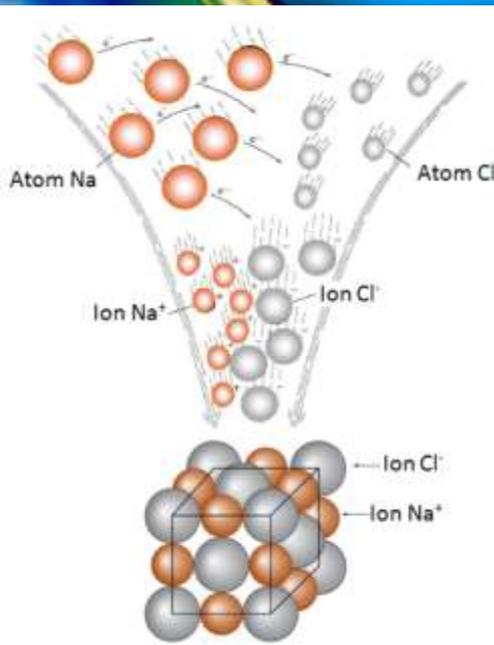
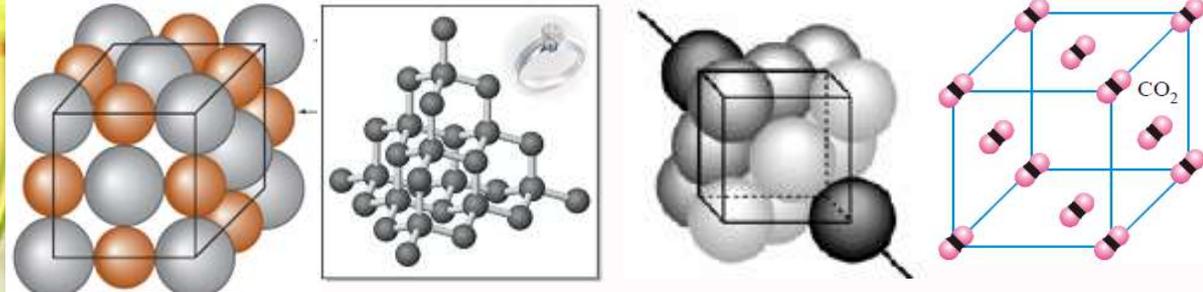


Jenis Kristal

Berdasarkan Ikatannya



Oleh

Dr. H. Harun Nasrudin, M.S.



Samik, S.Si., M.Si.





Struktur Kristal

Refresh materi sebelumnya.

Mari jawab pertanyaan sbb:

Untuk saat ini **menjawab adalah emas** (bukan diam) (:

- 1. Sebutkan hukum-hukum yang berkaitan dengan kristal?**
- 2. Apa perbedaan kubus sederhana, kubus berpusat badan, dan kubus berpusat muka?**
- 3. Apa perbedaan sel satuan (*unit cell*) dan kisi kristal (*crystal lattice*) ?**
- 4. Bagaimana cara menghitung jumlah atom per sel satuan, massa sel satuan dan kerapatan?**

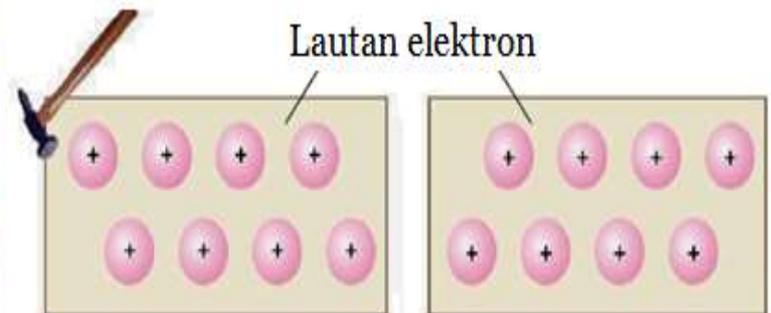


Jenis Kristal

Mari jawab pertanyaan sbb:

Untuk saat ini **menjawab adalah emas** (bukan diam) (:

1. Bagaimana ikatan pertama kali terbentuk?
2. Sebutkan jenis kristal berdasarkan jenis ikatannya dan berikan contohnya!
3. Apakah yang dimaksud dengan “model lautan elektron”?
4. Mengapa kristal logam tidak akan pecah jika terkena benturan?





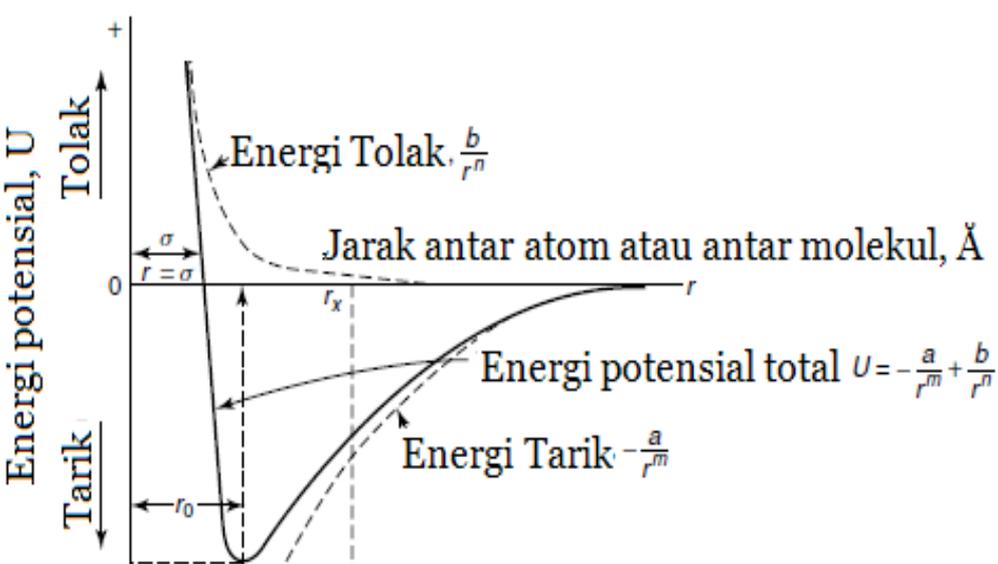
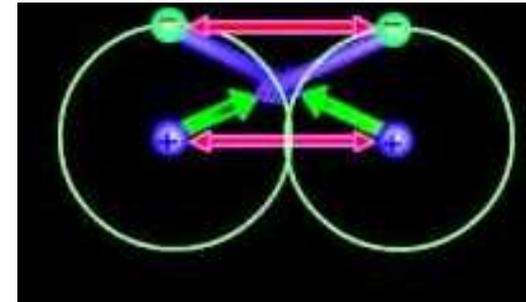
Kenapa es mengapung di air?

Kenapa ikan dapat bertahan di dasar danau yang beku?



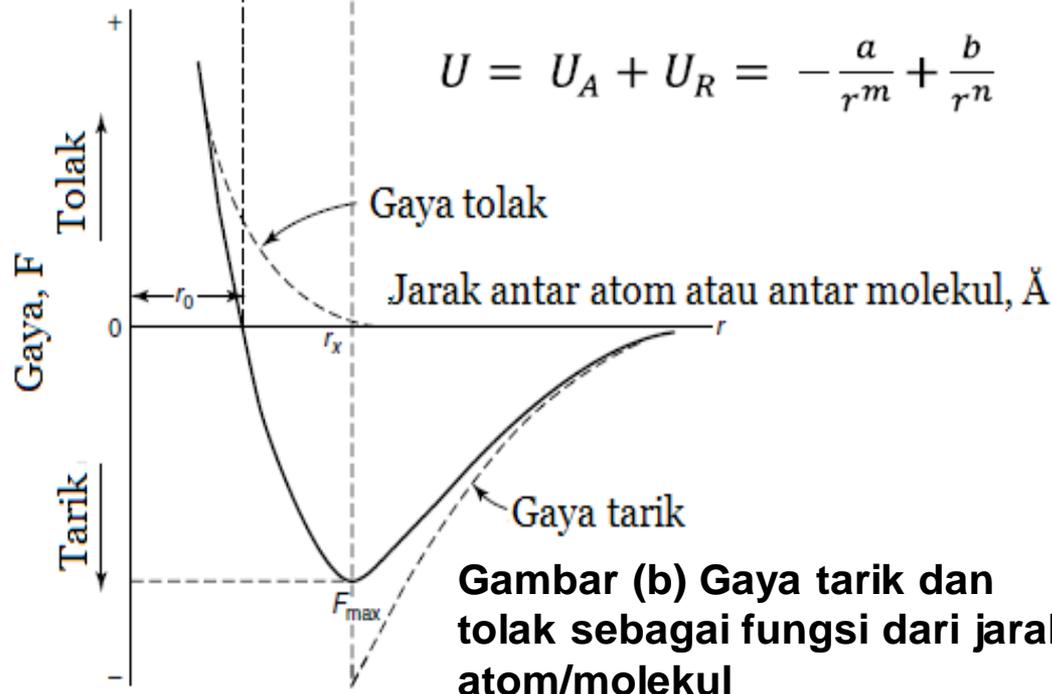
- **Topik-topik sebelumnya memperkenalkan struktur fisik kristal-bagaimana partikel-partikel penyusunnya (atom, ion atau molekul) diatur dalam ruang.**
- **Sekarang kita beralih ke deskripsi ikatan dalam kristal. Pada topik ini akan dibahas tentang jenis kristal berdasarkan ikatannya.**
- **Klasifikasi kristal berdasarkan ikatan berguna dalam memahami struktur dan sifat kristal.**
- **Jenis kristal dapat dibedakan ke dalam empat golongan, yakni kristal ionik, kristal kovalen, kristal logam, dan kristal molekular.**

Bagaimana ikatan pertama kali terbentuk?



