

Ikatan Kimia dan Struktur Molekul

Sulistyani, M.Si.

Email: sulistyani@uny.ac.id

Pendahuluan

- Adalah ikatan yang terjadi antar atom atau antar molekul dengan cara sebagai berikut :
 - atom yang 1 melepaskan elektron, sedangkan atom yang lain menerima elektron (serah terima elektron)
 - penggunaan bersama pasangan elektron yang berasal dari masing-masing atom yang berikatan
 - penggunaan bersama pasangan elektron yang berasal dari salah 1 atom yang berikatan

- Tujuan pembentukan ikatan kimia: agar terjadi pencapaian kestabilan suatu unsur.
- Elektron yang berperan pada pembentukan ikatan kimia adalah elektron valensi dari suatu atom/unsur yang terlibat.
- Salah satu petunjuk dalam pembentukan ikatan kimia adalah adanya 1 golongan unsur yang stabil yaitu golongan VIIIA atau golongan 18 (gas mulia). Oleh karena itu, dalam pembentukan ikatan kimia; atom-atom akan membentuk konfigurasi elektron seperti pada unsur gas mulia.
- Unsur gas mulia mempunyai elektron valensi sebanyak 8 (*oktet*) atau 2 (*duplet*, yaitu atom Helium).
- Kecenderungan unsur-unsur untuk menjadikan konfigurasi elektronnya sama seperti gas mulia terdekat dikenal dengan istilah **Aturan Oktet**

Periode	Unsur	Nomor Atom	K	L	M	N	O	P
1	He	2	2					
2	Ne	10	2	8				
3	Ar	18	2	8	8			
4	Kr	36	2	8	18	8		
5	Xe	54	2	8	18	18	8	
6	Rn	86	2	8	18	32	18	8

Lambang Lewis

- Adalah lambang atom yang dilengkapi dengan elektron valensinya.
- Lambang Lewis gas mulia menunjukkan 8 elektron valensi (4 pasang).
- Lambang Lewis unsur dari golongan lain menunjukkan adanya elektron tunggal (belum berpasangan).
- Berdasarkan perubahan konfigurasi elektron yang terjadi pada pembentukan ikatan, maka ikatan kimia dibedakan menjadi 4 yaitu : *ikatan ion, ikatan kovalen, ikatan kovalen koordinat / koordinasi / dativ dan ikatan logam.*

Langkah-langkah Penulisan Struktur Lewis

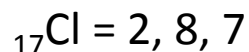
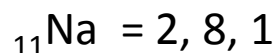
- Semua elektron valensi harus muncul dalam struktur Lewis
- Semua elektron dalam struktur Lewis umumnya berpasangan
- Semua atom umumnya mencapai konfigurasi oktet (khusus untuk H, duplet)
- Kadang-kadang terdapat ikatan rangkap 2 atau 3 (umumnya ikatan rangkap 2 atau 3 hanya dibentuk oleh atom C, N, O, P dan S)

Ikatan Ion (elektrovalen)

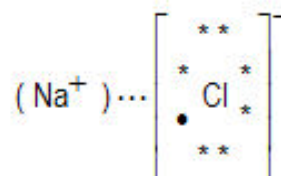
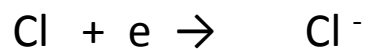
- Terjadi jika atom unsur yang memiliki *energi ionisasi kecil/rendah* melepaskan elektron valensinya (membentuk kation) dan atom unsur lain yang mempunyai *afinitas elektron besar/tinggi* menangkap/menerima elektron tersebut (membentuk anion).
- Kedua ion tersebut kemudian saling berikatan dengan *gaya elektrostatik* (sesuai hukum Coulomb).
- Unsur yang cenderung melepaskan elektron adalah *unsur logam* sedangkan unsur yang cenderung menerima elektron adalah *unsur non logam*.

Contoh 1 :

- Ikatan antara $_{11}\text{Na}$ dengan $_{17}\text{Cl}$
- Konfigurasi elektronnya :



- Atom Na melepaskan 1 elektron valensinya sehingga konfigurasi elektronnya sama dengan gas mulia.
- Atom Cl menerima 1 elektron pada kulit terluarnya sehingga konfigurasi elektronnya sama dengan gas mulia.



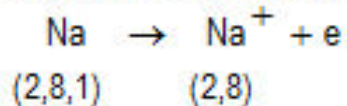
- Antara ion Na^+ dengan Cl^- terjadi gaya tarik-menarik elektrostatis sehingga terbentuk senyawa ion NaCl.

