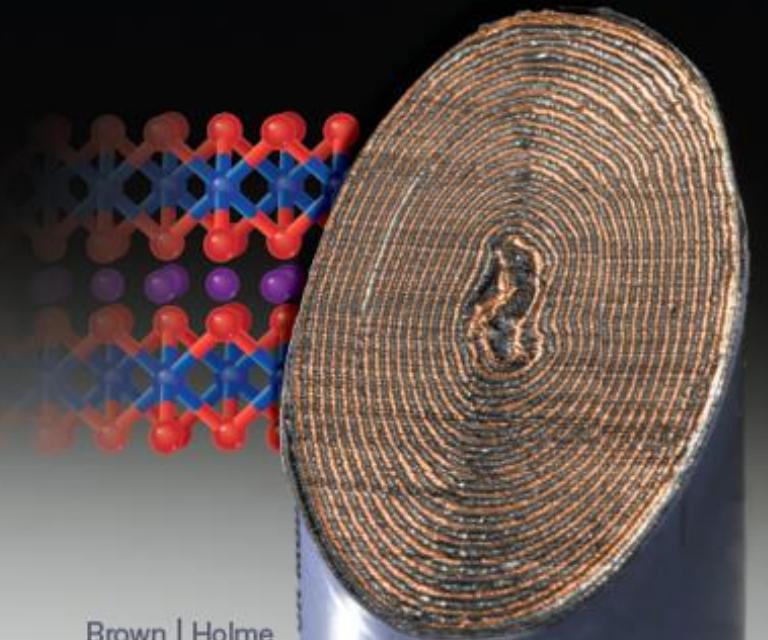


Chemistry

for Engineering Students 4th edition



Brown | Holme

Copyright ©2019 Cengage Learning. All Rights Reserved. May not be scanned, copied or duplicated, or posted to a publicly accessible website, in whole or in part.

Jacqueline Bennett • SUNY Oneonta

www.cengage.com/chemistry/brown

Bab 3

Molekul, Mol dan persamaan kimia

Tujuan bab

- Menjelaskan penyetaraan reaksi kimia sebagai penerapan **hukum kekekalan massa**
- Menulis persamaan kimia yang disetarakan
- Menjelaskan konsep mol
- Mengkonversi antara massa, jumlah molekul, dan jumlah mol
- Menentukan rumus kimia dari **analisis unsur**
- Membedakan antara **elektrolit** dan **nonelektrolit**
- Menentukan **konsentrasi larutan** dan menghitung **kemolaran**

Rumus kimia dan Persamaan kimia

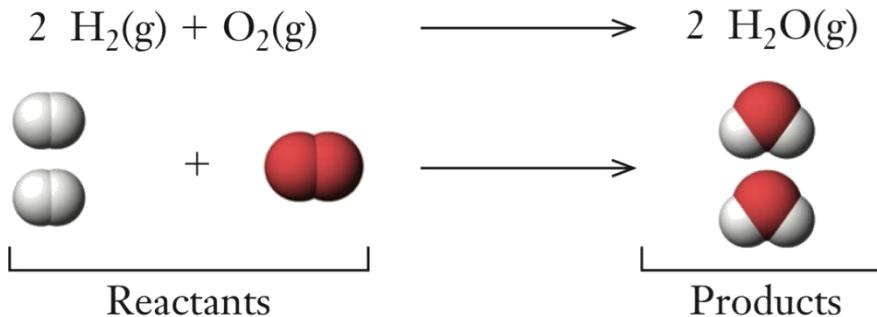
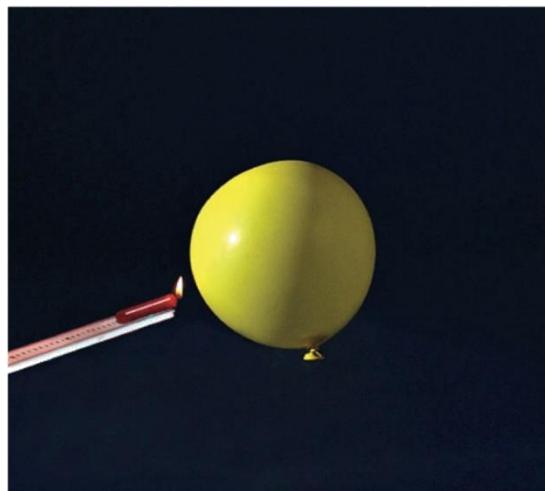
- **Rumus kimia** menggambarkan secara tepat senyawa kimia tertentu
- **Persamaan kimia** menggambarkan secara tepat reaksi kimia tertentu

reaktan (pereaksi) → produk (hasil reaksi)

- Label fasa:
 - Solid = (s) - padat
 - Liquid = (l) - cair
 - Gas = (g) - gas
 - Aqueous = (aq) – larutan dalam air
- Kadang diperlukan tanda di atas tanda panah
 - reaksi termal: kalor (Δ)
 - reaksi fotokimia: cahaya ($h\nu$)