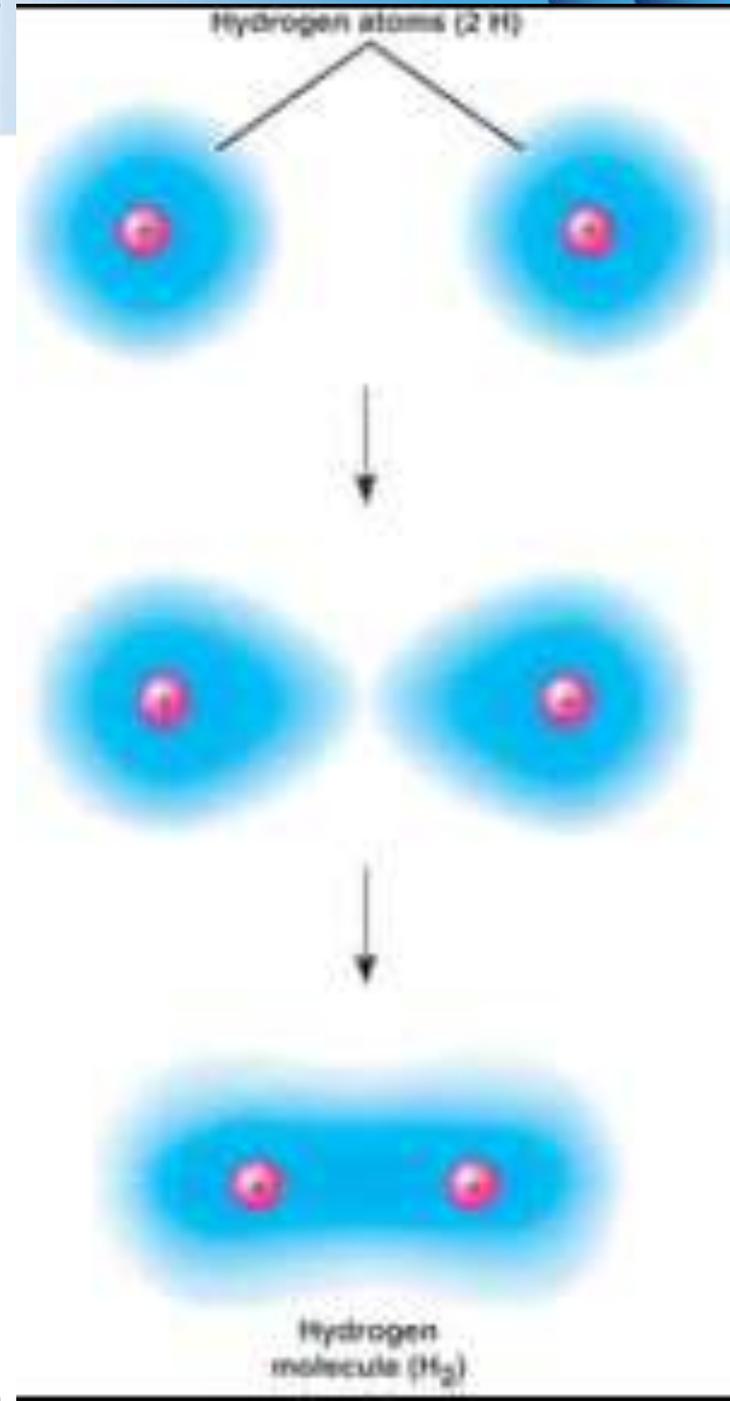
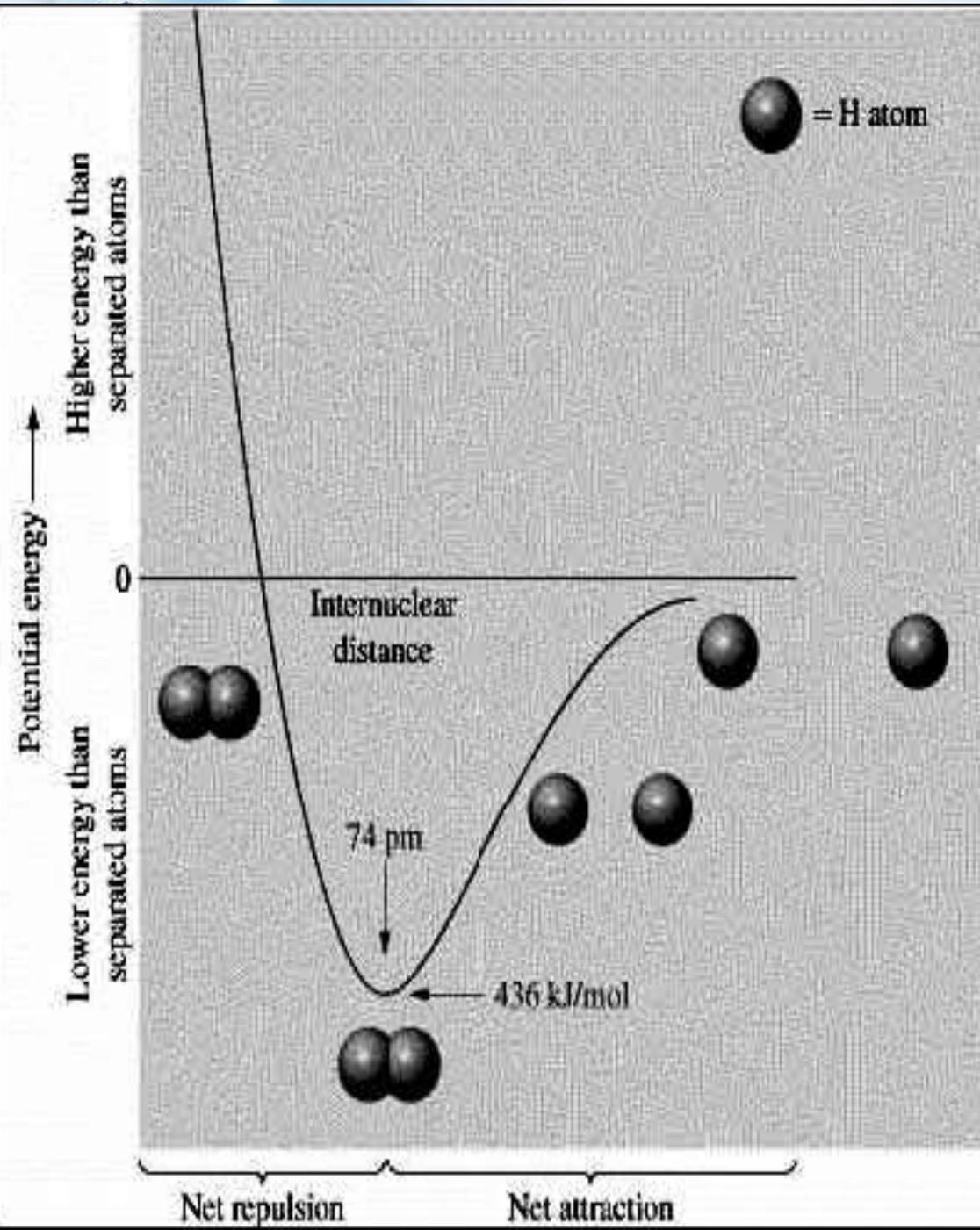
Gambar (a) Energi potensial tarik dan tolak sebagai fungsi dari jarak atom/molekul

$$U = U_A + U_R = -\frac{a}{r^m} + \frac{b}{r^n}$$



Gambar (b) Gaya tarik dan tolak sebagai fungsi dari jarak atom/molekul

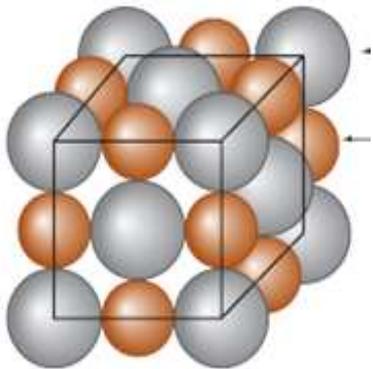
- Energi potensial total (U) = Energi tarik (U_A) + Energi tolak (U_R)
- Energi tarik antar atom menyebabkan mereka saling mendekati. Daya tarik ini disebabkan kekuatan elektrostatis antara inti dan awan elektron dari atom yang terpisah.
- Ketika atom mulai saling mendekati, mereka hanya bisa berdekatan tanpa terjadi penggabungan inti karena sifat materi yang tak dapat ditembus. Selain itu kulit elektron terluar dari kedua atom mulai tumpang tindih, dan hasilnya adalah energi tolak.



Peta Konsep Jenis Kristal

**Jenis
Kristal:**

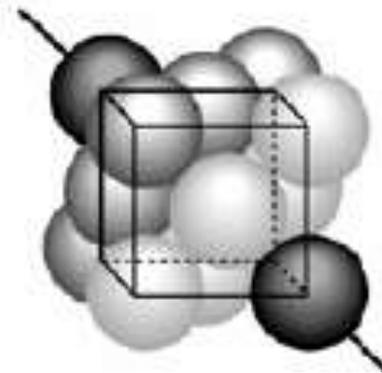
**Kristal
ionik**



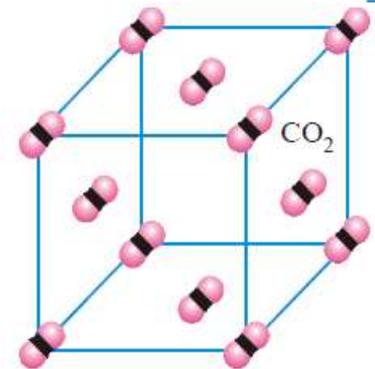
**Kristal
kovalen**



**Kristal
logam**



**Kristal
Atomik /
Molekular**



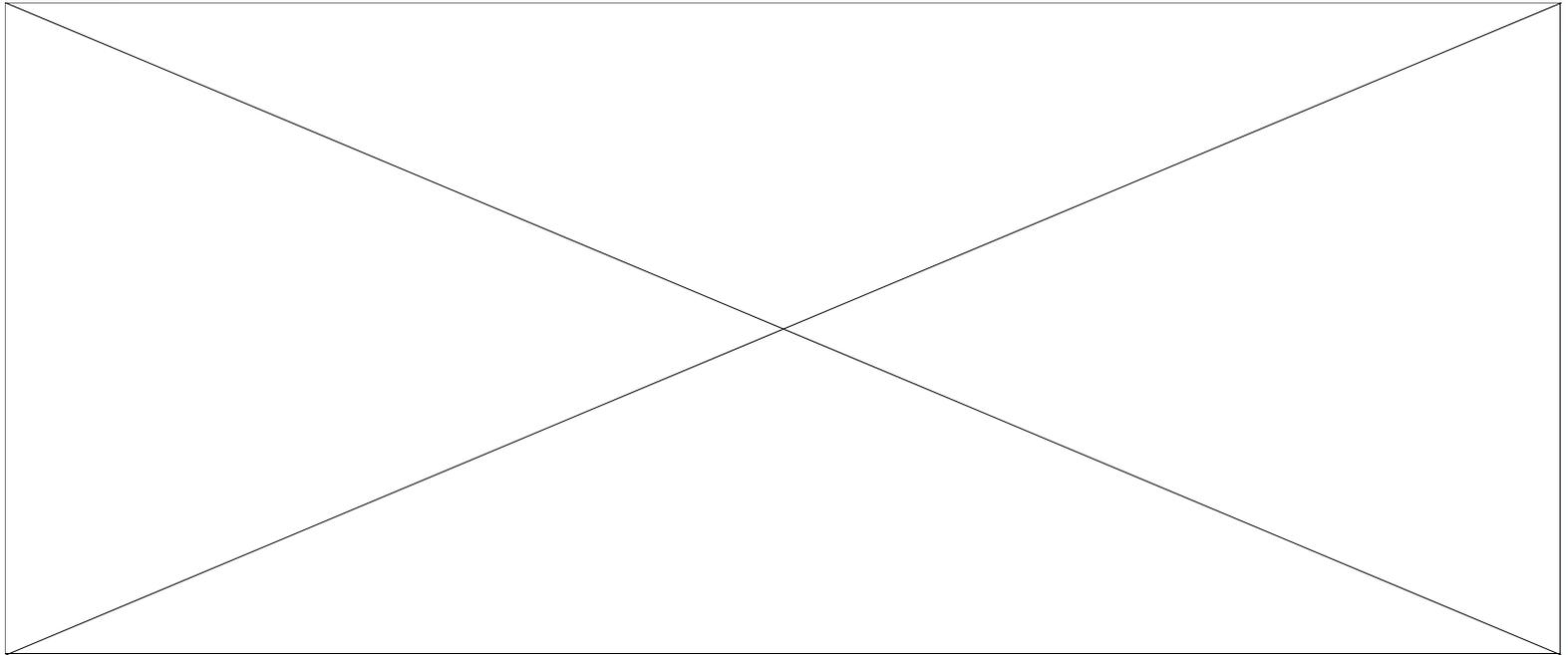
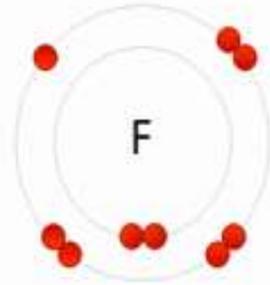
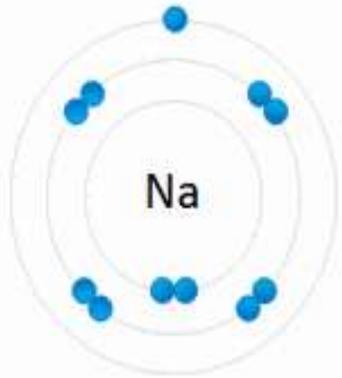