- **Contoh 2 :**

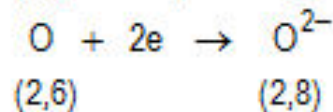
Ikatan antara Na dengan O

Supaya mencapai oktet, maka Na harus melepaskan 1 elektron menjadi kation Na^+

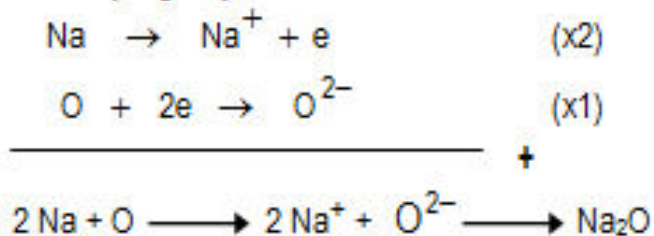
- ✓ Supaya mencapai oktet, maka Na harus melepaskan 1 elektron menjadi kation Na^+



- ✓ Supaya mencapai oktet, maka O harus menerima 2 elektron menjadi anion O^{2-}



- ✓ Reaksi yang terjadi :



Contoh lain : senyawa MgCl_2 , AlF_3 dan MgO

Soal

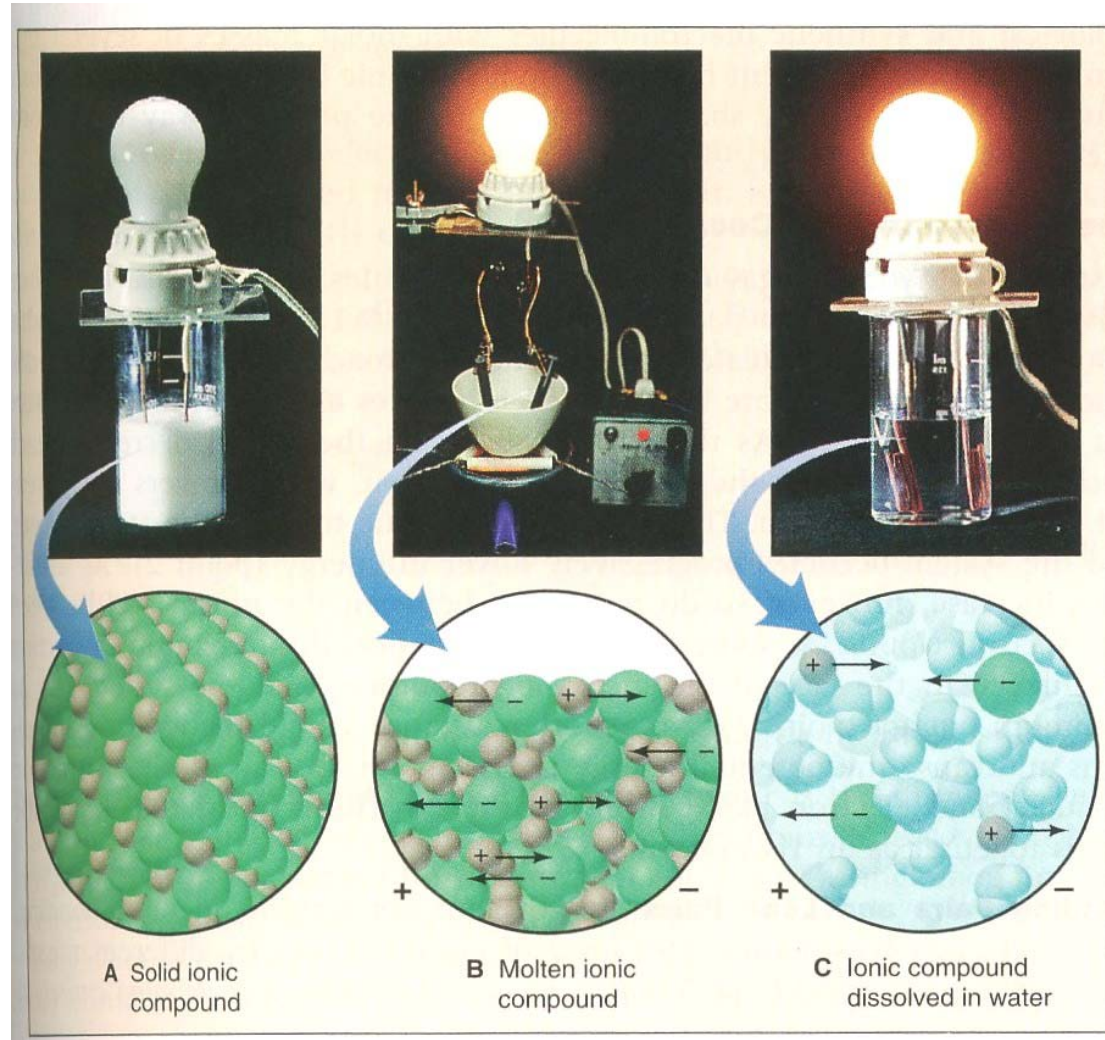
Tentukan senyawa yang terbentuk dari :

