



Institut Teknologi Bandung
Program Tahap Persiapan Bersama

Student Center for Learning KIMIA IA



Student Center for Learning

Tim Penyusun

Ariq Abdillah, s.Si., M.Sc.

Wira Ari Setiarini, S.Si., M.Sc



DAFTAR ISI

Minggu 2: Tata Nama Senyawa Biner, Penyetaraan Reaksi, 2	2
dan Stoikiometri 2	2
Minggu 3: Stoikiometri Lanjutan, 7	7
Reaksi dalam Larutan, dan Gas 7	7
Minggu 4: Reaksi Oksidasi dan Reduksi 17	17
Minggu 5: Persiapan UTS 30	30
Minggu 7: Termokimia dan Termodinamika 34	34
Minggu 8: Struktur Atom 41	41
Minggu 9: Sifat Periodik Unsur dan Ikatan Kimia (Bagian I) 50	50
Minggu 10: Struktur dan Teori Ikatan Kimia (Bagian 2) 72	72
Minggu 12: Diagram Fase dan Struktur Padatan 85	85

BAB 1

TATA NAMA SENYAWA BINER, PENYETARAAN REAKSI, DAN STOIKIOMETRI

Student Center for Learning

Minggu 2: Tata Nama Senyawa Biner, Penyetaraan Reaksi, dan Stoikiometri

Tata Nama Senyawa Biner

Senyawa Biner Ionik



- Senyawa ionik terdiri atas **ion positif (kation)** dan **ion negatif (anion)**.
- Senyawa ionik harus **netral**, dimana muatan kation dan anion **harus saling menghilangkan**.
- Pada kasus ini, rasio ion Ca^{2+} dan ion PO_4^{3-} adalah 3 : 2, $(+2 \times 3) + (-3 \times 2)$.
- Ca^{2+} adalah ion kalsium dan ion PO_4^{3-} adalah ion poliatomik fosfat. Maka senyawa tersebut adalah **kalsium fosfat**.
- **Salah** jika menuliskan **kalsium(II) fosfat** karena **kalsium tidak memiliki bilangan oksidasi bervariasi** seperti kebanyakan unsur transisi.
- **Salah** jika menuliskan **trikalsium difosfat** karena pada penamaan senyawa ionik, tidak perlu menuliskan awalan/prefiks.

Senyawa Biner Kovalen

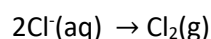


- **P** adalah simbol atom **fosfor**.
- **Cl** adalah simbol atom **klorin**.
- Pada rumus, **Cl** terletak di sebelah kanan **P**. Maka **klorin** berubah menjadi **klorida**.
- Karena terdapat **3 buah atom Cl** pada 1 molekul PCl_3 , maka nama senyawa tersebut adalah **fosfor triklorida**.

Stoikiometri Reaksi

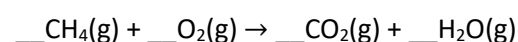
Reaksi Setara

- Reaksi setara adalah reaksi dimana **jumlah atom dan muatan di kedua sisi (reaktan dan produk) sama**.
- Reaksi seringkali dilengkapi dengan simbol fase:
 - (s), singkatan dari *solid* (padatan).
 - (l), singkatan dari *liquid* (cairan).
 - (g), singkatan dari *gas* (gas).
 - (aq), singkatan dari *aqueous* (larutan, dimana terdiri atas zat terlarut dan zat pelarut).
- Contoh reaksi yang **tidak setara**:

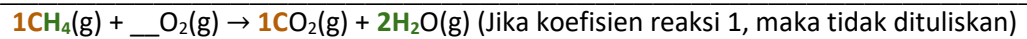


Meskipun terdapat 2 Cl pada kedua sisi, namun **jumlah muatan tidak setara** (sisi reaktan memiliki muatan total -2 sedangkan sisi produk memiliki muatan 0).

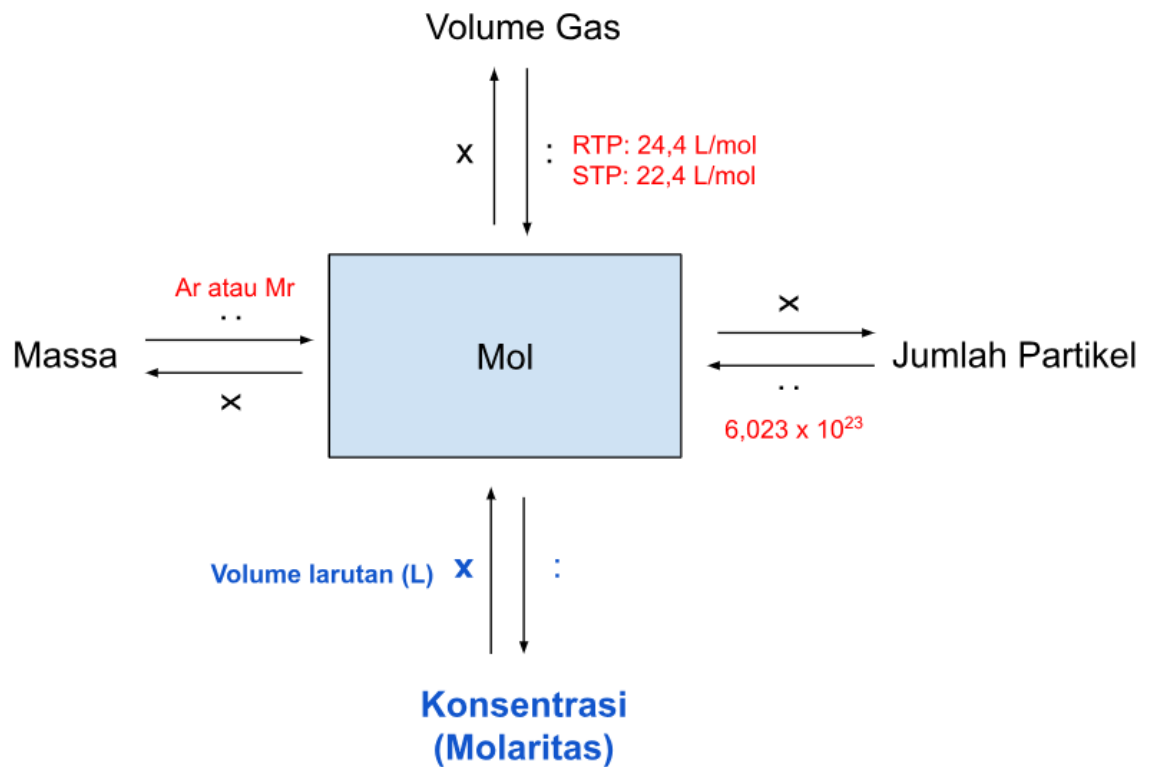
- **Tips menyetarakan reaksi: Mulailah dari atom yang hanya muncul pada satu unsur atau senyawa di masing-masing sisi.** Misal, pada reaksi berikut:



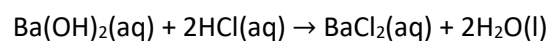
Pada sisi reaktan, atom O muncul pada O_2 . Sedangkan, **pada sisi produk atom O muncul pada CO_2 dan H_2O** . Karena atom O tidak muncul hanya pada satu unsur atau senyawa di sisi produk, sebaiknya penyetaraan reaksi dimulai dari atom C dan H.



Konsep Mol



- Untuk setiap **besaran** yang ingin **diubah ke mol**, besaran tersebut **dibagi dengan suatu konstanta**, **kecuali untuk konsentrasi (molaritas)**.
- Keadaan **standard temperature and pressure (STP)** adalah keadaan dimana suhu adalah **0°C** dan tekanan **1 atm**. Sementara keadaan **room temperature and pressure (RTP)** adalah keadaan dimana suhu adalah **25°C** dan tekanan **1 atm**.
- Pada reaksi kimia setara, **mol dari zat yang terlibat sebanding dengan koefisien reaksinya**. Misalkan pada reaksi:

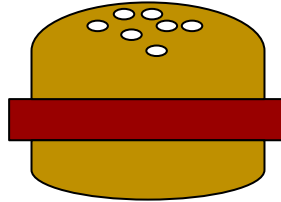


Perbandingan koefisien reaksi $\text{Ba}(\text{OH})_2$ dan HCl adalah 1 : 2. Dengan demikian, 1 mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$ membutuhkan 2 mol HCl untuk bereaksi habis sempurna. Jika terdapat 4 mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$, maka akan dibutuhkan:

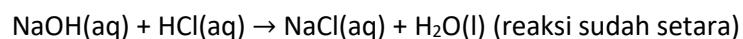
$$\text{Mol HCl} = \frac{\text{koefisien reaksi HCl}}{\text{koefisien reaksi Ba(OH)}_2} \times \text{mol Ba(OH)}_2$$

$$\text{Mol HCl} = \frac{2}{1} \times 4 \text{ mol} = 8 \text{ mol}$$

Pereaksi Pembatas



- Untuk membuat **1 buah burger** dibutuhkan **1 pasang roti** dan **1 daging lapis**. Maka jika terdapat **3 pasang roti** dan **2 daging lapis**, berapa banyak burger yang bisa dibuat? Ya, **hanya 2 buah burger yang bisa dibuat**.
- Hal ini dikarenakan **kita tidak memiliki cukup buah daging lapis untuk membuat 3 buah burger**. Dalam hal ini, daging lapis menjadi hal yang membatasi jumlah burger yang kita dapat buat.
- Pereaksi pembatas adalah **pereaksi yang membatasi jumlah produk yang dihasilkan dari suatu reaksi**. Misal pada reaksi:



Adanya suatu pereaksi pembatas dapat ditentukan apabila perbandingan $\frac{\text{mol}}{\text{koefisien reaksi}}$ dari NaOH dan HCl bukan 1 : 1.

Jika 2 mol NaOH direaksikan dengan 2 mol HCl, maka kedua reaktan akan habis bereaksi dan tidak ada pereaksi pembatas ($\frac{\text{mol}}{\text{koefisien reaksi}} \text{ NaOH} : \frac{\text{mol}}{\text{koefisien reaksi}} \text{ HCl} = \frac{2}{1} : \frac{2}{1} = 1 : 1$)

- Namun jika 2 mol NaOH direaksikan dengan 1 mol HCl, maka terdapat pereaksi pembatas. Dalam hal ini, HCl yang memiliki $\frac{\text{mol}}{\text{koefisien reaksi}}$ **paling kecil adalah pereaksi pembatasnya.**

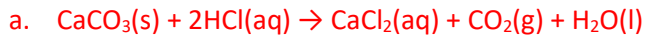
**Latihan Soal**

- Tuliskan rumus kimia atau nama dari senyawa-senyawa berikut!
 - CaBr_2 = Kalsium bromida
 - AlCl_3 = Aluminium klorida
 - KBr = Kalium bromida
 - Na_2CO_3 = Natrium karbonat
 - $\text{Mg}(\text{OH})_2$ = Magnesium hidroksida
 - NaHCO_3 = Natrium bikarbonat
 - PbO = Timbal(II) oksida
 - PbI_2 = Timbal(II) iodida
 - SnS = Timah(II) sulfida
 - $\text{Mn}(\text{CN})_2$ = Mangan(II) sianida
 - HgSO_4 = Merkuri(II) sulfat
 - $\text{Fe}(\text{SCN})_2$ = Besi(II) tiosianat
 - N_2O_4 = Dinitrogen tetraoksida
 - Cl_2O_7 = Diklorin heptaoksida
 - ClO_2 = Klorin dioksida
- Setarakan reaksi-reaksi kimia berikut!
 - $4\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O}$
 - $2\text{N}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}_5$
 - $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
 - $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 - $2\text{KClO}_3 + 3\text{S} \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{SO}_2$
 - $3\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - $2\text{NH}_3 + \text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow 2\text{N}_2 + 5\text{H}_2$
 - $\text{NaCN} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{NaOCN} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{La}_2\text{O}_3 + 6\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow 2\text{LaCl}_3 + 6\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{AcF}_3 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AcOF} + 2\text{NH}_4\text{F}$
- Lengkapilah isian-isian berikut!
 - 92 g Na = 4 mol Na
 - 16 g O_2 = 0,5 mol O_2
 - 28 g N_2 = 1 mol N_2
 - 14 g N_2 = $3,0115 \times 10^{23}$ molekul N_2
 - 0,5 g H_2 = $3,0115 \times 10^{23}$ atom H
 - 500 mL NaCl 0,5 M = 0,25 mol NaCl = 14,625 g NaCl
 - 500 mL HCl 0,1 M = 0,1 M ion H^+ = 0,05 mol HCl
 - 500 mL $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,1 M = 0,2 M ion OH^- = 0,05 mol $\text{Ba}(\text{OH})_2$
 - $3,0115 \times 10^{24}$ molekul NH_3 = 5 mol NH_3 = 85 g NH_3
 - $3,0115 \times 10^{24}$ atom N = $3,0115 \times 10^{24}$ molekul NH_3 = 5 mol NH_3 = 85 g NH_3

4. Pada reaksi berikut:



- Setarakan persamaan reaksi di atas.
- Jika terdapat 50 g kalsium karbonat bereaksi dengan 500 mL asam klorida 0,1 M, maka:
 - Tentukan mol kalsium karbonat dan mol asam klorida.
 - Tentukan pereaksi pembatas dan pereaksi berlebih.



- b. i. $M_m \text{CaCO}_3 = A_r \text{Ca} + A_r \text{C} + (3 \times A_r \text{O})$

$$= 40 + 12 + (3 \times 16) = 100 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mol CaCO}_3 = \frac{\text{Massa CaCO}_3}{M_m \text{CaCO}_3} = \frac{50 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{Volume HCl} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$\text{Mol HCl} = \text{Konsentrasi HCl} \times \text{volume HCl} = 0,1 \text{ M} \times 0,5 \text{ L} = 0,05 \text{ mol}$$

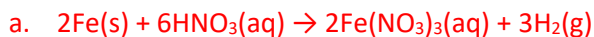
ii. $\frac{\text{Mol CaCO}_3}{\text{Koefisien reaksi CaCO}_3} = \frac{0,5}{1} = 0,5$

$$\frac{\text{Mol HCl}}{\text{Koefisien reaksi HCl}} = \frac{0,05}{2} = 0,025$$

Karena $\frac{\text{Mol HCl}}{\text{Koefisien reaksi HCl}} < \frac{\text{Mol CaCO}_3}{\text{Koefisien reaksi CaCO}_3}$, maka **pereaksi pembatas pada reaksi pada**

soal adalah HCl dan CaCO₃ adalah pereaksi berlebih.

5. Sebanyak 2,8 g padatan besi direaksikan dengan larutan 50 mL asam nitrat 0,1 M. Pada reaksi, dihasilkan larutan besi(III) nitrat dan gas hidrogen.
- Buatlah persamaan reaksi setara disertai dengan simbol fase.
 - Tentukan mol padatan besi dan mol asam nitrat.
 - Tentukan pereaksi pembatas dan pereaksi berlebih.
 - Tentukan konsentrasi besi(III) nitrat yang dihasilkan dalam satuan molaritas (M).



- b. $M_m \text{Fe} = 56$

$$\text{Mol Fe} = \frac{\text{Massa Fe}}{M_m \text{Fe}} = \frac{2,8 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\text{Volume HNO}_3 = 50 \text{ mL} = 0,05 \text{ L}$$

$$\text{Mol HNO}_3 = \text{Konsentrasi HNO}_3 \times \text{volume HNO}_3 = 0,1 \text{ M} \times 0,05 \text{ L} = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

c. $\frac{\text{Mol Fe}}{\text{Koefisien reaksi Fe}} = \frac{0,05}{2} = 0,025$

$$\frac{\text{Mol HNO}_3}{\text{Koefisien reaksi HNO}_3} = \frac{5 \times 10^{-4}}{6} = 8,33 \times 10^{-5}$$

Karena $\frac{\text{Mol HNO}_3}{\text{Koefisien reaksi HNO}_3} < \frac{\text{Mol Fe}}{\text{Koefisien reaksi Fe}}$, maka **pereaksi pembatas pada reaksi pada**



soal adalah HNO_3 dan Fe adalah pereaksi berlebih.

- d. Karena HNO_3 adalah pereaksi pembatas, maka perhitungan mol dari produk yang terbentuk didasarkan pada mol HNO_3 .

$$\text{Mol Fe(NO}_3)_3 = \frac{\text{Koefisien Fe(NO}_3)_3}{\text{Koefisien HNO}_3} \times \text{mol HNO}_3 = \frac{2}{6} \times 5 \times 10^{-4} \text{ mol} = 1,67 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{Molaritas Fe(NO}_3)_3 = \frac{\text{Mol Fe(NO}_3)_3}{\text{Volume larutan Fe(NO}_3)_3} = \frac{1,67 \times 10^{-4} \text{ mol}}{0,05 \text{ L}} = 3,34 \times 10^{-3} \text{ M}$$

BAB 2

STOIKIOMETRI LANJUTAN, REAKSI DALAM LARUTAN, DAN GAS

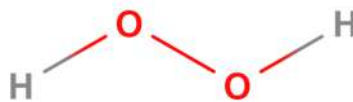
Student Center for Learning

Minggu 3: Stoikiometri Lanjutan, Reaksi dalam Larutan, dan Gas

Stoikiometri Lanjutan

Rumus Molekul dan Rumus Empiris

- **Rumus molekul adalah rumus dari suatu molekul kimia yang menunjukkan jumlah atom yang sebenarnya pada molekul tersebut.** Misalkan, H_2O_2 adalah **rumus molekul hidrogen peroksida**; molekul hidrogen peroksida terdiri atas **2 atom H** dan **2 atom O** yang berikatan secara kimiawi.



Struktur H_2O_2 , digambar menggunakan molview.org

- **Rumus empiris adalah rumus dari suatu molekul kimia yang menunjukkan perbandingan atom paling sederhana pada molekul tersebut.** Misalkan, **HO** adalah **rumus empiris hidrogen peroksida**; perbandingan **atom H** dan **atom O** pada hidrogen peroksida adalah **2 : 2**. Perbandingan ini **dapat disederhanakan** menjadi **1 : 1**.
- Dapatkah kamu menentukan rumus molekul dan rumus empiris dari ozon?

Persentase Massa

- Misalkan pada molekul karbon dioksida (CO_2), **persentase massa C pada molekul CO_2** dapat dihitung sebagai:

$$\frac{Ar \text{ atom C}}{Mr \text{ CO}_2} \times 100\% = \frac{12}{44} \times 100\% = 27,27\%$$

- Karena CO_2 **hanya terdiri atas dua jenis atom** yakni atom C dan atom O, **maka persentase massa O pada CO_2 dapat langsung dihitung sebagai 100%-27,27%.**
- Kita dapat **menentukan rumus empiris dari persentase massa.** Misalkan suatu **senyawa X** yang hanya terdiri atas atom C dan atom H memiliki persentase **massa atom C sebesar 92,31%** dan **persentase massa atom H sebesar 7,69%.**

1. **Asumsikan massa senyawa X adalah 100 g.** Maka, massa atom C pada senyawa X adalah 92,31 g dan 7,69 g.
2. **Hitung masing-masing mol atom C dan atom H.**

$$\text{Mol atom C} = \frac{\text{Massa atom C}}{\text{Massa molar atom C}} = \frac{92,31 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 7,6925$$

$$\text{Mol atom H} = \frac{\text{Massa atom H}}{\text{Massa molar atom H}} = \frac{7,69}{1} = 7,69$$

3. Dengan demikian, **perbandingan mol atom C : mol atom H = 7,6925 : 7,69 \approx 1 : 1.** Sehingga, **rumus empiris senyawa X adalah CH.**

- Untuk lebih lengkapnya, **rumus empiris senyawa tersebut dapat ditulis sebagai $(\text{CH})_n$.** Pada rumus molekul, **nilai n merupakan bilangan bulat positif yang harus ditentukan.** Jika massa molekul relatif (Mr) atau massa



molar senyawa X diketahui, maka rumus molekul dapat ditentukan. Misalkan, **Mr senyawa X adalah 78. Nilai n dicari dengan:**

$$\text{Mr senyawa X} = (\text{Ar C} + \text{Ar H}) \times n$$

$$78 = (12 + 1) \times n$$

$$n = 6$$

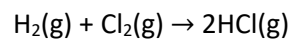
Dengan demikian, rumus molekul senyawa X adalah $(\text{CH})_6$ atau C_6H_6 .

Persentase Rendemen (*Yield Percentatation*)

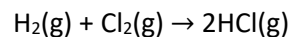
- Rendemen adalah perbandingan hasil eksperimen dengan hasil teoritik. **Persentase rendemen (atau dapat juga dituliskan sebagai %hasil reaksi) dapat dihitung sebagai:**

$$\frac{\text{Hasil eksperimen}}{\text{Hasil teoritik}} \times 100\%$$

Misalkan pada reaksi:



Direaksikan **1 mol H_2** dan **1 mol Cl_2** .



Mula-mula: 1 mol 1 mol -

Reaksi: -1 mol -1 mol + 2 mol

Sisa: 0 mol 0 mol 2 mol

Secara teoritis, seharusnya pada reaksi dihasilkan 2 mol HCl. Namun, pada eksperimen **ternyata hanya dihasilkan 1,5 mol HCl.** Dengan demikian, **persentase rendemen reaksi adalah 75%.**

- Jika terdapat 2 g H_2 direaksikan dengan 35,5 g Cl_2 dan didapatkan massa HCl yang dihasilkan adalah 18,25 g, dapatkah kamu menentukan persentase rendemen reaksi tersebut?