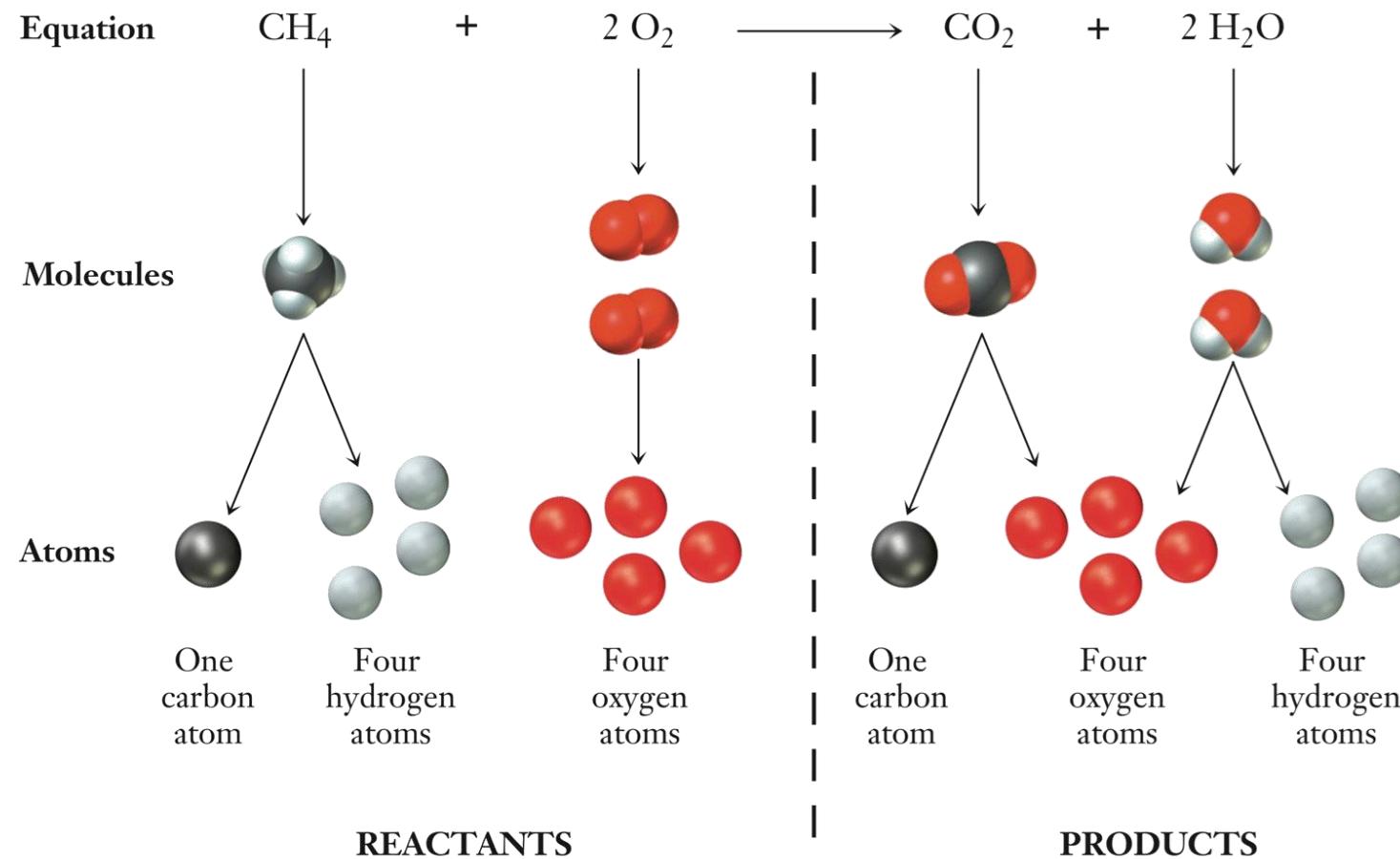
Penulisan persamaan kimia

Photos: © Cengage Learning/
Charles D. Winters



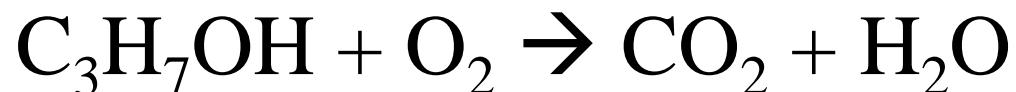
Penulisan reaksi antara hidrogen dan oksigen membentuk air

Penyetaraan persamaan kimia



Reaksi pembakaran metana yang setara

- Tuliskan koefisien reaksi yang setara bagi reaksi ini:



Larutan adalah campuran homogen dari dua/lebih zat

Zat terlarut adalah zat yang berada dalam jumlah yang lebih sedikit

Pelarut adalah zat yang berada dalam jumlah yang lebih banyak

Larutan

Soft drink (l)

Udara (g)

Soft Solder (s)