1. Mg dengan F
2. Ca dengan Cl
3. K dengan O

- **Senyawa yang mempunyai ikatan ion antara lain :**
- Golongan alkali (IA) [*kecuali atom H*] dengan golongan halogen (VIIA)
Contoh : NaF, KI, CsF
- Golongan alkali (IA) [*kecuali atom H*] dengan golongan oksigen (VIA)
Contoh : Na₂S, Rb₂S, Na₂O
- Golongan alkali tanah (IIA) dengan golongan oksigen (VIA)
Contoh : CaO, BaO, MgS

Sifat-sifat Ikatan Ionik

- Keras
- Kaku
- Rapuh



Sifat umum senyawa ionik

- Titik didih dan titik lelehnya tinggi
- Keras, tetapi mudah patah
- Penghantar panas yang baik
- Lelehan maupun larutannya dapat menghantarkan listrik (elektrolit)
- Larut dalam air
- Tidak larut dalam pelarut/senyawa organik (misal : alkohol, eter, benzena)

Ikatan Kovalen

- Adalah ikatan yang terjadi karena *pemakaian pasangan elektron* secara bersama oleh 2 atom yang berikatan.
- Ikatan kovalen terjadi akibat ketidakmampuan salah 1 atom yang akan berikatan untuk *melepaskan elektron* (terjadi pada atom-atom non logam).
- Ikatan kovalen terbentuk dari atom-atom unsur yang memiliki *afinitas elektron tinggi* serta *beda keelektronegatifannya* lebih kecil dibandingkan ikatan ion.
- Atom non logam cenderung untuk *menerima elektron* sehingga jika tiap-tiap atom non logam berikatan maka ikatan yang terbentuk dapat dilakukan dengan cara *mempersekutukan elektronnya* dan akhirnya terbentuk pasangan elektron yang dipakai secara bersama.
- Pembentukan ikatan kovalen dengan cara pemakaian bersama pasangan elektron tersebut harus sesuai dengan konfigurasi elektron pada unsur gas mulia yaitu 8 elektron (kecuali He berjumlah 2 elektron).

Ada 3 jenis ikatan kovalen

a) Ikatan Kovalen Tunggal

Contoh 1 :

- ✓ Ikatan yang terjadi antara atom H dengan atom H membentuk molekul H_2
- ✓ Konfigurasi elektronnya :
 ${}_1H = 1$
- ✓ Ke-2 atom H yang berikatan memerlukan 1 elektron tambahan agar diperoleh konfigurasi elektron yang stabil (sesuai dengan konfigurasi elektron He).
- ✓ Untuk itu, ke-2 atom H saling meminjamkan 1 elektronnya sehingga terdapat sepasang elektron yang dipakai bersama.

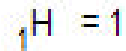


Rumus struktur = H – H

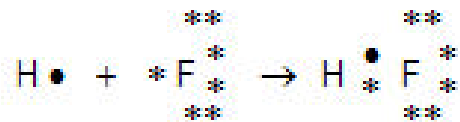
Rumus kimia = H_2

Contoh 2 :

- ❖ Ikatan yang terjadi antara atom H dengan atom F membentuk molekul HF
- ❖ Konfigurasi elektronnya :



- ❖ Atom H memiliki 1 elektron valensi sedangkan atom F memiliki 7 elektron valensi.
- ❖ Agar atom H dan F memiliki konfigurasi elektron yang stabil, maka atom H dan atom F masing-masing memerlukan 1 elektron tambahan (sesuai dengan konfigurasi elektron He dan Ne).
- ❖ Jadi, atom H dan F masing-masing meminjamkan 1 elektronnya untuk dipakai bersama.