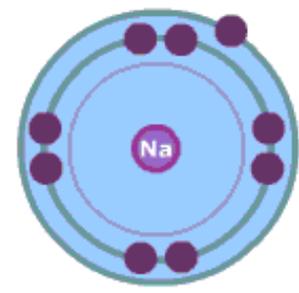
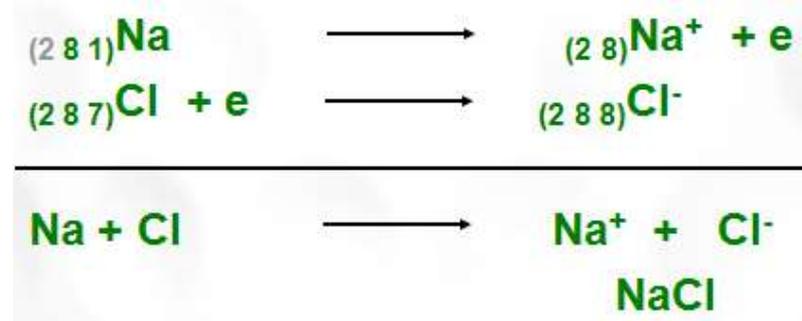
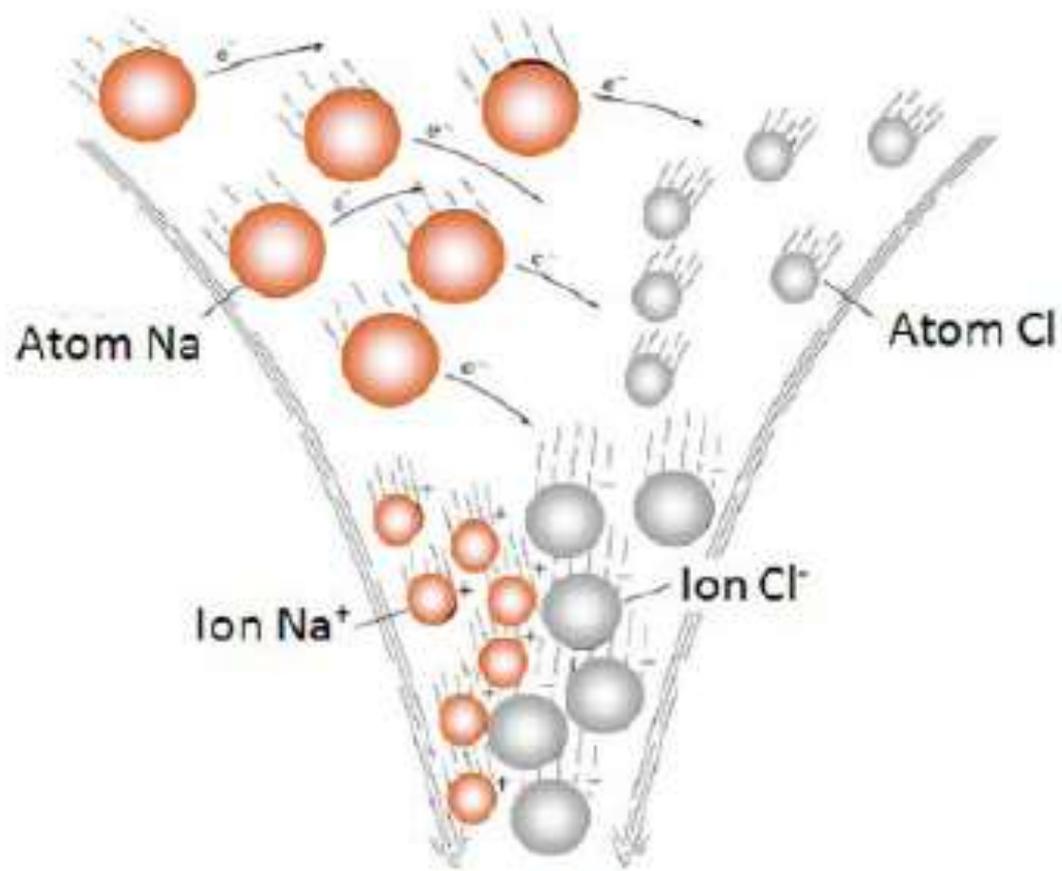
Kristal Ionik

- **Kristal ionik terbentuk karena adanya ikatan ionik antara kation dan anion.**
- **Ikatan ionik biasanya terjadi ketika perbedaan elektronegativitas antara dua atom dalam molekul diatomik lebih besar dari sekitar 2,0, sehingga satu atom memperoleh elektron (menjadi anion/ion negatif), sementara atom lain dalam molekul diatomik akan kehilangan elektron (menghasilkan kation/ion positif).**

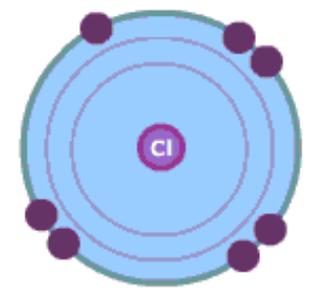
Ikatan Ionik

➤ Ikatan ionik/ikatan heteropolar, terjadi ketika elektron dipindahkan dari atom yang lebih elektropositif (E ionisasi rendah) ke atom yang lebih elektronegatif (Afinitas elektron tinggi)





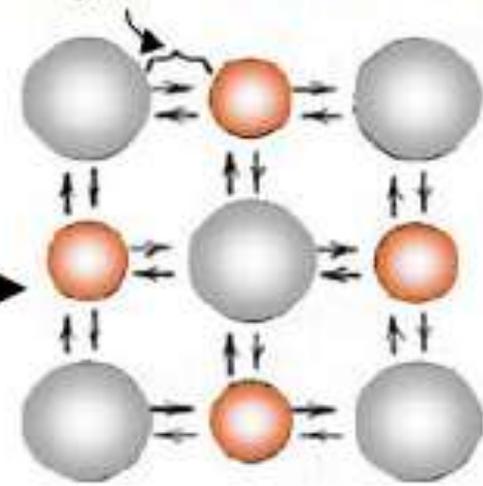
Natrium



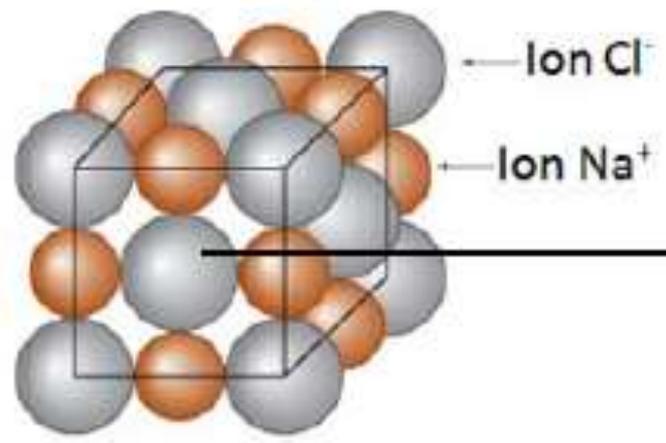
Chlorida



Gaya tarik elektrostatis



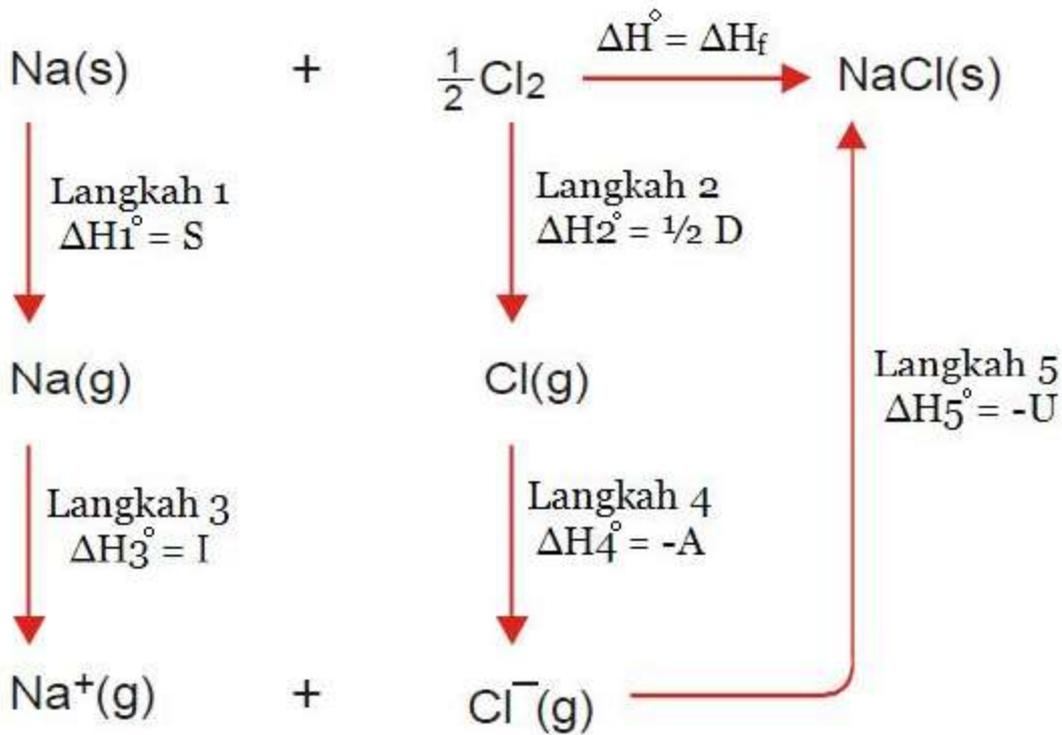
Kristal Ionik



Gambar 3.3. Pembentukan NaCl dan gaya tarik elektrostatis

Pembentukan kristal ionik

Energi ikat ion-ion penyusun kristal ionik dinyatakan dengan energi kisi yang didefinisikan sebagai : “perubahan entalpi (perubahan panas) yang terjadi ketika 1 mol kristal padat dibentuk dari ion gasnya”. Misalnya, energi kisi NaCl adalah perubahan entalpi, ΔH^0 , ketika ion Na^+ dan ion Cl^- dalam fasa gas bergabung untuk membentuk 1 mol Kristal NaCl.



Entalpi kisi secara tidak langsung dihitung dengan menerapkan hukum Hess, dari nilai perubahan entalpi dalam tiap tahap menggunakan siklus Born-Haber. Pembentukan padatan ionik dari unsurnya dapat dianggap sebagai sesuatu yang terjadi secara langsung dalam satu langkah atau secara tidak langsung sebagai jumlah dari serangkaian langkah. Sebagai ilustrasi diambil contoh yaitu NaCl

