

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA  
Universitas Gadjah Mada (UGM)

## KIMIA ZAT PADAT Prinsip dasar

**Drs. Iqmal Tahir, M.Si.**

Laboratorium Kimia Fisika, Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Yogyakarta, 55281

Tel : 0857 868 77886 047; Fax : 0274-545188  
Email : iqmal@ugm.ac.id atau iqmal.tahir@yahoo.com

Website :  
<http://iqmal.staff.ugm.ac.id>  
<http://iqmaltahir.wordpress.com>

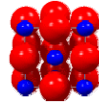
### KIMIA ZAT PADAT (Solid State Chemistry)

- Kajian kimia tentang sintesis, struktur dan sifat padatan ditinjau dari hukum-hukum fisik.

**Fenomena :**

- Mengapa terdapat banyak variasi sifat dan fenomena pada padatan : superkonduktivitas, ferromagnetik, porositas molekuler, warna dan lain-lain ?
- Mengapa pada kristal selalu cenderung mengalami cacat ?
- Mengapa kinetika reaksi pada fasa padatan berlangsung sangat lambat ?
- Mengapa ada padatan organik yang bisa bersifat konduktor listrik ?
- Mengapa kualitas keramik lokal kalah dibandingkan keramik cina ?
- Mengapa ada fenomena allotropis senyawa ?
- Mengapa fenomena fisik bahan berstruktur nano relatif berbeda dengan struktur mikro/makro ?

↑  
Terdapat korelasi dari fasa bahan dan struktur kimia bahan.



**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Tiga fasa materi : padat, cair dan gas




(a) Particles in a solid      (b) Particles in a liquid      (c) Particles in a gas

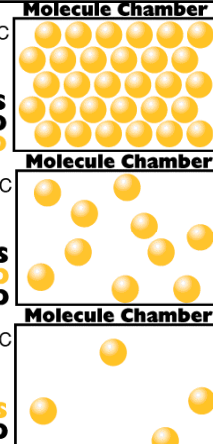
**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Tembaga

**Fase padat**      ≤ 1083°C

**Fase cair**      1083-2594°C

**Fase gas**      ≥ 2595°C



**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Perbandingan sifat materi di alam

**Observed properties of matter**

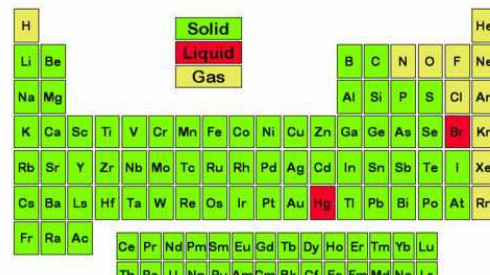
Property	Solid	Liquid	Gas
Density	High	High (like solids)	Low
Shape	Fixed	Takes shape of lower part of container	Expands to fill the container
Compressibility	Small	Small	Large
Thermal expansion	Very Small	Small	Moderate

5 - 3

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Materi di alam

**Elemental states at 25°C**



5 - 2

**LABORATORIUM KIMIA FISIKA**  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

## Sifat padatan : Tipe

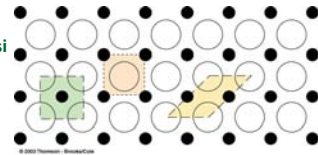
Tipe	Unit Struktural	Gaya	Contoh
<b>Ionik</b>	Ion	Gaya Ionik	NaCl & MgO
<b>Metalik</b>	Atom logam	Ikatan logam	Besi & tembaga
<b>Molekular</b>	Molekul	Dispersi, Dipol/Dipol, ikatan hidrogen	H <sub>2</sub> O & CO <sub>2</sub>
<b>Network</b>	Atom beraturan	Ikatan kovalen	Intan & Grafit
<b>Amorfus</b>	Atom tak beraturan	Ikatan kovalen	Gelas & Plastik

## Padatan

### Kisi kristal dan Sel Bangun (Crystal Lattices / Unit Cells)

- Struktur padatan dapat dijabarkan secara tiga dimensi dalam bentuk kisi-kisi atom, ion atau molekul.