Rumus struktur = H – F

Rumus kimia = HF

Soal

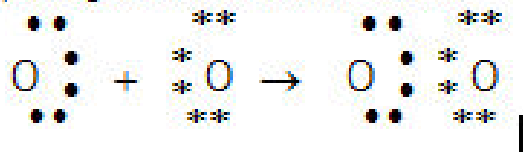
Tuliskan pembentukan ikatan kovalen dari senyawa berikut :
(lengkapi dengan rumus struktur dan rumus kimianya)

- Atom C dengan H membentuk molekul CH_4
- Atom H dengan O membentuk molekul H_2O
- Atom Br dengan Br membentuk molekul Br_2

Ikatan Kovalen Rangkap Dua

Contoh :

- Ikatan yang terjadi antara atom O dengan O membentuk molekul O₂
- Konfigurasi elektronnya :
 ${}_8\text{O} = 2, 6$
- Atom O memiliki 6 elektron valensi, maka agar diperoleh konfigurasi elektron yang stabil tiap-tiap atom O memerlukan tambahan elektron sebanyak 2.
- Ke-2 atom O saling meminjamkan 2 elektronnya, sehingga ke-2 atom O tersebut akan menggunakan 2 pasang elektron secara bersama.



Rumus struktur : O = O

Rumus kimia : O₂

Soal

Tuliskan pembentukan ikatan kovalen dari senyawa berikut : (lengkapi dengan rumus struktur dan rumus kimianya)

- Atom C dengan O membentuk molekul CO₂
- Atom C dengan H membentuk molekul C₂H₄ (etena)

Ikatan Kovalen Rangkap Tiga

Contoh 1:

- o Ikatan yang terjadi antara atom N dengan N membentuk molekul N_2
- o Konfigurasi elektronnya :
 ${}_7N = 2, 5$
- o Atom N memiliki 5 elektron valensi, maka agar diperoleh konfigurasi elektron yang stabil tiap-tiap atom N memerlukan tambahan elektron sebanyak 3.
- o Ke-2 atom N saling meminjamkan 3 elektronnya, sehingga ke-2 atom N tersebut akan menggunakan 3 pasang elektron secara bersama.

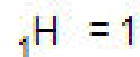


Rumus struktur : $N \equiv N$

Rumus kimia : N_2

Contoh 2:

- Ikatan antara atom C dengan C dalam etuna (*asetilena*, C₂H₂).
- Konfigurasi elektronnya :



- Atom C mempunyai 4 elektron valensi sedangkan atom H mempunyai 1 elektron.
- Atom C memasangkan 4 elektron valensinya, masing-masing 1 pada atom H dan 3 pada atom C lainnya.



(Rumus Lewis)



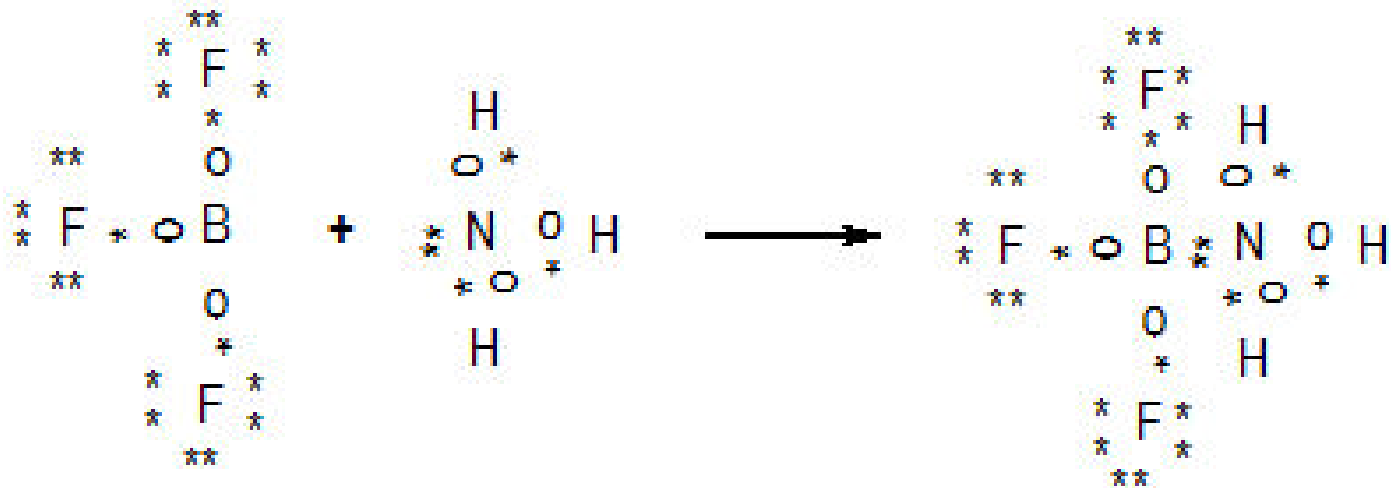
(Rumus bangun/struktur)