Kelarutan

- Kelarutan adalah **jumlah maksimum zat terlarut yang dapat larut dalam zat pelarut pada volume dan temperatur tertentu**. Misalkan, kelarutan timbal(II) klorida (PbCl_2) adalah 0,99 g/100 mL pada suhu 20°C . Maka, pada suhu 20°C dapatkan kamu menentukan berapa massa PbCl_2 yang dapat larut dalam 250 mL air?

Aturan kelarutan

a. Ketentuan senyawa yang mudah larut:

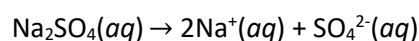
- Semua senyawa yang mengandung logam alkali (**golongan 1 atau IA**) larut dalam air.
- Semua garam yang mengandung ion **NH_4^+ , NO_3^- , ClO_4^- , ClO_3^- dan $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$** larut dalam air.
- Semua klorida, bromida dan iodida (garam yang mengandung ion **Cl^- , Br^- dan I^-**) larut dalam air, **kecuali jika kationnya** adalah **Ag^+ , Pb^{2+} , dan Hg_2^{2+}** .
- Semua sulfat (garam yang mengandung **SO_4^{2-}**) larut dalam air, **kecuali** jika kationnya adalah **Pb^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} dan Hg_2^{2+}** .

b. Ketentuan senyawa yang sukar larut:

- Semua logam hidroksida (senyawa ion yang mengandung **OH^-**) dan semua logam oksida (senyawa ion yang mengandung **O^{2-}**) tidak larut dalam air, **kecuali jika kationnya** dari **golongan 1 atau 1A dan NH_4^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}** .
- Semua garam yang mengandung ion **PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , SO_3^{2-} dan S^{2-}** tidak larut dalam air, **kecuali jika kationnya** dari **golongan 1 atau 1A dan NH_4^+** .

Proses Ionisasi

- **Peristiwa melarut erat kaitannya dengan proses ionisasi; proses pembentukan ion**. Misalkan, proses ionisasi garam mudah larut natrium sulfat (Na_2SO_4) dapat dituliskan dalam persamaan reaksi:

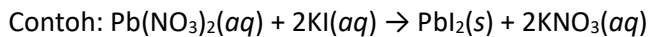


- Dapatkan kamu menuliskan reaksi ionisasi garam mudah larut amonium karbonat?

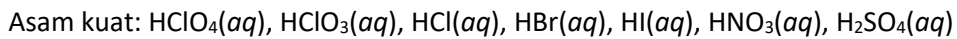


- Ketika dua larutan elektrolit yang larut dicampurkan terkadang terbentuk endapan. Ada 3 cara untuk menjelaskan reaksi yang terjadi.

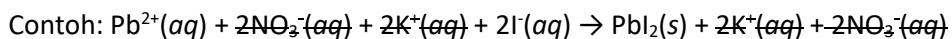
1. Persamaan molekul: **Rumus reaktan dan produk ditulis dengan lengkap.**



2. Persamaan ion: Semua senyawa **ion terlarut dan asam/basa kuat ditulis sebagai komponen ionnya**. Senyawa dengan **fasa padat dan asam/basa lemah tidak perlu ditulis sebagai komponen ionnya**.

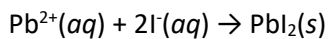


Basa kuat: hidroksida dari alkali (NaOH, KOH, RbOH, CsOH) dan alkali tanah kecuali Mg ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Sr}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$).



Ion spektator/ion penonton adalah ion yang tidak terlibat dalam reaksi. Pada contoh di atas K^{+} dan NO_3^{-} adalah ion spektator/ion penonton.

3. **Persamaan ion bersih (net ionic equation): Persamaan yang mengeliminasi ion spektator/ion penonton dan hanya menekankan pada ion-ion yang terlibat dalam reaksi saja.**



- Dapatkan kamu menuliskan persamaan ion bersih untuk reaksi larutan kalium klorida dengan larutan perak nitrat?



Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya.
 - Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL.
1. Suatu senyawa terdiri dari 66,67% karbon, 7,41% hidrogen dan sisanya nitrogen.
 - a. Tentukan persen massa nitrogen dalam senyawa tersebut.
 - b. Tentukan massa masing-masing atom C, H, dan N jika asumsi massa senyawa tersebut adalah 100 g.
 - c. Tentukan mol atom C, H, dan N dalam senyawa tersebut.
 - d. Tentukan perbandingan mol paling sederhana bagi atom C, H, dan N dalam senyawa tersebut.
 - e. Tentukan rumus empiris senyawa tersebut.

	C	H	N
%Massa	66,67%	7,41%	25,92%
Massa	66,67 g	7,41 g	25,92 g
Massa molar (didapatkan dari tabel periodik)	12 g/mol	1 g/mol	14 g/mol
Mol	5,556	7,41	1,851
Perbandingan mol paling sederhana (dibagi dengan jumlah mol paling kecil, dalam hal ini mol N)	3,002	4,003	1

Rumus empiris = C_3H_4N

- f. Jika massa molar senyawa tersebut adalah 108 g/mol, tentukan rumus molekul senyawa tersebut.

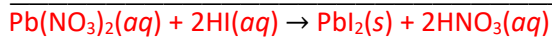
$$\text{Rumus molekul} = (C_3H_4N)_n$$

$$108 \text{ g/mol} = (3 \times 12 \text{ g/mol} + 4 \times 1 \text{ g/mol} + 1 \times 14 \text{ g/mol}) \times n$$

$$n = 2$$

Dengan demikian, rumus molekul senyawa tersebut adalah $C_6H_8N_2$.

2. Padatan timbal(II) iodida (PbI_2), dapat dibuat melalui reaksi padatan timbal(II) nitrat dan larutan asam iodida (HI).
 - a. Tuliskan persamaan reaksi kimia yang terjadi lengkap beserta simbol fasenya.



- b. Tentukan massa timbal(II) nitrat yang dibutuhkan sehingga dihasilkan 6,00 g produk padatan.

Padatan yang dimaksud adalah endapan PbI_2 .

$$\text{Mol PbI}_2 = \frac{\text{Massa PbI}_2}{\text{Massa molar PbI}_2} = \frac{6,00 \text{ g}}{207 \text{ g/mol} + 2 \times 127 \text{ g/mol}} = 0,013 \text{ mol}$$

$$\text{Mol Pb}(\text{NO}_3)_2 = \frac{\text{Koefisien reaksi Pb}(\text{NO}_3)_2}{\text{Koefisien reaksi PbI}_2} \times \text{mol PbI}_2 = \frac{1}{1} \times 0,013 \text{ mol} = 0,013 \text{ mol}$$

$$\text{Massa Pb}(\text{NO}_3)_2 = \text{Mol Pb}(\text{NO}_3)_2 \times \text{massa molar Pb}(\text{NO}_3)_2 = 0,013 \text{ mol} \times (207 \text{ g/mol} + 2 \times 14 \text{ g/mol} + 6 \times 16 \text{ g/mol}) = 4,303 \text{ g}$$

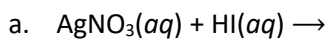
- c. Jika reaksi ternyata hanya menghasilkan 5,5 g produk padatan, berapa persentase rendemen (% hasil) reaksi tersebut?

$$\% \text{rendemen reaksi} = \frac{\text{Massa eksperimen}}{\text{Massa teoritis}} \times 100\% = \frac{5,5 \text{ g}}{6,00 \text{ g}} \times 100\% = 91,667\%$$

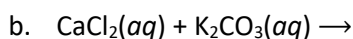
3. Berdasarkan aturan kelarutan, tentukan apakah senyawa berikut larut/ tidak dalam air.

- | | |
|--|---|
| a. $\text{CaBr}_2 = \text{larut}$ | d. $\text{CuCO}_3 = \text{tidak larut}$ |
| b. $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 = \text{larut}$ | e. $\text{BaSO}_4 = \text{tidak larut}$ |
| c. $\text{KBr} = \text{larut}$ | f. $\text{FeCl}_3 = \text{larut}$ |

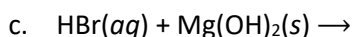
4. Tentukan apakah reaksi akan terjadi atau tidak? Bila terjadi tuliskan persamaan reaksi ion bersihnya!



Langkah-langkah	Persamaan reaksi
Mula-mula tuliskan reaksi molekulnya dengan menukar pasangan kation dan anion pada kedua senyawa yang bereaksi.	$\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{HI}(\text{aq}) \rightarrow \text{AgI} + \text{HNO}_3$
Tentukan fase produk yang terbentuk sesuai dengan aturan kelarutan .	Reaksi molekul: $\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{HI}(\text{aq}) \rightarrow \text{AgI}(\text{s}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
Tuliskan reaksi ion total dengan mengubah semua senyawa elektrolit kuat (garam dan asam/basa kuat) yang larut dalam air menjadi ion-ionnya.	Reaksi ion total: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgI}(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ Catatan: AgI tidak dituliskan dalam bentuk ionnya karena fasenya solid
Coret ion sama yang terdapat pada reaktan dan produk (ion spektator)	Reaksi ion total: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgI}(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ Reaksi ion bersih: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgI}(\text{s})$



Langkah-langkah	Persamaan reaksi
Mula-mula tuliskan reaksi molekulnya dengan menukar pasangan kation dan anion pada kedua senyawa yang bereaksi.	$\text{CaCl}_2(aq) + \text{K}_2\text{CO}_3(aq) \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{KCl}$
Tentukan fase produk yang terbentuk sesuai dengan aturan kelarutan .	$\text{CaCl}_2(aq) + \text{K}_2\text{CO}_3(aq) \rightarrow \text{CaCO}_3(s) + \text{KCl}(aq)$
Setarakan reaksi.	Reaksi molekul: $\text{CaCl}_2(aq) + \text{K}_2\text{CO}_3(aq) \rightarrow \text{CaCO}_3(s) + 2\text{KCl}(aq)$
Tuliskan reaksi ion total dengan mengubah semua senyawa elektrolit kuat (garam dan asam/basa kuat) yang larut dalam air menjadi ion-ionnya.	Reaksi ion total: $\text{Ca}^{2+}(aq) + 2\text{Cl}^{-}(aq) + 2\text{K}^{+}(aq) + \text{CO}_3^{2-}(aq) \rightarrow \text{CaCO}_3(s) + 2\text{K}^{+}(aq) + 2\text{Cl}^{-}(aq)$ Catatan: CaCO_3 tidak dituliskan dalam bentuk ionnya karena fasenya solid
Coret ion sama yang terdapat pada reaktan dan produk (ion spektator).	Reaksi ion total: $\text{Ca}^{2+}(aq) + 2\text{Cl}^{-}(aq) + 2\text{K}^{+}(aq) + \text{CO}_3^{2-}(aq) \rightarrow \text{CaCO}_3(s) + 2\text{K}^{+}(aq) + 2\text{Cl}^{-}(aq)$ Reaksi ion bersih: $\text{Ca}^{2+}(aq) + \text{CO}_3^{2-}(aq) \rightarrow \text{CaCO}_3(s)$



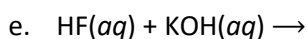
Langkah-langkah	Persamaan reaksi
Mula-mula tuliskan reaksi molekulnya dengan menukar pasangan kation dan anion pada kedua senyawa yang bereaksi.	$\text{HBr}(aq) + \text{Mg}(\text{OH})_2(s) \rightarrow \text{MgBr}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Tentukan fase produk yang terbentuk sesuai dengan aturan kelarutan .	$\text{HBr}(aq) + \text{Mg}(\text{OH})_2(s) \rightarrow \text{MgBr}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
Setarakan reaksi.	Reaksi molekul: $2\text{HBr}(aq) + \text{Mg}(\text{OH})_2(s) \rightarrow \text{MgBr}_2(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$
Tuliskan reaksi ion total dengan mengubah semua senyawa elektrolit	Reaksi ion total: $2\text{H}^{+}(aq) + 2\text{Br}^{-}(aq) + \text{Mg}(\text{OH})_2(s) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2\text{Br}^{-}(aq) +$



kuat (garam dan asam/basa kuat) yang larut dalam air menjadi ion-ionnya.	$2\text{H}_2\text{O}(l)$ Catatan: $\text{Mg}(\text{OH})_2$ tidak dituliskan dalam bentuk ionnya karena fasennya solid dan H_2O merupakan elektrolit yang sangat lemah sehingga tidak ditulis dalam bentuk ionnya.
Coret ion sama yang terdapat pada reaktan dan produk (ion spektator).	Reaksi ion total: $2\text{H}^+(aq) + 2\text{Br}^-(aq) + \text{Mg}(\text{OH})_2(s) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2\text{Br}^-(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ Reaksi ion bersih: $2\text{H}^+(aq) + \text{Mg}(\text{OH})_2(s) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$



Langkah-langkah	Persamaan reaksi
Mula-mula tuliskan reaksi molekulnya dengan menukar pasangan kation dan anion pada kedua senyawa yang bereaksi.	$\text{NaCl}(aq) + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2(aq) \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{NaNO}_3$
Tentukan fase produk yang terbentuk sesuai dengan aturan kelarutan.	$\text{NaCl}(aq) + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2(aq) \rightarrow \text{BaCl}_2(aq) + \text{NaNO}_3(aq)$
Setarakan reaksi.	Reaksi molekul: $2\text{NaCl}(aq) + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2(aq) \rightarrow \text{BaCl}_2(aq) + 2\text{NaNO}_3(aq)$
Tuliskan reaksi ion total dengan mengubah semua senyawa elektrolit kuat (garam dan asam/basa kuat) yang larut dalam air menjadi ion-ionnya.	Reaksi ion total: $2\text{Na}^+(aq) + 2\text{Cl}^-(aq) + \text{Ba}^{2+}(aq) + 2\text{NO}_3^-(aq) \rightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2\text{Cl}^-(aq) + 2\text{Na}^+(aq) + 2\text{NO}_3^-(aq)$ Catatan: semua ion merupakan spektator (reaksi ion bersih menjadi tidak ada), maka dapat dikatakan reaksi ini tidak terjadi Reaksi ion bersih: $\text{NaCl}(aq) + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2(aq) \rightarrow$ (tidak bereaksi)



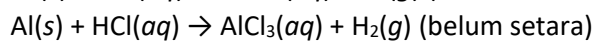
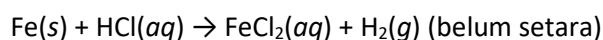
Langkah-langkah	Persamaan reaksi
Mula-mula tuliskan reaksi molekulnya dengan menukar pasangan kation dan anion pada kedua senyawa yang bereaksi.	$\text{HF}(aq) + \text{KOH}(aq) \rightarrow \text{KF} + \text{H}_2\text{O}$
Tentukan fase produk yang terbentuk sesuai dengan aturan kelarutan.	$\text{HF}(aq) + \text{KOH}(aq) \rightarrow \text{KF}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$



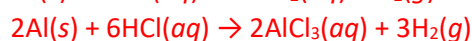
Setarakan reaksi.	Reaksi molekuler (sudah setara): $\text{HF}(aq) + \text{KOH}(aq) \rightarrow \text{KF}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$
Tuliskan reaksi ion total dengan mengubah semua senyawa elektrolit kuat (garam dan asam/basa kuat) yang larut dalam air menjadi ion-ionnya.	Reaksi ion total: $\text{HF}(aq) + \text{K}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{K}^+(aq) + \text{F}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$ Catatan: HF tidak dituliskan dalam bentuk ionnya karena merupakan elektrolit lemah dan H ₂ O merupakan elektrolit yang sangat lemah sehingga tidak ditulis dalam bentuk ionnya.
Coret ion sama yang terdapat pada reaktan dan produk (ion spektator).	Reaksi ion total: $\text{HF}(aq) + \cancel{\text{K}^+(aq)} + \text{OH}^-(aq) \rightarrow \cancel{\text{K}^+(aq)} + \text{F}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$ Reaksi ion bersih: $\text{HF}(aq) + \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{F}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$

Soal tambahan (hanya dikerjakan jika soal nomor 1-5 sudah selesai)

5. Sebanyak 3,0750 g campuran yang hanya mengandung logam besi dan aluminium dilarutkan dalam HCl berlebih sehingga menghasilkan 2,002 L gas hidrogen (diukur pada tekanan 1 atm dan suhu 37°C) sesuai persamaan reaksi berikut:



- a. Setarakan kedua reaksi di atas.



- b. Hitung jumlah mol hidrogen total yang dihasilkan dari kedua reaksi di atas.

$$PV = nRT$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \times 2,002 \text{ L}}{0,082 \text{ L.atm/mol.K} \times 310 \text{ K}} = 0,0788 \text{ mol}$$

- c. Hitung masing-masing massa besi dan aluminium pada campuran.

$$n = \frac{m}{MM} \text{ didapat:}$$

$$n_{\text{Fe}} = \frac{m(\text{Fe})}{MM(\text{Fe})} = \frac{x}{55,85} \text{ mol}$$

$$n_{\text{Al}} = \frac{m(\text{Al})}{MM(\text{Al})} = \frac{3,075 - x}{27} \text{ mol}$$

dengan memanfaatkan perbandingan koefisien, didapat mol H₂ yang dihasilkan pada masing-masing reaksi

Fe(s)		2HCl(aq)	-	FeCl ₂ (aq)	-	H ₂ (g)
$\frac{x}{55,85} \text{ mol}$						$\frac{x}{55,85} \text{ mol}$



$2\text{Al}(s)$		$6\text{HCl}(aq)$	-	$2\text{AlCl}_3(aq)$	-	$3\text{H}_2(g)$
$\frac{3,075 - x}{27} \text{ mol}$						$\frac{3}{2} \times \frac{3,075 - x}{27} \text{ mol}$

$$n(\text{H}_2 \text{ total}) = \frac{x}{55,85} + \frac{3}{2} \times \frac{3,075 - x}{27} = 0,0788 \text{ mol}$$

sehingga didapat $x = 2,444$ gram

massa Fe = $x = 2,444$ gram

massa Al = $3,075 - x = 3,075 - 2,444 = 0,631$ gram

- d. Hitung persen massa aluminium dan besi dalam campuran tersebut.

Perhatikan

reaksi

kedua:

$$\% \text{Massa Al dalam sampel} = \frac{\text{Massa Al}}{\text{Massa sampel}} \times 100\% = \frac{0,609 \text{ g}}{3,0750 \text{ g}} \times 100\% = 20,52\%$$

$$\% \text{Massa Fe dalam sampel} = 100\% - 20,52\% = 79,48\%$$

BAB 3

REAKSI OKSIDASI DAN REDUKSI

Student Center for Learning

Minggu 4: Reaksi Oksidasi dan Reduksi

Bilangan Oksidasi

Bilangan oksidasi dikaitkan dengan banyaknya elektron yang terlibat dalam pembentukan ikatan kimia baik ikatan ion maupun kovalen. Sebagai contoh pada CaCl_2 , ikatan kimia antara Ca dan Cl terbentuk karena atom Ca mentransfer $2e^-$ ke Cl membentuk ion Ca^{2+} dan ion Cl^- .

Aturan Penentuan Bilangan Oksidasi

1. Atom dalam keadaan standar memiliki bilangan oksidasi (biloks) = 0. Contoh Al, Na, H_2 , Fe, dan O_2 memiliki biloks = 0.
2. Atom dalam keadaan ion monoatom memiliki biloks sama dengan muatannya. Contoh: atom Al dalam bentuk Al^{3+} memiliki biloks = +3.
3. Dalam senyawa, atom Fluor memiliki biloks = -1. Contoh biloks F dalam HF adalah -1.
4. Atom-atom logam golongan IA, IIA, dan Al dalam senyawanya memiliki biloks sesuai dengan golongannya. Contoh biloks Na pada NaOH adalah +1, biloks Mg pada MgO adalah +2 dan biloks Al pada $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ adalah +3.
5. Dalam senyawa, unsur-unsur halogen umumnya memiliki biloks = -1, oksigen = -2 (kecuali dalam peroksida, biloks rata-rata oksigen = -1 dan superoksida biloks rata-rata oksigen = $-1/2$), dan hidrogen = +1 kecuali dalam senyawa hidrida, -1.

Contoh: biloks Cl pada NaCl adalah -1, biloks O pada K_2O adalah -2, biloks H pada HCl adalah +1.

6. Pada ion poliatomik, total biloks seluruh atomnya = muatan ion.

Contoh: pada ion SO_4^{2-} , biloks S + 4x biloks O = -2

7. Dalam senyawa, bilangan oksidasi atom-atom lain di luar aturan 1-3 menyesuaikan dengan muatan total dari senyawa/ion.

Contoh: pada CO_2 biloks total = 0 karena CO_2 merupakan senyawa netral.

$$\text{biloks C} + 2 \times \text{biloks O} = 0$$

$$\text{biloks C} + 2(-2) = 0$$

$$\text{biloks C} = +4$$

Definisi Reaksi Reduksi dan Oksidasi

Reaksi Oksidasi dan Reduksi (redoks)

Reaksi redoks adalah reaksi yang **melibatkan transfer elektron** dari satu zat ke zat yang lain. Reaksi ini melibatkan 2 proses:

- **Proses oksidasi**
Oksidasi merupakan proses **pelepasan elektron** yang menyebabkan terjadinya **kenaikan bilangan oksidasi**. Zat yang mengalami oksidasi disebut sebagai **reduktor**.
Contoh proses oksidasi: $\text{Mg}(s) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^-$
Pada proses ini biloks Mg meningkat dari 0 menjadi +2.