Pelarut

H_2O

N_2

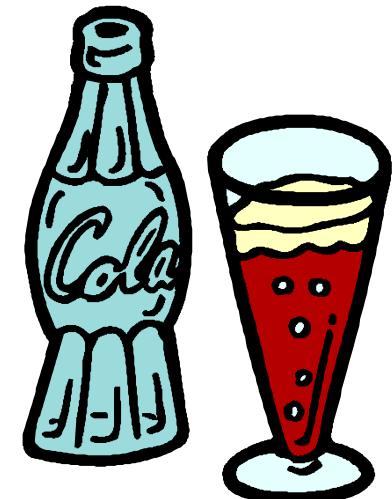
Pb

Zat terlarut

gula, CO_2

O_2 , Ar, CH_4

Sn



Pembuatan larutan

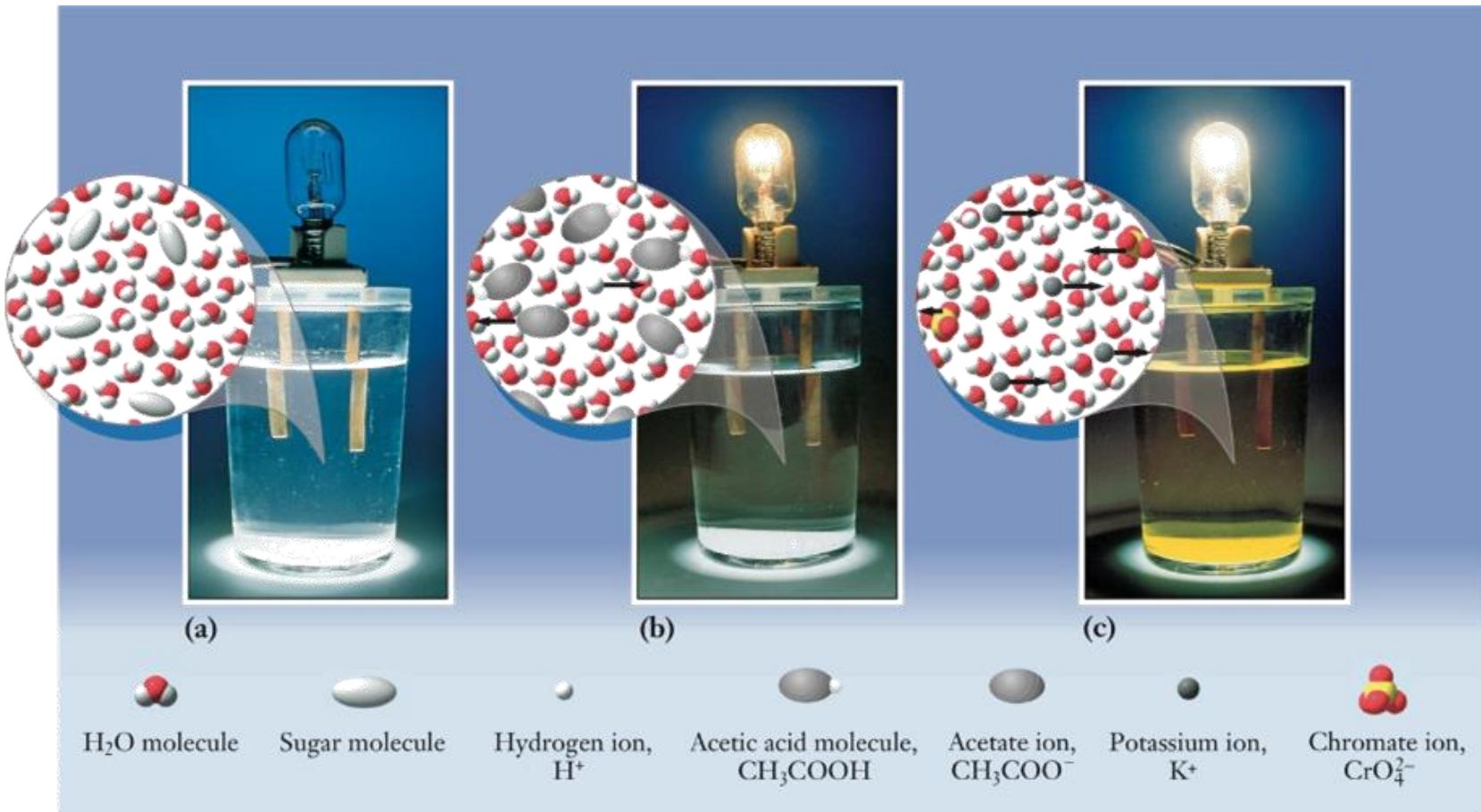
- CuSO₄ padat dimasukkan ke dalam labu
- Air sebagai pelarut dimasukkan ke dalam labu
- Labu dikocok untuk mempercepat pelarutan.
- Dua jenis larutan CuSO₄ dengan konsentrasi yang berbeda
 - Larutan yang lebih pekat mempunyai warna yang lebih tua



Photos: Lawrence S. Brown

Elektrolit adalah zat yang bila dilarutkan dalam air, larutannya menghantar listrik.

Nonelektrolit adalah zat yang bila dilarutkan dalam air, larutannya tidak menghantar listrik.



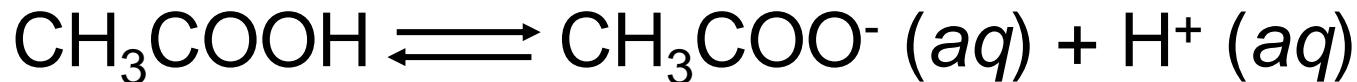
Bagaimana larutan dapat menghantar listrik?

Kation (+) dan Anion (-)

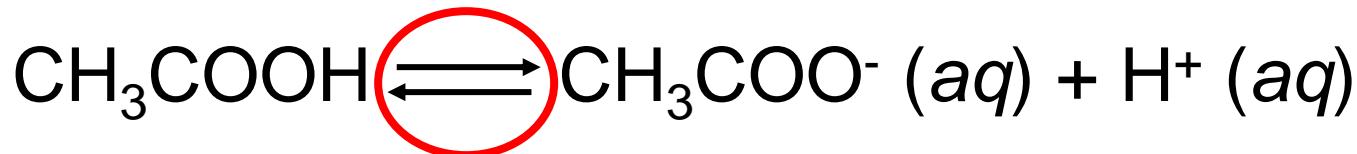
Elektrolit kuat – 100% disosiasi



Elektrolit lemah – tidak terdisosiasi sempurna



Ionisasi asam asetat



\rightleftharpoons Reaksi **reversibel** berlangsung dua arah.

Asam asetat adalah **elektrolit lemah** karena disosiasi dalam air tidak berlangsung sempurna.

Persamaan reaksi kimia

1) Senyawa dengan ikatan kovalen dilarutkan dalam air → senyawa tersebut tidak berubah dan tidak menghantar listrik
→ **non-elektrolit**



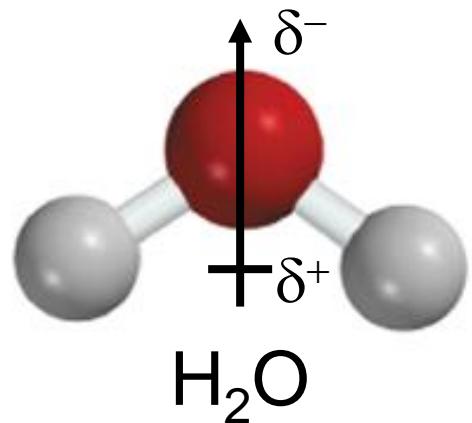
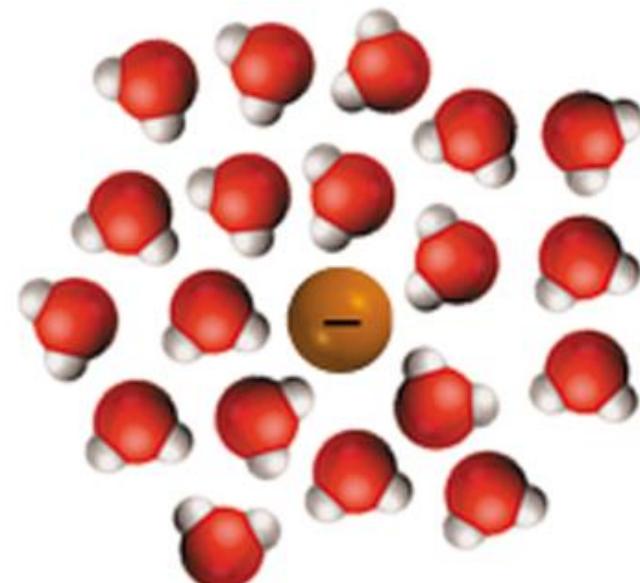
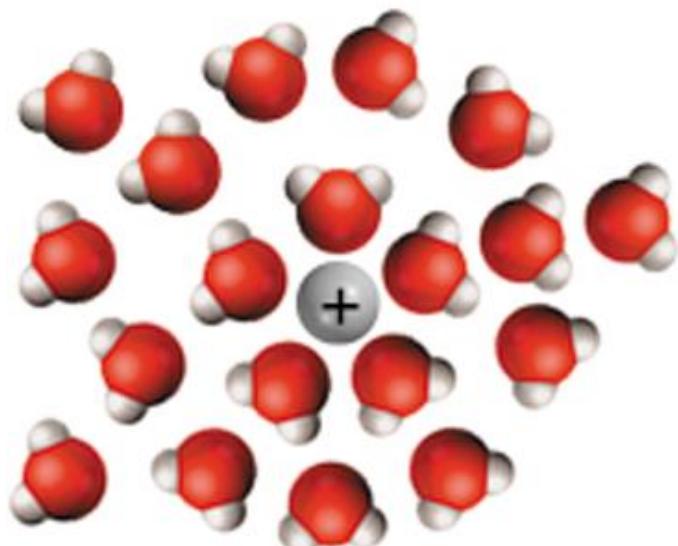
- Molekul air tidak dituliskan tetapi tercakup dalam (aq)