Ikatan Kovalen Koordinasi / Koordinat / Dativ / Semipolar

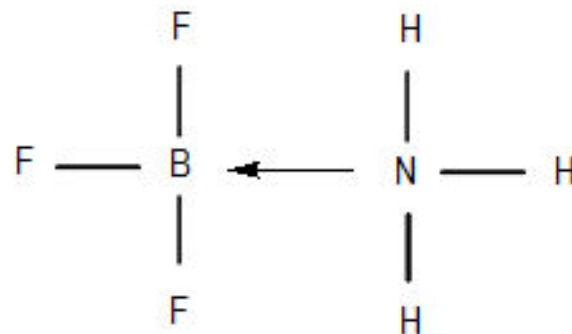
- Adalah ikatan yang terbentuk dengan cara penggunaan bersama pasangan elektron yang berasal dari salah 1 atom yang berikatan [Pasangan Elektron Bebas (PEB)], sedangkan atom yang lain hanya menerima pasangan elektron yang digunakan bersama.
- Pasangan elektron ikatan (PEI) yang menyatakan ikatan dativ digambarkan dengan tanda anak panah kecil yang arahnya dari atom donor menuju akseptor pasangan elektron.

Contoh 1:

- o Terbentuknya senyawa $\text{BF}_3 - \text{NH}_3$

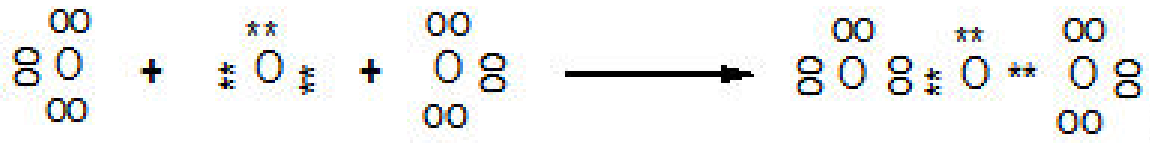


atau



Contoh 2:

- Terbentuknya molekul ozon (O_3)
- Agar semua atom O dalam molekul O_3 dapat memenuhi aturan oktet maka dalam salah 1 ikatan $O - O$, oksigen pusat harus menyumbangkan kedua elektronnya.



Rumus struktur :



Ikatan Kovalen Polar dan Polaritas Ikatan

- Dalam ikatan kovalen dengan perbedaan elektronegatifitas besar, elektron cenderung tertarik lebih besar kearah satu atom
- Pada posisi ini ikatan bersifat polar dan digambarkan dengan dua cara:
- Dengan panah polar \rightarrow atau
- Dengan pemberian tanda $\delta+$ dan $\delta-$

Perbedaan antara Senyawa Ion dengan Senyawa Kovalen

No	Sifat	Senyawa Ion	Senyawa Kovalen
1	Titik didih	Tinggi	Rendah
2	Titik leleh	Tinggi	Rendah
3	Wujud	Padat pada suhu kamar	Padat, cair, gas pada suhu kamar
4	Daya hantar listrik	Padat = isolator Lelehan = konduktor Larutan = konduktor	Padat = isolator Lelehan = isolator Larutan = ada yang konduktor
5	Kelarutan dalam air	Umumnya larut	Umumnya tidak larut
6	Kelarutan dalam trikloroetana (CHCl_3)	Tidak larut	Larut

Pengecualian Aturan Oktet

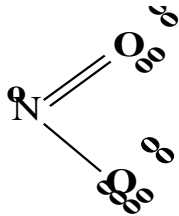
- **Senyawa yang tidak mencapai aturan oktet**

Meliputi senyawa kovalen biner sederhana dari Be, B dan Al yaitu atom-atom yang elektron valensinya kurang dari empat (4).