- **Proses reduksi**

Reduksi merupakan proses **penangkapan elektron** yang menyebabkan terjadinya **penurunan bilangan oksidasi**. Zat yang mengalami reduksi disebut sebagai **oksidator**.

Contoh proses oksidasi: $\text{Cl}_2(\text{s}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

Pada proses ini biloks Cl **turun dari 0 menjadi -1**.

Penyetaraan Reaksi Reduksi dan Oksidasi

Penyetaraan Reaksi Redoks Sederhana

Penyetaraan dapat dilakukan dengan metode setengah reaksi melalui langkah-langkah berikut.

Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{Al} + \text{Cr}^{2+} \rightarrow \text{Cr} + \text{Al}^{3+}$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+}$ $\text{Cr}^{2+} \rightarrow \text{Cr}$
Setarakan muatan total pada produk dan reaktan dengan menambahkan elektron.	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ $\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi.	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \quad \times 2 \rightarrow 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 6\text{e}^-$ $\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cr} \quad \times 3 \rightarrow 3\text{Cr}^{2+} + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{Cr}$
Jumlahkan kedua setengah reaksi tersebut.	$2\text{Al} + 3\text{Cr}^{2+} \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Cr}$

Penyetaraan Reaksi Redoks Suasana Asam

Penyetaraan dapat dilakukan dengan metode setengah reaksi melalui langkah-langkah berikut.

Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{3+}$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$



	Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
	Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
	Samakan jumlah H dengan menambahkan H^+ .	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
	Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$
	Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} \quad \times 1 $ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \quad \times 6 $ menjadi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 6\text{e}^-$ -----+ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{3+}$

Penyetaraan Reaksi Redoks Suasana Basa

Langkah 1-6 penyetaraan redoks pada suasana basa adalah sama, yang kemudian dengan langkah-langkah berikut.

Langkah	Contoh reaksi
Tambahkan OH^- di kedua sisi sebanyak jumlah H^+ .	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 14\text{OH}^- + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{3+} + 14\text{OH}^-$
Gabungkan H^+ dan OH^- untuk membentuk H_2O .	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{3+} + 14\text{OH}^-$
Hilangkan sebagian H_2O .	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{3+} + 14\text{OH}^-$ Sehingga setelah H_2O dihilangkan reaksi yang tersisa adalah sebagai berikut. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 14\text{OH}^-$

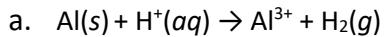
Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya
- Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL (bagi mahasiswa wajib SCL)

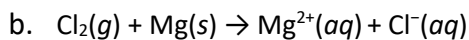
1. Tentukan biloks atom yang dicetak tebal berwarna biru pada spesi berikut.

Soal	Jawaban
a. Sc	biloks Sc = 0
b. O ₃	biloks O = 0
c. Zn ²⁺	biloks Zn = +2
d. Hg ₂ ²⁺	2 × biloks Hg = +2 biloks Hg = +1
e. NH ₃	biloks N + 3 × biloks H = 0 biloks N + 3 × (+1) = 0 biloks N = -3
f. BrO ₃ ⁻	biloks Br + 3 × biloks O = -1 biloks Br + 3 × (-2) = -1 biloks Br = +5
g. H ₂ SO ₄	2 × biloks H + biloks S + 4 × biloks O = 0 2 × (+1) + biloks S + 4 × (-2) = 0 biloks S = +6
h. Fe (NO ₃) ₃	biloks Fe + 3 × biloks total NO ₃ = 0 biloks Fe + 3 × (-1) = 0 biloks Fe = +3
i. K ₂ Cr ₂ O ₇	2 × biloks K + 2 × biloks Cr + 7 × biloks O = 0 2 × (+1) + 2 × biloks Cr + 7 × (-2) = 0 biloks Cr = +6
j. H ₂ O ₂	2 × biloks H + 2 × biloks O = 0 2 × (+1) + 2 × biloks O = 0 biloks O = -1

2. Setarakan reaksi yang terjadi berikut.



Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi, samakan jumlah atomnya.	reaksi $\text{Al} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2 + \text{Al}^{3+}$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+}$ $2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$
Setarakan muatan total pada produk dan reaktan dengan menambahkan elektron.	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi.	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \quad \times 2 \rightarrow 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 6\text{e}^-$ $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 \quad \times 3 \rightarrow 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
Jumlahkan kedua setengah reaksi tersebut	$2\text{Al} + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2$



Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi, samakan jumlah atomnya.	reaksi $\text{Cl}_2(g) + \text{Mg}(s) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + \text{Cl}^-(aq)$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^-$ $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$
Setarakan muatan total pada produk dan reaktan dengan menambahkan elektron.	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$ $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi.	$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$ $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$
Jumlahkan kedua setengah reaksi tersebut	$\text{Cl}_2 + \text{Mg} \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{Mg}^{2+}$

c. $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ [asam]

	Langkah	Contoh reaksi
	Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{MnO}_4^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{MnO}_4^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
	Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{MnO}_4^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
	Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{MnO}_4^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
	Samakan jumlah H dengan menambahkan H^{+} .	$\text{MnO}_4^{-} + 8\text{H}^{+} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$
	Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{MnO}_4^{-} + 8\text{H}^{+} + 5\text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-}$
	Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{MnO}_4^{-} + 8\text{H}^{+} + 5\text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ x1 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-}$ x5 menjadi $\text{MnO}_4^{-} + 8\text{H}^{+} + 5\text{e}^{-} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $5\text{Fe}^{2+} \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + 5\text{e}^{-}$ -----+ $\text{MnO}_4^{-} + 8\text{H}^{+} + 5\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} + 5\text{Fe}^{3+}$

d. $\text{Br}_2(l) + \text{NO}_2^-(aq) \rightarrow \text{NO}_3^-(aq) + \text{Br}^-(aq)$ [asam]

	Langkah	Contoh reaksi
	Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{Br}_2(l) + \text{NO}_2^-(aq) \rightarrow \text{NO}_3^-(aq) + \text{Br}^-(aq)$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}^-$ $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$
	Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$
	Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^-$
	Samakan jumlah H dengan menambahkan H^+ .	$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$
	Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$ $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
	Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$ $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ -----+ $\text{Br}_2 + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{Br}^-$

e. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ [asam]

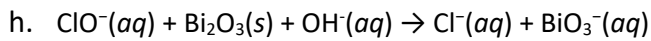
Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ $\text{I}^- \rightarrow \text{IO}_3^-$
Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{I}^- \rightarrow \text{IO}_3^-$
Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^-$
Samakan jumlah H dengan menambahkan H^+ .	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+$
Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} \quad \times 3 $ $\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \quad \times 1 $ menjadi $3\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$ -----+ $3\text{H}_2\text{O}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$

f. $\text{MnO}_4^-(aq) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) \rightarrow \text{MnO}_2(s) + \text{CO}_2(aq)$ [basa]

Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{MnO}_4^-(aq) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(aq) \rightarrow \text{MnO}_2(s) + \text{CO}_2(aq)$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{CO}_2$
Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$
Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$
Samakan jumlah H dengan menambahkan H^+ .	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$
Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^-$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad \times 2 $ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^- \quad \times 3 $ menjadi $2\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ $3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{e}^-$ -----+ $2\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2$
Tambahkan OH^- di kedua sisi sebanyak jumlah H^+ .	$2\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8\text{OH}^- + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + 8\text{OH}^-$
Gabungkan H^+ dan OH^- untuk membentuk H_2O .	$2\text{MnO}_4^- + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + 8\text{OH}^-$
Hilangkan sebagian H_2O .	$2\text{MnO}_4^- + 8(4)\text{H}_2\text{O} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + 8\text{OH}^-$ Sehingga setelah H_2O dihilangkan reaksi yang tersisa adalah sebagai berikut. $2\text{MnO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{MnO}_2 + 6\text{CO}_2 + 8\text{OH}^-$

g. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ [basa]

Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
Samakan jumlah H dengan menambahkan H^+ .	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$
Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + 4(2)\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ -----+ $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
Tambahkan OH^- di kedua sisi sebanyak jumlah H^+ .	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{OH}^-$
Gabungkan H^+ dan OH^- untuk membentuk H_2O .	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
Hilangkan sebagian H_2O .	tidak ada H_2O di ruas kiri, sehingga tidak perlu dihilangkan. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$



Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{ClO}^-(aq) + \text{Bi}_2\text{O}_3(s) + \text{OH}^-(aq) \rightarrow \text{Cl}^-(aq) + \text{BiO}_3^-(aq)$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}^-$ $\text{Bi}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{BiO}_3^-$
Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}^-$ $\text{Bi}_2\text{O}_3 \rightarrow \mathbf{2\text{BiO}_3^-}$
Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \mathbf{\text{H}_2\text{O}}$ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \mathbf{3\text{H}_2\text{O}} \rightarrow 2\text{BiO}_3^-$
Samakan jumlah H dengan menambahkan H^+ .	$\text{ClO}^- + \mathbf{2\text{H}^+} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BiO}_3^- + \mathbf{6\text{H}^+}$
Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + \mathbf{2e^-} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BiO}_3^- + 6\text{H}^+ + \mathbf{4e^-}$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \quad \times 2 $ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BiO}_3^- + 6\text{H}^+ + 4e^- \quad \times 1 $ menjadi $2\text{ClO}^- + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{BiO}_3^- + 6\text{H}^+ + 4e^-$ -----+ $\mathbf{2\text{ClO}^- + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{BiO}_3^- + 2\text{H}^+}$
Tambahkan OH^- di kedua sisi sebanyak jumlah H^+ .	$2\text{ClO}^- + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + \mathbf{2\text{OH}^-} \rightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{BiO}_3^- + 2\text{H}^+ + \mathbf{2\text{OH}^-}$
Gabungkan H^+ dan OH^- untuk membentuk H_2O .	$2\text{ClO}^- + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{BiO}_3^- + \mathbf{2\text{H}_2\text{O}}$
Hilangkan sebagian H_2O .	$2\text{ClO}^- + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \cancel{\text{H}_2\text{O}} + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{BiO}_3^- + 2(1)\text{H}_2\text{O}$ Sehingga setelah H_2O dihilangkan reaksi yang tersisa adalah sebagai berikut. $\mathbf{2\text{ClO}^- + \text{Bi}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + 2\text{BiO}_3^- + \text{H}_2\text{O}}$



3. Sebanyak 0,72 g sampel mengandung timah (Sn) dilarutkan dalam larutan asam encer, sehingga seluruh timah akan teroksidasi menjadi Sn^{2+} dan dihasilkan gas hidrogen.
- a. Tuliskan persamaan reaksi setara pelarutan timah dalam larutan asam
 $\text{Sn}(s) + 2\text{H}^+(aq) \rightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) + \text{H}_2(g)$
 Seluruh Sn^{2+} dalam larutan kemudian dititrisi dengan larutan MnO_4^- pada suasana asam menghasilkan Mn^{2+} dan Sn^{4+} . Untuk mencapai titik ekuivalen diperlukan 17,20 mL larutan MnO_4^- 0,05 M.
- b. Tuliskan persamaan reaksi setara antara Sn^{2+} dan MnO_4^- .

Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	reaksi $\text{Sn}^{2+}(aq) + \text{MnO}_4^-(aq) \rightarrow \text{Sn}^{4+}(aq) + \text{Mn}^{2+}(aq)$ dibagi menjadi setengah reaksi berikut. $\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}$ $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}$ $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$
Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H_2O .	$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}$ $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
Samakan jumlah H dengan menambahkan H^+ .	$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}$ $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^-$ $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^-$ x5 $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ x2 menjadi $5\text{Sn}^{2+} \rightarrow 5\text{Sn}^{4+} + 10\text{e}^-$ $2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ + 10\text{e}^- \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$ -----+ $5\text{Sn}^{2+} + 2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Sn}^{4+} + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$

- c. Hitung jumlah mol MnO_4^- yang bereaksi.
 $n(\text{MnO}_4^-) = V \times [\text{MnO}_4^-] = 17,2 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0,05 \text{ mol/L} = 8,6 \times 10^{-4} \text{ mol}$
- d. Hitung jumlah mol Sn^{2+} yang terdapat pada sampel.
 $n(\text{Sn}^{2+}) = \frac{5}{2} \times n(\text{MnO}_4^-) = \frac{5}{2} \times 8,6 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,00215 \text{ mol}$



- e. Hitung massa timah yang terdapat pada sampel.

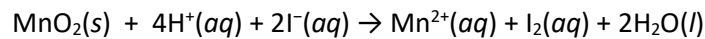
$$m(\text{Sn}^{2+}) = n(\text{Sn}^{2+}) \times MM(\text{Sn}^{2+}) = 0,00215 \text{ mol} \times 118,711 \text{ g/mol} = 0,255 \text{ g}$$

- f. Tentukan kadar timah (% massa dalam sampel tersebut).

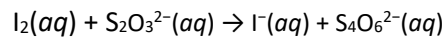
$$\%w/w(\text{Sn}) = \frac{m(\text{Sn})}{m(\text{sampel})} \times 100\% = \frac{0,255 \text{ g}}{0,72 \text{ g}} \times 100\% = 35,45\%$$

[SOAL TAMBAHAN, hanya dikerjakan jika nomor 1-3 sudah selesai]

4. Suatu sampel mineral yang mengandung MnO_2 dilarutkan dengan asam sehingga dihasilkan larutan sebanyak 30 mL. Larutan sampel tersebut dianalisa secara iodometri sehingga terjadi reaksi berikut:

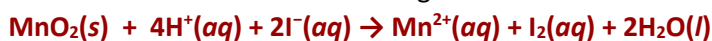


I_2 yang dihasilkan dari reaksi di atas direaksikan dengan natrium tiosulfat sesuai reaksi berikut.



Jika 32,30 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0722 M diperlukan untuk mentitrasi I_2 yang dihasilkan

- a. Setarakan reaksi antara MnO_2 dengan I^- .



- b. Setarakan reaksi antara I_2 dengan $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.



- c. Hitung jumlah mol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ yang bereaksi.

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = V \times [\text{S}_2\text{O}_3^{2-}] = 32,3 \times 10^{-3} \text{ L} \times 0,0722 \text{ mol/L} = 0,00233 \text{ mol}$$

- d. Hitung jumlah mol I_2 yang dihasilkan pada reaksi antara MnO_2 dengan I^- .

$$n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \times n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1}{2} \times 0,00233 \text{ mol} = 0,001165 \text{ mol}$$

- e. Hitung jumlah mol MnO_2 pada sampel.

$$n(\text{I}_2) = n(\text{MnO}_2) = 0,001165 \text{ mol}$$

- f. Hitung massa MnO_2 pada sampel.

$$m(\text{MnO}_2) = 0,001165 \text{ mol} \times (54,938 + 2 \times 16) \text{ g/mol} = 0,101 \text{ g}$$



PERSIAPAN UTS

Student Center for Learning

Minggu 5: Persiapan UTS

Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya dalam waktu 45 menit
- Pengerjaan soal bersifat buku tertutup
- Diperbolehkan menggunakan kalkulator (hanya *scientific* non HP)
- Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL (bagi mahasiswa wajib SCL)

1 H 1,01																	2 He 4,00
3 Li 6,94	4 Be 9,01											5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18
11 Na 22,99	12 Mg 24,31											13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,41	31 Ga 69,72	32 Ge 72,64	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,80
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94	43 Tc (98)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29
55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	*Lantanida	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,20	83 Bi 208,98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	*Aktinida	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Cn (285)	113 Nh (286)	114 Fl (289)	115 Mc (289)	116 Lv (293)	117 Ts (294)	118 Og (294)
		*Lantanida	57 La 138,91	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm (145)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,36	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,04	71 Lu 174,97
		*Aktinida	89 Ac (227)	90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

1. Lengkapi tabel berikut! (poin @jawaban benar = 1, total poin=12)

	Notasi	jumlah proton	jumlah neutron	jumlah elektron
	${}_{14}^{28}\text{Si}$	14	14	14
	${}_{27}^{56}\text{Co}^{2+}$	27	29	25
	${}_{16}^{32}\text{S}^{2-}$	16	16	18
	${}_{93}^{242}\text{Np}$	93	149	93



	${}_{26}^{56}\text{Fe}^{3+}$	26	30	23
	${}_{17}^{35}\text{Cl}^{-}$	17	18	18

Pembahasan:

Notasi umum suatu atom/ion adalah ${}^A_Z\text{X}^n$ dengan keterangan sebagai berikut:

X = simbol unsur

Z = nomor atom = jumlah proton / elektron (pada keadaan netral, n = 0)

A = nomor massa = jumlah proton + neutron

- n menunjukkan muatan. +n artinya terjadi pelepasan sebanyak n elektron. Sementara -n menunjukkan terjadi penangkapan sebanyak n elektron.
- Untuk atom netral, jumlah proton = jumlah elektron.

a. Jumlah proton = Z = **20**

Jumlah neutron = Nomor massa (A) – jumlah proton = 40 – 20 = **20**

Jumlah elektron = jumlah proton (atom netral) = **20**

b. Jumlah proton = Z = **27**

Jumlah neutron = Nomor massa (A) – jumlah proton = 56 – 27 = **29**

Jumlah elektron = Z – 2 = 27 – 2 = **25**

c. Jumlah proton = Z = **16**

Jumlah neutron = Nomor massa (A) – jumlah proton = 32 – 16 = **16**

Jumlah elektron = Z + 2 = 16 + 2 = **18**

d. Perhatikan, **simbol unsur ditentukan oleh jumlah protonnya.**

Jumlah proton = 93, maka Z = 93 dan simbol unsurnya adalah Np.

A = jumlah proton + neutron = 93 + 149 = 242

Jumlah elektron = jumlah proton → menunjukkan atom netral, sehingga jawabannya adalah ${}_{93}^{242}\text{Np}$

e. Perhatikan, **simbol unsur ditentukan oleh jumlah protonnya.**

Jumlah proton = 26, maka Z = 26 dan simbol unsurnya adalah Fe.

A = jumlah proton + neutron = 26 + 30 = 56

jumlah proton – jumlah elektron = 26 – 23 = +3 → menunjukkan ion bermuatan +3, sehingga jawabannya adalah



f. Perhatikan, **simbol unsur ditentukan oleh jumlah protonnya.**

Jumlah proton = 17, maka Z = 17 dan simbol unsurnya adalah Cl.

A = jumlah proton + neutron = 17 + 18 = 35

jumlah proton – jumlah elektron = 17 – 18 = –1 → menunjukkan ion bermuatan –1, sehingga jawabannya adalah



2. Beberapa bahan kimia yang tersedia di laboratorium, sebagai berikut natrium sulfat, amonium asetat, kalsium sitrat dan tembaga (I) hidroksida

- a. Tuliskan rumus kimia, lambang kation dan anion untuk bahan-bahan kimia yang terdapat pada tabel di bawah ini. (masing-masing jawaban benar poin 1, sehingga poin total = 5)

Nama	Rumus kimia	Spesi dalam larutan	
		kation	anion
natrium sulfat	Na_2SO_4	2Na^+	SO_4^{2-}



amonium asetat	$\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$	NH_4^+	CH_3COO^-
tembaga(I) hidroksida	CuOH	Cu^+	OH^-

- b. Tuliskan reaksi ion bersih (*net ionic equation*) yang setara untuk reaksi antara larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan larutan Na_2SO_4 yang menghasilkan produk padatan. (2 poin)

Reaksi antara ion natrium dan ion nitrat tidak menghasilkan padatan (tidak bereaksi).

Reaksi antara ion kalsium dengan ion sulfat menghasilkan padatan.

Berikut adalah reaksi yang terjadi:

- reaksi molekul : $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NaNO}_3(\text{aq}) + \text{CaSO}_4(\text{s})$
- reaksi ion total: $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{Na}^+(\text{aq}) + 2\text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{CaSO}_4(\text{s})$
- reaksi ion bersih: $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaSO}_4(\text{s})$

Berdasarkan reaksi di atas, 5 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ direaksikan dengan 3 g Na_2SO_4 .

- c. Hitung jumlah mol $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan Na_2SO_4 . (4 poin)

$$n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = \frac{5 \text{ g}}{164,1 \text{ g/mol}} = 0,03 \text{ mol}$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{3 \text{ g}}{142,05 \text{ g/mol}} = 0,0211 \text{ mol}$$

- d. Tentukan pereaksi pembatas pada reaksi tersebut. (2 poin)

Penentuan pereaksi pembatas dilakukan dengan menghitung hasil bagi mol dengan koefisien yang terkecil.

Koefisien $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan Na_2SO_4 adalah satu, sehingga pereaksi pembatasnya adalah Na_2SO_4 .

- e. Hitung massa endapan produk yang terbentuk dari reaksi tersebut. (2 poin)

endapan yang terbentuk adalah endapan CaSO_4 .

$$n(\text{CaSO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,0211 \text{ mol}$$

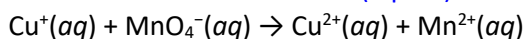
$$m(\text{CaSO}_4) = n(\text{CaSO}_4) \times M_M(\text{CaSO}_4) = 0,0211 \text{ mol} \times 136,15 \text{ g/mol} = 2,873 \text{ g}$$

- f. Jika dari reaksi di atas ternyata hanya dihasilkan 2,5 gram endapan, hitung persen hasil (rendemen) reaksi tersebut. (2 poin)

$$\% \text{ hasil} = \frac{\text{hasil riil}}{\text{hasil teoritis}} \times 100\% = \frac{2,5 \text{ g}}{2,873 \text{ g}} \times 100\% = 87\%$$

3. Sebanyak 1,7625 g sampel padatan terdiri dari campuran kalsium nitrat dan tembaga (I) nitrat. Sampel tersebut dilarutkan pada 25 mL air kemudian dititrasi dengan KMnO_4 0,1 M dalam suasana asam. Volume larutan KMnO_4 yang dibutuhkan untuk mencapai titik akhir titrasi sebanyak 16,50 mL

- a. Setarakan reaksi antara larutan garam tembaga (I) nitrat dan larutan KMnO_4 dan dalam reaksi tersebut dihasilkan ion Cu^{2+} dan Mn^{2+} . (3 poin)



Penyetaraan dapat dilakukan dengan metode setengah reaksi melalui langkah-langkah berikut.