- o Natrium padat diubah menjadi gas. Pada proses ini diperlukan energi sublimasi ($S = \Delta H_1$)
- o Natrium dalam fase gas selanjutnya berubah menjadi ion Na^+ , pada proses diperlukan energi ionisasi sebesar ($I = \Delta H_3$)
- o Gas klorida dipecah (didisosiasi) menjadi $\frac{1}{2} \text{Cl}_2$, pada proses ini diperlukan energi disosiasi sebesar ($\frac{1}{2} D = \Delta H_2$)
- o Gas klor kemudian terion menjadi Cl^- , pada proses ini dilepaskan energi berupa Afinitas elektron sebesar ($A = \Delta H_4$)
- o Pada tahap akhir, ion Na^+ dan Cl^- membentuk NaCl . Pada proses ini dihasilkan energi berupa energi kisi sebesar ($U = \Delta H_5$)

o Menurut hukum Hess,

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$

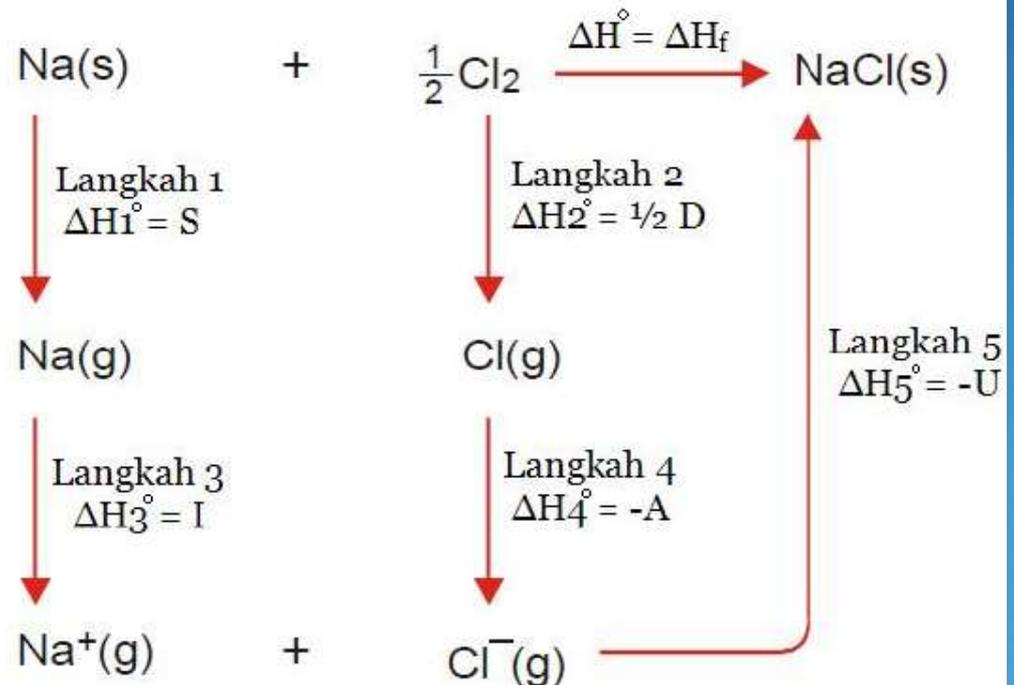
$$-\Delta H_f = S + \frac{1}{2} D + I - A - U$$

(KETIKA MEMASUKKAN ANGKA,
TANDA – PADA RUMUS DIGANTI +)

$$\Delta H_1^\circ + \Delta H_2^\circ + \Delta H_3^\circ + \Delta H_4^\circ + \Delta H_5^\circ = -411 \text{ kJ}$$

$$108 \text{ kJ} + 121 \text{ kJ} + 495 \text{ kJ} - 348 \text{ kJ} - \text{Energi kisi} = -411 \text{ kJ}$$

$$\text{Energy kisi} = +787 \text{ kJ/mol}$$





Contoh Soal 1

Tentukan besarnya afinitas elektron Brom pada pembentukan kristal ion KBr, bila diketahui:

Kalor pembentukan KBr(s), ΔH_f = -392 kJ/mol

Energi ionisasi K(g), I = +418 kJ/mol

Kalor penguapan Br₂(l), L = +31 kJ/mol

Kalor sublimasi K(s), S = +90 kJ/mol

Kalor disosiasi Br₂(g), D = +190 kJ/mol

Energi kisi KBr, μ = -666 kJ/mol



JAWABAN:

$$-\Delta H_f = S + \frac{1}{2} D + I - A - U$$

$$-392 \text{ kJ/mol} = 90 \text{ kJ/mol} + \frac{1}{2} \cdot 190 \text{ kJ/mol} + 418 \text{ kJ/mol} + A - 666 \text{ kJ/mol}$$

$$-392 \text{ kJ/mol} = A - 78 \text{ kJ/mol}$$

$$A = -392 \text{ kJ/mol} + 78 \text{ kJ/mol}$$

$$A = -314 \text{ kJ/mol}$$

Jadi afinitas elektron brom adalah **-314 kJ/mol**



Sifat-sifat senyawa ionik

Daya hantar listrik

Padatan senyawa ion tidak dapat menghantarkan listrik karena partikel-partikel penyusunnya yang bermuatan (ion) tidak dapat bergerak.

Dalam keadaan leburan, ion-ion dapat bergerak bebas sehingga dapat menghantarkan arus listrik.

Titik leleh dan titik didih

Diperlukannya energi termal yang besar untuk memisahkan ion-ion yang terikat erat dalam kisi mengakibatkan titik leleh dan titik didih senyawa ion menjadi tinggi.

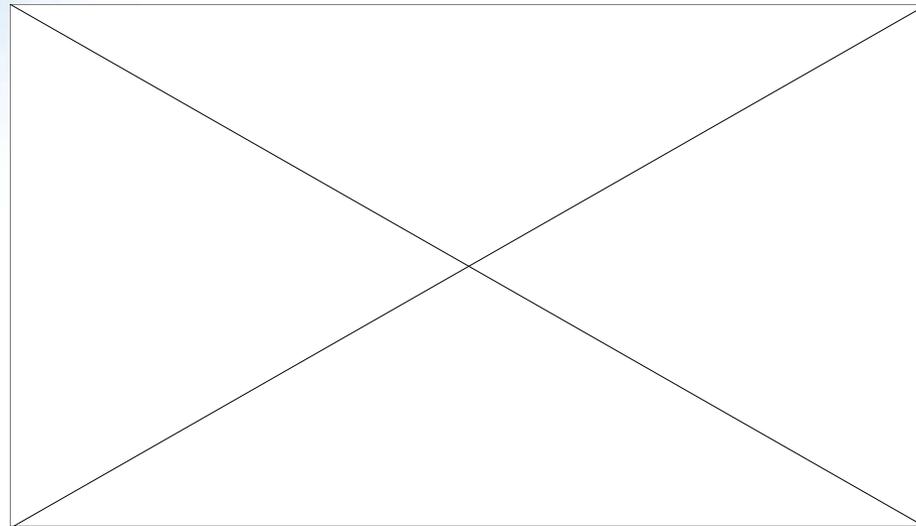
Kekerasan

Pada umumnya senyawa ion bersifat keras. Permukaan kristalnya tidak mudah digores karena ion-ion terikat erat dalam kisi sehingga sukar bergerak dari kedudukannya.



Kegetasan

Kebanyakan senyawa ion bersifat getas (*brittle*). Adanya distorsi mengakibatkan terjadi tolak-menolak antara ion-ion yang bermuatan sama.



Kelarutan

Pada umumnya senyawa ion mudah melarut dalam pelarut polar, tetapi tidak melarut dalam pelarut non-polar.



- Sifat persentase ionik dari ikatan dikaitkan lagi dengan elektronegativitas atom individu (χ_A dan χ_B) sesuai dengan persamaan 3.9 berikut:
$$\% \text{ Sifat ionik} = 100 \{1 - \exp [-0.25 (\chi_A - \chi_B)^2]\}$$
- Semakin besar perbedaan elektronegativitas, semakin banyak karakter ionik yang dimiliki ikatan. Tentu saja, jika perbedaan elektronegativitas lebih besar dari 2,0, menghasilkan ikatan ion.



Tipe-tipe struktur kristal ionik

Tipe kristal	Bilangan koordinasi	Contoh senyawa
Garam dapur	(6,6)	LiCl, NaCl, KBr, RbI, AgCl, MgO, NiO
Cesium khlorida	(8,8)	CsCl, CsBr, CsI, CuZn
Sfalerit	(4,4)	ZnS, CdS, HgS, CuCl, GaP
Fluorit	(8,4)	CaF_2 , SrF_2 , CdF_2 , ZrO_2 , UO_2
Rutil	(6,3)	TiO_2 , SnO_2 , RuO_2 , NiF_2
Cadmium iodida	(6,3)	CdI_2 , CoI_2 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$
Renium oksida	(6,2)	ReO_3 , WO_3 , $\text{Sc}(\text{OH})_3$
Perovskit	(6,2)	CaTiO_3 , BaTiO_3 , SrTiO_3



Gambar Tipe struktur kristal ionik

(a) NaCl

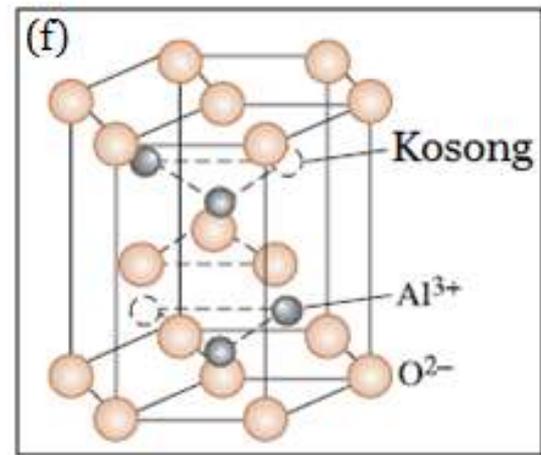
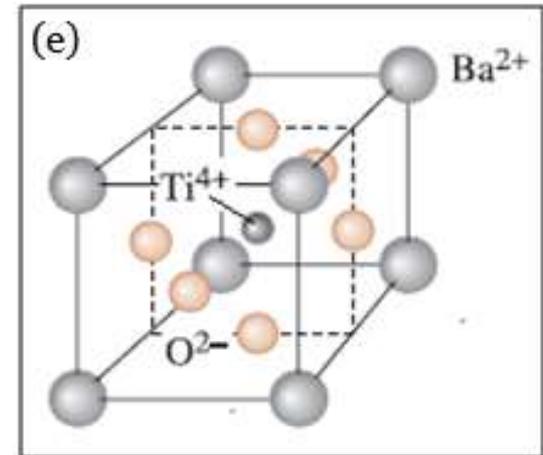
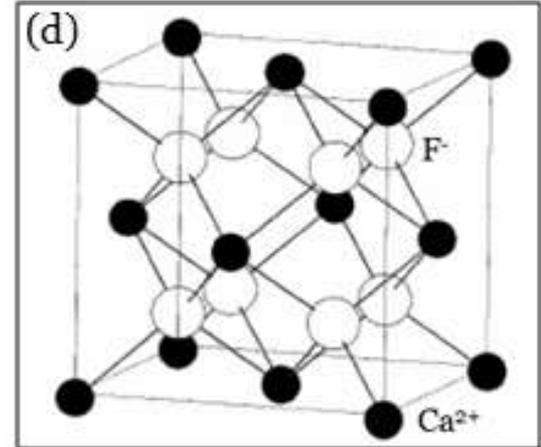
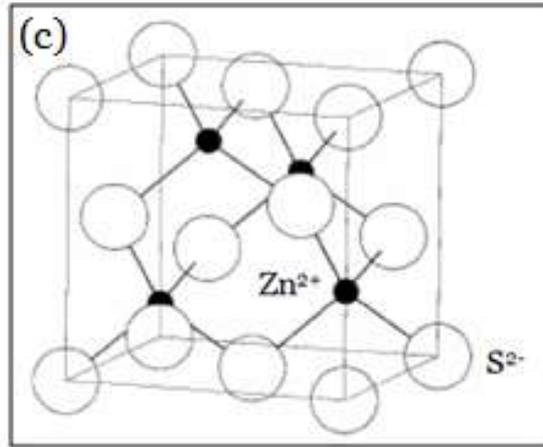
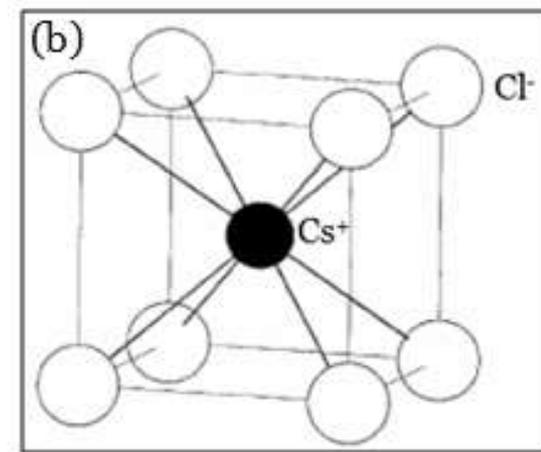
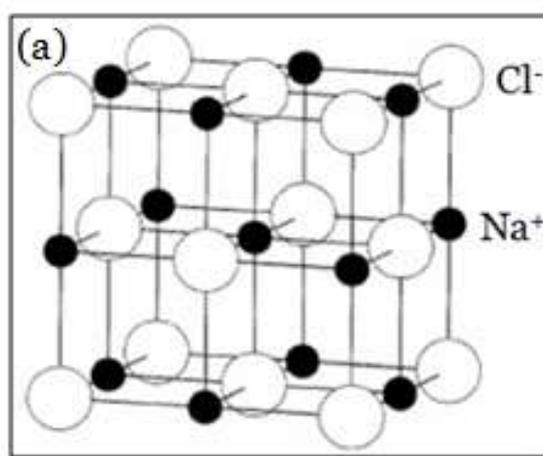
(b) CsCl