2) Reaksi disosiasi terjadi bila padatan larut dalam air dan berubah menjadi ion dan menghantar listrik

→ **elektrolit**

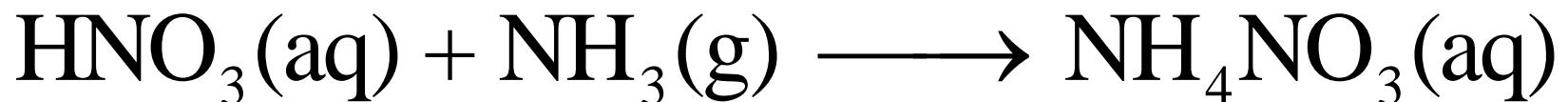


Hidrasi adalah proses di mana suatu ion dikelilingi oleh molekul air dalam orientasi tertentu.

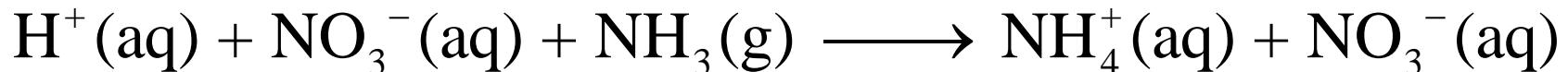


Persamaan molekuler menunjukkan persamaan lengkap

- Tidak semua spesi adalah molekul



Reaksi ion

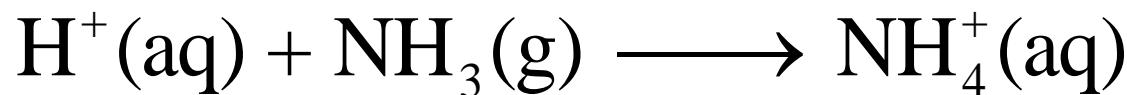


HNO₃ adalah **asam kuat sehingga dapat terdisosiasi sempurna. NH₃ tidak terdisosiasi**

Ion pendukung/penonton/penggembira (*spectator ions*)

= ion-ion yang tidak terlibat dalam reaksi

Persamaan ion total



Spectator ion = NO_3^-

Nonelektrolit tidak menghantar listrik

Karena tidak ada **kation (+)** dan anion (-) dalam larutan

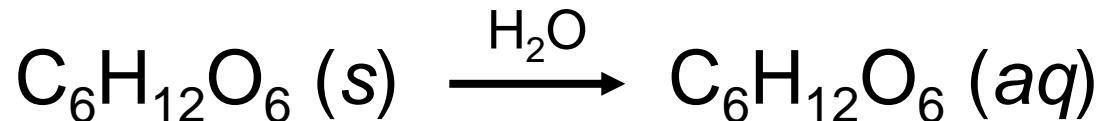


TABLE 4.1 Classification of Solutes in Aqueous Solution

Strong Electrolyte	Weak Electrolyte	Nonelectrolyte
HCl	CH ₃ COOH	(NH ₂) ₂ CO (urea)
HNO ₃	HF	CH ₃ OH (methanol)
HClO ₄	HNO ₂	C ₂ H ₅ OH (ethanol)
H ₂ SO ₄ *	NH ₃	C ₆ H ₁₂ O ₆ (glucose)
NaOH	H ₂ O [†]	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (sucrose)
Ba(OH) ₂		
Ionic compounds		

*H₂SO₄ has two ionizable H⁺ ions.

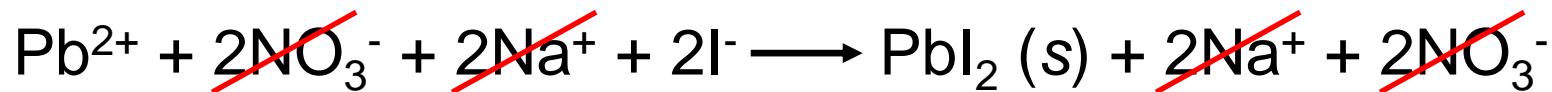
[†]Pure water is an extremely weak electrolyte.