Langkah	Contoh reaksi
Bagi reaksi menjadi setengah reaksi oksidasi dan reduksi.	$\text{Cu}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$



	Setarakan jumlah atom yang mengalami perubahan biloks.	$\text{Cu}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq)$ $\text{MnO}_4^-(aq) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq)$
	Setarakan jumlah O dengan menambahkan molekul H ₂ O.	$\text{Cu}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq)$ $\text{MnO}_4^-(aq) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$
	Samakan jumlah H dengan menambahkan H ⁺ .	$\text{Cu}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq)$ $\text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$
	Setarakan muatan dengan menambahkan elektron.	$\text{Cu}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + e^-$ $\text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$
	Samakan jumlah elektron pada kedua reaksi dan kemudian jumlahkan reaksinya (hilangkan spesi yang sama di kedua sisi).	$\text{Cu}^+(aq) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + e^- \quad \times 5 $ $\text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l) \quad \times 1 $ <p>menjadi</p> $5\text{Cu}^+(aq) \rightarrow 5\text{Cu}^{2+}(aq) + 5e^-$ $\text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$ <p>-----+</p> $5\text{Cu}^+(aq) + \text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l) + 5\text{Cu}^{2+}(aq)$

- b. Hitung jumlah mol KMnO₄ yang dibutuhkan untuk titrasi. (2 poin)

$$n(\text{KMnO}_4) = V \times [\text{KMnO}_4] = 16,50 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} = 1,65 \text{ mmol} = 1,65 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- c. Hitung jumlah mol tembaga(I) nitrat yang bereaksi. (2 poin)

$$n(\text{CuNO}_3) = n(\text{Cu}^+) = 5 \times n(\text{MnO}_4^-) = 5 \times 1,65 \times 10^{-3} \text{ mol} = 8,25 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- d. Berapa massa tembaga(I) nitrat pada sampel? (2 poin)

$$m(\text{CuNO}_3) = n(\text{CuNO}_3) \times M_M(\text{CuNO}_3) = 8,25 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 125,56 \text{ g/mol} = 1,036 \text{ g}$$

- e. Hitung kadar CuNO₃ (%w/w) dalam sampel. (2 poin)

$$\%w(\text{CuNO}_3) = \frac{m(\text{CuNO}_3)}{m(\text{sampel})} \times 100\% = \frac{1,036 \text{ g}}{1,7625 \text{ g}} \times 100\% = 58,77\%$$

BAB 4

TERMOKIMIA DAN TERMODINAMIKA

Student Center for Learning

Minggu 7: Termokimia dan Termodinamika

Termokimia

Sistem, Lingkungan, dan Semesta

- Sistem adalah sesuatu yang menjadi pusat pengamatan.
- Lingkungan adalah segala hal yang di luar sistem.
- Semesta = Sistem + Lingkungan.
- Ketika kamu melakukan pengamatan pada pembentukan endapan perak klorida dari reaksi antara larutan perak nitrat dan larutan asam klorida dalam sebuah gelas kimia, dapatkah kamu menyebutkan mana yang merupakan sistem, lingkungan, dan semesta?
- Terdapat tiga buah jenis sistem, yakni:
 - Sistem terbuka, sistem yang memungkinkan terjadinya transfer massa dan energi. Contoh: melakukan reaksi pada wadah terbuka.
 - Sistem tertutup, sistem yang hanya memungkinkan terjadinya transfer energi. Contoh: melakukan reaksi pada wadah tertutup.
 - Sistem terisolasi, sistem yang tidak memungkinkan untuk terjadi transfer massa dan energi. Contoh: sistem yang paling mendekati terisolasi adalah termos.

Perubahan Energi Dalam (ΔE) dan Perubahan Entalpi (ΔH)

- Energi dalam (E) suatu partikel adalah penjumlahan dari energi kinetik dan energi potensial dari partikel tersebut. Pada sistem nyata, E tidak dapat diukur karena parameter pengukuran yang rumit. Namun, perubahan energi dalam (ΔE) dapat diukur.
- Perhitungan ΔE melibatkan kalor (q) yang diserap/dilepaskan oleh sistem dan kerja (w) yang dilakukan/dikenakan pada sistem.
- Dalam kerja yang melibatkan tekanan dan volume, secara matematis ΔE dapat dituliskan sebagai:

$$\Delta E = q + w$$

$$\Delta E = q - p\Delta V$$

- Kebanyakan proses kimia dilakukan pada tekanan tetap. q pada tekanan tetap didefinisikan sebagai perubahan entalpi ΔH .

$$\Delta E = \Delta H - p\Delta V$$

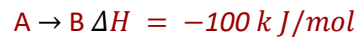
- Melalui hubungan dengan Persamaan Gas Ideal, kita dapat menuliskan:

$$\Delta E = \Delta H - \Delta n_g RT$$

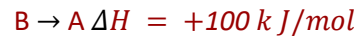
- Harap diingat bahwa dalam perhitungan termokimia, nilai $R = 8,314 \text{ J/mol.K} = 8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}$.
- Harap pula diingat bahwa perubahan mol (Δn_g) yang dimaksud adalah selisih mol produk dan reaktan zat dalam fase gas.

Reaksi Eksotermik dan Endotermik

- Suatu reaksi kimia/sistem dikatakan eksotermik bila $\Delta H_{reaksi} < 0$ dan endotermik bila $\Delta H_{reaksi} > 0$.
- Berdasarkan Hukum Termodinamika I, diketahui bahwa $\Delta E_{reaksi} = -\Delta E_{lingkungan}$. Sehingga berlaku $\Delta H_{reaksi} = -\Delta H_{lingkungan}$.
- Bila diketahui:



Maka:



- Suatu reaksi kimia melepaskan kalor sebesar 10 J menuju lingkungan. Apakah reaksi tersebut bersifat eksotermik atau endotermik?

Kalorimetri

- Kalorimetri adalah metode pengukuran kalor menggunakan alat kalorimeter.
- Terdapat dua jenis kalorimeter, yakni kalorimeter tekanan tetap (contoh: kalorimeter yang menggunakan *styrofoam cup*) dan kalorimeter volume tetap (contoh: *bomb calorimeter*).

$$q_{reaksi} = -(q_{air} + q_{kalorimeter})$$
$$q_{reaksi} = -(m_{air} \times c_{air} \times \Delta T + C_{kalorimeter} \times \Delta T)$$

- Berdasarkan persamaan mengenai hubungan antara ΔE dan ΔH , maka:
 - Pada kalorimeter tekanan tetap, berlaku $q_{reaksi} = \Delta H_{reaksi}$
 - Pada kalorimeter volume tetap (kalorimeter bom), berlaku $q_{reaksi} = \Delta E_{reaksi}$

Perubahan Entalpi Pembentukan Standar (ΔH_f^o) dan Hukum Hess

- Perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f^o) didefinisikan sebagai perubahan entalpi (ΔH) yang menyertai pembentukan **1 mol zat dari unsur-unsurnya pada keadaan standar dan diukur pada tekanan 1 atm serta suhu 25°C**.
- ΔH_f^o dari unsur pada keadaan standar adalah 0. Sebagai contoh, oksigen pada keadaan standar berwujud gas dan berupa molekul diatomik ($O_2(g)$).
- Beberapa unsur memiliki alotrop. Misal, terdapat beberapa alotrop dari karbon diantaranya grafit dan intan. Bentuk standar dari karbon adalah grafit.
- Sehingga, kita menuliskan persamaan reaksi standar pembentukan CO_2 , sebagai:



Bukan:



maupun



- Terdapat beberapa perubahan entalpi standar lain semisal perubahan entalpi pembakaran standar (ΔH_c^o) dll.
- Hukum Hess menyatakan bahwa ΔH reaksi adalah fungsi keadaan, sehingga berlaku:

$$\Delta H^{\circ}_{reaksi} = \Sigma \Delta H_f^{\circ} \text{ produk} - \Sigma \Delta H_f^{\circ} \text{ reaktan}$$

- Contoh persoalan mengenai sifat ΔH sebagai fungsi keadaan adalah:



Maka berapakan nilai ΔH° (dalam kJ/mol) untuk reaksi $2E + 2F \rightarrow 2A + 2B$?

Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya
- Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL (bagi mahasiswa wajib SCL)

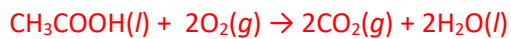
1. Perkirakan apakah nilai ΔE_{sistem} dari peristiwa berikut bernilai positif atau negatif:

a. Es batu meleleh pada suhu ruang

$\Delta E_{sistem} > 0$, karena proses ini membutuhkan panas sehingga nilai $Q > 0$. Proses perubahan fase padat menjadi cair memiliki nilai ΔV yang kecil sehingga kerjanya dapat diabaikan (terlalu kecil) [1]

b. Reaksi pembakaran cairan asam asetat (CH_3COOH)

$\Delta E_{sistem} < 0$, karena reaksi pembakaran merupakan reaksi eksoterm ($\Delta H < 0$). Berikut adalah persamaan reaksi pembakaran etana:



Nilai $\Delta n_{\text{gas}} = 2 - (2) = 0$.

Sesuai persamaan $\Delta E = \Delta H - \Delta n_{\text{gas}}RT$, ΔE pasti bernilai negatif, karena nilai $\Delta H < 0$, sementara $\Delta n_{\text{gas}} = 0$. [1]

2. Jelaskan apakah pernyataan di bawah ini benar atau tidak:

a. Gas ideal melakukan ekspansi di ruang vakum, maka gas tersebut melakukan kerja.

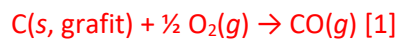
Salah, $w = -p\Delta V$. Jika $p = 0$, maka $w = 0$. [1]

b. Suatu garam ketika dilarutkan menurunkan suhu air, maka reaksi pelarutan tersebut adalah endotermik.

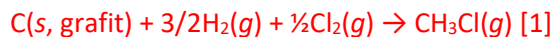
Benar. Dalam hal ini, air adalah lingkungan. Bila suhu air turun, menandakan bahwa reaksi kimia (sistem) menyerap kalor dari lingkungan, termasuk air. [1]

3. Tuliskan persamaan reaksi kimia:

a. Pembentukan standar CO(g)



b. Pembentukan standar CH₃Cl(g)



c. Pembentukan standar CH₂Br₂(g)



d. Pembakaran standar gas butana C₄H₁₀(g)



4. Diketahui data entalpi pembentukan beberapa senyawa adalah sebagai berikut: $\Delta H_f \text{CO}_2(g) = -393 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_f \text{H}_2\text{O}(l) = -285,6 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_f \text{CH}_4(g) = -75,4 \text{ kJ/mol}$.

a. Tuliskan reaksi setara pembakaran gas metana pada suhu ruang.



b. Tentukan $\Delta H_c^\circ \text{CH}_4(g)$.

$$\begin{aligned} \Delta H_c \text{CH}_4(g) &= \Sigma \Delta H_f(\text{produk}) - \Sigma \Delta H_f(\text{reaktan}) \\ &= (2 \times \Delta H_f \text{H}_2\text{O}(l) + \Delta H_f \text{CO}_2(g)) - (\Delta H_f \text{CH}_4(g) + 2 \times \Delta H_f \text{O}_2(g)) \\ &= (2 \times (-285,6) + (-393)) - ((-75,4) + 2 \times 0) \\ &= -888,8 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

c. Jika terjadi reaksi pembakaran sempurna 6,4 gram metana, hitung nilai kalor yang dihasilkan pada reaksi tersebut.

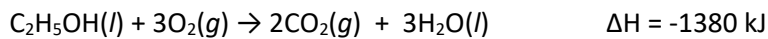
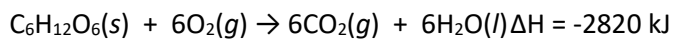
Pada tekanan tetap, kalor yang dihasilkan dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} Q &= n(\text{CH}_4) \times \Delta H_c^\circ(\text{CH}_4) \\ &= \frac{6,4 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} \times (-888,8 \text{ kJ/mol}) \\ &= -355,52 \text{ kJ} \end{aligned}$$

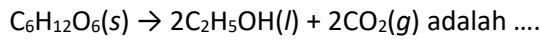
Tanda negatif menunjukkan pada reaksi dilepaskan 355,52 kJ kalor



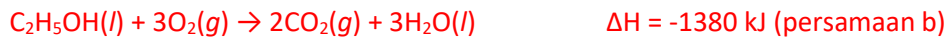
5. Diberikan beberapa persamaan termokimia berikut:



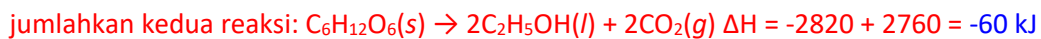
Perubahan entalpi bagi reaksi fermentasi glukosa:



Jawaban:

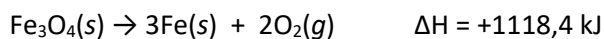
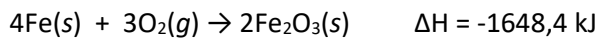


-----+

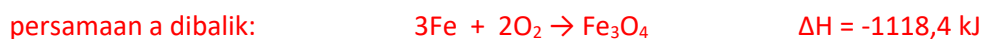
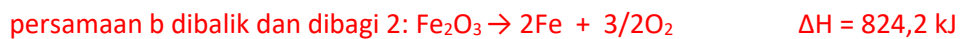
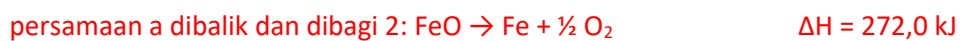
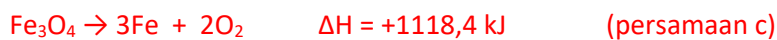
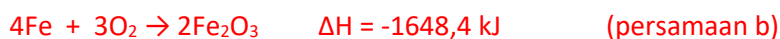


6. Tentukan ΔH dari reaksi: $FeO + Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$

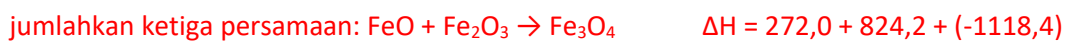
Jika diketahui beberapa persamaan termokimia berikut:



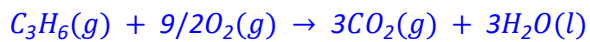
Jawaban:



-----+



7. Pada suhu dan tekanan standar, dalam suatu bom kalorimeter ($C_{\text{kalorimeter}} = 30 \text{ J/}^\circ\text{C}$), sebanyak 0,42 gram gas propena (C_3H_6) dibakar sempurna. Suhu 100 mL air ($d_{\text{air}} = 1 \text{ g/mL}$, $c_{\text{air}} = 4,2 \text{ J/g }^\circ\text{C}$) dalam kalorimeter tersebut naik sebesar 50°C .
- a. Tuliskan persamaan reaksi kimia setara beserta simbol fasenya.



Pada soal disebutkan bahwa reaksi dilakukan PADA SUHU DAN TEKANAN STANDAR ATAU 25°C DAN TEKANAN 1 ATM.

DENGAN DEMIKIAN, AIR YANG DIHASILKAN MEMILIKI FASE (l), BUKAN (g). AIR PADA KEADAAN TERSEBUT BERBENTUK CAIRAN, BUKAN GAS,

- b. Tentukan besarnya q_{sistem} . [3 poin]

$$q_{\text{reaksi}} = -(q_{\text{air}} + q_{\text{kalorimeter}})$$

$$q_{\text{reaksi}} = -(m_{\text{air}} \times c_{\text{air}} \times \Delta T + C_{\text{kalorimeter}} \times \Delta T)$$

$$q_{\text{reaksi}} = -(100 \text{ g} \times 4,2 \text{ J/g }^\circ\text{C} \times 50^\circ\text{C} + 30 \text{ J/}^\circ\text{C} \times 50^\circ\text{C}) = -22500 \text{ J}$$

- c. Tentukan nilai ΔE_{sistem} . [2 poin]

Pada kalorimeter volume konstan, berlaku $\Delta E_{\text{reaksi}} = q_{\text{reaksi}}$. Sehingga $\Delta E_{\text{reaksi}} = -22500 \text{ J}$ [1]

- d. Tentukan nilai $\Delta E^{\circ}_{\text{reaksi}}$ (dalam kJ/mol) jika 1 mol gas C_3H_6 yang dibakar dan pengukuran diukur dalam keadaan standar. [3 poin]

$$\text{mol } \text{C}_3\text{H}_6 = \frac{\text{Massa } \text{C}_3\text{H}_6}{\text{Massa mola } \text{C}_3\text{H}_6} = \frac{\text{Massa } \text{C}_3\text{H}_6}{\text{Massa mola } \text{C}_3\text{H}_6} = \frac{0,42 \text{ gram}}{42 \text{ gram/mol}} = 0,01 \text{ mol [1]}$$

$$\Delta E^{\circ}_{\text{reaksi}} = -22500 \text{ J}/0,01 \text{ mol} = -2250000 \text{ J/mol} = -2250 \text{ kJ/mol}$$

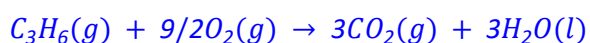
- e. Tentukan nilai perubahan entalpi pembakaran standar (ΔH_c°) dari C_3H_6 . [3 poin]

$$\Delta E^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta H^{\circ}_{\text{reaksi}} - \Delta n_g RT$$

Kita melihat bahwa reaksi (a) adalah reaksi pembakaran. Persamaan reaksi juga menunjukkan pembakaran untuk 1 mol propena. Sehingga jika reaksi dilakukan pada keadaan standar (temperatur 25 derajat Celsius dan tekanan 1 atm), maka dalam hal ini $\Delta H^{\circ}_{\text{reaksi}}$ yang merujuk kepada ΔH_c° .

$$\Delta E^{\circ}_{\text{reaksi}} = \Delta H_c^{\circ} - \Delta n_g RT$$

PERHATIKAN BAHWA REAKSI PEMBAKARAN YANG TERJADI PADA KEADAAN STANDAR ADALAH:



BUKAN



SEHINGGA NILAI Δn_g ADALAH (3 - [9/2 + 1]) DAN BUKAN ([3 + 3] - [9/2 + 1]).

$$-2250 \text{ kJ/mol} = \Delta H_c^0 - (-2,5 \times 8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/K.mol} \times 298 \text{ K})$$

$$\Delta H_c^0 = -2256,19393 \text{ kJ/mol}$$

- f. Tentukan apakah reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermik atau endotermik.

Air sebagai lingkungan mengalami kenaikan suhu. Dengan demikian, reaksi bersifat eksotermik karena reaksi sebagai sistem memberikan kalor menuju lingkungan. [1 poin]

BAB 5

STRUKTUR ATOM

Student Center for Learning

Minggu 8: Struktur Atom

Dualisme Partikel Gelombang

Karakteristik Gelombang

- Semua materi memiliki sifat **partikel dan gelombang**. Oleh karena itu, dapat dikarakterisasi menggunakan persamaan gelombang.

$$c = \nu\lambda$$

- Dengan c merupakan kecepatan cahaya senilai 3×10^8 m/s, ν adalah frekuensi dalam satuan Hz dan λ merupakan panjang gelombang (umumnya dalam satuan m).

Hipotesa Kuantum

- Planck mengemukakan **bahwa radiasi elektromagnetik dari benda hitam merupakan pancaran paket-paket kecil energi yang disebut quanta energi atau foton dan bukan merupakan radiasi yang bersifat kontinu**.
- Foton bergerak dengan kecepatan cahaya (c) dan energinya sebanding dengan frekuensinya sesuai persamaan berikut

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

h = konstanta Planck = $6,626 \times 10^{-34}$ J.s

Spektrum Atom

Spektrum Garis Atom Hidrogen

- Spektrum emisi atom dibuat dengan cara memanaskan padatan atau gas pada tekanan rendah. Pemanasan ini menyebabkan elektron-elektron tereksitasi menuju tingkat energi yang lebih tinggi.
- Elektron-elektron tersebut akan terdeksitasi (kembali ke keadaan dasar) dengan mengemisikan cahaya. Radiasi yang diemisikan akan nampak sebagai spektrum garis dengan warna-warna tertentu.

Persamaan Rydberg

- J. Rydberg menurunkan persamaan umum untuk semua garis emisi spektrum atom hidrogen, yang kemudian dapat diperluas penggunaannya pada **spesi berelektron tunggal**:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

λ = panjang gelombang sinar emisi

R_H = tetapan Rydberg = $109.678 \text{ cm}^{-1} = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

Z = nomor atom

n_1 = kulit pada keadaan deeksitasi

n_2 = kulit pada keadaan tereksitasi.