#### Kisi 2 dimensi



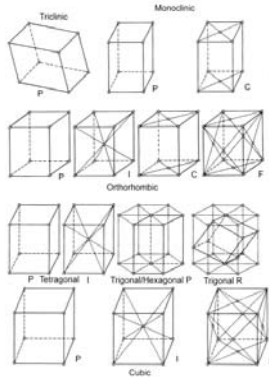
**Sel Bangun** - bangun terkecil berulang yang semuanya memiliki karakteristik penyusunan dari atom, ion atau molekul.

**Titik kisi** - Titik sudut dari sel bangun dalam kisi kristal

**Kisi Kristal** - Kumpulan sel bangun yang berulang secara tiga dimensi.

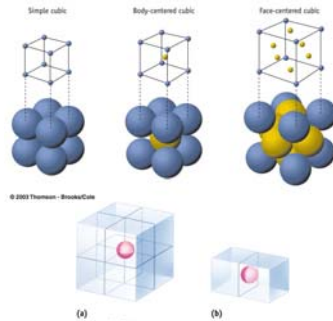
## Bentuk kisi kristal

- Di alam, terdapat beberapa kisi bangun yang berbeda dalam hal panjang dan sudut.



## Kisi kristal secara dimensi

### Sel bangun Kubus



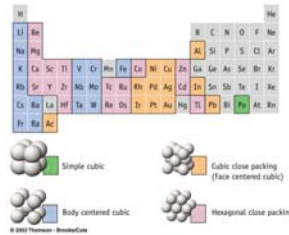
Lihat animasi

## Padatan Metalik

- Atom-atom tersusun dalam pola regular yang terikat melalui ikatan logam.
- Ikatan logam menyerupai ion-ion logam di dalam laut elektron.

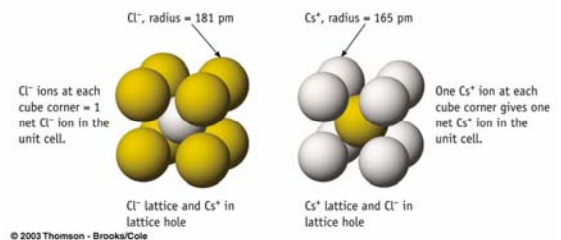
Karakteristik:

- Dapat ditempa (malleable) dan duktil
- Konduktor panas dan listrik yang baik
- Memiliki kisaran kekerasan dan titik leleh yang tinggi



## Padatan Ionik

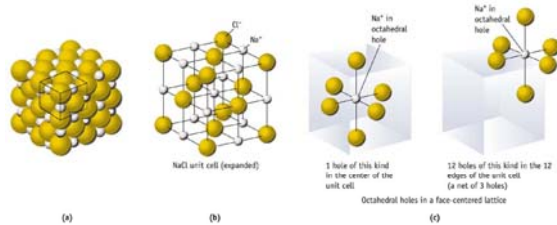
- Secara normal kation akan menempati lubang di antara kisi bangun anion.



© 2003 Thomson - Brooks/Cole

- Ion cesium menempati lubang kubus pada kisi bangun kubus ion khlorida.

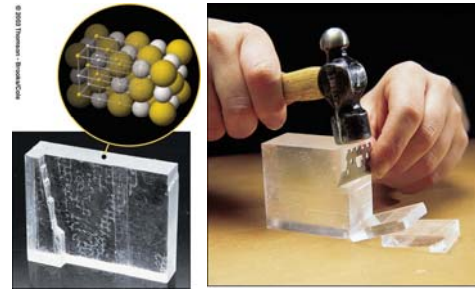
### Padatan Ionik



- Ion natrium akan menempati lubang oktahedral pada kisi bangun FCC ion klorida.

