

# IKATAN KRISTAL

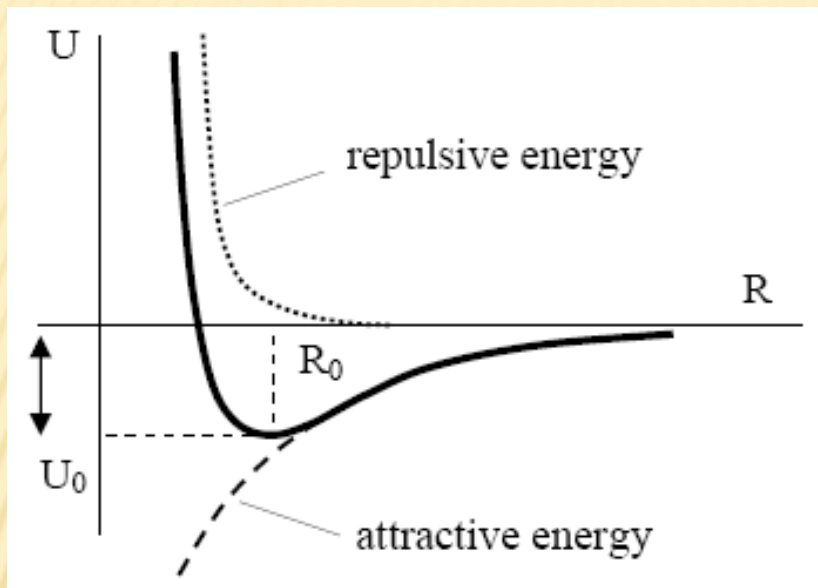
---

Zat padat merupakan zat yang memiliki struktur yang stabil

Kestabilan struktur zat padat disebabkan oleh adanya interaksi antara atom membentuk suatu ikatan kristal

Sebagai contoh: Kristal sodium klorida ( $\text{NaCl}$ ) memiliki struktur yang lebih stabil dibandingkan dengan sekumpulan atom-atom bebas dari Na dan Cl sehingga implikasinya :

- Atom-atom bebas Na dan Cl akan saling berinteraksi satu sama lain untuk membentuk struktur yang stabil
- Terdapat gaya interaksi antar atom untuk mengikat atom satu-sama lain
- Besarnya energi atom-atom bebas penyusun kristal lebih besar daripada energi kristalnya
- Energi yang diperlukan untuk memisahkan atom-atom penyusun kristal menjadi atom-atom bebas dan netral dinamakan energi kohesif



$U$  = Energi potensial

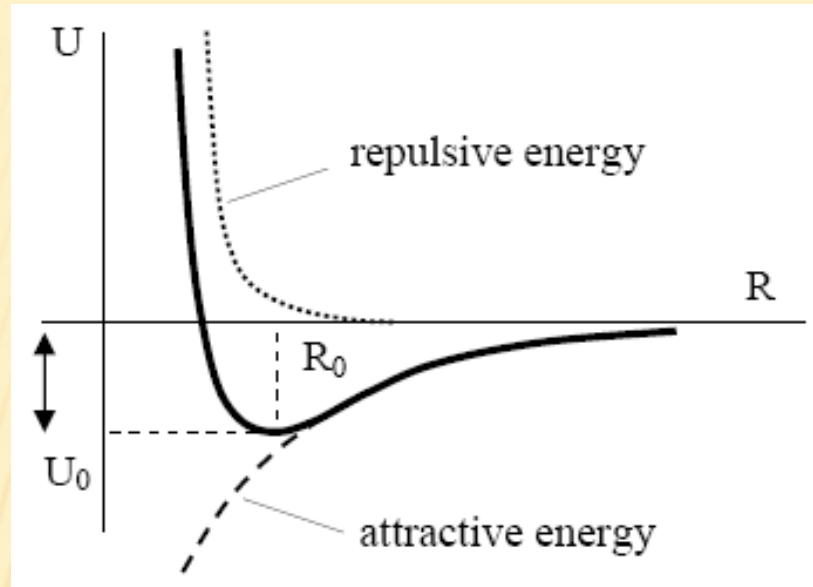
$R$  = Jarak antara atom

Kurva tersebut menggambarkan interaksi antara dua atom sebagai fungsi jaraknya

Dari kurva tersebut tampak bahwa energi potensial minimum terjadi pada jarak  $R_0$  yang disebut jarak interatomik setimbang

Energi potensial minimum ( $U_0$ ) tersebut adalah Energi kohesif





Gaya interaksi antara atom ditentukan dari gradien energi potensial

$$F(R) = -\frac{\partial U}{\partial R}$$

Untuk  $R < R_0$  maka  $F(R) > 0$  gaya bersifat repulsif

Untuk  $R > R_0$  maka  $F(R) < 0$  gaya bersifat atraktif

Gaya repulsif dan atraktif akan saling menghilangkan pada kedudukan  $R_0$  yang merupakan keadaan setimbang