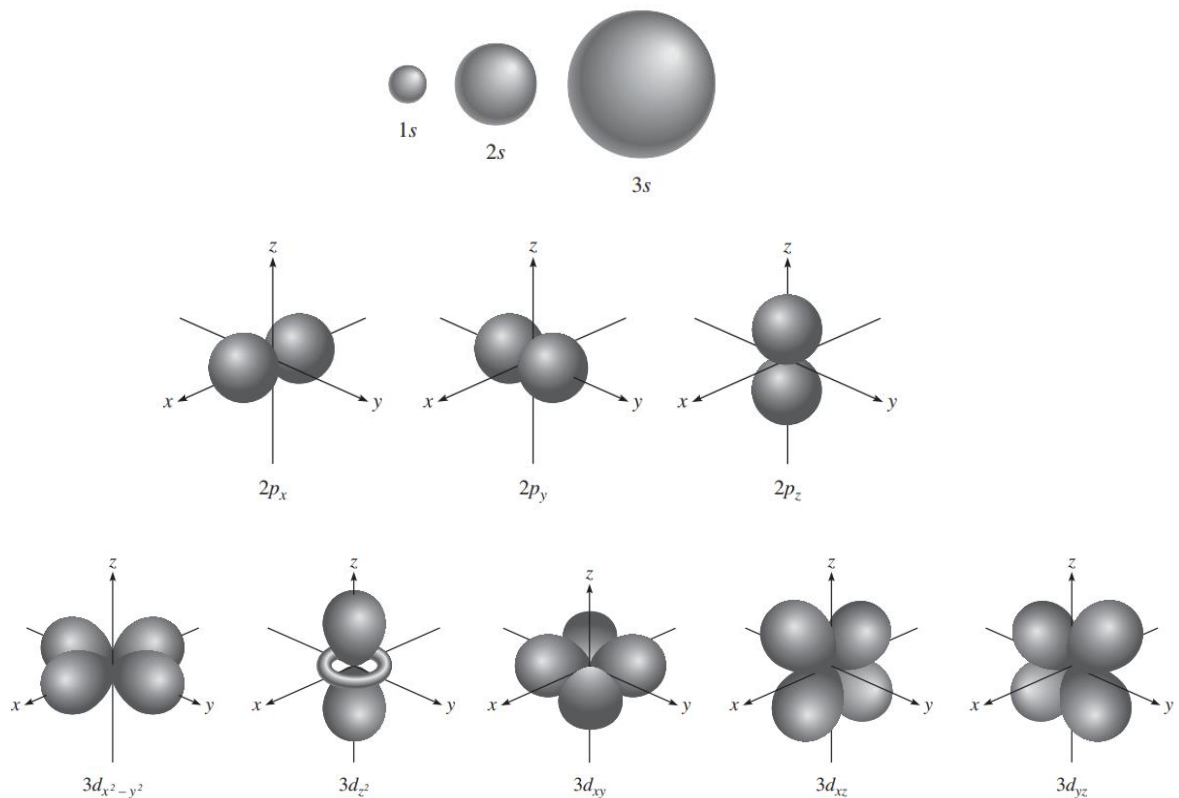
- Dengan menggunakan persamaan Rydberg, spektrum garis hidrogen dapat dikelompokan berdasarkan nilai n_1
 1. Deret Lyman, $n_1 = 1$
 2. Deret Balmer, $n_1 = 2$
 3. Deret Paschen, $n_1 = 3$

4. Deret Brackett, $n_1 = 4$
5. Deret Pfund, $n_1 = 5$
6. Deret Humphreys, $n_1 = 6$.

Teori Kuantum

Orbital

- Untuk menjelaskan perilaku elektron pada suatu atom digunakan **fungsi gelombang**. Fungsi gelombang yang menjelaskan perilaku elektron tersebut kemudian dikenal dengan istilah **orbital**.
- Terdapat beberapa jenis orbital dengan bentuk yang berbeda-beda.



sumber: Raymond Chang, 10th edition

Bilangan Kuantum

Solusi persamaan Schrodinger untuk fungsi gelombang menghasilkan tiga bilangan kuantum yang diperlukan untuk mendeskripsikan orbital atom.

1. Bilangan kuantum utama (n)
 n , disebut juga sebagai nomor kulit, memiliki nilai bilangan bulat positif.
2. Bilangan kuantum sudut (ℓ)
 ℓ disebut juga subkulit, memiliki nilai nol dan bilangan bulat positif. Nilai ℓ menyatakan bentuk orbital.
orbital s $\rightarrow \ell = 0$
orbital p $\rightarrow \ell = 1$
orbital d $\rightarrow \ell = 2$
orbital f $\rightarrow \ell = 3$, dst.
3. Bilangan kuantum magnetik (m_ℓ)

Bilangan kuantum magnetik, menyatakan **orientasi orbital**. Bilangan kuantum magnetik (m_ℓ) dapat memiliki nilai bilangan bulat negatif, nol dan positif, dengan ketentuan

$$m_\ell = -\ell, (\ell + 1), \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, (\ell - 1), +\ell$$

4. Spin elektron

Spin / arah putaran elektron hanya memiliki dua nilai, yaitu $+\frac{1}{2}$ (dinyatakan dengan panah \uparrow) dan $-\frac{1}{2}$ (dinyatakan dengan panah \downarrow).

Asas Larangan Pauli

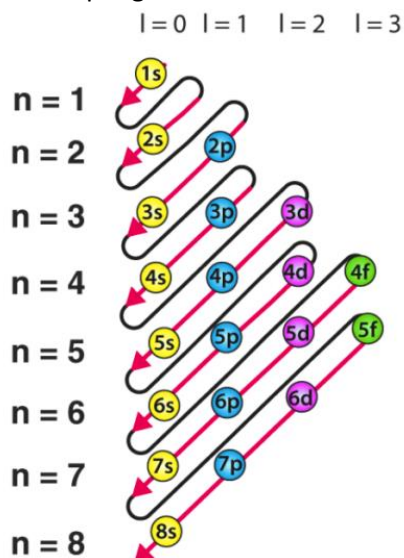
1. Tidak mungkin ada dua elektron yang memiliki satu set bilangan kuantum yang sama persis (n , ℓ , m_ℓ , m_s semuanya sama).
2. Dalam satu orbital maksimum hanya dapat diisi oleh dua elektron.
3. Dua elektron dalam satu orbital harus memiliki spin berlawanan.
 - Dua elektron yang mengisi satu orbital yang sama akan bersifat diamagnetik, karena efek magnetnya saling meniadakan ($\uparrow\downarrow$)
 - Dua elektron yang mengisi dua orbital yang berbeda dengan spin yang sama akan bersifat paramagnetik (\uparrow, \uparrow)

Konfigurasi Elektron pada Keadaan Dasar

Prinsip Aufbau:

1. Hanya dua elektron dalam 1 orbital
2. Pengisian mulai dari orbital dengan tingkat energi paling rendah
3. Dalam satu orbital spin harus berpasangan (+ dan $-\frac{1}{2}$)
4. **Aturan Hund:** pengisian elektron pada orbital dengan energi yang sama, isi setiap orbital dengan satu elektron dengan spin paralel. Setelah setengah penuh bila ada sisa elektron baru dipasangkan

Urutan pengisian elektron berdasarkan tingkat energi berikut.



Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya
- Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL (bagi mahasiswa wajib SCL)

1. LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan gelombang elektromagnetik yang bersifat monokromatik dan koheren yang banyak digunakan dalam DVD/CD *player*, komunikasi dan militer. Lengkapi tabel berikut yang berkaitan dengan beberapa jenis laser.

Jenis laser	λ (nm)	ν (Hz)	Energi (J)	Energi (kJ/mol)
He-Ne	632,8	$4,74 \times 10^{14}$	$3,14 \times 10^{-19}$	189,2
Ar	488	$6,148 \times 10^{14}$	$4,074 \times 10^{-20}$	245,3
Ar-Kr	568,1	$5,28 \times 10^{14}$	$3,499 \times 10^{-19}$	210,7
Dye	663,7	$4,52 \times 10^{14}$	$2,995 \times 10^{-19}$	180,4

Contoh penyelesaian untuk jenis laser He-Ne:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{632,8 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4,74 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = h\nu = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \times 4,74 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,14 \times 10^{-19} \text{ J/partikel}$$

$$E = 3,14 \times 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{partikel}} \times 6,022 \times 10^{23} \frac{\text{partikel}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ J}}{1000 \text{ kJ}} \\ = 189,2 \text{ kJ/mol}$$

dengan menggunakan persamaan yang sama, didapat jawaban pada tabel (jawaban yang dicetak biru, soal yang dicetak hitam). Masing-masing jawaban bernilai 2 poin.

2. Hitung panjang gelombang garis pada spektrum atom hidrogen yang berkaitan dengan perpindahan elektron pada:
 - a. $n = 6$ ke $n = 1$ (2 poin)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \times 1^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{6^2} \right)$$

$$\lambda = 9,376 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$\lambda = 93,76 \text{ nm}$$





- b. deret Balmer ke $n_2 = 5$

Deret Balmer \rightarrow nilai $n_1 = 2$ (1 poin)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \times 1^2 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$$\lambda = 4,34 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 434 \text{ nm}$$

(2 poin)

- c. $n = \infty$ ke $n = 1$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \times 1^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2} \right)$$

$$\lambda = 9,116 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$\lambda = 91,16 \text{ nm}$$

(2 poin)

catatan: nilai $\frac{1}{\infty^2} \approx 0$ sehingga nilai λ dapat dihitung.

3. Tuliskan konfigurasi elektron untuk atom / ion berikut.

a. Rb = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 = [\text{Kr}] 5s^1$ (2 poin, menulis hanya salah satu jawaban sudah benar)

b. Cu = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10} = [\text{Ar}] 4s^1 3d^{10}$ (2 poin, menulis hanya salah satu jawaban sudah benar, tidak menuliskan konfigurasi orbital d terisi penuh hanya dapat 1 poin)

c. Mn^{4+}

$$\text{Mn} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5 = [\text{Ar}] 4s^2 3d^5$$

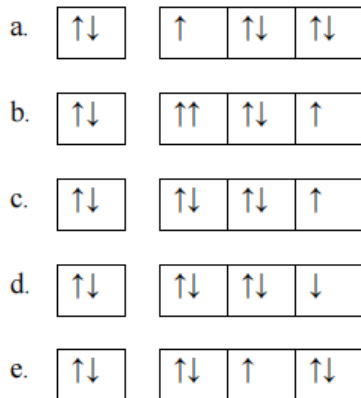
$$\text{Mn}^{4+} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 = [\text{Ar}] 3d^3$$
 (2 poin, menulis hanya salah satu jawaban sudah benar)

d. S^{2-}

$$\text{S} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 = [\text{Ne}] 3s^2 3p^4$$

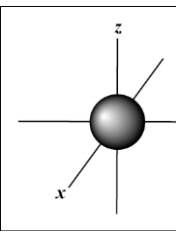
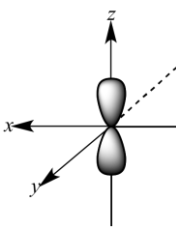
$$\text{S}^{2-} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 = [\text{Ne}] 3s^2 3p^6$$
 (2 poin, menulis hanya salah satu jawaban sudah benar)

4. Di antara diagram orbital berikut, tentukan diagram orbital yang kurang tepat untuk pengisian elektron valensi atom Cl pada keadaan dasar!



Jawaban: b, karena melanggar asas larangan Pauli (dalam satu orbital terdapat dua elektron dengan spin yang sama, sehingga keempat bilangan kuantumnya sama). Jawaban opsi a, c, d dan e sudah sesuai aturan pengisian elektron (elektron tidak harus diisi dari paling kiri). **2 poin**

5. Lengkapi tabel berikut:

Gambar orbital	Nama orbital	jumlah maksimum elektron yang dapat menempati orbital ini ...	Pada bilangan kuantum $n = 2$, orbital ini dapat berjumlah ...	Bilangan kuantum n terendah untuk dapat menemukan orbital ini adalah ...
	s	2	1	1 (sub kulit s mulai dari $n=1$)
	p_z	2	3 (ada 3 orbital yaitu $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$)	2 (sub kulit p mulai dari $n=2$)

	d_{xy}	2	0 (orbital d baru muncul pada nilai $n=3$)	3 (sub kulit d mulai dari $n=3$)
--	----------	---	--	--------------------------------------

masing-masing jawaban benar bernilai 2 poin

6. Beri tanda centang (✓) pada set bilangan kuantum yang mungkin untuk elektron terluar atom **Mg** pada keadaan dasar (jawaban dapat lebih dari satu). (2 poin)

✓ $n = 3, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$

✓ $n = 3, l = 0, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$

- $n = 2, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$
- $n = 3, l = 1, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$
- $n = 3, l = 1, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}$

Konfigurasi elektron Mg adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, elektron terluar terletak pada orbital 3s. Maka set bilangan kuantum yang mungkin adalah $n = 3, l = 0, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$ dan $-\frac{1}{2}$

7. Beri tanda centang (✓) pada set bilangan kuantum yang mungkin untuk elektron terluar atom **Ar** pada keadaan dasar (jawaban dapat lebih dari satu). (2 poin)

✓ $n = 3, l = 1, m_l = -1, m_s = +\frac{1}{2}$

✓ $n = 3, l = 1, m_l = -1, m_s = -\frac{1}{2}$

✓ $n = 3, l = 1, m_l = 0, m_s = +\frac{1}{2}$

✓ $n = 3, l = 1, m_l = 1, m_s = +\frac{1}{2}$

✓ $n = 3, l = 1, m_l = 1, m_s = -\frac{1}{2}$

Konfigurasi elektron Ar adalah $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, elektron terluar terletak pada orbital 3s dan 3p. Maka set bilangan kuantum yang mungkin adalah $n = 3, l = 0$ (s) dan $+1$ (p), $m_l = -1 / 0 / +1$, $m_s = +\frac{1}{2}$ dan $-\frac{1}{2}$

8. Berapa jumlah elektron totalnya dalam **suatu atom** yang dapat memiliki bilangan kuantum sebagai berikut :

- a. $n = 3, m_s = -\frac{1}{2}$; jumlah elektron total = 9 [2 poin]

Pada orbital 3s terdapat 1 elektron dengan nilai $m_s = -\frac{1}{2}$

Pada orbital 3p terdapat 3 elektron dengan nilai $m_s = -\frac{1}{2}$

Pada orbital 3d terdapat 5 elektron dengan nilai $m_s = -\frac{1}{2}$

maka total elektron dengan $n=3$ dan $m_s=-\frac{1}{2}$ adalah $1+3+5=9$

- b. $n = 4$, $ml = 1$, $m_s = -\frac{1}{2}$; jumlah elektron total = 3 [2 poin]

Pada kulit $n=4$ terdapat sub kulit s, p, d dan f.

Namun pada orbital 4s tidak mungkin nilai $ml = +1$, maka hanya elektron pada orbital 4p, 4d dan 4f yang dihitung.

Pada masing-masing orbital 4p, 4d dan 4f terdapat 1 elektron yang mungkin memiliki nilai $ml = +1$ dan $m_s = +\frac{1}{2}$, sehingga jumlah elektron yang memiliki $n = 4$, $ml = 1$, $m_s = -\frac{1}{2}$ adalah 3.

- c. $n = 3$, $m_s = +\frac{1}{2}$; jumlah elektron total = 9 [2 poin]

Pada orbital 3s terdapat 1 elektron dengan nilai $m_s = +\frac{1}{2}$

Pada orbital 3p terdapat 3 elektron dengan nilai $m_s = +\frac{1}{2}$

Pada orbital 3d terdapat 5 elektron dengan nilai $m_s = +\frac{1}{2}$

maka total elektron dengan $n=3$ dan $m_s=-\frac{1}{2}$ adalah $1+3+5=9$

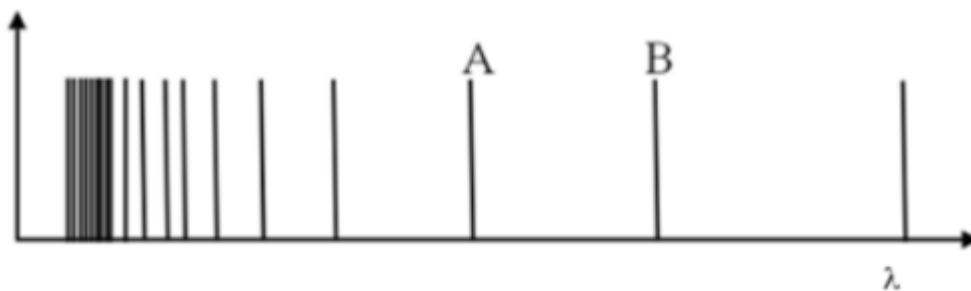
- d. $n = 3$, $ml = 0$, $m_s = -\frac{1}{2}$; jumlah elektron total = 3 [2 poin]

Pada kulit $n=3$ terdapat sub kulit s, p, dan d.

Pada masing-masing orbital 3s, 3p dan 3d terdapat 1 elektron yang mungkin memiliki nilai $ml = 0$ dan $m_s = +\frac{1}{2}$, sehingga jumlah elektron yang memiliki $n = 3$, $ml = 0$, $m_s = -\frac{1}{2}$ adalah 3.

SOAL TAMBAHAN (HANYA DIKERJAKAN JIKA NOMOR 1-8 TELAH SELESAI)

9. Gambar di bawah ini adalah spektrum emisi ion 'seperti atom hidrogen' yang memiliki hanya 1 elektron.



Semua garis pada spektrum tersebut merupakan transisi elektron dari keadaan tereksitasi menuju $n=3$ (deret Paschen). Persamaan Rydberg untuk ion mirip atom hidrogen adalah

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

dengan λ merupakan panjang gelombang sinar emisi, R_H merupakan tetapan Rydberg, Z merupakan nomor atom, n_1 merupakan kulit pada keadaan deeksitasi, dan n_2 merupakan kulit pada keadaan tereksitasi. Garis B memiliki panjang gelombang 142,5 nm.

- A. Tentukan transisi yang menghasilkan garis A dan B! [4 poin]

garis A : transisi $n = 6$ ke $n = 3$

garis B : transisi $n = 5$ ke $n = 3$

Secara umum, panjang gelombang berbanding terbalik dengan energi yang terlibat dalam transisi. Spektrum paling kanan menunjukkan panjang gelombang yang paling besar berasal dari transisi yang melibatkan energi paling kecil yaitu dari $n=4$ ke $n=3$.

Transisi antara dua kulit yang berdekatan akan memiliki panjang gelombang yang besar. Karena spektrum garis tersebut untuk emisi sinar akibat deeksitasi elektron dari keadaan tereksitasi ke keadaan $n = 3$, garis paling kanan merupakan garis emisi sinar dari transisi $n = 4$ (tereksitasi) ke $n = 3$ (deeksitasi). Maka dapat dijawab, garis A dihasilkan dari transisi $n = 6$ ke $n = 3$, sedangkan garis B dihasilkan dari transisi $n = 5$ ke $n = 3$.

- B. Tentukan nomor atom dari ion tersebut. [3 poin]

Garis B dihasilkan dari transisi $n = 5$ ke $n = 3$, sehingga dapat dihitung sebagai berikut.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$
$$\frac{1}{142,5 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \times Z^2 \times \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$
$$Z = 3$$

Maka nomor atom ion tersebut adalah 3.

- C. Tentukan spesi ion tersebut. [2 poin]

Atom dengan nomor atom 3 adalah Li, Li harus bermuatan +2 agar menjadi spesi berelektron tunggal. Maka spesi ion tersebut adalah Li^{2+}

- D. Hitung λ garis A. [3 poin]

garis A dihasilkan dari transisi $n = 6$ ke $n = 3$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$
$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \times 3^2 \times \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{6^2} \right)$$
$$\lambda = 1,215 \times 10^{-7} \text{ m}$$
$$\lambda = 121,5 \text{ nm}$$

Maka λ garis A = 121,5 nm.

BAB 6

SIFAT PERIODIK UNSUR DAN IKATAN KIMIA (BAGIAN I)

Student Center for Learning

Minggu 9: Sifat Periodik Unsur dan Ikatan Kimia (Bagian I)

Sifat Periodik Unsur

Muatan Inti Efektif

- Untuk atom periode 2, 3 dan seterusnya, terdapat 2 tipe elektron:

1. Elektron dalam
2. Elektron valensi (elektron pada kulit terluar)

- **Muatan inti efektif** adalah muatan inti yang dirasakan oleh **elektron valensi**. Muatan inti efektif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Z_{eff} = Z - \text{elektron dalam}$$

- Sebagai contoh atom ${}_{3}\text{Li}$ memiliki konfigurasi elektron $1s^2 2s^1$, maka muatan inti efektif atom Li adalah:

$$Z_{eff} = 3 - 2 = +1$$

2 elektron pada kulit $n = 1$ ($1s$) akan menjadi perisai dari elektron valensi terhadap muatan penuh inti. Akibatnya, elektron pada kulit $n = 2$ ($2s^1$) hanya merasakan muatan **+1** dari inti (**bukan +3**).

Sifat Keperiodikan Unsur

- **Jari-jari atom**

Jari-jari atom adalah jarak dari **inti atom** menuju **elektron valensi** pada keadaan atom setimbang. Tren jari-jari atom dalam sistem periodik unsur adalah:

1. Dalam satu golongan

Atom-atom pada **golongan yang sama**, dari **atas ke bawah** akan memiliki jari-jari atom **makin besar**. Sebagai contoh jari-jari atom $\text{Mg} < \text{Ca}$, meskipun muatan inti efektif kedua atom tersebut sama (+2), namun jumlah kulit $\text{Ca} > \text{Mg}$, sehingga ukuran atom Ca lebih besar dari Mg.