(c) ZnS

(d) CaF₂

(e) BaTiO₃

(f) Al₂O₃



Kristal Kovalen /kristal jaringan kovalen

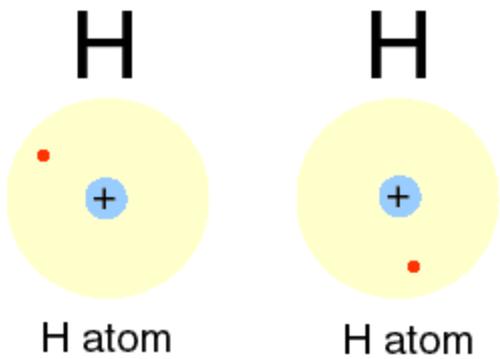
- Contoh senyawa yang mempunyai struktur kristal kovalen yaitu SiO_2 (Kwarsa) dan SiC (karborundum), dan intan. Pada bahan-bahan tersebut, atom satu dengan atom tetangganya saling berikatan kovalen sehingga membentuk suatu struktur jaringan ikatan kovalen yang dianggap sebagai molekul tunggal raksasa (besar sekali).



SiO_2 (Kwarsa)



intan



kerapatan elektron
Pada ikatan
kovalen polar

kerapatan elektron
Pada ikatan
kovalen non polar

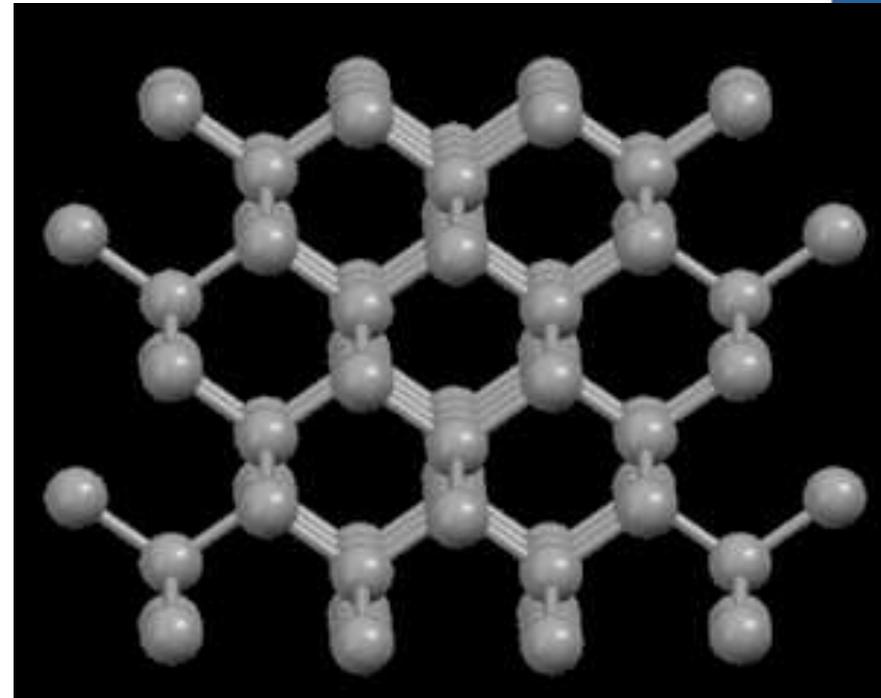
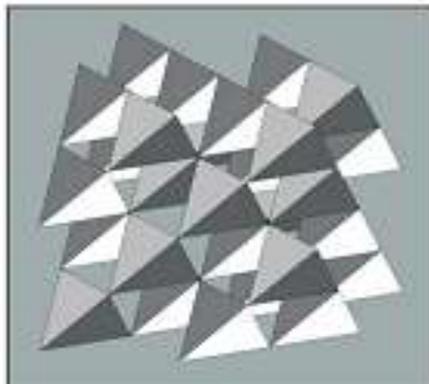
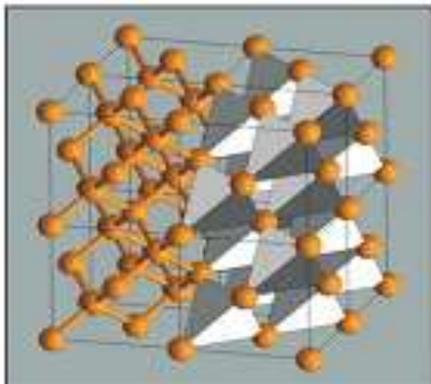
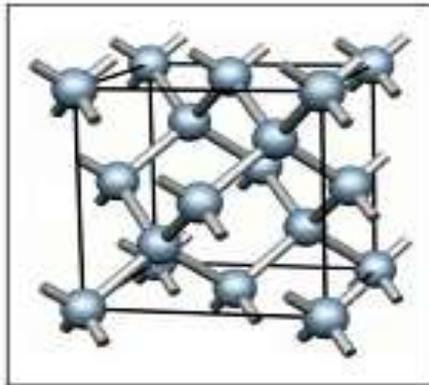
Ikatan kovalen terjadi karena adanya pemakaian bersama elektron dari atom-atom yang membentuk ikatan. Elektron dibagi bersama antara dua atom menghasilkan kerapatan elektron

Walaupun di dalam molekul CH_4 , molekul diatomik, H_2 , HF atau HCl terdapat ikatan kovalen atau kovalen polar, tetapi padatan molekul-molekul tersebut termasuk kristal molekular yg akan dibahas pada bagian selanjutnya.



Karakteristik kristal kovalen

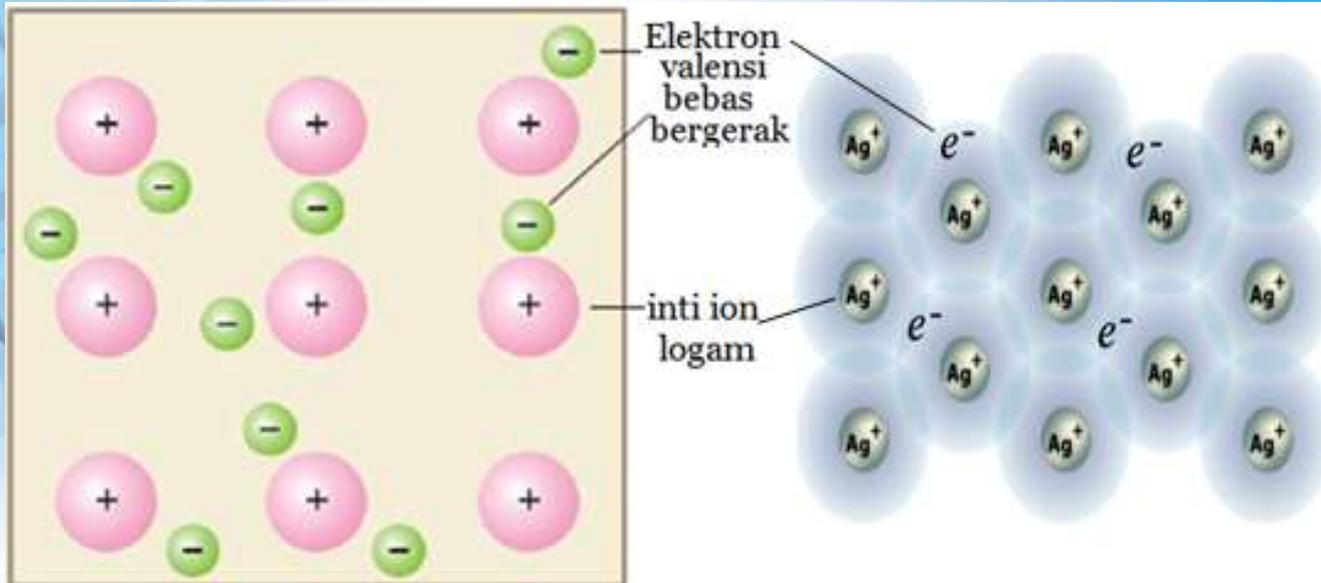
Kristal dengan ikatan kovalen yang kuat dan terarah memiliki sifat sangat keras dan titik lelehnya yang sangat tinggi seperti berlian/intan.



Struktur intan



Kristal Logam



Pada kristal logam, ion logam positif terletak pada titik-titik kisi kristal diselimuti oleh elektron valensi dari semua atom logam dalam kisi itu.

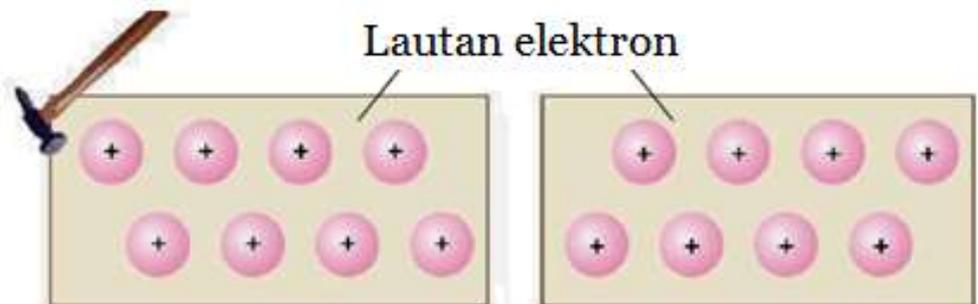
Elektron valensi ini tidak terikat pada atom tertentu dalam padatan dan bebas melayang ke seluruh logam membentuk "lautan elektron" atau "awan elektron".



Karakteristik kristal logam

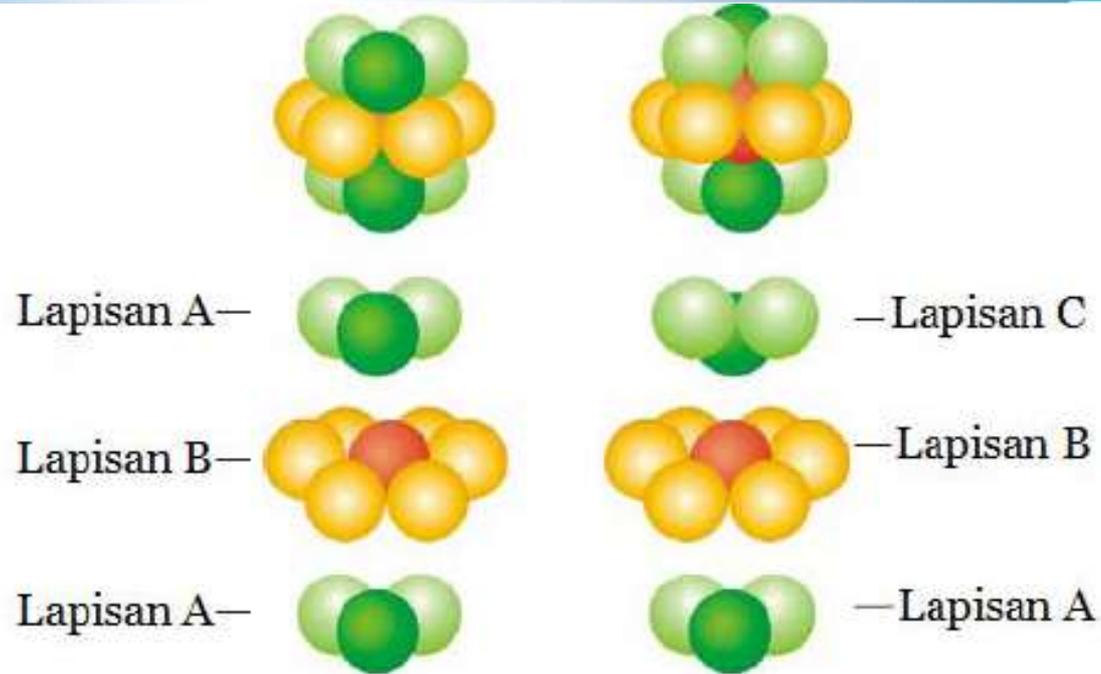
Logam berwujud padat pada temperatur dan tekanan standar, dengan pengecualian merkuri berupa cairan.