Gaya atraktif tersebut menggambarkan adanya ikatan antara atom dalam zat padat

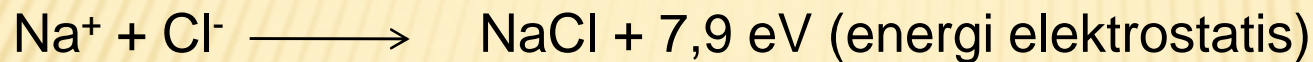
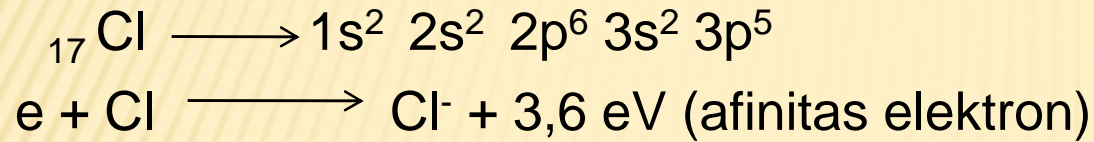
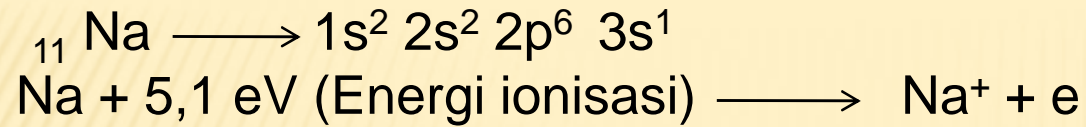
Gaya repulsif terjadi dikarenakan adanya prinsip larangan Pauli yang menyatakan "Tidak dibenarkan adanya dua elektron berada pada satu orbital yang memiliki bilangan kuantum yang sama"

Ada beberapa tipe ikatan kristal : Ikatan ionik, Ikatan Kovalen, Ikatan logam dan ikatan Van der Waals

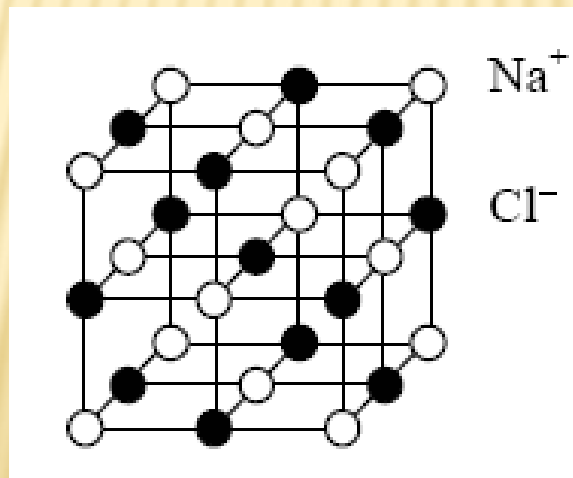
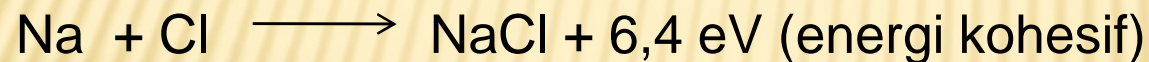
## IKATAN IONIK

Ikatan ionik terbentuk dari hasil interaksi elektrostatis antara dua ion yang memiliki muatan yang berlawanan

Contoh ikatan ionik yaitu kristal NaCl yang terbentuk dari interaksi elektrostatis antara ion  $\text{Na}^+$  dengan  $\text{Cl}^-$



$$\begin{aligned} \text{Energi Kohesif} &= \text{Energi elektrostatis} - \text{Energi ionisasi} + \text{afinitas elektron} \\ &= 7,9 \text{ eV} - 5,1 \text{ eV} + 3,6 \text{ eV} \\ &= 6,4 \text{ eV} \end{aligned}$$





## Energi Potensial

$$U = N \left( z \lambda e^{-R/\rho} - \alpha q^2 / R \right)$$

Energi repulsif

Energi atraktif

N = Jumlah molekul

Z = jumlah tetangga terdekat masing-masing ion

R = jarak tetangga terdekat

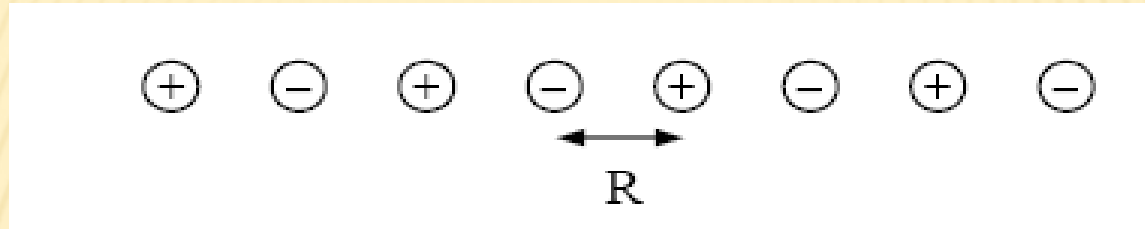
$\lambda, \rho$  = konstanta repulsif

Konstanta Madelung

$$\alpha = \sum_{j \neq i} \frac{(\pm 1)}{p_{ij}}$$

$$r_{ij} \equiv p_{ij} R$$

Contoh menentukan konstanta madelung untuk kisi satu dimensi



$$\alpha/R = \sum (\pm 1) / r_{ij} = 2(1/R - 1/2R + 1/3R - 1/4R + \dots)$$

$$\alpha = 2(1 - 1/2 + 1/3 - 1/4 + \dots)$$

$$\ln(1+x) = x - x^2/2 + x^3/3 - x^4/4 + \dots$$

$$\alpha = 2 \ln 2$$

Struktur	$\alpha$
Sodium Chloride (NaCl)	1,747
Cesium Chloride (CsCl)	1,762
ZnS	1,638