2. Dalam satu periode

Atom-atom pada **periode yang sama**, dari **kiri ke kanan** akan memiliki jari-jari atom **makin kecil**. Sebagai contoh, jari-jari atom $\text{Cl} < \text{S}$. Atom S dan Cl memiliki nilai n sama, namun muatan inti efektif $\text{S} (+6) < \text{Cl} (+7)$. Makin besar muatan inti efektif, tarikan inti ke elektron terluar makin kuat sehingga ukurannya mengecil.

- **Jari-jari ion**

1. **Ion negatif** memiliki jari-jari **lebih besar** dibandingkan **atom netralnya**.

- Muatan inti efektif sama, namun jumlah elektron valensi bertambah.

- Akibatnya tolakan sesama elektron makin kuat, jari-jari anion membesar.

- Sebagai contoh F dan F^- sama sama memiliki muatan inti efektif +7, namun jumlah elektron $\text{F}^- > \text{F}$, maka jari-jari $\text{F}^- > \text{F}$.

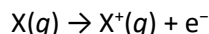
2. **Ion positif** memiliki jari-jari **lebih kecil** dibandingkan **atom netralnya**.

- Muatan inti efektif sama, namun jumlah elektron valensi berkurang.

- Akibatnya tolakan sesama elektron melemah, jari-jari kation mengecil.

- **Energi ionisasi**

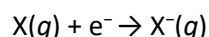
Energi ionisasi (EI) adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari atom dalam fasa gas.



Tren energi ionisasi pertama suatu atom dalam sistem periodik unsur umumnya **berbanding terbalik dengan jari-jari atom**. Hal ini disebabkan oleh makin besar ukuran suatu atom, jarak inti atom menuju elektron valensi makin jauh (tarikan melemah). Energi yang dibutuhkan untuk melepas elektron terluar akan mengecil.

- **Afinitas elektron**

Afinitas elektron adalah perubahan energi yang berhubungan dengan penambahan satu elektron pada atom dalam fasa gas atau ion pada keadaan dasar.



- **Keelektronegatifan**

Keelektronegatifan (EN) adalah kecenderungan relatif suatu atom untuk menarik elektron dalam ikatan. Tren keelektronegatifan suatu atom dalam sistem periodik unsur **berbanding terbalik dengan jari-jari atom**.

Ikatan Kimia

Jenis Ikatan Kimia

1. Ikatan Ion

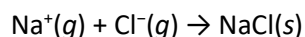
- Ikatan ion adalah ikatan yang terjadi akibat **gaya tarik-menarik (elektrostatik)** antar partikel yang berbeda muatan (kation dan anion).
- Ikatan ion umumnya berlangsung antara kation (umumnya dari **unsur logam**) dan anion (dari unsur **non logam**). Contohnya: FeCl₃, KBr, CaS.

2. Ikatan Kovalen

- Ikatan kovalen adalah ikatan yang terbentuk melalui **pemakaian elektron bersama-sama**.
- Ikatan kovalen umumnya terbentuk antara sesama **non logam**. Contohnya: HCl, CH₄ dan SO₃.

Energi Kisi

- Kekuatan ikatan ion dapat dilihat dari **energi kisi**. Makin besar energi kisi, makin kuat ikatan ion.
- **Energi kisi** adalah energi yang terlibat dalam **pembentukan kisi padatan ion dari ion-ionnya pada fase gas**. Contohnya, energi kisi NaCl adalah energi yang terlibat dalam reaksi berikut:



- Energi kisi juga dapat diperkirakan nilainya dengan **Hukum Coulomb**. Energi kisi dari dua ion dengan muatan **Q₁ dan Q₂** yang terpisah dengan jarak **r** berdasarkan Hukum Coulomb dapat diperkirakan dengan persamaan berikut:

$$E_{kisi} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{kr}$$

k merupakan konstanta

Berdasarkan persamaan di atas, **energi kisi akan meningkat** jika **muatan partikel** yang berinteraksi lebih **besar** atau **jarak antar ion lebih dekat**.

- Contoh, bandingkan energi kisi NaCl dan MgCl₂. NaCl terdiri dari ion Na⁺ dan Cl⁻, sementara MgCl₂ tersusun dari ion Mg²⁺ dan Cl⁻.

$$E_{\text{kisi}}(\text{NaCl}) = \frac{(+1e)(-1e)}{kr_{\text{NaCl}}} = \frac{-1e^2}{kr_{\text{NaCl}}} \quad E_{\text{kisi}}(\text{MgCl}_2) = \frac{(+2e)(-2e)}{kr_{\text{MgCl}_2}} = \frac{-4e^2}{kr_{\text{MgCl}_2}}$$

maka energi kisi $\text{NaCl} < \text{MgCl}_2$.

Struktur Lewis

Aturan Oktet

- Aturan oktet mengikuti gas mulia yang bersifat stabil sehingga di sekeliling suatu atom pada struktur lewis terdapat 8 elektron.
- Atom periode 1 (H dan He) hanya dapat memiliki 2 elektron pada struktur lewis.
- Atom-atom periode 2 dapat memiliki **8 elektron maksimum** di sekelilingnya.
- Atom periode 3, 4, 5, dst dapat memiliki lebih dari 8 elektron di sekelilingnya.

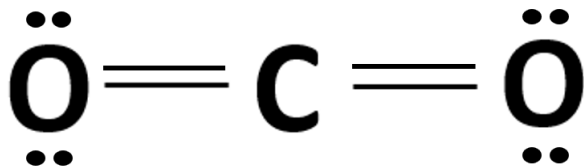
Menggambar Struktur Lewis

Langkah	Struktur
1. Hitung jumlah total elektron valensi	C = 4 elektron valensi 2 atom O = $2 \times 6 = 12$ elektron valensi total = $4+12 = 16$ elektron
2. Buat Kerangka Struktur <ul style="list-style-type: none">• Atom dengan keelektronegatifan terendah akan menjadi atom pusat• Atom H dan He tidak dapat bertindak sebagai atom pusat	Pada molekul CO_2, keelektronegatifan $\text{C} < \text{O}$ sehingga C merupakan atom pusat. O C O
3. Tempatkan dua elektron pada setiap pasangan atom yang membentuk ikatan	O—C—O
4. Lengkapi elektron pada atom terminal agar menjadi oktet	:$\ddot{\text{O}}$—C—$\ddot{\text{O}}$:
5. Tempatkan sisa elektron pada atom pusat (jika masih ada sisa)	Tidak terdapat sisa elektron (16 elektron sudah habis terpakai)
6. Bila atom pusat belum oktet, bentuk ikatan rangkap dua / tiga (bila perlu).	Atom C belum oktet, sehingga perlu dibentuk ikatan rangkap, struktur yang mungkin terjadi adalah:

<p>7. Struktur yang paling stabil adalah struktur dengan semua atomnya memiliki muatan formal mendekati 0 (0 / +1 / -1)</p>	<p>Struktur berikut adalah yang paling stabil, karena seluruh atomnya memiliki muatan formal = 0</p>

muatan formal = e^- valensi - (e^- bebas + jumlah ikatan)

Sebagai contoh pada struktur CO_2 di bawah ini, muatan formal atom C dapat dihitung sebagai berikut.



$$\text{MF (C)} = 4 - (4+0) = 0$$



Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya
- Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL (bagi mahasiswa wajib SCL)

1. Urutkan spesi berikut berdasarkan jari-jarinya mulai dari yang paling kecil hingga terbesar.

a. I, Cl, Br, F (2 poin)

jari-jari $F < Cl < Br < I$

b. B, N, C, O (2 poin)

jari-jari $O < N < C < B$

c. Ar, K^+ , Cl^- , S^{2-} , Ca^{2+} (2 poin)

jari-jari $Ca^{2+} < K^+ < Ar < Cl^- < S^{2-}$

Semua spesi tersebut memiliki 18 elektron, namun muatan inti efektif $Ca^{2+} > K^+ > Ar > Cl^- > S^{2-}$ sehingga jari-jari berbanding terbalik dengan muatan inti efektif.

d. O, O^+ , O^{2+} , O^{2-} , O^- (2 poin)

jari-jari $O^{2+} < O^+ < O < O^- < O^{2-}$

Semua spesi tersebut memiliki muatan inti efektif yang sama, namun jumlah elektron $O^{2+} < O^+ < O < O^- < O^{2-}$. Akibatnya tolakan antar elektron pada $O^{2+} < O^+ < O < O^- < O^{2-}$, dengan muatan inti efektif yang sama maka ukuran O^{2+} adalah yang paling kecil (tolakan antar elektron lebih lemah).

2. Manakah spesi di bawah ini yang memiliki energi ionisasi lebih besar?

a. K atau Na (2 poin)

Na

Jari-jari atom $Na < K$ sehingga untuk melepas elektron pada atom Na dibutuhkan energi yang lebih besar akibat kuatnya tarikan inti atom-elektron pada atom Na (dibandingkan dengan K).

b. O atau N (2 poin)

N

Konfigurasi elektron N adalah $1s^2 2s^2 2p^3$, sementara konfigurasi elektron O adalah $1s^2 2s^2 2p^4$. Elektron pada sub kulit p atom N terisi setengah penuh (bersifat stabil), sehingga untuk melepas elektron akan lebih sulit dibandingkan pada atom O. Maka energi ionisasi $N > O$.

3. Tentukan jenis ikatan yang terjadi pada senyawa berikut. (masing-masing jawaban 2 poin)

a. $FeCl_3$ = ikatan ion

b. HBr = ikatan kovalen

c. HNO_3 = ikatan kovalen

d. $Ca(OH)_2$ = ikatan ion

4. Pada setiap pasangan senyawa berikut, prediksikan manakah yang memiliki energi kisi lebih besar? (masing-masing jawaban 2 poin)

- a. CaF_2 atau AlF_3



$$E_{\text{kisi}}(\text{CaF}_2) = \frac{(+2e) \cdot (-1e)}{kr_{\text{CaF}_2}} = \frac{-2e^2}{kr_{\text{CaF}_2}} \quad E_{\text{kisi}}(\text{AlF}_3) = \frac{(+3e) \cdot (-1e)}{kr_{\text{AlF}_3}} = \frac{-3e^2}{kr_{\text{AlF}_3}}$$

berdasarkan muatan dan ukuran ($r_{\text{Ca}^{2+}} > r_{\text{Al}^{3+}}$) memberikan hasil energi kisi $\text{AlF}_3 > \text{CaF}_2$

- b. MgO atau CaO



$$E_{\text{kisi}}(\text{MgO}) = \frac{(+2e) \cdot (-2e)}{kr_{\text{MgO}}} = \frac{-4e^2}{kr_{\text{MgO}}} \quad E_{\text{kisi}}(\text{CaO}) = \frac{(+2e) \cdot (-2e)}{kr_{\text{CaO}}} = \frac{-4e^2}{kr_{\text{CaO}}}$$

berdasarkan muatan, muatan CaO dan MgO adalah sama. Namun, berdasarkan ukuran $r_{\text{Ca}^{2+}} > r_{\text{Mg}^{2+}}$ sehingga $r_{\text{CaO}} > r_{\text{MgO}}$. Maka energi kisi $\text{MgO} > \text{CaO}$

- c. KI atau KBr



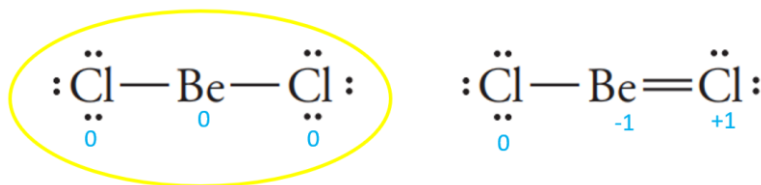
$$E_{\text{kisi}}(\text{KBr}) = \frac{(+1e) \cdot (-1e)}{kr_{\text{KBr}}} = \frac{-e^2}{kr_{\text{KBr}}} \quad E_{\text{kisi}}(\text{KI}) = \frac{(+1e) \cdot (-1e)}{kr_{\text{KI}}} = \frac{-e^2}{kr_{\text{KI}}}$$

berdasarkan muatan, muatan KBr dan KI adalah sama. Namun, berdasarkan ukuran $r_{\text{I}^-} > r_{\text{Br}^-}$ sehingga $r_{\text{KI}} > r_{\text{KBr}}$. Maka energi kisi $\text{KI} < \text{KBr}$

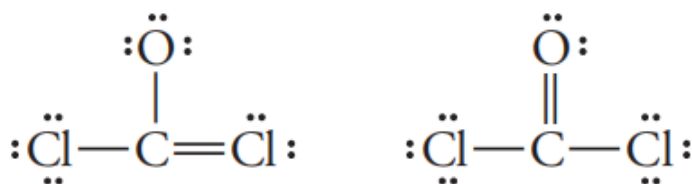
5. Dengan mempertimbangkan muatan formal masing-masing atom, lingkari struktur lewis yang lebih stabil. (masing-masing opsi 2 poin)



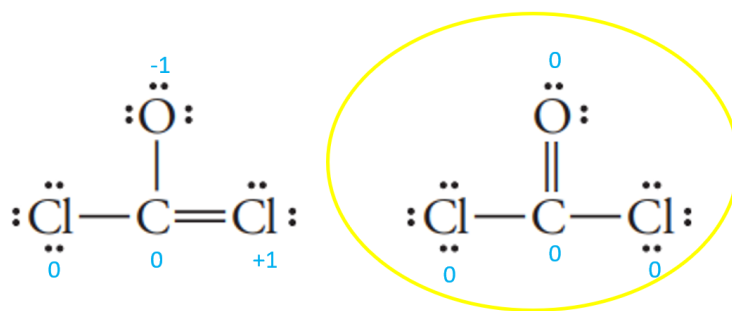
- a.



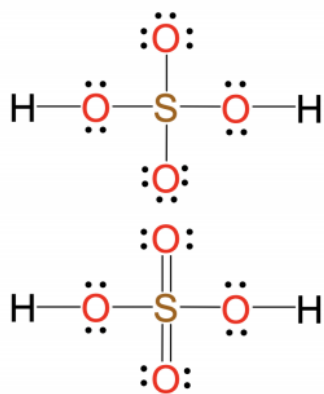
struktur kiri lebih stabil karena seluruh atomnya memiliki muatan formal = 0



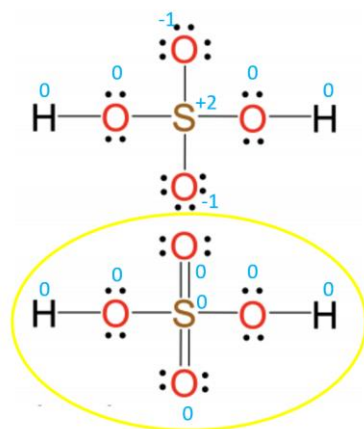
- b.



struktur kanan lebih stabil karena seluruh atomnya memiliki muatan formal = 0 dan oktet



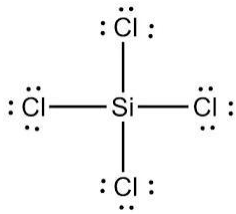
c.



struktur bawah lebih stabil karena seluruh atomnya memiliki muatan formal = 0

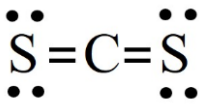
6. Gambarkan struktur lewis senyawa berikut beserta muatan formal seluruh atomnya. (masing-masing opsi 3 poin)

a. SiCl_4



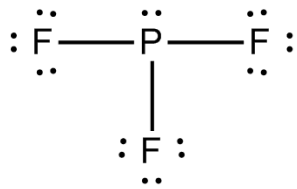
semua atom memiliki muatan formal = 0

b. CS_2



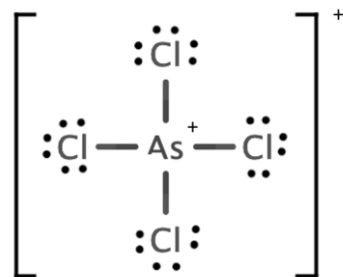
semua atom memiliki muatan formal = 0

c. PF_3



semua atom memiliki muatan formal = 0

d. AsCl_4^+



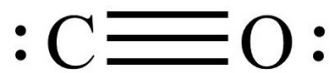
semua atom Cl memiliki muatan formal = 0; muatan formal atom As = +1

e. ClO_2^-



muatan formal semua atom sudah dituliskan pada struktur dengan tulisan biru

f. CO



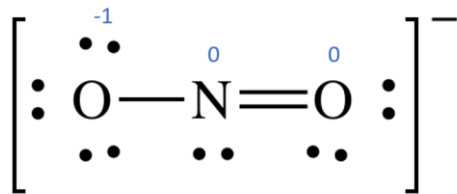
muatan formal atom C = -1; muatan formal atom O = +1

g. HCN



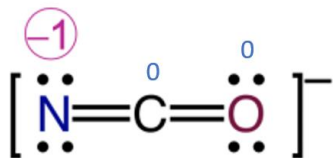
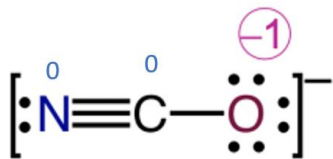
semua atom memiliki muatan formal = 0

h. NO_2^-



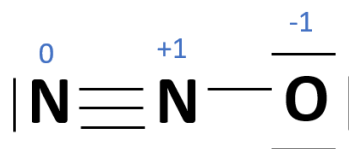
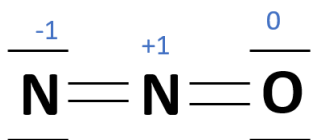
muatan formal semua atom sudah dituliskan pada struktur dengan tulisan biru

i. NCO^-



muatan formal semua atom sudah dituliskan pada struktur

j. N_2O



muatan formal semua atom sudah dituliskan pada struktur dengan tulisan biru

BAB 7

STRUKTUR DAN TEORI IKATAN KIMIA (BAGIAN 2)

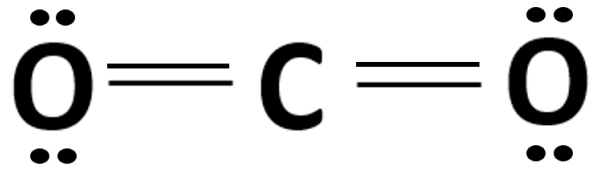
Student Center for Learning

Minggu 10: Struktur dan Teori Ikatan Kimia (Bagian 2)

Review Struktur Lewis

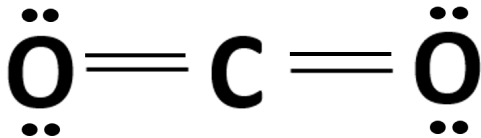
Menggambar Struktur Lewis

Langkah	Struktur
Hitung jumlah total elektron valensi	C = 4 elektron valensi 2 atom O = $2 \times 6 = 12$ elektron valensi total = $4+12 = 16$ elektron
Buat Kerangka Struktur Atom dengan keelektronegatifan terendah akan menjadi atom pusat Atom H dan He tidak dapat bertindak sebagai atom pusat	Pada molekul CO₂, keelektronegatifan C < O sehingga C merupakan atom pusat. O C O
Tempatkan dua elektron pada setiap pasangan atom yang membentuk ikatan	O — C — O
Lengkapi elektron pada atom terminal agar menjadi oktet	 O — C — O
Tempatkan sisa elektron pada atom pusat (jika masih ada sisa)	Tidak terdapat sisa elektron (16 elektron sudah habis terpakai)
Bila atom pusat belum oktet, bentuk ikatan rangkap dua / tiga (bila perlu).	Atom C belum oktet, sehingga perlu dibentuk ikatan rangkap, struktur yang mungkin terjadi adalah: :O≡C—Ö: Ö=C=Ö :Ö—C≡O:
Struktur yang paling stabil adalah struktur dengan semua atomnya memiliki muatan formal mendekati 0 (0 / +1 / -1)	Struktur berikut adalah yang paling stabil, karena seluruh atomnya memiliki muatan formal = 0



muatan formal = e^- valensi - (e^- bebas + jumlah ikatan)

Sebagai contoh pada struktur CO_2 di bawah ini, muatan formal atom C dapat dihitung sebagai berikut.



$$\text{MF (C)} = 4 - (4+0) = 0$$

Struktur Molekul

Tipe Domain Elektron

Terdapat 2 tipe domain elektron pada atom pusat suatu molekul:

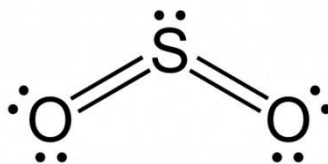
- **Domain ikatan**

Domain ikatan merepresentasikan jumlah atom yang terikat ke atom pusat. **Antara 2 atom, ikatan tunggal / ikatan rangkap 2 maupun 3 dianggap sebagai 1 domain elektron yang sama.**

- **Domain non ikatan**

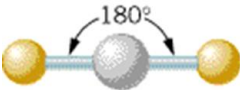
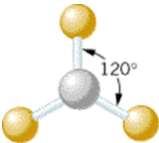
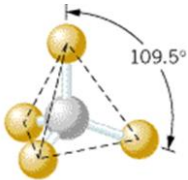
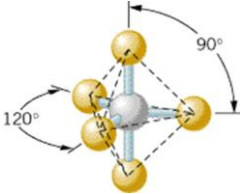
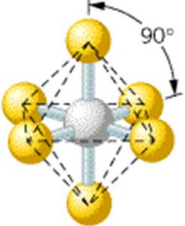
domain non ikatan (sering dikenal juga dengan **pasangan elektron bebas / PEB**) adalah jumlah pasangan elektron yang **tidak digunakan dalam pembentukan ikatan.**

Sebagai contoh senyawa dengan struktur berikut memiliki **2 domain ikatan** dan **1 domain non ikatan.**



Teori VSEPR

- Berdasarkan teori VSEPR, bentuk molekul paling stabil adalah bentuk molekul dengan domain elektron yang disusun saling berjauhan. Berikut ini adalah 5 bentuk geometri dasar molekul dengan tolakan antar elektron paling minimum.

