B. PERHITUNGAN PEREAKSI PEMBATA

- **Pereaksi pembatas** (*limiting reagent*): pereaksi yang bila habis, tidak ada reaksi lebih lanjut yang dapat terjadi dan tidak ada lagi produk yang terbentuk.
- **Pereaksi berlebih** (*excess reagent*): pereaksi yang terdapat dalam jumlah lebih besar daripada yang diperlukan untuk bereaksi dengan sejumlah tertentu pereaksi pembatas.
- Contoh : $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
2 mol H_2 bereaksi dgn 1 mol O_2
Bila 5 mol H_2 bereaksi dg 1 mol O_2 , $\rightarrow$ ketika reaksi selesai ada sisa 3 mol H_2 , maka O_2 disebut sebagai pereaksi pembatas, banyaknya O_2 membatasi jumlah H_2O yang terbentuk. H_2 merupakan pereaksi berlebih.

CATATAN:

- Senyawa kimia yg masih tersisa tidak dapat menjadi pereaksi pembatas
- Senyawa kimia yg jumlahnya tidak cukup merupakan pereaksi pembatas

Zn direaksikan dgn S membentuk ZnS dgn persamaan reaksi :



Sebanyak 12,0 g Zn dicampur dgn 6,50 g S dan dibiarkan bereaksi.

- Mana pereaksi pembatas ?
- Berapa gram ZnS yang terbentuk berdasarkan pereaksi pembatas yang ada dalam larutan ?
- Berapa gram sisa pereaksi yang lain yang tidak bereaksi ?

Jawab:

a. $\text{mol Zn} = 12/65,4 \times 1 \text{ mol} = 0,1835 \text{ mol}$

$$\text{mol S} = 6,50/32 \times 1 \text{ mol} = 0,2031 \text{ mol}$$

pereaksi pembatas : **Zn**

b. $1 \text{ mol Zn} \leftrightarrow 1 \text{ mol ZnS}$

$$0,1835 \text{ mol Zn} \leftrightarrow 0,1835 \text{ mol ZnS}$$

$$\text{gram ZnS} = 0,1835 \times 97,4 \text{ g} = \mathbf{17,8729 \text{ g}}$$

c. $\text{mol yang sisa} = 0,2031 - 0,1835 \text{ mol} = 0,0196 \text{ mol}$

$$\text{gram sisa} = 0,0196 \times 32 \text{ g} = \mathbf{0,6272 \text{ g}}$$

Aluminium bereaksi dgn H_2SO_4 menurut persamaan reaksi:



Jika 20,0 g Al dimasukkan ke dalam larutan yg mgd 115 g H_2SO_4

- Mana merupakan pereaksi pembatas ?
- Berapa mol H_2 yang terbentuk ?
- Berapa gram $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang terbentuk ?
- Berapa gram pereaksi berlebih yang masih tersisa setelah reaksi selesai ?

Jawab:

- $\text{mol Al} = 20/27 \times 1 \text{ mol} = 0,74074 \text{ mol}$
 $\text{mol H}_2\text{SO}_4 = 115/98 \times 1 \text{ mol} = 1,17346 \text{ mol}$
Pereaksi pembatas : **Al** (buktikan dengan perhitungan!)
- $2 \text{ mol Al} \leftrightarrow 3 \text{ mol H}_2$
 $\text{mol H}_2 = 3/2 \times 0,74074 \text{ mol} = \mathbf{1,1111 \text{ mol}}$
- $2 \text{ mol Al} \leftrightarrow 1 \text{ mol Al}_2(\text{SO}_4)_3$
 $\text{mol Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 1/2 \times 0,74074 \text{ mol} = 0,37037 \text{ mol}$
 $\text{gram Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 0,37037 \times 342 \text{ g} = 126,6665 \text{ g} = \mathbf{126,67 \text{ g}}$
- Pereaksi yg masih sisa = $1,17346 - (3/2 \times 0,74074) = 0,06236 \text{ mol}$
 $\text{Gram H}_2\text{SO}_4 = 0,06236 \times 98 \text{ g} = \mathbf{6,11 \text{ g}}$

Contoh soal:

Titanium adalah logam yang kuat, ringan, dan tahan terhadap korosi, digunakan dalam pembuatan roket, pesawat, mesin jet, dan rangka sepeda. Logam ini diperoleh dari reaksi antara titanium(IV) klorida dengan magnesium cair pada suhu 950° - 1150°.



Bila $3,54 \times 10^7$ g TiCl_4 direaksikan dengan $1,13 \times 10^7$ g Mg

- Hitunglah hasil teoretis Ti dalam gram.
- Hitunglah persen hasil jika ternyata didapatkan $7,91 \times 10^6$ g Ti

Jawab:

a). Ditentukan dulu pereaksi pembatasnya:

$$\text{mol TiCl}_4 = 3,54 \times 10^7 \text{ g TiCl}_4 \times \frac{1 \text{ mol TiCl}_4}{189,7 \text{ g TiCl}_4} = \mathbf{1,87 \times 10^5 \text{ mol TiCl}_4}$$

$$\text{mol Mg} = 1,13 \times 10^7 \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24,31 \text{ g Mg}} = 4,65 \times 10^5 \text{ mol Mg}$$

TiCl₄ pereaksi pembatas → Mg yang dibutuhkan = **2x1,87x10⁵ mol** = 3,74x10⁵ mol

Mg yang ada = 4,65x10⁵ mol → **TiCl₄ pereaksi pembatas. (Ar Ti = 47,88)**

$$\text{Jadi Ti yang terbentuk (teoretis)} = 1,87 \times 10^5 \text{ mol Ti} \times \frac{47,88 \text{ g Ti}}{1 \text{ mol Ti}} = \mathbf{8,95 \times 10^6 \text{ g Ti}}$$

$$\text{b). \% hasil} = \frac{7,91 \times 10^6 \text{ g}}{8,95 \times 10^6 \text{ g}} \times 100\% = \mathbf{88,38 \%}$$