## Energi kohesif

Energi kohesif merupakan energi potensial minimum pada kedudukan setimbang  $R_0$

Untuk menentukan energi potensial minimum dapat dilakukan dengan menurunkan  $dU/dR = 0$

$$U = N \left( z\lambda e^{-R/\rho} - \alpha q^2 / R \right)$$

$$-\frac{z\lambda}{\rho} e^{-R_0/\rho} + \frac{\alpha q^2}{R_0^2} = 0$$

$$R_0^2 e^{-R_0/\rho} = \frac{\alpha \rho q^2}{z\lambda}$$

Energi kohesif  $\longrightarrow$

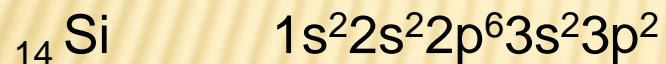
$$U_0 = \frac{\alpha N \rho q^2}{R_0^2} - \frac{\alpha N q^2}{R_0} = -\frac{\alpha N q^2}{R_0} \left( 1 - \frac{\rho}{R_0} \right)$$

## Ikatan Kovalen

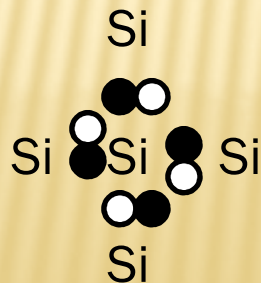
Ikatan kovalen terjadi pada atom-atom yang memiliki perbedaan nilai elektronegatifitas kecil

Ikatan kovalen terbentuk karena adanya pemakaian bersama pasangan elektron dengan spin antiparalel

Terbentuknya ikatan kovalen karena adanya kecenderungan dari atom-atom untuk memiliki konfigurasi elektron gas mulia (orbital terluarnya terisi penuh elektron)



Untuk membentuk ikatan yang stabil maka konfigurasi elektronnya akan berubah menjadi  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3$



## Ikatan Logam

Ikatan logam terbentuk akibat terikatnya ion-ion logam oleh elektron bebas

Elektron bebas terbentuk akibat elektron valensi tidak terikat pada salah satu atom tapi terdelokalisasi terhadap semua ion logam sehingga elektron valensi tersebut bebas bergerak keseluruhan bagian kristal logam

Dari ketidakpastian Heisenberg  $\Delta x \Delta p \sim h/2\pi$

Untuk atom bebas, elektron akan bergerak mengitari atom terbatas pada volume kecil sehingga  $\Delta p$  relatif besar yang akan membuat energi kinetik elektron valensi dalam atom bebas menjadi besar

Untuk elektron yang bergerak mengitari ruang kristal logam akan terbatas pada volume besar sehingga  $\Delta p$  relatif kecil yang akan membuat energi kinetik elektron valensi dalam logam menjadi kecil yang akan mengurangi energi total sistem dalam kristal logam

Sebagian energi dipergunakan untuk mengikat ion positif logam



## Ikatan Van der Waals

Atom-atom gas inert dapat membentuk suatu ikatan kristal lemah

Ikatan kristal tersebut terjadi akibat adanya interaksi elektrostatik antara momen dipol-momen dipole atom gas inert

Momen dipole atom gas inert ( $P_1$ ) akan menghasilkan medan listrik yang akan menginduksi momen dipole pada atom gas inert lain ( $P_2$ ) yang berjarak  $R$

Momen dipole induksi tersebut sebanding dengan  $P_1/R^3$

$$P_2 \sim E \sim P_1/R^3$$

Momen dipole dua atom akan saling berinteraksi satu sama lain menghasilkan energi interaksi yang sebanding dengan perkalian dari kedua momen dipole tersebut dan berbanding terbalik dengan  $R^3$

$$\text{Energi interaksi} \sim - P_1 P_2 / R^3 \sim - P_1^2 / R^6$$

Selain interaksi elektrostatis terdapat pula interaksi repulsif sehingga energi potensial total dua atom gas inert yang terpisah pada jarak  $R$  :

$$U = 4\epsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{R} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{R} \right)^6 \right]$$

Potensial tersebut dinamakan potensial Lennard-jones

Interaksi van der Waals bekerja pada kondisi dimana interaksi elektrostatis dan repulsif saling menghilangkan yaitu pada kedudukan setimbang  $R_0$

PR

Tentukan  $R_0$