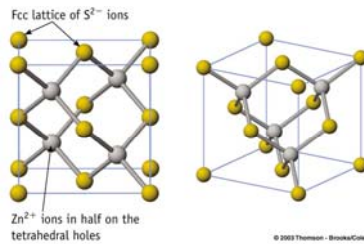
### Padatan Ionik

- Kristal NaCl dapat dibelah menjadi kristal berukuran lebih kecil yang merupakan duplikat kristal asal.



### Padatan Ionik

- Umumnya kation akan menempati lubang di bagian tengah pada sel bangun.



- Contoh ion Zn menempati lubang tetrahedral pada sel bangun FCC dari ion sulfida.

### Padatan Ionik

Klasifikasi padatan ionik:

- 1) Ion  $M^{n+}$  menempati lubang kubus pada kisi bangun sederhana dari ion  $X^{n-}$  (contoh CsCl).
- 2) Ion  $M^{n+}$  menempati lubang oktahedral pada kisi bangun face centered cubic (FCC)
- 3) Ion  $M^{n+}$  menempati lubang tetrahedral pada kisi bangun face centered cubic (FCC) dari ion  $X^{n-}$  (contoh ZnS).

Karakteristik:

- Keras dan mudah pecah (brittle)
- Konduktor listrik yang lemah dalam bentuk padatan tetapi sebagai konduktor dalam bentuk cair
- Memiliki titik leleh tinggi
- Umumnya terlarut dalam air

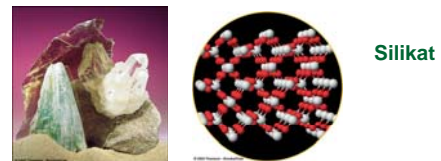
**Padatan molekular** - Terdiri dari molekul-molekul yang saling terikat pada bentuk kisi melalui gaya antarmolekular.



Karakteristik:

- Relatif lunak
- Umumnya konduktor listrik yang lemah
- Memiliki titik leleh dan titik didih rendah sampai menengah

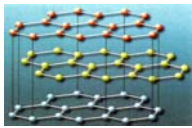
**Padatan Jaringan (network solids)** - Atom-atom terikat bersama dalam suatu bentuk kisi tertentu menggunakan ikatan kovalen.



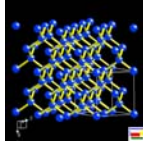
Karakteristik:

- Kekerasan bervariasi tergantung dari penyusunan atom
- Konduktor listrik yang lemah tetapi terdapat pengecualian
- Memiliki titik leleh yang berkisar cukup lebar

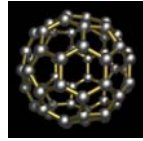
### Allotrof karbon



Grafit



Intan



Buckminsterfullerene  
(Bucky Ball)

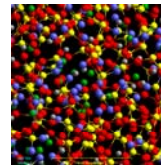
**Allotrof** - Bentuk padatan berbeda untuk senyawa yang sama



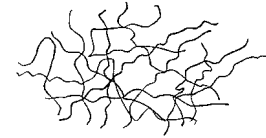
LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Padatan Amorfis -

Tersusun dari atom-atom yang terikat secara kovalen tetapi tidak memiliki keteraturan.



Gelas



Plastik (Polymer sintetik)

Karakteristik:

- Non kristalin
- Konduktor listrik yang lemah
- Memiliki titik leleh yang berkisar cukup lebar



LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Sifat fisik

Table 13.7 • Melting Points and Enthalpies of Fusion of Some Elements and Compounds

Compound	Melting Point (°C)	Enthalpy of Fusion (kJ/mol)	Type of Intermolecular Forces
<b>Metals</b>			
Hg	-39	2.29	Metal bonding; see Section 10.4
Na	98	2.60	
Al	905	10.7	
Tl	1568	20.9	
W	3422	35.2	
<b>Molecular Solids: Nonpolar Molecules</b>			
O <sub>2</sub>	-219	0.440	Dispersion forces only
F <sub>2</sub>	-220	0.510	
Cl <sub>2</sub>	-102	6.41	
Br <sub>2</sub>	-7.2	10.8	
<b>Molecular Solids: Polar Molecules</b>			
HCl	-114	1.99	All three HX molecules have dipole-dipole interactions. Dispersion forces increase with size and molar mass.
HBr	-87	2.41	
HI	-51	2.87	
H <sub>2</sub> O	0	6.02	Hydrogen bonding
<b>Ionic Solids</b>			
NaF	996	33.4	All ionic solids have extended ion-ion interactions. Note the general trend is the same as for lattice energies (see Table 9.3, page 332).
NaCl	801	28.2	
NaBr	747	26.1	
NaI	660	23.6	