Sifat-sifat kristal logam adalah sebagai berikut:
mempunyai konduktivitas panas dan listrik yang tinggi, berkilau dan memantulkan cahaya, dapat ditempa, dan mempunyai variasi kekuatan mekanik.





Tipe struktur kristal logam



hexagonal-closed packing (hcp)

cubic closed packing (ccp)

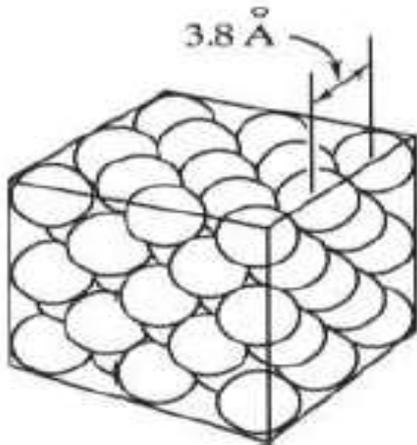
Gambar 3.12. struktur hcp dan ccp (Bahl dkk., 2002).

Berdasarkan dari penataan geometris bola pada tiga lapisan, kristal logam terdiri dari dua jenis yaitu *hexagonal-closed packing (hcp)* dan *cubic closed packing (ccp)*

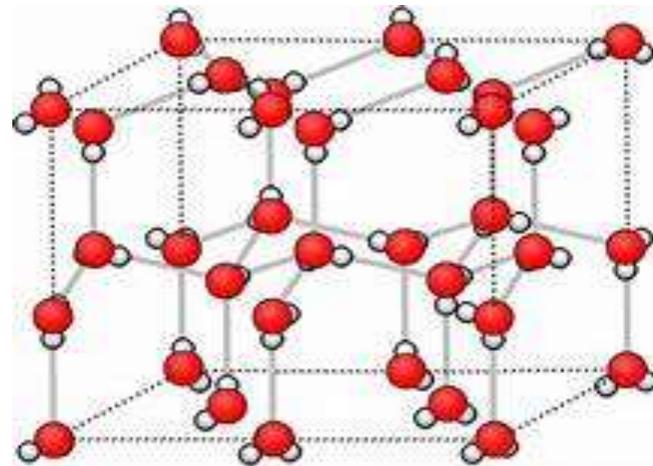


Kristal atomik / molekular

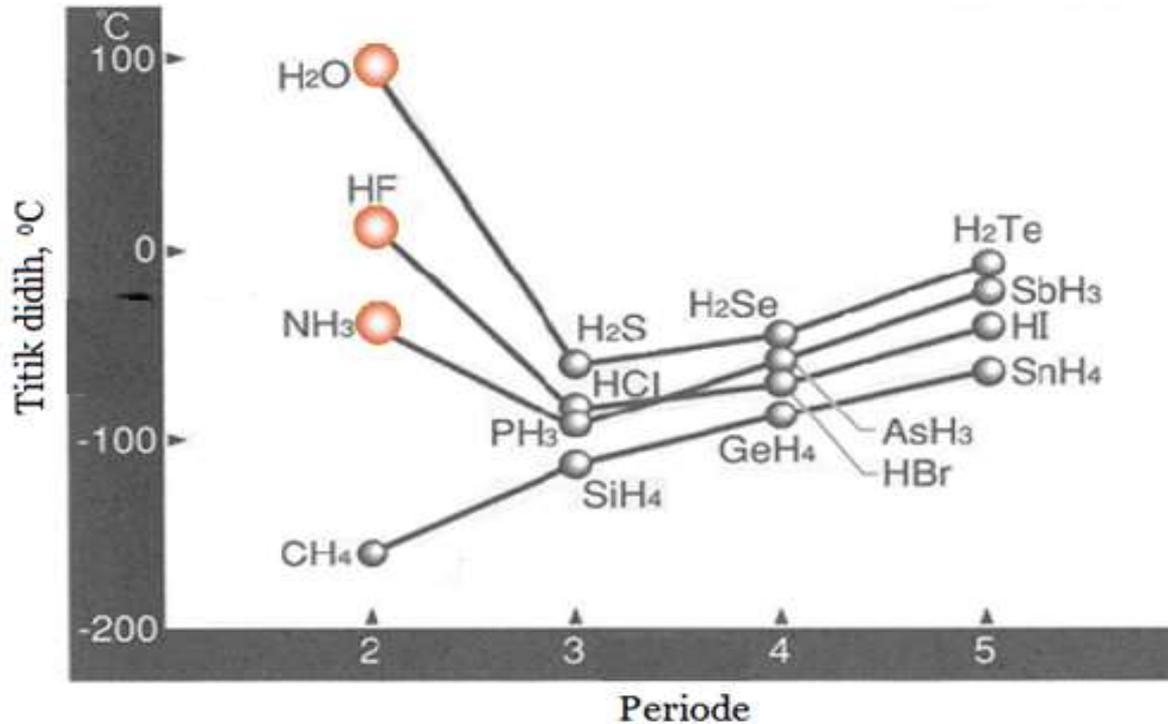
Bila atom atau molekul kisi kristal disatukan oleh gaya antarmolekul yang relatif lemah seperti gaya van der Waals, gaya dipol-dipol, atau ikatan hidrogen, maka akan menghasilkan kristal atomik (bila partikel penyusunnya atom) / kristal molekular (partikel penyusunnya molekul).



Kristal atomik argon



Kristal molekular air



- **Titik didih senyawa-senyawa yang mengandung ikatan hidrogen menyimpang dari senyawa unsur segolongannya.**
- **Alhamdulillah, Allah menciptakan ikatan hidrogen diantara molekul air. Jika tidak, maka kita tidak akan pernah menemukan air dalam keadaan cair pada suhu kamar.**

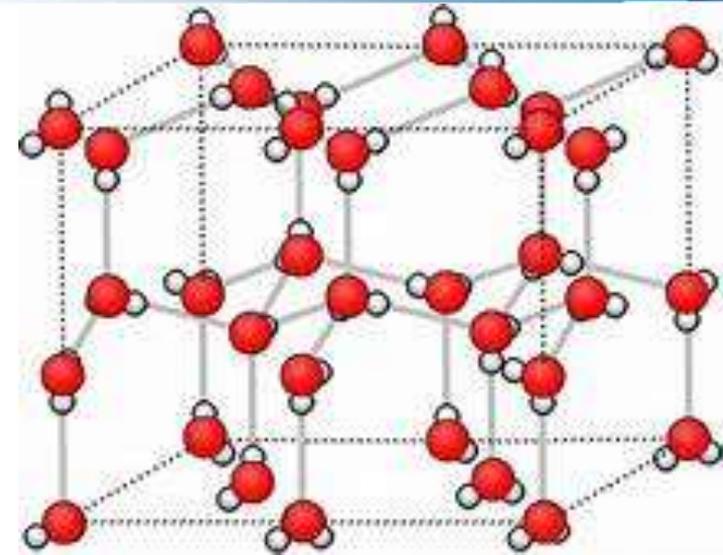
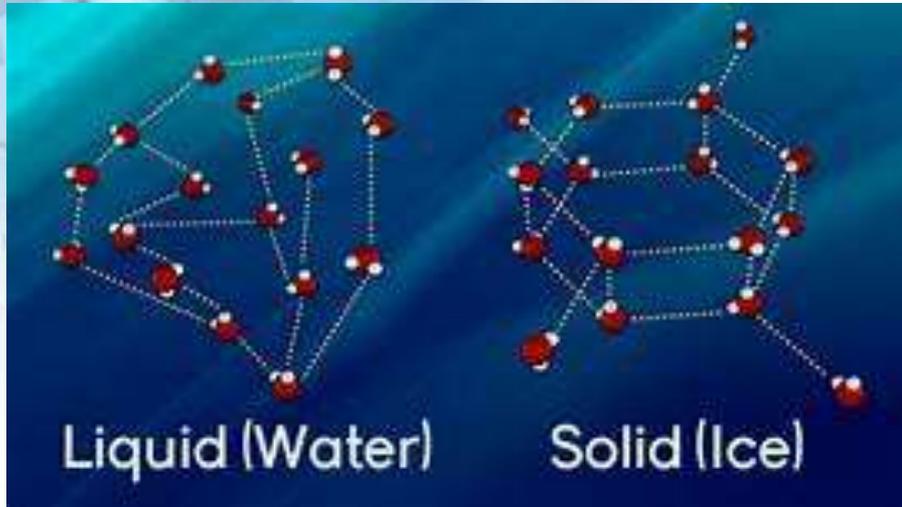


**Kenapa es mengapung di air?
Kenapa ikan dapat bertahan di
dasar danau yang beku?**

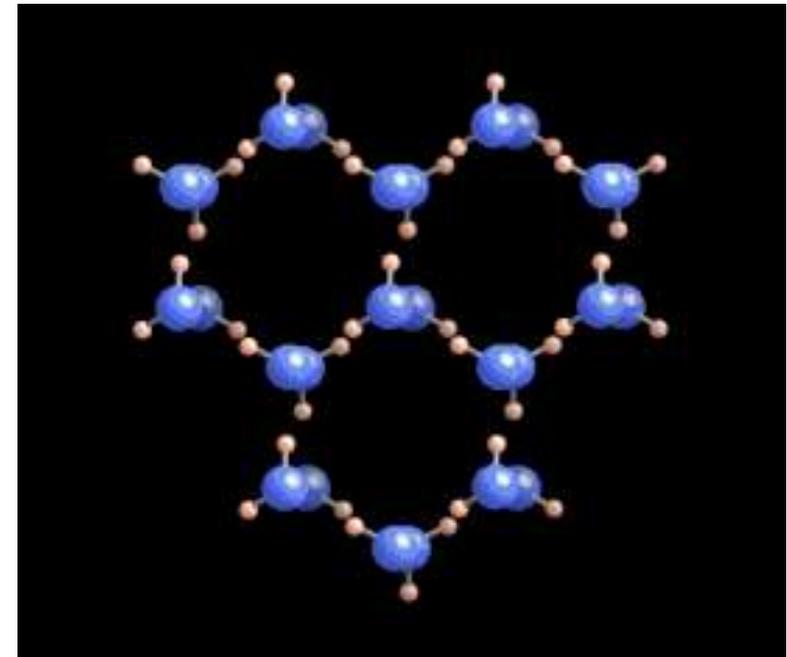
Es kurang padat atau lebih ringan daripada fase cair disebabkan karena struktur kristal es berupa molekul-molekul air yang terikat bersama-sama melalui ikatan hidrogen dalam struktur heksagonal (6-sisi) seperti kepingan salju. Ini memungkinkan ruang udara dalam struktur dan adanya udara membuat es lebih ringan sehingga bisa mengapung.