Tipe molekul	Bentuk penataan elektron	Nama bentuk
AX_2E_0		linear
AX_3E_0		trigonal planar
AX_4E_0		tetrahedral
AX_5E_0		segitiga bipiramida
AX_6E_0		oktahedral

sumber: Brady, 5th edition

dengan A = atom pusat, X = domain ikatan dan E = domain non ikatan

- Tolakan antar elektron bebas lebih kuat dibandingkan elektron ikatan, akibatnya elektron bebas akan menempati posisi dengan sudut terbesar sehingga didapat variasi bentuk berikut.

Jumlah domain elektron	PEB = 0	PEB = 1	PEB = 2	PEB = 3	PEB = 4
2	 $AX_2 = \text{linear}$				
3	 $AX_3 = \text{trigonal planar}$	 $AX_2E = \text{bentuk V}$			
4	 $AX_4 = \text{tetrahedral}$	 $AX_3E = \text{trigonal piramida}$	 $AX_2E_2 = \text{bentuk V}$		
5	 $AX_5 = \text{trigonal bipiramida}$	 $AX_4E = \text{jungkat-jungkit}$	 $AX_3E_2 = \text{bentuk T}$	 $AX_2E_3 = \text{linear}$	
6	 $AX_6 = \text{oktahedral}$	 $AX_5E = \text{piramida segi empat}$	 $AX_4E_2 = \text{segi empat planar}$	 $AX_3E_3 = \text{bentuk T}$	 $AX_2E_4 = \text{linear}$

sumber: [VSEPR Theory: Explanation, Chart, and Examples \(chemistrylearner.com\)](https://www.chemistrylearner.com/vsepr-theory-explanation-chart-and-examples/)

Sebagai contoh SO_2 memiliki 2 domain ikatan dan 1 domain non ikatan, maka notasinya adalah AX_2E .

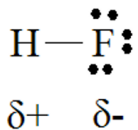
- total domain elektron = 3, maka bentuk domain elektronnya mengikuti AX_3 yaitu segitiga planar.
- notasinya adalah AX_2E , maka bentuk molekulnya adalah bentuk V.

→ Sudut ikatan akan mengikuti bentuk domain elektron (segitiga planar) dengan sudut 120° . Namun, karena tolakan PEB > elektron ikatan sudut ikatan menjadi $< 120^\circ$ (namun masih mendekati 120°).

Kepolaran

Kepolaran Ikatan

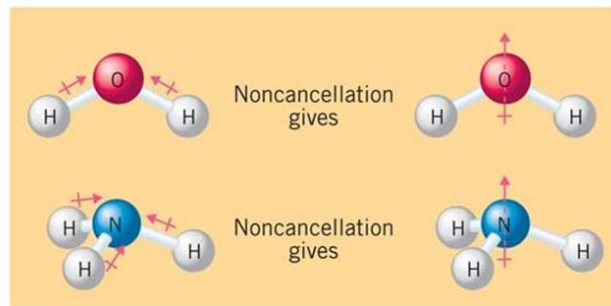
- Kepolaran ikatan ditinjau dari perbedaan keelektronegatifan antar atom yang berikatan.
- Keelektronegatifan adalah kecenderungan suatu atom dalam menarik elektron ikatan.
- Perhatikan molekul HF berikut, keelektronegatifan atom H = 2,1 dan F = 4,0. Maka densitas elektron ikatan akan lebih rapat pada atom F. Hal ini menyebabkan pemisahan muatan parsial negatif dan positif pada kedua atom tersebut.



- Ikatan yang terjadi antar 2 atom yang keelektronegatifannya berbeda menciptakan ikatan kovalen polar.

Kepolaran Molekul

- Kepolaran molekul \neq kepolaran ikatan. Molekul dengan ikatan polar, dapat saja memiliki sifat non polar.
- Kepolaran suatu molekul dapat diperkirakan dengan menentukan resultan momen dipol pada ikatan kimia dalam molekul.
- Momen dipol pada molekul simetris akan saling meniadakan, sehingga resultannya = 0. Oleh karena itu, molekul simetri bersifat nonpolar.
- Momen dipol pada molekul asimetris tidak saling meniadakan, sehingga resultannya $\neq 0$. Oleh karena itu, molekul asimetri bersifat polar. Perhatikan gambar berikut, H_2O dan NH_3 bersifat polar.

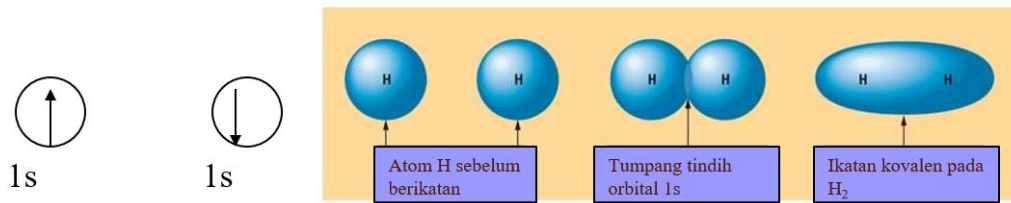


Sumber gambar: Brady, 5th edition

Teori Ikatan

Teori Ikatan Valensi

Menurut teori ikatan valensi, ikatan kovalen terbentuk dari hasil tumpang tindih (*overlap*) antar orbital atom pada kulit valensi. Berikut adalah contoh tumpang tindih orbital pada molekul H_2



Sumber gambar: Brady, 5th edition

Pembentukan Orbital Hibrida (Hibridisasi)

- Hibridisasi adalah **penggabungan orbital atom pada kulit valensi** membentuk **orbital baru** agar *overlap* orbital maksimum dengan sudut ikatan yang lebih stabil.
- Untuk menentukan jenis orbital hibrida yang digunakan suatu atom, dapat dilakukan dengan menghitung jumlah orbital yang diperlukan saat berikatan (total domain ikatan dan non ikatan).

total domain elektron ikatan + non ikatan	orbital hibrida	bentuk orbital
2	sp	
3	sp^2	
4	sp^3	
5	sp^3d	
6	sp^3d^2	

sumber gambar: Brady, 5th edition

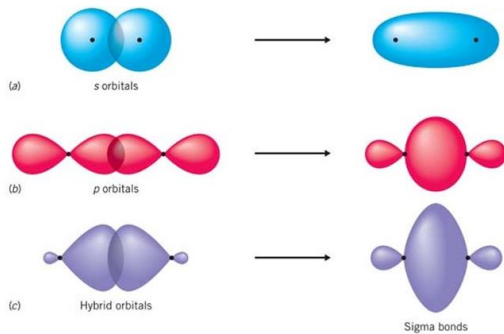
- Sebagai contoh pada senyawa CH_4 terdapat **4 domain ikatan + 0 domain non ikatan**. Total dibutuhkan **4 orbital** pada atom pusat (C) untuk berikatan. Maka orbital s , p_x , p_y dan p_z atom karbon akan mengalami hibridisasi menjadi sp^3 .

Jenis Ikatan

Pada ikatan rangkap ada dua tipe ikatan, yaitu:

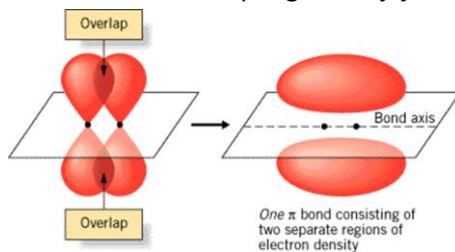
1. Ikatan sigma (σ)

Antara 2 atom hanya terdapat **1 ikatan sigma**, sisanya adalah **ikatan pi**. Ikatan sigma terbentuk dari **tumpang tindih orbital yang saling berhadapan dalam satu sumbu**. Berikut adalah contoh gambar tumpang tindih orbital pada ikatan sigma.



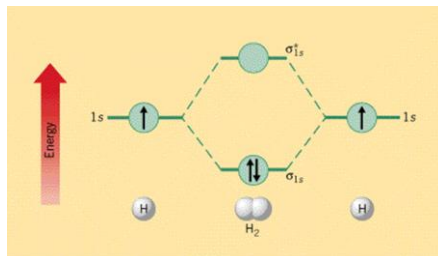
2. Ikatan pi (π)

- Ikatan pi yang menerangkan ikatan kedua dan ketiga pada ikatan rangkap.
- Terbentuk dari tumpang tindih sejajar dua orbital p atau d yang tidak terhibridisasi.



Teori Orbital Molekul

- Teori orbital molekul (MO) menerangkan **ikatan kimia** berdasarkan **kombinasi dari fungsi gelombang orbital atom**.
- Kombinasi **fungsi gelombang yang sefase** akan menghasilkan **interferensi konstruktif** membentuk **orbital ikatan**, sementara yang **tidak sefase** menghasilkan **interferensi destruktif** membentuk **orbital anti ikatan**.
- Berikut adalah diagram orbital molekul pada H_2 .



sumber: Brady, 5th edition

$$\text{orde ikatan} = \frac{e^- \text{ ikatan} - e^- \text{ anti ikatan}}{2}$$

$$\text{orde ikatan } H_2 = \frac{2 - 0}{2} = 1$$

- Berikut adalah diagram orbital molekul diatomik unsur-unsur periode 2.

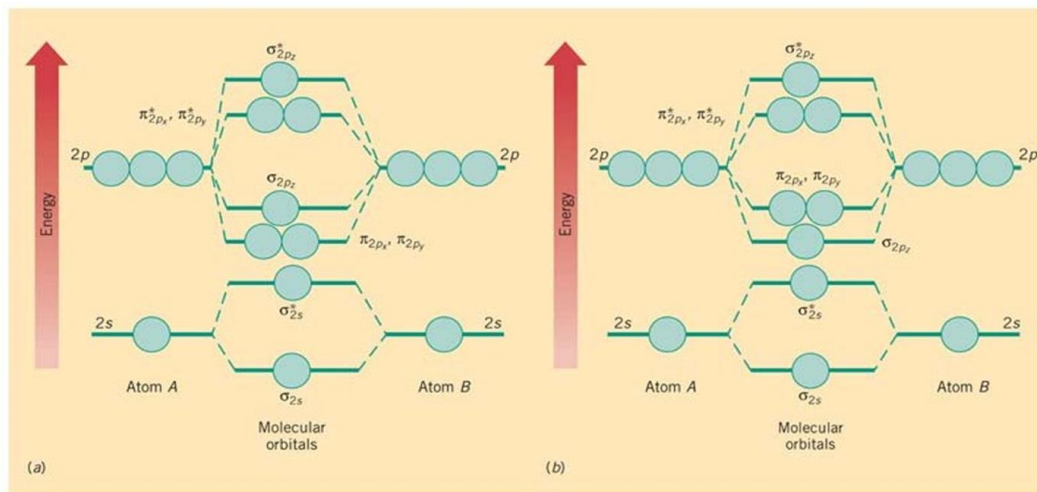


FIG. 9.38 Approximate relative energies of molecular orbitals in second period diatomic molecules. (a) Li_2 through N_2 . (b) O_2 through Ne_2 .

sumber: Brady, 5th edition

Aturan Pengisian Diagram Orbital Molekul

1. Pada MO berlaku **Prinsip Aufbau**, yaitu **elektron mengisi orbital molekul dengan tingkat energi paling rendah** terlebih dahulu.
2. **Asas Larangan Pauli** juga berlaku, dalam satu orbital molekul tidak boleh diisi lebih dari dua elektron dan bila dua elektron mengisi orbital yang sama, **spin harus berlawanan**.
3. **Aturan Hund**, bila ada orbital molekul dengan energi yang sama, maka elektron diisi dahulu tanpa berpasangan (spin paralel), bila masih ada elektron baru dibuat berpasangan.

Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya
- Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL (bagi mahasiswa wajib SCL)

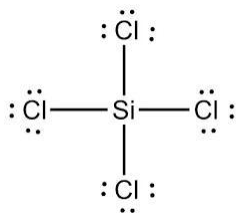
1. Lengkapi tabel berikut (masing-masing jawaban 2 poin)

Spesi	Struktur lewis	Bentuk domain elektron	Bentuk molekul	sudut ikatan	Kepolaran (polar / non polar)
SiCl ₄		tetrahedra 	tetrahedral	109,5°	non polar
CS ₂		linear	linear	180°	non polar
PF ₃		tetrahedra 	trigonal piramida	107°	polar
CHCl ₃		tetrahedra 	tetrahedral	109,5°	polar
ClO ₂ ⁻		tetrahedra 	bentuk v	104°	polar
IF ₅		oktahedral	segi empat piramida	<90°	polar

N ₂ O	$\overset{0}{\text{N}} \equiv \overset{+1}{\text{N}} - \overset{-1}{\text{O}}$	linear	linear	180°	polar
PF ₆ ⁻		oktahedral	oktahedral	90°	non polar
SF ₄		segitiga bipiramida	jungkat-jungkit	<90° dan <120°	polar
XeF ₄		oktahedral	segi empat planar	90°	non polar

2. Tentukan orbital hibrida yang digunakan untuk berikatan sigma pada atom yang diberi warna merah berikut. (@ 3 poin)

a. SiCl₄



domain ikatan = 4, domain non ikatan = 0, total domain ikatan + non ikatan = 4

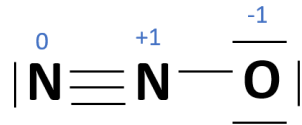
maka orbital hibrida yang digunakan = sp³

b. H₃Si-SiH₃

domain ikatan = 4, domain non ikatan = 0, total domain ikatan + non ikatan = 4

maka orbital hibrida yang digunakan = sp^3

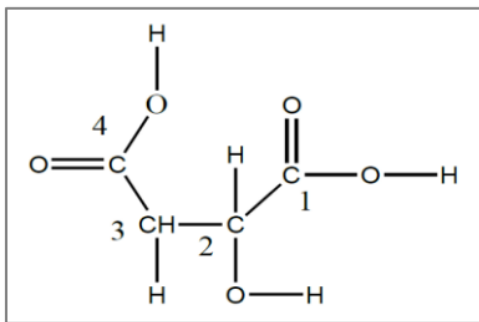
c. N_2O



domain ikatan = 2, domain non ikatan = 0, total domain ikatan + non ikatan = 2

maka orbital hibrida yang digunakan = sp

3. Perhatikan struktur berikut. Lengkapi titik titik di bawah ini dengan jawaban yang sesuai.



a. Pada molekul di atas terdapat ... ikatan sigma, ... ikatan pi dan ... PEB. (6 poin)

perhatikan PEB belum dilengkapi, lengkapi PEB terlebih dahulu agar semua atom oktet.

terdapat 13 ikatan sigma, 2 ikatan pi, dan 10 PEB

b. Jenis orbital hibrida yang digunakan untuk membentuk ikatan sigma oleh atom C1 adalah ... , sementara pada atom O yang terikat pada C1 adalah (4 poin)

orbital hibrida atom C1 = sp^2

orbital hibrida atom O (terikat pada C1) = sp^3

c. Geometri yang dibentuk oleh atom C nomor 2 adalah ... dengan sudut ikatan H-C-O (4 poin)

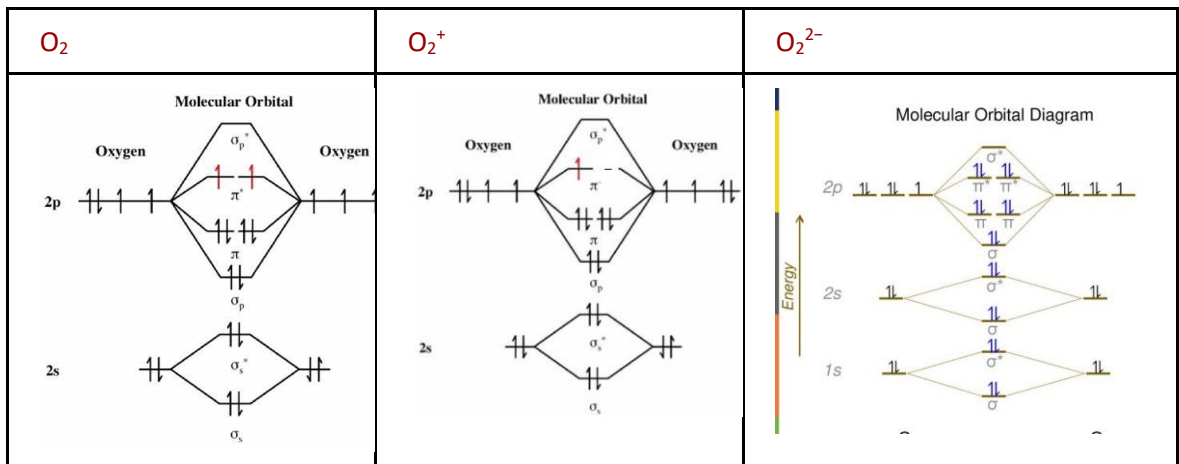
pada atom C2 terdapat 4 domain ikatan, maka geometri pada atom C2 adalah AX_4 yaitu tetrahedral dengan sudut $109,5^\circ$

d. Molekul di atas bersifat (polar / nonpolar) (2 poin)

polar (tak simetris)

4. Menggunakan diagram orbital molekul, spesi O_2 , O_2^+ dan O_2^{2-} dapat terbentuk.

a. Gambarkan diagram orbital molekul elektron valensi ketiga spesi tersebut. (9 poin)



b. Hitung orde ikatan ketiga spesi tersebut. (6 poin)

$$\begin{aligned}
 \text{orde ikatan } O_2 &= \frac{e^- \text{ ikatan} - e^- \text{ anti ikatan}}{2} & \text{orde ikatan } O_2^+ &= \frac{e^- \text{ ikatan} - e^- \text{ anti ikatan}}{2} \\
 &= \frac{8 - 4}{2} & &= \frac{8 - 3}{2} \\
 &= 2 & &= 2,5 \\
 \text{orde ikatan } O_2^{2-} &= \frac{e^- \text{ ikatan} - e^- \text{ anti ikatan}}{2} \\
 &= \frac{8 - 6}{2} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

c. Bagaimana sifat kemagnetan spesi-spesi tersebut? (6 poin)

O_2 dan O_2^+ sama-sama memiliki elektron tak berpasangan sehingga bersifat paramagnetik. Sedangkan semua elektron pada O_2^{2-} berpasangan (bersifat diamagnetik).

d. Urutkan panjang ikatan O-O pada ketiga spesi, dari yang paling pendek ke yang paling panjang. (3 poin)

orde ikatan $O_2^+ > O_2 > O_2^{2-}$, maka panjang ikatan O-O pada $O_2^+ < O_2 < O_2^{2-}$

BAB 8

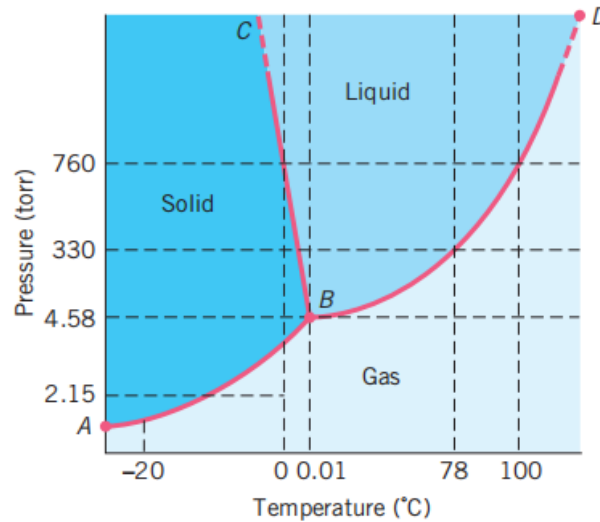
DIAGRAM FASE DAN STRUKTUR PADATAN

Student Center for Learning

Minggu 12: Diagram Fase dan Struktur Padatan

Diagram Fase

- Diagram fase adalah diagram yang menunjukkan **fase suatu zat** pada **tekanan** dan **temperatur** tertentu. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut merupakan diagram fase air.



sumber: Brady, 5th edition

- Garis perbatasan antara 2 fase menunjukkan terjadinya kesetimbangan. Sebagai contoh pada **garis BC** terjadi **kesetimbangan antara es dan air (cair)**.
- **Titik tripel (titik B)** adalah suatu kondisi (P dan T tertentu) yang memungkinkan terjadinya **kesetimbangan antara 3 fase (padat, cair dan gas)**.
- **Titik kritis (titik D)** adalah kondisi saat gas tidak lagi dapat dikondensasi, sehingga cairan dan gas tidak lagi dapat dibedakan.

Persamaan Clausius-Clapeyron

Persamaan ini dapat digunakan untuk menghitung entalpi penguapan suatu zat dengan memanfaatkan data tekanan uap zat tersebut pada suhu tertentu.