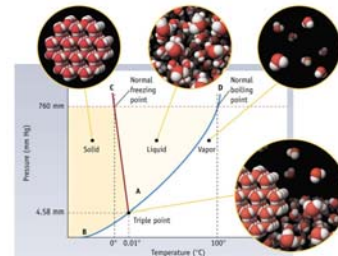
© 2003 Thomson - Brooks/Cole



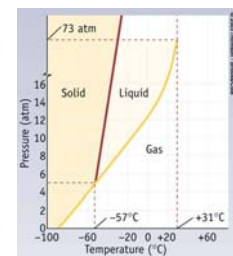
LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Diagram Fase

- grafik untuk menunjukkan fase senyawa yang eksis pada variasi temperatur dan tekanan.



H<sub>2</sub>O



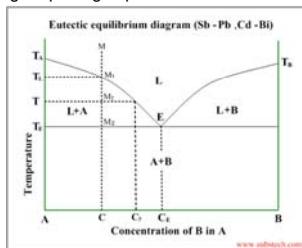
CO<sub>2</sub>



LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Diagram eutektik

- Diagram fasa eutektik menggambarkan kelakuan campuran alloys, yakni dua komponen yang saling larut sempurna dalam keadaan cair dan sedikit larut dalam keadaan padat.
- Diagram ini memiliki dua kurva fasa cairan, dimulai dari titik beku dua logam yang berpotongan pada satu titik minimum yakni titik eutektik



LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

### Diagram eutektik

Proses perubahan fasa padat (solidification) suatu alloy dengan konsentrasi C. Pada saat temperatur alloy di atas TL maka hanya ada satu fasa cairan (titik M).

Ketika temperatur mencapai TL (titik M1 pada kurva cairan) proses pembentukan padatan dimulai. Kristal yang terbentuk adalah untuk logam A.

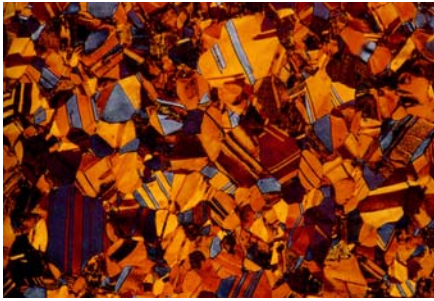
Pendinginan lebih lanjut, menyebabkan fasa cair lebih kaya akan kandungan logam B sepanjang kurva cairan. Jika temperatur alloy mencapai T (posisi MT), maka komposisi fasa cairan adalah Cy dan ada fasa padatan kristal A yang berada dalam keadaan kesetimbangan.

Pada temperatur TE (eutectic temperature) pembentukan kristal primer berhenti dan menyisakan fasa cair dengan komposisi CE (eutectic composition), yang segera berubah menjadi padatan kristal dari campuran A dan B. Inilah yang disebut sebagai transformasi fasa eutectic.



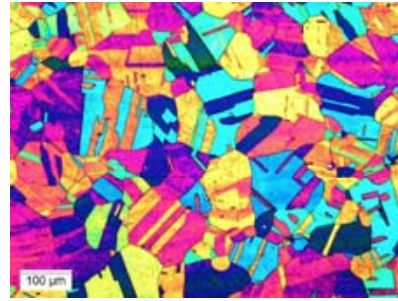
LABORATORIUM KIMIA FISIKA  
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Mikrostruktur spesies logam



Optical micrograph of alpha brass (100X)

Mikrostruktur spesies logam



Optical micrograph of Type-330 Stainless Steel