Reaksi pengendapan

Endapan – padatan tidak larut yang terpisah dari larutan



persamaan molekuler



persamaan ionik



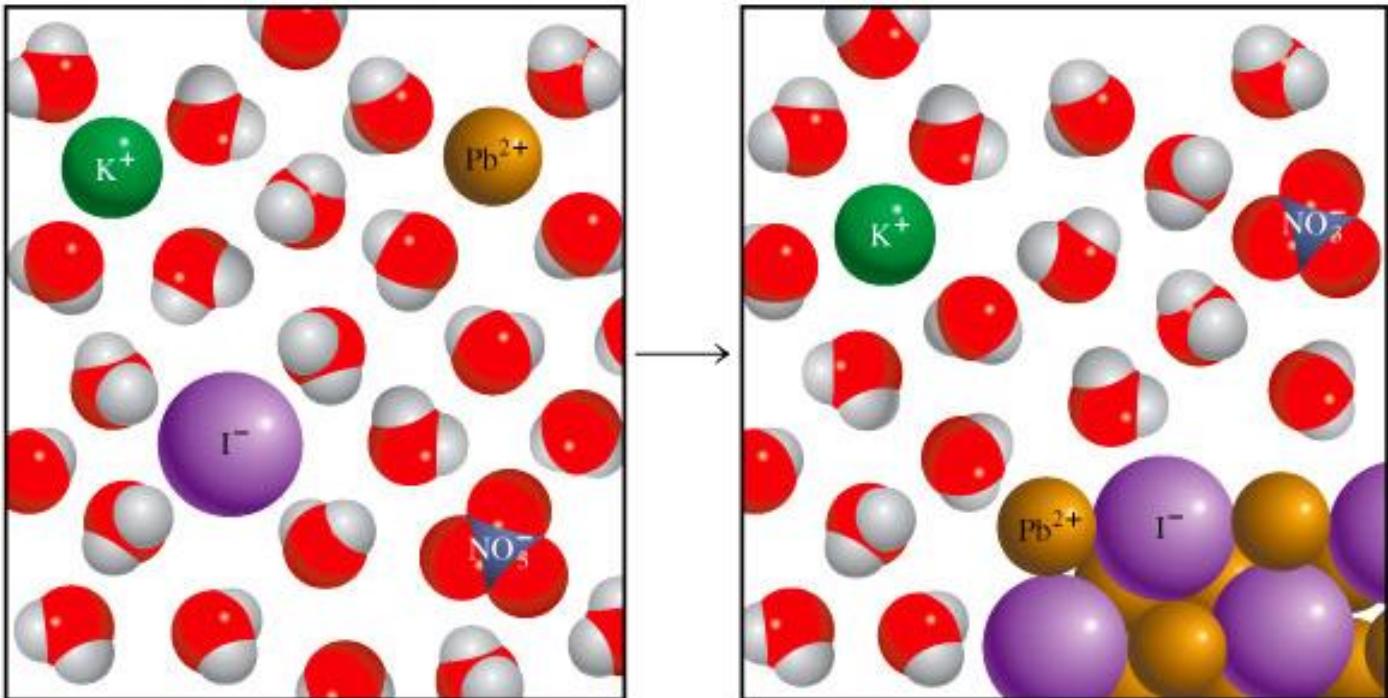
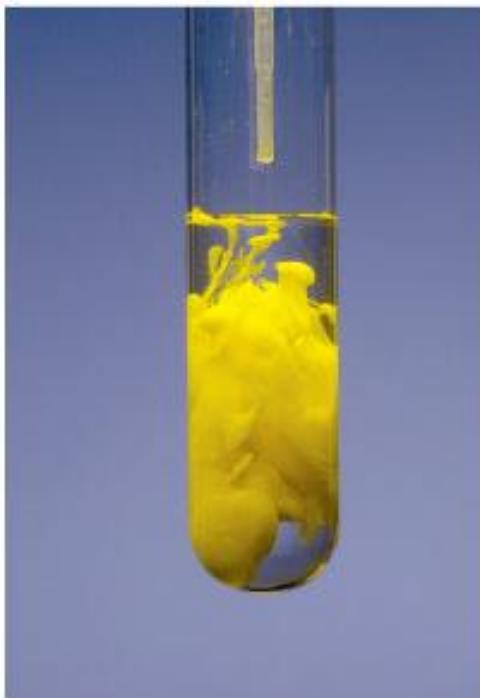
persamaan ionik net

Na^+ dan NO_3^- adalah ion **penggembira**



PbI_2

Pengendapan timbal yodida



PbI₂

Kelarutan adalah jumlah zat terlarut maksimum yang larut dalam sejumlah pelarut pada temperatur tertentu.

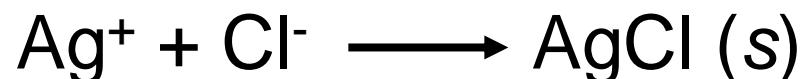
TABLE 4.2 Solubility Rules for Common Ionic Compounds in Water at 25°C

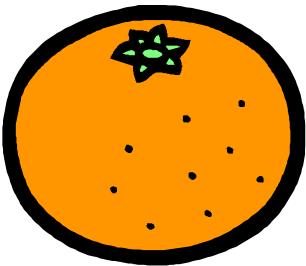
Soluble Compounds	Exceptions
Compounds containing alkali metal ions (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+) and the ammonium ion (NH_4^+)	
Nitrates (NO_3^-), bicarbonates (HCO_3^-), and chlorates (ClO_3^-)	
Halides (Cl^- , Br^- , I^-)	Halides of Ag^+ , Hg_2^{2+} , and Pb^{2+}
Sulfates (SO_4^{2-})	Sulfates of Ag^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Hg_2^{2+} , and Pb^{2+}
Insoluble Compounds	Exceptions
Carbonates (CO_3^{2-}), phosphates (PO_4^{3-}), chromates (CrO_4^{2-}), sulfides (S^{2-})	Compounds containing alkali metal ions and the ammonium ion
Hydroxides (OH^-)	Compounds containing alkali metal ions and the Ba^{2+} ion

Penulisan persamaan ion *net* (ion bersih)

1. Tulis persamaan molekuler yang setara.
2. Tulis persamaan ionik yang menunjukkan elektrolit kuat mengalami disosiasi sempurna menjadi kation dan anion.
3. Coret ion penggembira yang ada di sebelah kanan dan kiri persamaan
4. Cek kesetaraan muatan dan jumlah atom dalam persamaan ion net

Tuliskan persamaan ion net antara perak nitrat dan natrium klorida



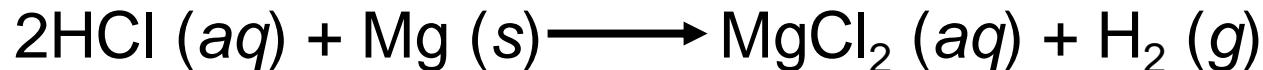


Asam

Rasanya asam. Cuka berasa asam asetat. Jeruk *lemon* mengandung asam sitrat.

Mengakibatkan perubahan warna dari zat warna tumbuh-tumbuhan

Bereaksi dengan logam tertentu menghasilkan gas hidrogen



Bereaksi dengan karbonat dan bikarbonat menghasilkan gas karbon dioksida.