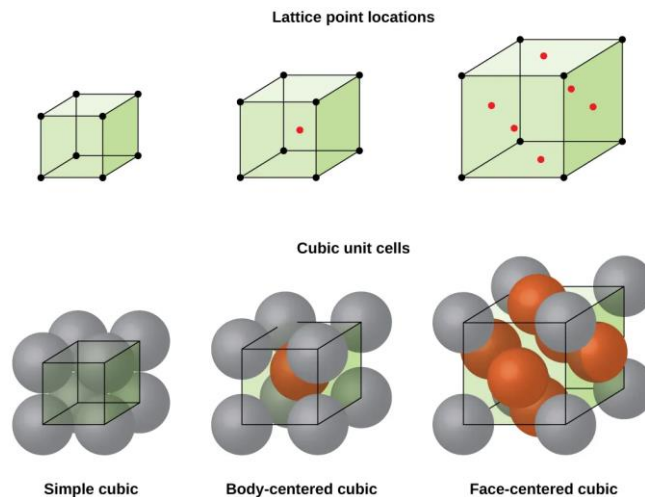
$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

P_2 adalah tekanan uap pada suhu T_2 , sedangkan P_1 adalah tekanan uap pada suhu T_1 .

$R = 8,314 \text{ J/mol.K}$

Kisi Kristal

- Penataan partikel dari padatan dapat direpresentasikan secara 3 dimensi dalam bentuk kisi kristal (*crystal lattice*).
- Penyusun terkecil dari kisi kristal disebut dengan unit sel (*unit cell*).
- Terdapat 3 jenis unit sel kubus, yakni kubus sederhana (*simple cubic, SC*), kubus berpusat badan (*body-centered cubic, BCC*), dan kubus berpusat muka (*face-centered cubic, FCC*).

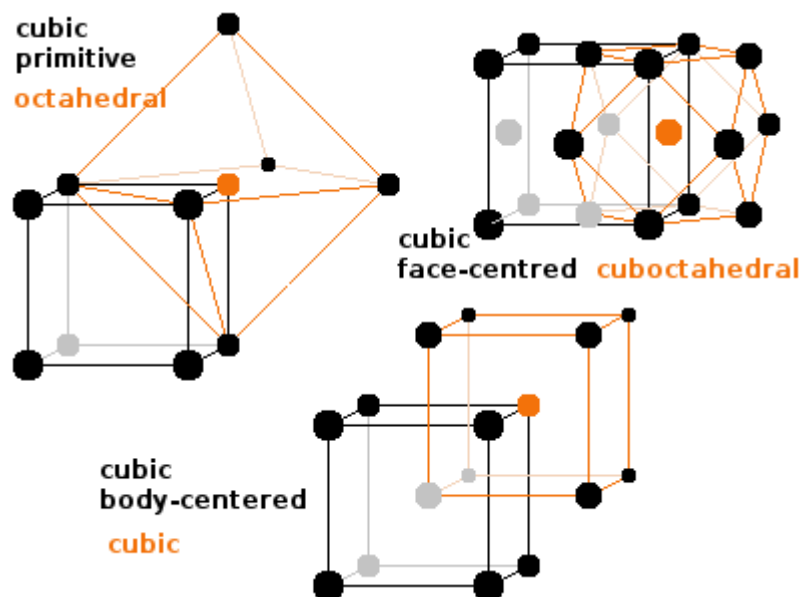


Sumber: [10.6 Lattice Structures in Crystalline Solids - Chemistry 2e | OpenStax](#)

- Harap diingat bahwa:
 - Hanya $\frac{1}{8}$ bagian atom pada tiap sudut kubus yang masuk dalam 1 unit sel.
 - Hanya $\frac{1}{4}$ bagian atom pada tiap pusat rusuk yang masuk dalam 1 unit sel.
 - Hanya $\frac{1}{2}$ bagian atom pada tiap pusat sisi yang masuk dalam 1 unit sel.
- Dengan demikian, terdapat:
 - $(\frac{1}{8} \times 8)$ atom pada satu sel unit SC.
 - $(\frac{1}{8} \times 8 + 1)$ atom pada satu sel unit BCC.
 - $(\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6)$ atom pada satu sel unit FCC.

Bilangan Koordinasi

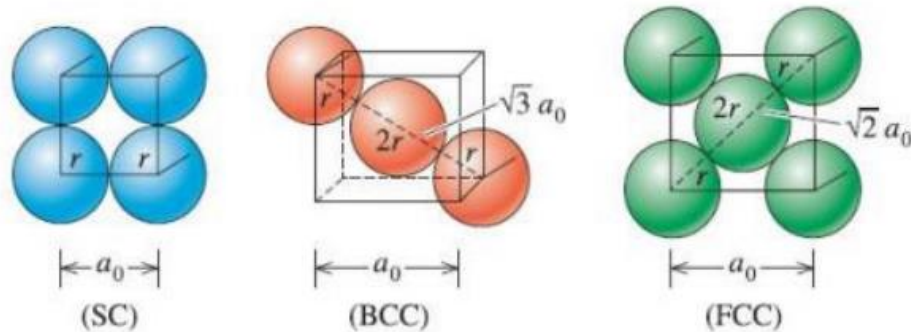
- Bilangan koordinasi adalah bilangan yang menyatakan berapa banyak atom yang bersentuhan langsung dengan suatu atom tertentu.



Sumber: [The coordination number of BCC, SCC and FCC are: \(toppr.com\)](#)

- Berdasarkan gambar di atas, untuk sel unit yang hanya terdiri atas 1 jenis atom, dapat dilihat bahwa bilangan koordinasi suatu atom:
 - Pada unit sel SC adalah 6.
 - Pada unit sel BCC adalah 8.
 - Pada unit sel FCC adalah 12.

Jari-Jari Atom dan Panjang Rusuk Unit Sel



Sumber: [Solved Determine the relationship between the atomic radius | Chegg.com](https://www.chegg.com/solved/determine-the-relationship-between-the-atomic-radius)

- Berdasarkan gambar di atas, pada masing-masing sel unit, untuk unit sel yang hanya dapat diketahui bahwa:
 - Panjang rusuk (a_0) = $2r$ pada SC.
 - Panjang diagonal ruang ($a_0\sqrt{3}$) = $4r$ pada BCC.
 - Panjang diagonal sisi ($a_0\sqrt{2}$) = $4r$ pada FCC.
 - r adalah jari-jari atom.

Atomic Packing Factor

- *Atomic Packing Factor* (APF) adalah perbandingan volume atom pada suatu sel unit dan volume dari sel unit itu sendiri. Pada sel unit yang hanya terdiri atas 1 jenis atom, berlaku:

$$APF = \frac{\text{jumlah atom dalam 1 unit sel} \times V(\text{atom})}{V(\text{unit sel})}$$

- Untuk sel unit yang hanya terdiri atas 1 atom (asumsi atom-atom saling bersentuhan, diketahui):
 - APF SC = 0,52.
 - APF BCC = 0,68
 - APF FCC = 0,74.

Densitas

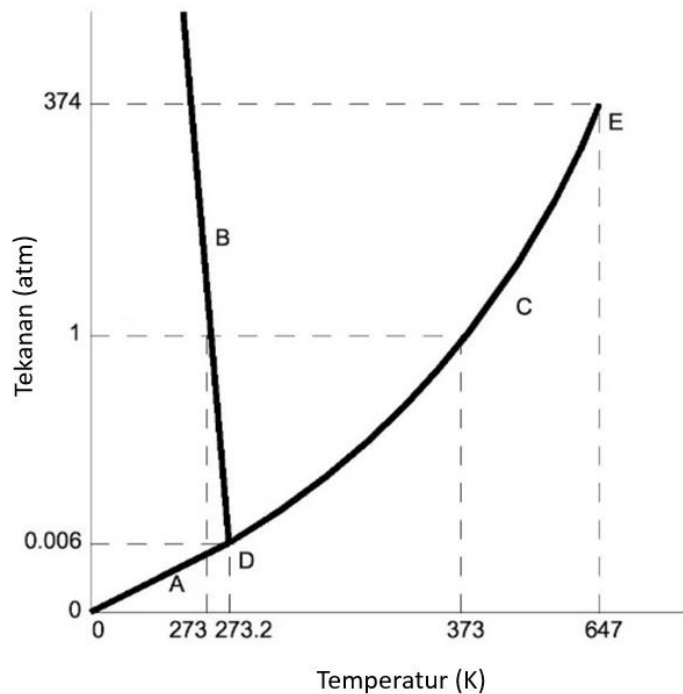
- Densitas (ρ) dari suatu zat padat dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\text{jumlah atom dalam 1 unit sel} \times \frac{MM_{\text{atom}}}{N_A}}{V(1 \text{ unit sel})}$$

Latihan Soal

- Kerjakan pada selembar kertas dengan sebaik-baiknya
- Jawaban **wajib** dikumpulkan pada asisten di akhir kelas sebagai bukti sudah mengikuti SCL (bagi mahasiswa wajib SCL)

1. Perhatikan diagram fase zat X berikut.



a. Tentukan fase zat X pada temperatur 300 K dan tekanan 5,5 atm. [1 poin]

cair

b. Tentukan fase zat X pada temperatur 373 K dan tekanan 1 atm. [1 poin]

kesetimbangan antara fase cair dan gas

c. Titik didih dan titik leleh normal zat X [2 poin]

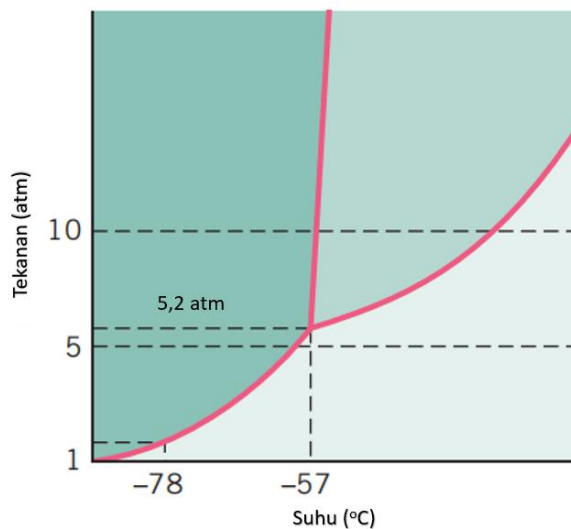
Titik didih normal adalah suhu saat terjadi kesetimbangan fase cair dan gas zat X pada keadaan normal (1 atm). Titik didih normal zat X adalah **373 K**.

Titik leleh normal adalah suhu saat terjadi kesetimbangan fase padat dan cair zat X pada keadaan normal (1 atm). Titik leleh normal zat X adalah **273 K**.

d. Titik tripel zat X [1 poin]

titik tripel zat X adalah pada tekanan 0,006 atm dan temperatur 273,2 K.

2. Perhatikan diagram fase CO₂ di atas. Perubahan fase apa yang terjadi pada molekul CO₂ saat diberi perlakuan berikut.



- a. Temperatur dinaikkan dari -96°C ke 0°C pada tekanan tetap 2,5 atm. [1 poin]
Pada tekanan -96°C dan tekanan 2,5 atm CO₂ berupa padatan. Sementara pada 0°C dan tekanan 2,5 atm CO₂ berupa gas. Maka perubahan yang terjadi adalah dari padat menjadi gas yaitu **menyublim**.
- b. Mula-mula tekanan ditingkatkan dari 3,5 atm ke 13 atm pada temperatur -10°C, kemudian suhu diturunkan dari -10°C hingga mencapai -60°C. [2 poin]
Pada tekanan -10°C dan tekanan 3,5 atm CO₂ berupa gas. Sementara pada -10°C dan tekanan 13 atm CO₂ berupa cairan. Maka perubahan pertama yang terjadi adalah dari gas menjadi cair yaitu **mengembun**.

Pada tekanan -10°C dan tekanan 13 atm CO₂ berupa cairan. Sementara pada -60°C dan tekanan 13 atm CO₂ berupa padatan. Maka perubahan kedua yang terjadi adalah dari cair menjadi padat yaitu **membeku**.

3. Tekanan uap etanol pada 34,7°C sebesar 100 mmHg dan kalor penguapannya sebesar 38,6 kJ/mol. Berapa tekanan uap etanol pada suhu 65°C? [2 poin]

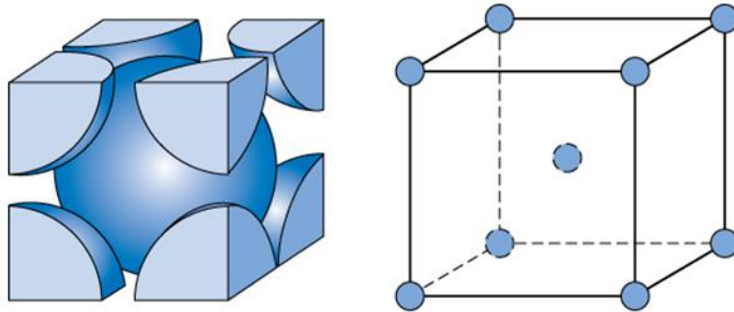
$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$
$$\ln \frac{100 \text{ mmHg}}{P_1} = \frac{38,6 \times 10^3 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K}} \left(\frac{1}{338 \text{ K}} - \frac{1}{307,7} \right)$$
$$P_1 = 386,75 \text{ mmHg}$$

4. Aseton memiliki ΔH_{vap} sebesar 29,1 kJ/mol dan titik didih normal pada 56,2°C. Berapa suhu cairan aseton yang tekanan uapnya 105 mmHg? (2 poin)

Titik didih **normal** aseton adalah 56,2°C artinya tekanan uap aseton (P aseton) pada saat suhu 56,2°C adalah sama dengan tekanan udara luar yaitu 1 atm atau setara dengan 760 mmHg.

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$
$$\ln \frac{760 \text{ mmHg}}{105 \text{ mmHg}} = \frac{29,1 \times 10^3 \text{ J/mol}}{8,314 \text{ J/mol.K}} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{329,2 \text{ K}} \right)$$
$$T_1 = 277,5 \text{ K}$$

5. Gambarkan 1 sel unit dan tentukan panjang rusuk sel unit untuk atom berikut:
a. Na ($r = 186 \text{ pm}$) dengan struktur sel unit BCC. (3 poin)



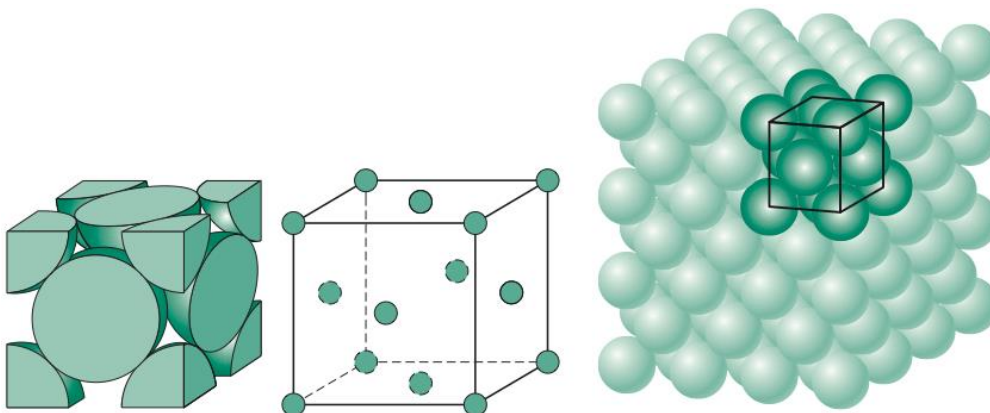
Sumber: [Body Centered Cubic Structure \(BCC\) | MATSE 81: Materials In Today's World \(psu.edu\)](#)

$$a_0\sqrt{3} = 4r$$

$$a_0\sqrt{3} = 4 \times 186 \text{ pm}$$

$$a_0 = 429,54860 \text{ pm}$$

- b. Al ($r = 143 \text{ pm}$) dengan struktur sel unit FCC. (3 poin)



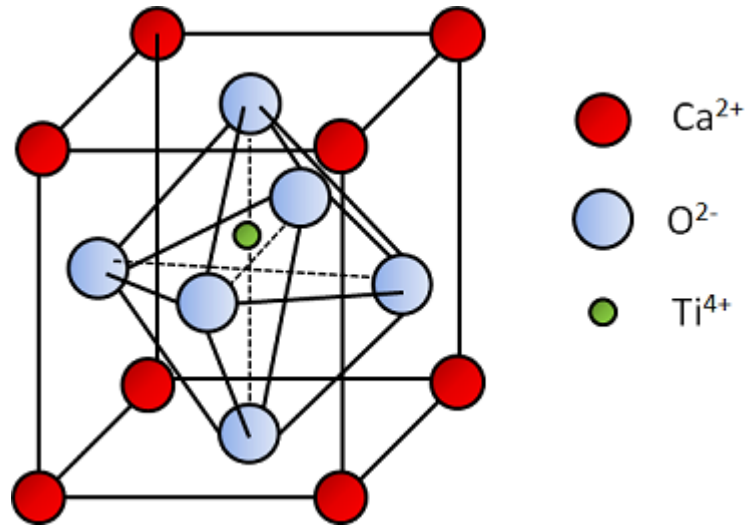
Sumber: [Face Centered Cubic Structure \(FCC\) | MATSE 81: Materials In Today's World \(psu.edu\)](#)

$$a_0\sqrt{2} = 4r$$

$$a_0\sqrt{2} = 4 \times 143 \text{ pm}$$

$$a_0 = 404,46508 \text{ pm}$$

6. Diagram berikut menunjukkan 1 sel unit *perovskite*.



Sumber: [Piezoelectric Materials: Crystal Orientation and Poling Direction | COMSOL Blog](#)

- a. Tentukan jumlah masing-masing ion Ca^{2+} , O^{2-} , dan Ti^{4+} dalam 1 sel unit.

Ca^{2+} terletak di sudut kubus, sehingga terhitung $8 \times \frac{1}{8}$ ion. = **1**

O^{2-} terletak di di permukaan sisi kubus, sehingga terhitung $6 \times \frac{1}{2}$ ion = **3**.

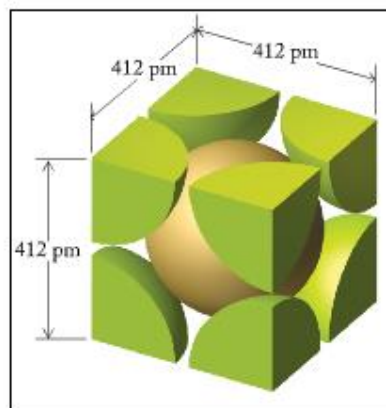
Ti^{4+} terletak di tengah kubus, sehingga terhitung **1 ion**.

[3 poin]

- b. Perkirakan rumus kimia *perovskite*.

CaTiO_3 [1 poin]

7. Diagram berikut menunjukkan 1 sel unit CsCl.



Sumber: [Solved The figure below shows the unit cell of CsCl. From | Chegg.com](#)

a. Tentukan jumlah masing-masing ion Cs^+ dan Cl^- dalam 1 sel unit.

Cs^+ terletak di tengah kubus, sehingga terhitung 1 ion.

Cl^- terletak di sudut kubus, sehingga terhitung $8 \times \frac{1}{8}$ ion.

[2 poin]

b. Tentukan bilangan koordinasi untuk Cs^+

Bilangan koordinasi $\text{Cs}^+ = 8$ (dapat dilihat dari adanya 8 bagian ion Cl^- yang mengapit Cs^+). [1 poin]

c. Bila diketahui jari-jari ion Cl^- adalah 181 pm, tentukan nilai jari-jari ion Cs^+ .

$$(a_0\sqrt{3}) = 2r_{\text{Cl}^-} + 2r_{\text{Cs}^+}$$

$$a_0\sqrt{3} = 2 \times 181 \text{ pm} + 2r_{\text{Cs}^+}$$

$$r_{\text{Cs}^+} = 175,80246 \text{ pm} \quad [2 \text{ poin}]$$

d. Tentukan nilai APF CsCl.

$$\begin{aligned} APF(\text{CsCl}) &= \frac{V(1 \text{ ion } \text{Cs}^+) + V(1 \text{ ion } \text{Cl}^-)}{V(\text{unit sel})} \\ &= \frac{\left(\frac{4}{3}\pi r_{\text{Cs}^+}^3\right) + \left(\frac{4}{3}\pi r_{\text{Cl}^-}^3\right)}{a^3} \\ &= \frac{\left(\frac{4}{3}\pi(175,8)^3\right) + \left(\frac{4}{3}\pi(181)^3\right)}{412^3} \\ &= 0,68 \quad [2 \text{ poin}] \end{aligned}$$

e. Perkirakan densitas senyawa CsCl dalam satuan g/cm^3 . ($1 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ cm}$) [2 poin]

$$\rho = \frac{m(1 \text{ ion Cs}^+) + m(1 \text{ ion Cl}^-)}{V(1 \text{ unit sel})}$$

Karena massa elektron tidak terlalu signifikan terhadap massa proton dan neutron dan memperhitungkan kelimpahan isotop, maka diasumsikan:

- Massa 1 ion Cs⁺ = massa relatif 1 atom Cs
- Massa 1 ion Cl⁻ = massa relatif 1 atom Cl.

$$\rho = \frac{\frac{(132,91+35,45)}{6,022 \times 10^{23}} \text{ g}}{(412 \times 10^{-10} \text{ cm})^3} = 4 \text{ g/cm}^3$$



**Keberhasilan itu
bukanlah selalu milik
orang yang pintar**

**Namun keberhasilan
itu ialah milik orang
yang senantiasa
berusaha**