Contoh : BeCl_2 , BCl_3 dan AlBr_3

- **Senyawa dengan jumlah elektron valensi ganjil**

Contohnya : NO_2 mempunyai jumlah elektron valensi $(5 + 6 + 6) = 17$



- **Senyawa dengan oktet berkembang**

Unsur-unsur periode 3 atau lebih dapat membentuk senyawa yang melampaui aturan oktet / lebih dari 8 elektron pada kulit terluar (karena kulit terluarnya M, N dst dapat menampung 18 elektron atau lebih).

Contohnya : PCl_5 , SF_6 , ClF_3 , IF_7 dan SbCl_5

Kegagalan Aturan Oktet

Aturan oktet gagal meramalkan rumus kimia senyawa dari unsur transisi maupun post transisi.

Contoh:

- atom Sn mempunyai 4 elektron valensi tetapi senyawanya lebih banyak dengan tingkat oksidasi +2
- atom Bi mempunyai 5 elektron valensi tetapi senyawanya lebih banyak dengan tingkat oksidasi +1 dan +3

Penyimpangan dari Aturan Oktet dapat berupa :

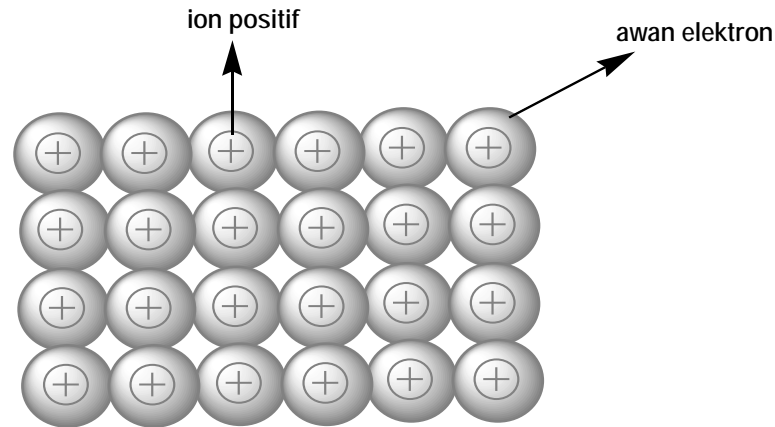
- Tidak mencapai oktet
- Melampaui oktet (oktet berkembang)

Soal Latihan

- Tunjukkan polaritas ikatan berikut dengan bantuan panah polar: N – H, F – N, I – Cl
- Susun berdasarkan urutan kenaikan polaritas beberapa ikatan berikut: H – N, H – O, H – C.
- Susun berdasarkan kenaikan polaritas ikatan dan beri tanda dengan δ^+ dan δ^- pada atom yang sesuai: (a) Cl – F, Br – Cl, Cl – Cl, (b) Si – Cl, P – Cl, S – Cl, Si – Si.

Ikatan Logam

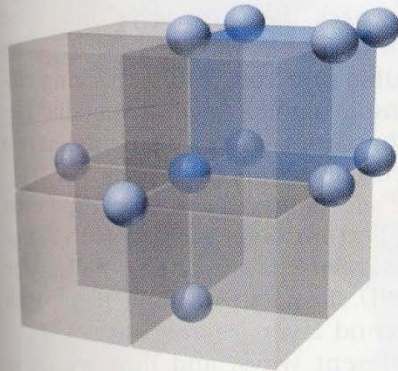
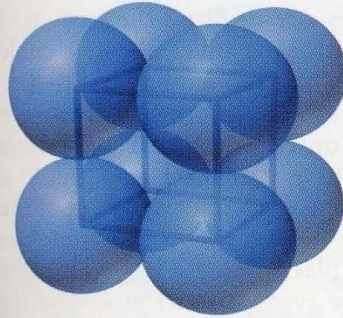
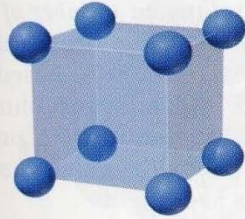
- Adalah ikatan yang terbentuk akibat adanya gaya tarik-menarik yang terjadi antara muatan positif dari ion-ion logam dengan muatan negatif dari elektron-elektron yang bebas bergerak.
- Atom-atom logam dapat diibaratkan seperti bola pingpong yang terjejal rapat satu sama lain.
- Atom logam mempunyai sedikit elektron valensi, sehingga sangat mudah untuk dilepaskan dan membentuk ion positif.
- Maka dari itu kulit terluar atom logam relatif longgar (terdapat banyak tempat kosong) sehingga elektron dapat berpindah dari satu atom ke atom lain.
- Mobilitas elektron dalam logam sedemikian bebas, sehingga elektron valensi logam mengalami **delokalisasi** yaitu suatu keadaan dimana *elektron valensi* tersebut tidak tetap posisinya pada 1 atom, tetapi *senantiasa berpindah-pindah* dari 1 atom ke atom lain.