Kristal Es



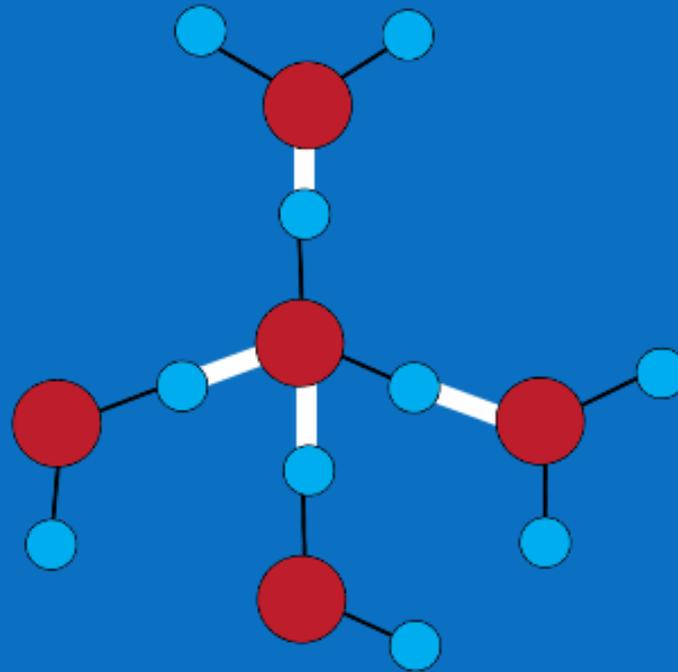
Alhamdulillah, Allah menciptakan struktur heksagonal pada kristal es, sehingga es bisa mengapung dan ikan dapat bertahan dan bisa bernafas di dasar danau yang beku. Pikirkan apa yang akan terjadi jika air seperti yang lain dan ketika air itu membeku maka tenggelam. Apa yang akan terjadi pada ikan di kolam di musim dingin? Bagaimana es di kutub?

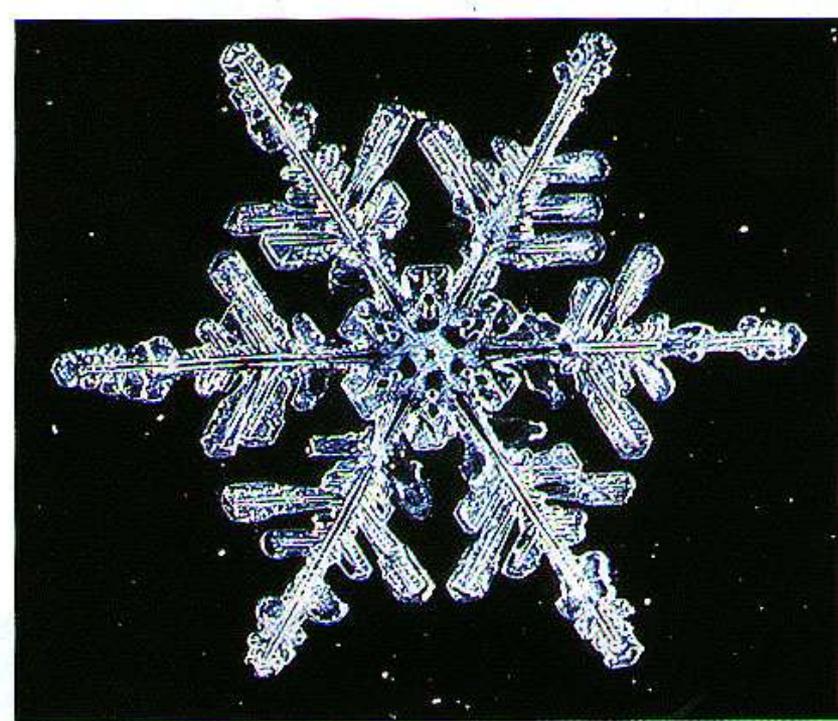
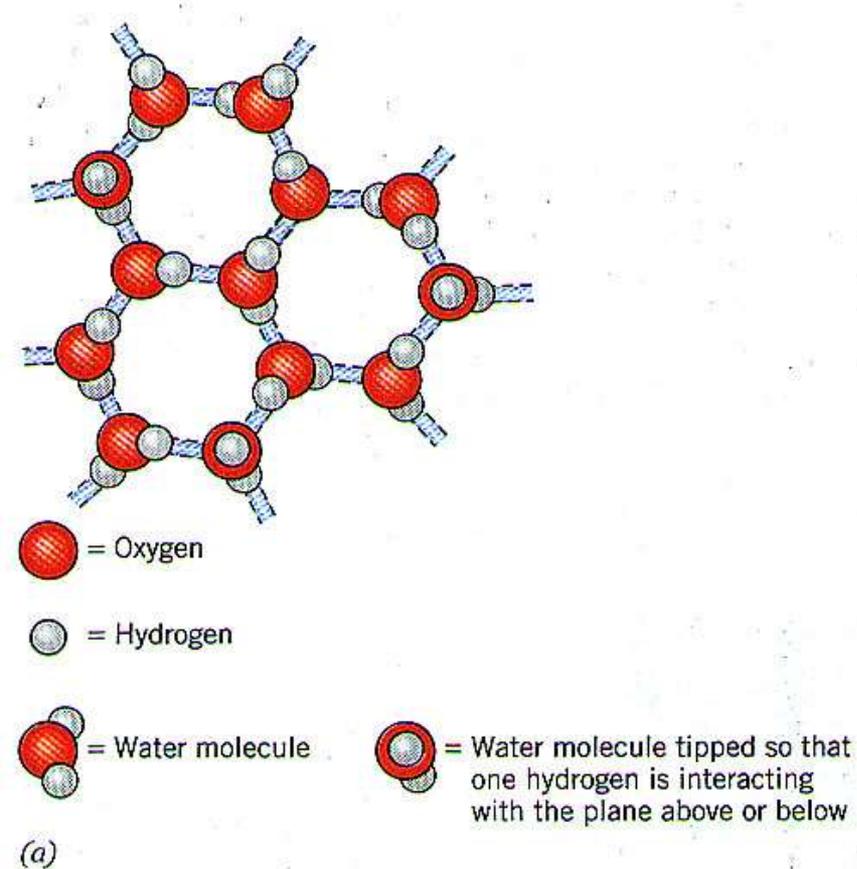




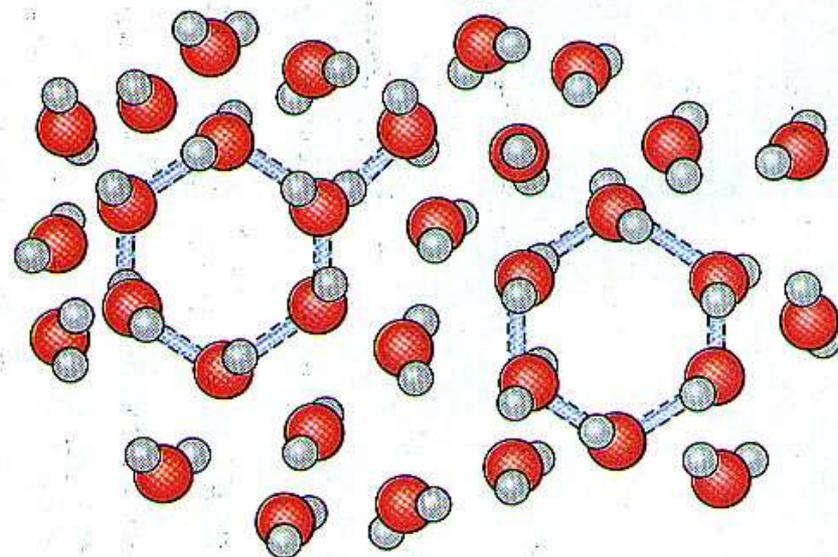
When ice melts

the water molecules start to vibrate and break the hydrogen bonds.





(b)



(c) Ice melt

Figure 6.3

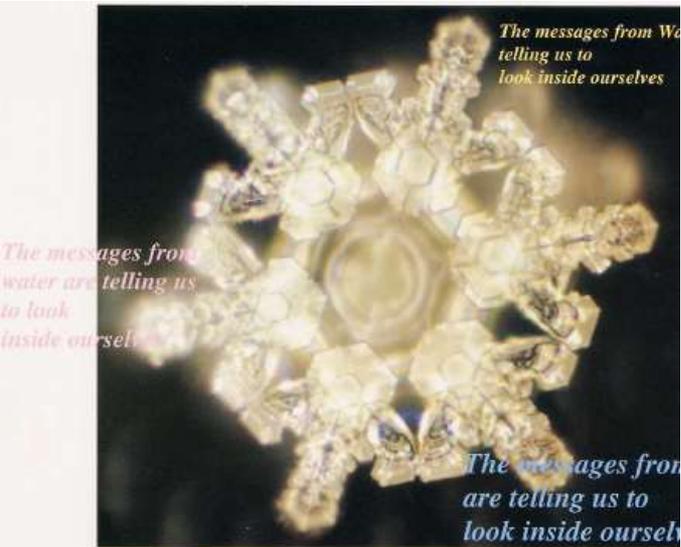
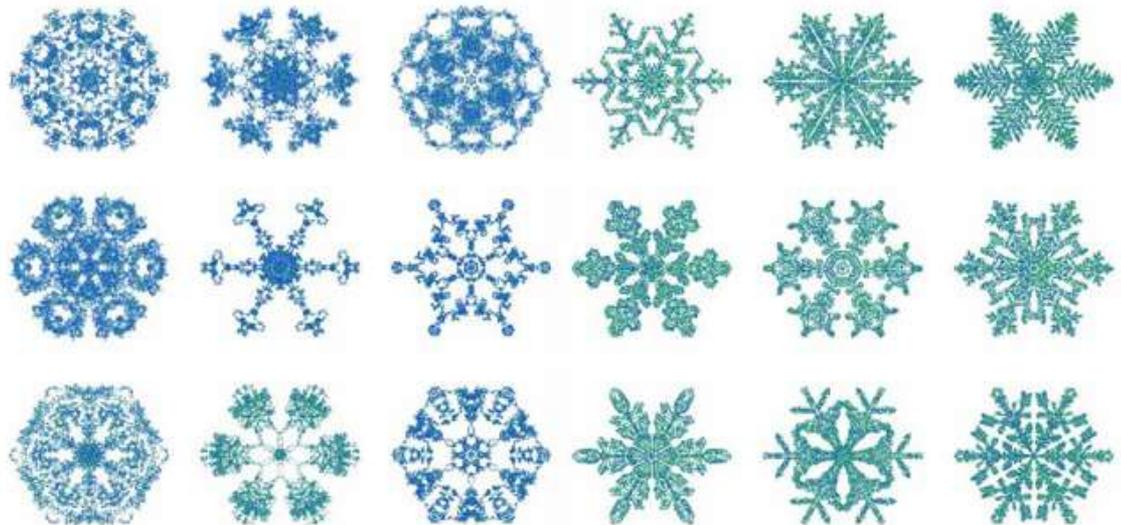
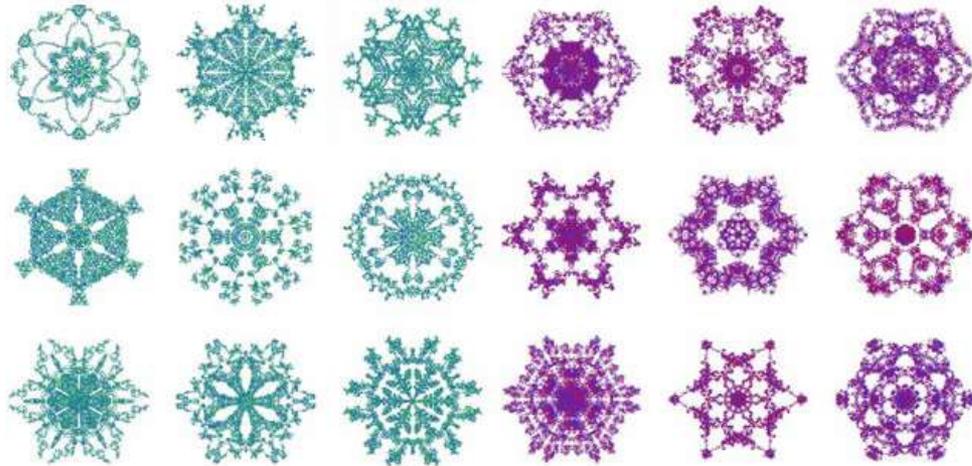
(a) Molecular view of one layer in an ice crystal. The porous, hexagonal structure is clearly evident. Because of the pores, ice is less dense than water and floats. (b) The hexagonal structure of the crystal lattice is reflected in the shapes of ice crystals. (c) As ice melts, the hexagonal lattice begins to break apart. Some of the hexagon fragments remain intact, however, even after the ice has melted. Continued heating continues to break up these hexagon fragments, which allows the molecules to pack more closely. Consequently, the density of cold fresh water actually decreases with increasing temperature until 4°C.