Larutan asam dalam air menghantar listrik.

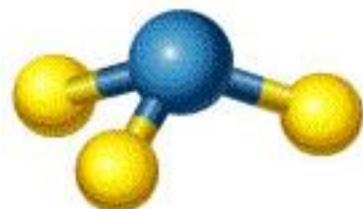
Basa

Rasa pahit.

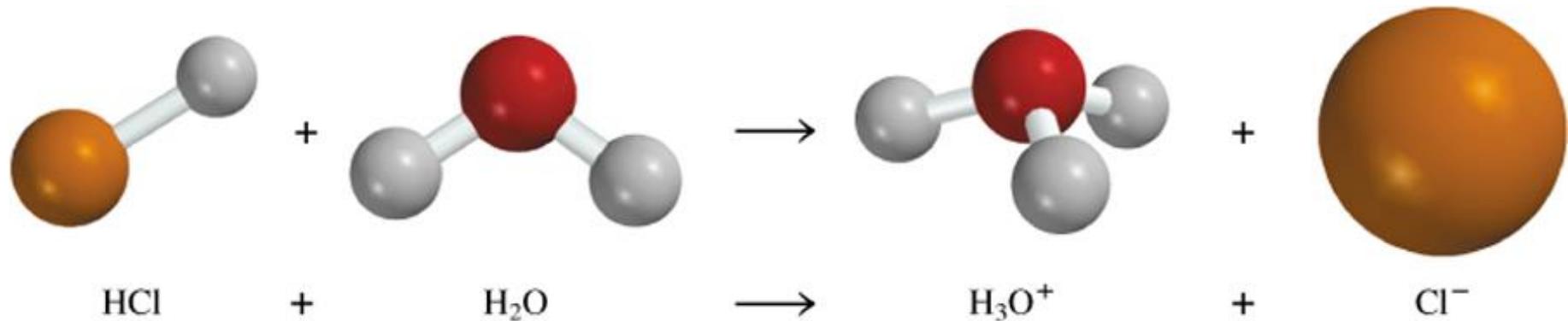
Terasa licin. Banyak sabun mengandung basa.

Menyebabkan perubahan warna dalam zat warna hayati.

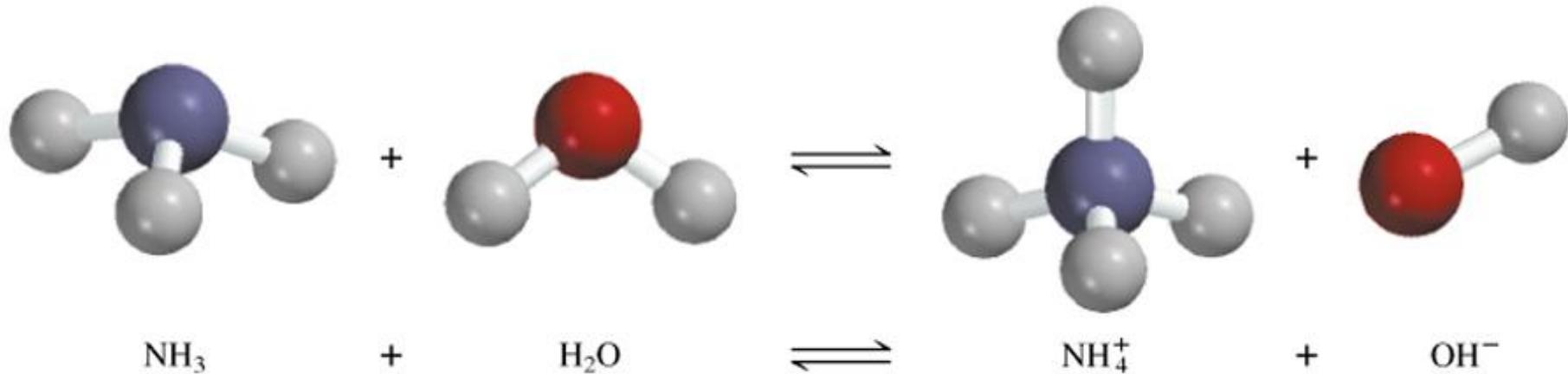
Larutan basa dalam air menghantar listrik.



Asam Arrhenius adalah zat yang menghasilkan H^+ (H_3O^+) dalam air

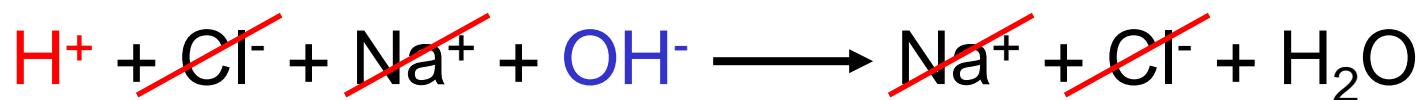
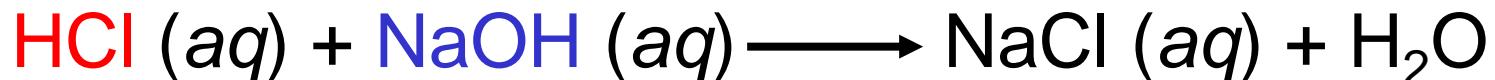


Basra Arrhenius adalah zat yang menghasilkan OH⁻ dalam air



Reaksi Netralisasi

asam + basa \longrightarrow garam + air



C. Penamaan basa

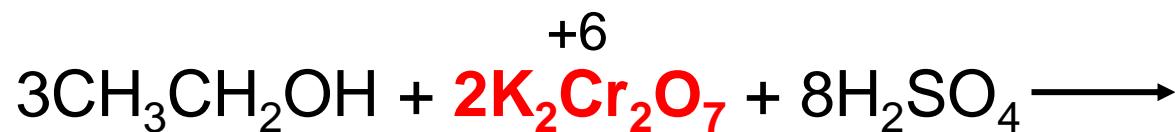
Oksida & Hidroksida

- Senyawa ionik
 - Dinamakan seperti senyawa ionik
 - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kalsium hidroksida
 - Li_2O litium oksida