- Elektron-elektron valensi tersebut berbaur membentuk awan elektron yang menyelimuti ion-ion positif logam.
- Struktur logam seperti gambar di atas, dapat menjelaskan sifat-sifat khas logam yaitu :
- a). *berupa zat padat pada suhu kamar*, akibat adanya gaya tarik-menarik yang cukup kuat antara elektron valensi (dalam awan elektron) dengan ion positif logam.
- b). *dapat ditempa (tidak rapuh), dapat dibengkokkan dan dapat direntangkan menjadi kawat*. Hal ini akibat kuatnya ikatan logam sehingga atom-atom logam hanya bergeser sedangkan ikatannya tidak terputus.
- c). *penghantar / konduktor listrik yang baik*, akibat adanya elektron valensi yang dapat bergerak bebas dan berpindah-pindah. Hal ini terjadi karena sebenarnya aliran listrik merupakan aliran elektron.

Ikatan Logam

A Simple cubic



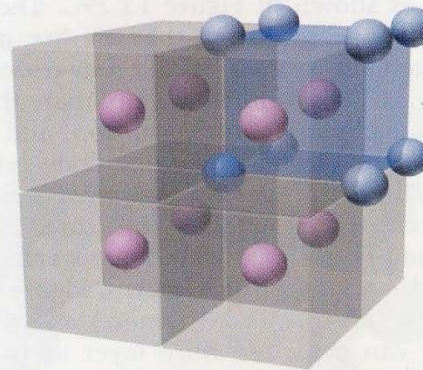
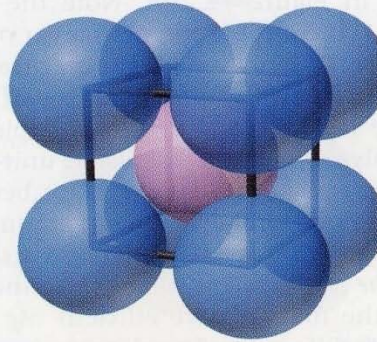
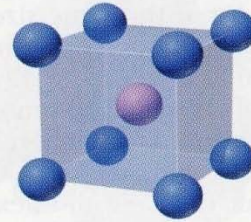
Coordination number = 6

$\frac{1}{8}$ atom
at 8 corners



Atoms/unit cell = $\frac{1}{8} \times 8 = 1$

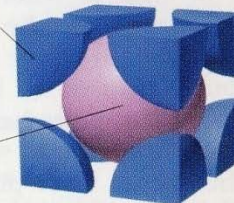
B Body-centered cubic



Coordination number = 8

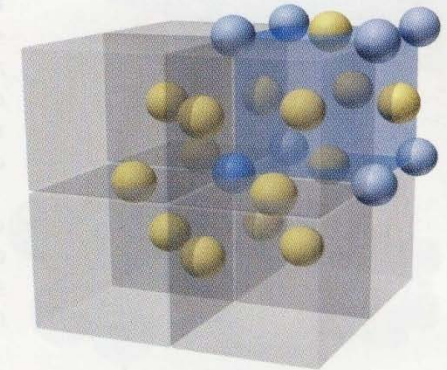
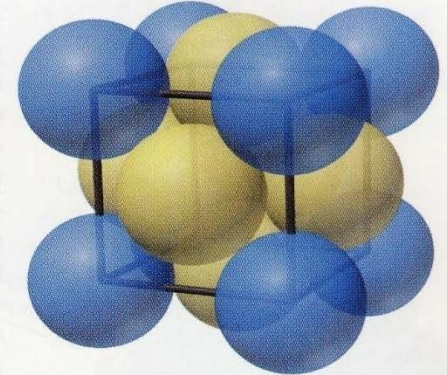
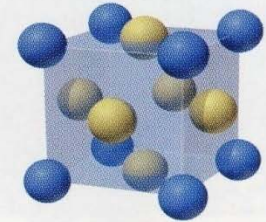
$\frac{1}{8}$ atom
at 8 corners