Water Crystal Formations

University of California, Davis

Hidrology and Institute for Theoretical Dynamics







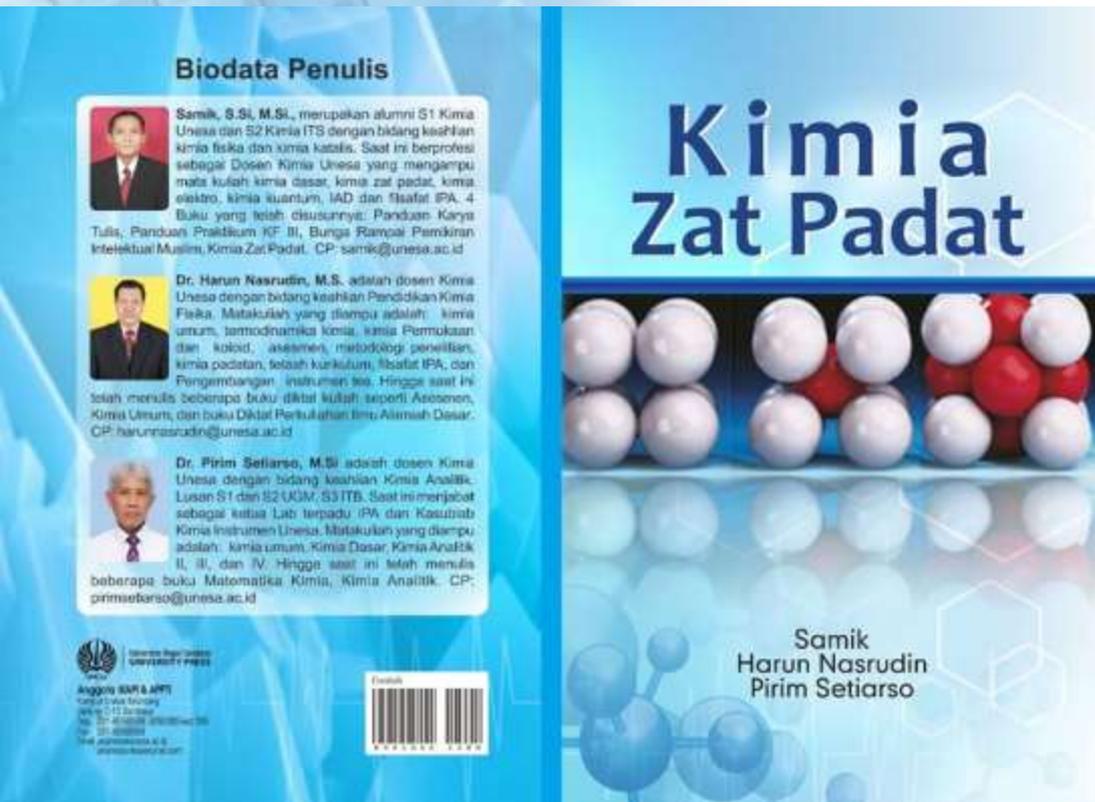
Latihan soal

1. Sebutkan jenis kristal berdasarkan jenis ikatannya!
2. Mengapa kristal logam tidak akan pecah jika terkena benturan?
3. Apakah yang dimaksud dengan “ model laut elektron”?
4. Berilah suatu contoh dari kristal kovalen yang yang menampak suatu bentuk kristal yang relatif bagus!
5. Sebutkan bentuk geometris dari kristal logam yang mungkin?

Pembahasan Latihan soal

1. Berdasarkan ikatannya, kristal dapat diklasifikasikan dalam empat golongan, yakni kristal ionik, kristal kovalen, kristal logam, dan kristal molekular.
2. Jika terkena benturan ion-ion logam dalam struktur kristal berganti posisi tanpa mengubah lingkungan secara material. Gaya tarik menarik antara ion dan awan elektron tetap sama oleh karena itu kristal tidak akan pecah. Itulah sebabnya logam dapat dibentuk menjadi alat berbagai keperluan rumah tangga dan industri.
3. Model pergerakan elektron dalam struktur kristal yang dapat membuat konduktor logam panas sehingga memiliki hantaran listrik yang sangat baik
4. Berlian
5. a) *Hexagonal-closed packed (hcp)*, b) *cubic closed packed (ccp)*

Untuk lebih memahami materi ini silahkan baca di buku kami / yg lain:



PPT ini digunakan untuk mempermudah pembelajaran, kebanyakan saya ambil dari berbagai literatur buku dan PPT (terutama yg berbahasa Inggris) dan dari buku Kimia Zat Padat, Samik dkk.

Mau ebook buku Kimia Zat Padat, silahkan klik <https://bit.ly/ebukuKZP> / 085731160005



Daftar Isi buku Kimia Zat Padat, Mau ebooknya, silahkan klik

<https://bit.ly/ebukuKZP> / 085731160005

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Rencana Pembelajaran Semester (RPS)	v
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xv
Daftar Gambar	xvii
BAB I. Pengenalan Ilmu Kimia Zat Padat dan Material	1
A. Pendahuluan	1
1. Deskripsi Singkat	1
2. Tujuan Pembelajaran	1
B. Materi	1
1. Ilmu kimia zat padat	1
2. Sejarah dan perkembangan ilmu kimia zat padat	4
3. Kadaan materi	5
4. Jenis Padatan	8
5. Latihan	11
6. Rangkuman	11
C. Evaluasi	11
D. Daftar Bacaan	12
BAB II. Struktur Kristal	13
A. Pendahuluan	13
1. Deskripsi Singkat	13
2. Tujuan Pembelajaran	13
B. Materi	13
1. Ciri khas padatan kristal	13
2. Struktur kristal	18
3. Latihan	29
4. Rangkuman	29
C. Evaluasi	30
D. Daftar Bacaan	31
BAB III. Jenis kristal	33
A. Pendahuluan	33
1. Deskripsi Singkat	33
2. Tujuan Pembelajaran	33

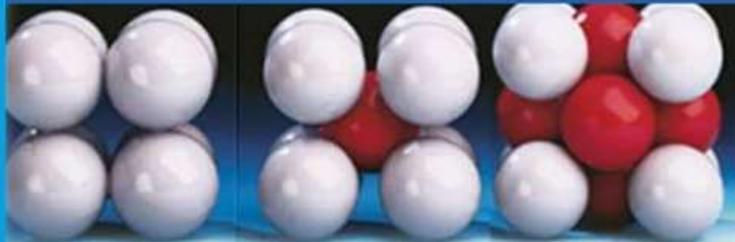
B. Materi	109
1. Gaya antar atom / molekul dan energi ikat	109
2. Jenis ikatan	109
3. Kristal Ionik	109
4. Kristal Kovalen	110
5. Kristal Logam	110
6. Kristal Molekular	127
7. Latihan	131
8. Rangkuman	136
C. Evaluasi	136
D. Daftar Bacaan	137
BAB IV. Teknik Karakterisasi Zat Padat	139
A. Pendahuluan	143
1. Deskripsi Singkat	143
2. Tujuan Pembelajaran	144
B. Materi	144
1. Teknik Difraksi	144
2. Teknik Mikroskopi	144
3. Teknik Spektroskopi	144
4. Analisa Thermal	144
5. Latihan	144
6. Rangkuman	144
C. Evaluasi	144
D. Daftar Bacaan	144
BAB V. SIFAT PADATAN	144
A. Pendahuluan	144
1. Deskripsi Singkat	144
2. Tujuan Pembelajaran	144
B. Materi	144
1. Sifat listrik	144
2. Sifat Magnetik	144
3. Sifat Optik	144
4. Latihan	144
5. Rangkuman	144
C. Evaluasi	144
D. Daftar Bacaan	144
BAB VI. CACAT KRISTAL, SENYAWA NON STOIKIOMETRIK, DAN LARUTAN PADAT	144
A. Pendahuluan	144
1. Deskripsi Singkat	144
2. Tujuan Pembelajaran	144
B. Materi	144
1. Cacat Kristal	144
2. Senyawa Nonstoikiometrik	144
3. Larutan Padat	144
4. Latihan	144
5. Rangkuman	144
C. Evaluasi	144
D. Daftar Bacaan	144
DAFTAR PUSTAKA	144
DAFTAR ISTILAH (GLOSARIUM)	144
KUNCI JAWABAN	144
INDEKS	144



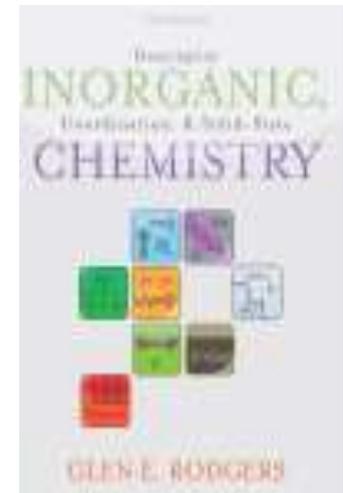
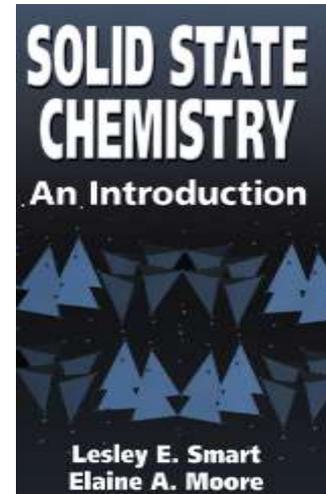
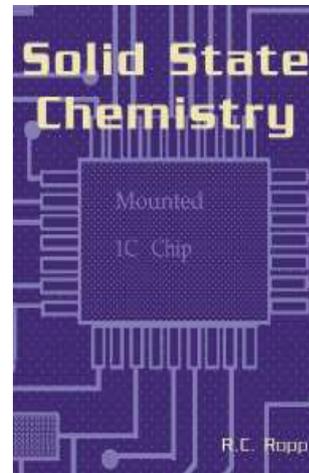
Referensi

Buku ajar kimia zat padat,
buku referensi lainnya, dan artikel ilmiah

Kimia Zat Padat



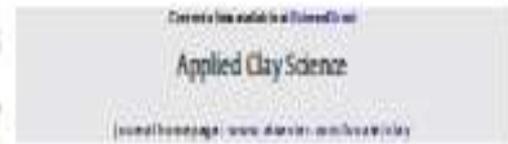
Samik
Harun Nasrudin
Pirim Setiarso



ELSEVIER



Micro and Mesoporous Materials



The 1st International Joint Conference on Science and Technology (IJCST)
October 12-13th, 2016, Bali, Indonesia

**CHARACTERIZATION of MESOPOROUS NaZSM-5 and
K₃PO₄/NaZSM-5 from ADSORPTION and DESORPTION ISOTHERMS**

TERIMA KASIH



Supaya lebih
bermanfaat dan
berkah:

Silahkan di
subscribe,
like & share.