Basa Molekuler

- Dinamakan seperti molekul
 - NH_3 amonia
 - CH_3NH_2 metilamin
 - $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ dimetilamin
 - $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ trimetilamin

Aplikasi: *Breath Analyzer*

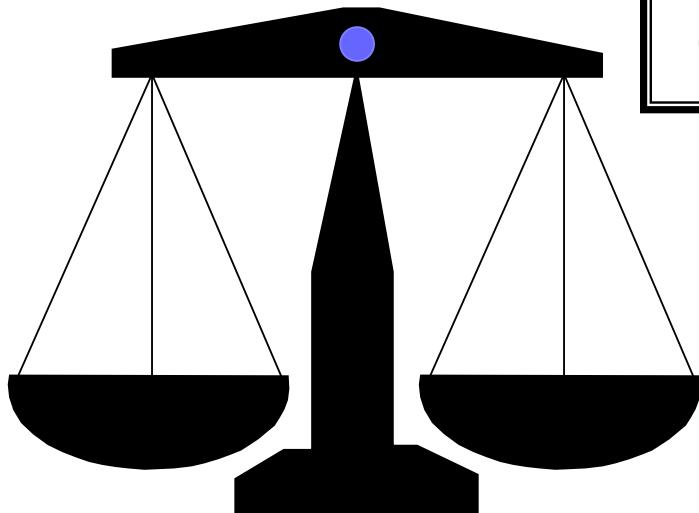


Dunia mikro
atom & molekul



Dunia makro
gram

Massa Atom adalah massa atom dalam satuan massa atom (sma) **Dalam bahasa Inggris: amu**



Per definisi:
1 atom ^{12}C “massanya” 12 sma

Dengan skala yang sama

$$^1\text{H} = 1,008 \text{ sma}$$

$$^{16}\text{O} = 16,00 \text{ sma}$$

Massa atom relatif (A_r)

- Untuk menetapkan skala massa untuk atom perlu ditetapkan acuan baku dimana massa atom relatif dapat ditentukan.
- Telah disepakati bahwa isotop paling melimpah di bumi, yaitu karbon-12, sehingga ^{12}C digunakan sebagai massa acuan.
- Massa atom ^{12}C tepat 12 satuan massa atom (sma), sehingga **massa satu satuan atom adalah $1/12$ massa ^{12}C**

Mengapa dipilih $1/12$ massa ^{12}C sebagai 1 sma?

- 1) Karbon adalah unsur yang melimpah dan dikenal luas
- 2) Massa atom hampir semua unsur mendekati bilangan bulat bila pembaginya adalah massa atom karbon. Contoh hidrogen, memiliki massa hampir 1 sma.

KONSEP MOL & BILANGAN AVOGADRO

mol adalah jumlah zat yang mengandung jumlah atom atau molekul seperti jumlah atom yang ada dalam 12,00 gram ^{12}C

$$1 \text{ mol} = N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ partikel}$$

Nilai ini dikenal sebagai **bilangan Avogadro (N_A)**

mol adalah satuan

Jumlah zat adalah besaran

n adalah simbol/ lambang

Massa molar (MM) adalah massa 1 mol unsur/senyawa dalam gram

$$1 \text{ mol atom}^{12}\text{C} = 6,022 \times 10^{23} \text{ atoms} = 12,00 \text{ g}$$

$$1 \text{ } ^{12}\text{C atom} = 12,00 \text{ sma}$$

$$1 \text{ mol atom}^{12}\text{C} = 12,00 \text{ g } ^{12}\text{C}$$

$$1 \text{ mol atom lithium} = 6,941 \text{ g Li}$$

Untuk tiap unsur

Massa atom (sma) = massa molar (gram)



Charles Steele

- 1 mol sampel untuk tiap senyawa
- Jumlah partikel sama banyaknya

Hitung jumlah atom yang ada dalam 0,551 g kalium (K) ?

$$1 \text{ mol K} = 39,10 \text{ g K}$$

$$1 \text{ mol K} = 6,022 \times 10^{23} \text{ atom K}$$

$$0,551 \cancel{\text{ g K}} \times \frac{\cancel{1 \text{ mol K}}}{39,10 \cancel{\text{ g K}}} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom K}}{\cancel{1 \text{ mol K}}} =$$

$$8,49 \times 10^{21} \text{ atom K}$$

Hitung jumlah atom H yang ada dalam 72,5 g
 C_3H_8O ?

$$1 \text{ mol } C_3H_8O = (3 \times 12) + (8 \times 1) + 16 = 60 \text{ g } C_3H_8O$$

Dalam 1 mol molekul C_3H_8O terdapat 8 mol atom H

Dalam 1 mol H terdapat $6,022 \times 10^{23}$ atom H

Jumlah atom H yang ada dalam 72,5 g C_3H_8O =

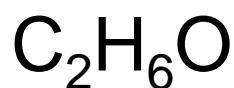
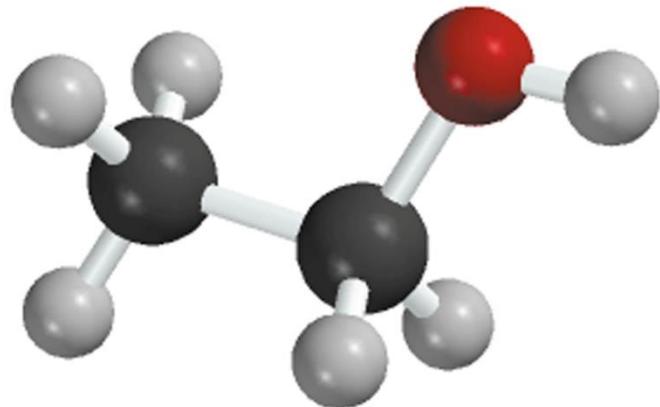
$$\cancel{72,5 \text{ g } C_3H_8O} \times \frac{\cancel{1 \text{ mol } C_3H_8O}}{\cancel{60 \text{ g } C_3H_8O}} \times \frac{\cancel{8 \text{ mol H atom}}}{\cancel{1 \text{ mol } C_3H_8O}} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ H atom}}{\cancel{1 \text{ mol H atom}}} =$$

$$5,82 \times 10^{24} \text{ atom H}$$

Persen komposisi suatu unsur dalam senyawa =

$$\frac{n \times \text{massa molar unsur}}{\text{massa molar senyawa}} \times 100\%$$