C. HASIL REAKSI

- Jumlah pereaksi pembatas yang ada pada awal reaksi menentukan **hasil teoretis** (*theoretical yield*) dari reaksi tersebut, yaitu *jumlah produk yang akan terbentuk jika seluruh pereaksi pembatas terpakai pada reaksi.*
- Hasil teoretis adalah hasil maksimum yang didapat, seperti yang diprediksi dari persamaan reaksinya. Pada prakteknya, jumlah produk yang didapat hampir selalu lebih kecil dari hasil teoretisnya.
- **Hasil sebenarnya** (*actual yield*) adalah jumlah produk sebenarnya yang dihasilkan dari suatu reaksi.

- 
- Beberapa alasan mengapa terjadi perbedaan antara hasil yang sebenarnya dan hasil teoretis antara lain:

1. Reaksi kimia yang reversibel (dapat balik).
2. Kesulitan mengisolasi produk dari medium reaksi.
3. Beberapa reaksi bersifat kompleks, produk yang terbentuk mungkin dapat bereaksi lebih lanjut dengan antara produk-produk tersebut atau dengan pereaksi membentuk produk lain. Reaksi tambahan ini akan mengurangi hasil dari reaksi pertama.
4. Faktor suhu dan tekanan.

PERSEN HASIL

- Untuk menentukan efisiensi reaksi digunakan istilah **persen hasil** (*percent yield*) yang dapat diartikan sebagai perbandingan hasil sebenarnya terhadap hasil teoretis, dan dihitung sebagai berikut:

$$\% \text{ hasil} = \frac{\text{hasil sebenarnya}}{\text{hasil teoretis}} \times 100 \%$$

Persen hasil dapat berada antara 1% sampai 100%. Untuk itu diperlukan usaha untuk memaksimalkan hasil reaksi.

Contoh 1 :

- Etilena, C_2H_4 yang terbakar diudara membentuk CO_2 dan H_2O dengan pers. reaksi : $C_2H_4 + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O$
- Bila diperoleh dalam percobaan sebesar 3,48 g CO_2 dan hasil teoritis berdasarkan stoikiometri reaksi pembakaran adalah 5,43 g, Berapa hasil persentase CO_2 ?

Jawab :

- hasil persentase =
$$\frac{3,48 \text{ g } CO_2}{5,43 \text{ g } CO_2} \times 100 \% = 64,08 \%$$

Contoh 2 :

- Reaksi yang digunakan untuk membuat gas pendingin freon, CCl_2F_2 dibuat dari reaksi:



Dari percobaan, 14,6 g SbF_3 dapat bereaksi dengan CCl_4 yang berlebih. Setelah reaksi selesai; 8,62 g CCl_2F_2 dapat dipisahkan dari campuran reaksi.

- Berapa hasil teoritis CCl_2F_2 yang diperoleh dalam percobaan ini ?
- Berapa hasil sebenarnya CCl_2F_2 yang diperoleh (dalam g)
- Berapa persentase hasil CCl_2F_2 ?

Jawab :



$$1 \text{ mol SbF}_3 = 169,72 \text{ g} \quad \text{dan} \quad 1 \text{ mol CCl}_2\text{F}_2 = 114,891 \text{ g}$$

$$14,6 \text{ g SbF}_3 = \frac{14,6 \text{ g}}{169,72 \text{ g}} \times 1 \text{ mol} = 0,086 \text{ mol}$$

$$8,62 \text{ g CCl}_2\text{F}_2 = \frac{8,62 \text{ g}}{114,891 \text{ g}} \times 1 \text{ mol} = 0,075 \text{ mol}$$

a. Hasil teoritis CCl_2F_2 =

$$\frac{3}{2} \times \frac{0,086 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \times 114,891 \text{ g} = 14,82 \text{ g}$$

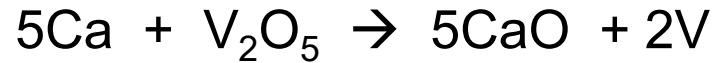
b. Hasil sebenarnya CCl_2F_2 = 8,62 g

c. Persen Hasil CCl_2F_2 =

$$\frac{8,62 \text{ g}}{14,82 \text{ g}} \times 100 \% = \mathbf{58,16 \%}$$

Soal latihan:

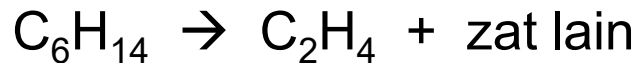
1. Dalam industri, logam vanadium, yang digunakan dalam campuran baja, diperoleh dengan jalan mereaksikan vanadium(V) oksida dengan kalsium pada suhu tinggi:



Dalam suatu proses, $1,54 \times 10^3$ g V_2O_5 bereaksi dengan $1,96 \times 10^3$ g Ca.

- a). Hitunglah hasil teoretis dari V.
- b). Hitunglah persen hasil jika diperoleh 803 g V.

2. Etilena (C_2H_4) adalah bahan kimia organik yang sangat penting dalam Industri. Etilena dibuat dari pemanasan heksana (C_6H_{14}) pada suhu 800°C .



Jika persen hasil dari produksi etilena adalah 42,5 %, berapa massa heksana yang digunakan dalam reaksi untuk menghasilkan 481 g etilena?



Selamat belajar