1 atom
at center



Atoms/unit cell = $(\frac{1}{8} \times 8) + 1 = 2$

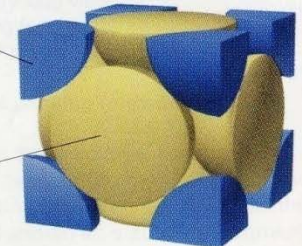
C Face-centered cubic



Coordination number = 12

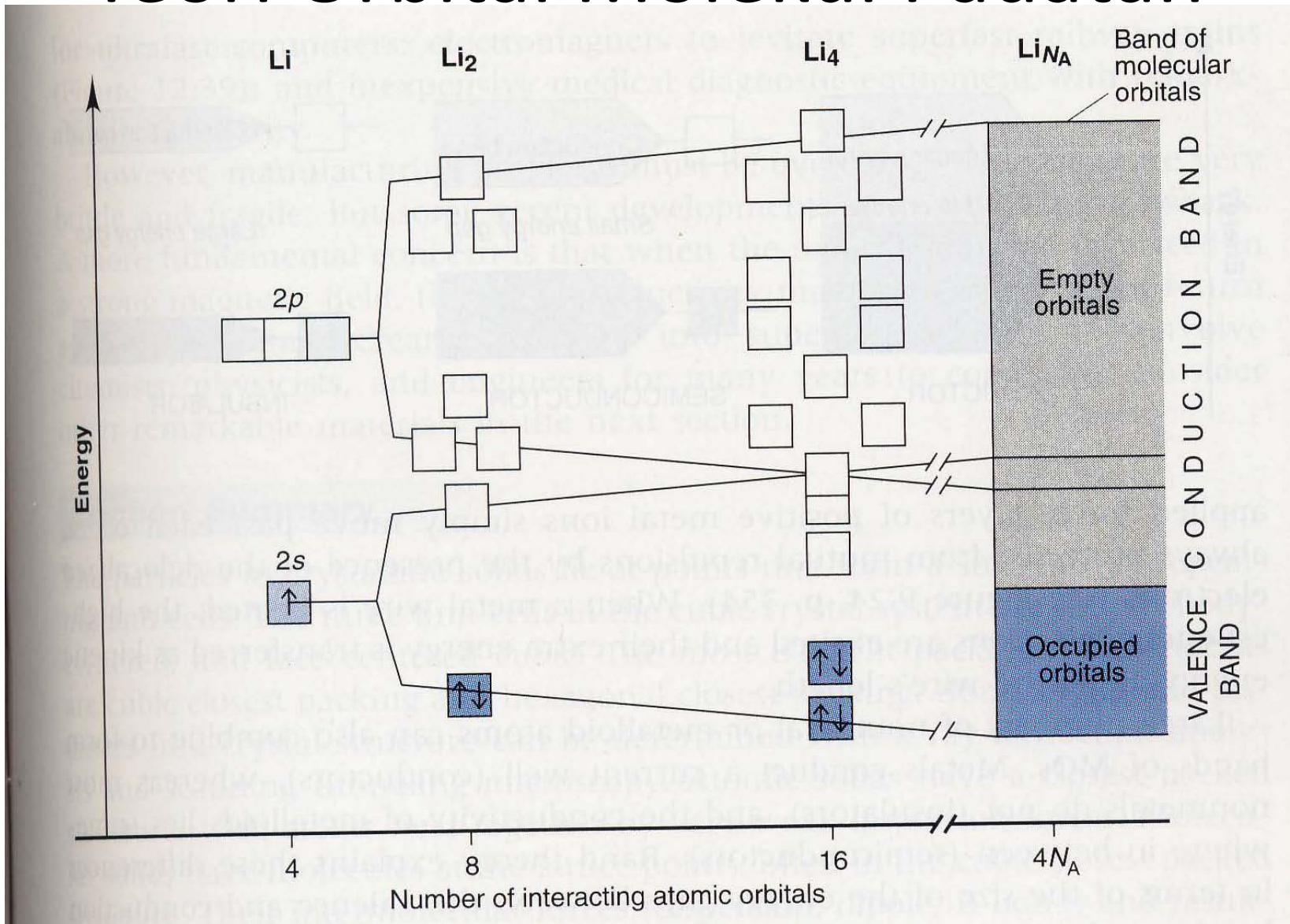
$\frac{1}{8}$ atom
at 8 corners

$\frac{1}{2}$ atom
at 6 faces



Atoms/unit cell = $(\frac{1}{8} \times 8) + (\frac{1}{2} \times 6) = 4$

Teori Orbital Molekul Padatan



Sifat Konduktifitas Padatan