n = jumlah mol unsur dalam 1 mol senyawa



$$\% \text{C} = \frac{2 \times (12,01 \text{ g})}{46,07 \text{ g}} \times 100\% = 52,14\%$$

$$\% \text{H} = \frac{6 \times (1,008 \text{ g})}{46,07 \text{ g}} \times 100\% = 13,13\%$$

$$\% \text{O} = \frac{1 \times (16,00 \text{ g})}{46,07 \text{ g}} \times 100\% = 34,73\%$$

$$52,14\% + 13,13\% + 34,73\% = 100,0\%$$

Persen Komposisi dan Rumus Empiris

Mass percent

↓
Convert to grams and divide by molar mass

Moles of each element

↓
Divide by the smallest number of moles

Mole ratios of elements

↓
Change to integer subscripts

Empirical formula

Tentukan rumus empiris senyawa yang mempunyai % komposisi dalam massa:

K 24,75; Mn 34,77; O 40,51 %

$$n_K = \frac{24,75 \text{ g K}}{39,10 \text{ g K}} \times \frac{1 \text{ mol K}}{39,10 \text{ g K}} = 0,6330 \text{ mol K}$$

$$n_{\text{Mn}} = \frac{34,77 \text{ g Mn}}{54,94 \text{ g Mn}} \times \frac{1 \text{ mol Mn}}{54,94 \text{ g Mn}} = 0,6329 \text{ mol Mn}$$

$$n_O = \frac{40,51 \text{ g O}}{16,00 \text{ g O}} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16,00 \text{ g O}} = 2,532 \text{ mol O}$$

Persen Komposisi dan Rumus Empiris

Mass percent

↓ Convert to grams and divide by molar mass

Moles of each element

↓ Divide by the smallest number of moles

Mole ratios of elements

↓ Change to integer subscripts

Empirical formula

$$n_K = 0,6330, n_{\text{Mn}} = 0,6329, n_O = 2,532$$

$$\text{K} : \frac{0,6330}{0,6329} \approx 1,0$$

$$\text{Mn} : \frac{0,6329}{0,6329} = 1,0$$

$$\text{O} : \frac{2,532}{0,6329} \approx 4,0$$



Satuan konsentrasi

Konsentrasi larutan adalah jumlah zat terlarut yang ada dalam sejumlah pelarut atau larutan.

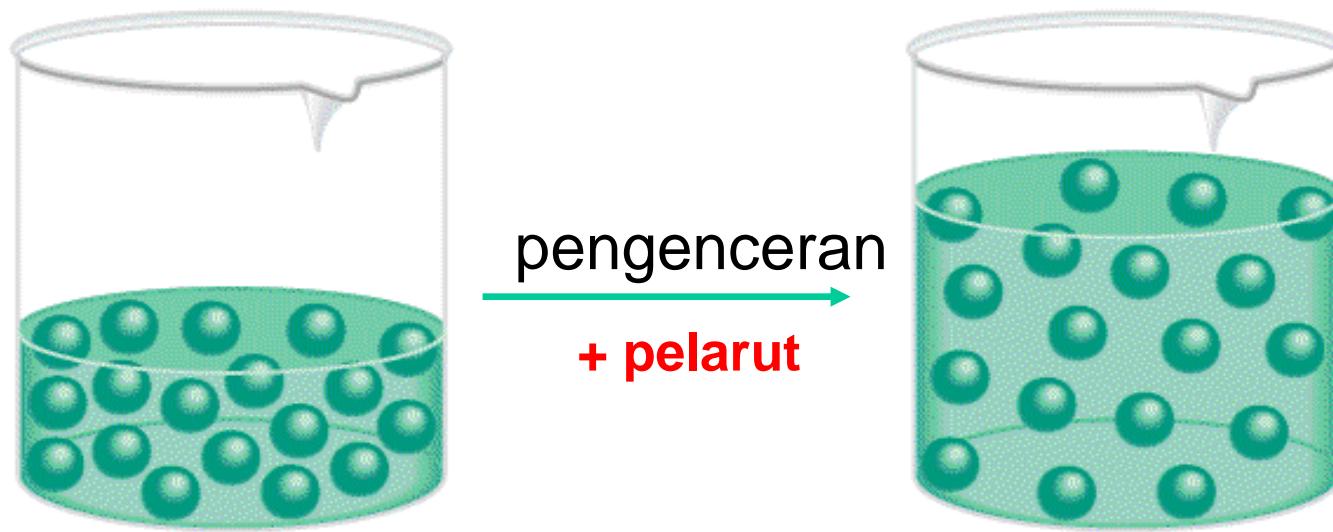
$$M = \text{molaritas} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{Liter larutan}}$$

Hitung jumlah KI yang diperlukan untuk membuat 500 mL larutan KI 2,80 M.

$$\text{Volume larutan KI} \xrightarrow{M \text{ KI}} \text{mol KI} \xrightarrow{M_r \text{ KI}} \text{gram KI}$$

$$500, \cancel{\text{mL}} \times \frac{1 \cancel{\text{L}}}{1000 \cancel{\text{mL}}} \times \frac{2,80 \cancel{\text{mol KI}}}{1 \cancel{\text{L soln}}} \times \frac{166 \text{ g KI}}{1 \cancel{\text{mol KI}}} = 232 \text{ g KI}$$

Pengenceran adalah prosedur pembuatan larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah dari larutan yang lebih pekat.



Mol zat terlarut
sebelum pengenceran(i) = Mol zat terlarut
Sesudah pengenceran(f)

$$M_i V_i = M_f V_f$$

Bagaimana Saudara membuat 60,0 mL larutan HNO₃ 0,200 M dari larutan HNO₃ 4,00 M?

$$M_i V_i = M_f V_f$$

$$M_i = 4,00 \quad M_f = 0,200 \quad V_f = 0,06 \text{ L} \quad V_i = ? \text{ L}$$

$$V_i = \frac{M_f V_f}{M_i} = \frac{0,200 \times 0,06}{4,00} = 0,003 \text{ L} = 3 \text{ mL}$$

$$3 \text{ mL asam} + 57 \text{ mL air} = 60 \text{ mL larutan}$$