



PENDAHULUAN

FISIKA ZAT PADAT

(FI 362 / 3 sks)

Dra. Wiendartun, M.Si



BAB I

STRUKTUR

KRISTAL

KRISTAL

I. MATERI : Struktur Kristal

- 1.1 kisi kristal dan basis
- 1.2 definisi struktur kristal.
- 1.3 sel konvensional dan sel primitif kristal.
- 1.4.kisi dua dimensi
- 1.5 kisi tiga dimensi
- 1.6.sistem indeks untuk bidang-bidang kristal.
- 1.7.struktur kristal sederhana

INDIKATOR

Mahasiswa harus dapat :

- **mendefinisikan kisi kristal dan basis.**
- **mendefinisikan struktur kristal.**
- **membedakan sel konvensional dan sel primitif kristal.**
- **menggambarkan 4 bentuk kisi 2 dimensi.**
- **menjelaskan 7 sistem kisi 3 dimensi**
- **menggambarkan 14 bentuk kisi 3 dimensi.**
- **menentukan indeks sebuah bidang kristal**
- **menggambarkan sel primitif Wigner-Seitz.**



PENDAHULUAN

**Sebagian besar materi zat Padat adalah kristal
Dan elektron didalamnya.**

**Zat Padat mulai dikembangkan awal abad ke-
20, mengikuti penemuan difraksi sinar-x oleh
kristal.**





Sebuah Kristal Ideal : disusun oleh satuan-satuan struktur yang identik secara berulang-ulang yang tak hingga didalam ruang.

**Semua struktur kristal dapat digambarkan /dijelaskan dalam istilah –istilah :
Lattice (kisi) dan sebuah Basis yang ditempelkan pada setiap titik lattice (titik kisi)**

Ilustrasi

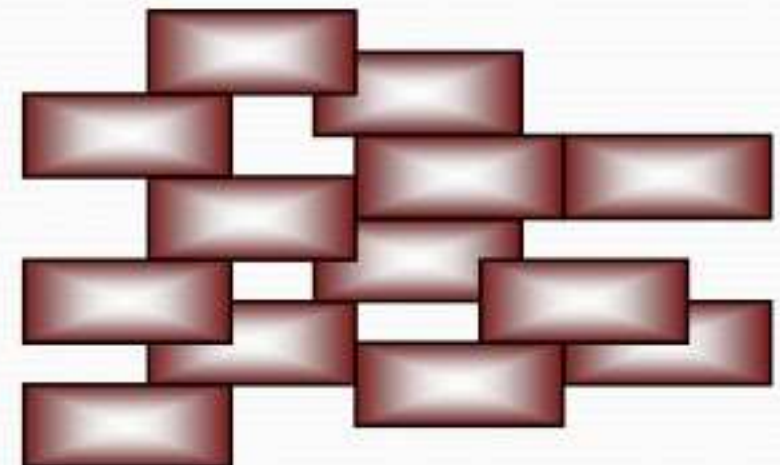
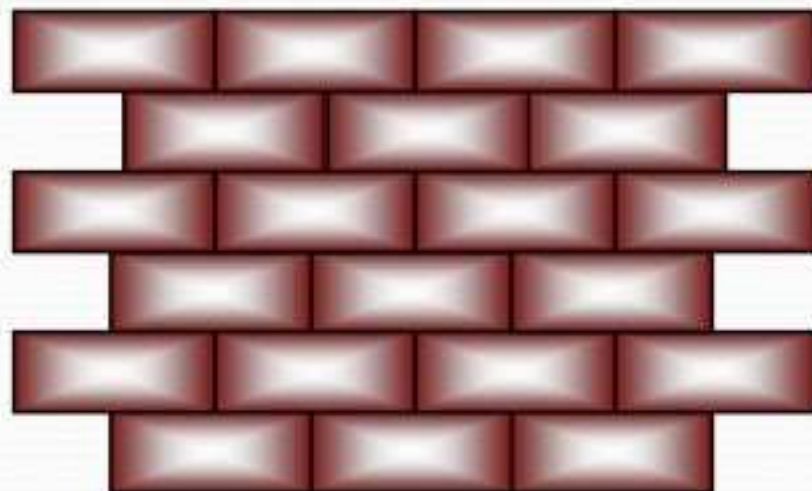
Kristal

Amorf

Batu bata

kristal diibaratkan sebagai dinding bata yang terdiri dari susunan batu – bata yang teratur dan berkala serta bahan- bahan tadi memiliki keteraturan jangka panjang

amorf diibaratkan sebagai tumpukan batu bata. Sekumpulan batu bata memiliki sifat yang jelas, relatif kokoh (meskipun tak sekokoh dinding bata).



Dasar-Dasar Struktur Kristal

1. KISI DAN BASIS KRISTAL

- ▣ Kisi adalah sebuah susunan titi-titik yang teratur dan periodik di dalam ruang. Sebuah kristal ideal disusun oleh satuan-satuan kristal yang identik secara berulang-ulang yang tak hingga dalam ruang.
- ▣ Basis didefinisikan sebagai sekumpulan atom, dengan jumlah atom dalam sebuah basis dapat berisi satu atom atau lebih.

Lattice (kisi) :

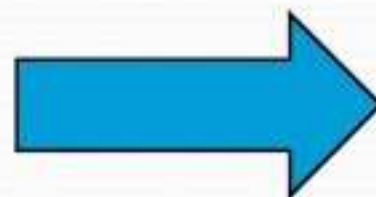
- Sebuah susunan titik –titik yang teratur dan periodik di dalam ruang
- Sebuah abstraksi matematik

Basis : Sekumpulan atom-atom

Jumlah atom dalam sebuah basis = 1 buah atom atau lebih.

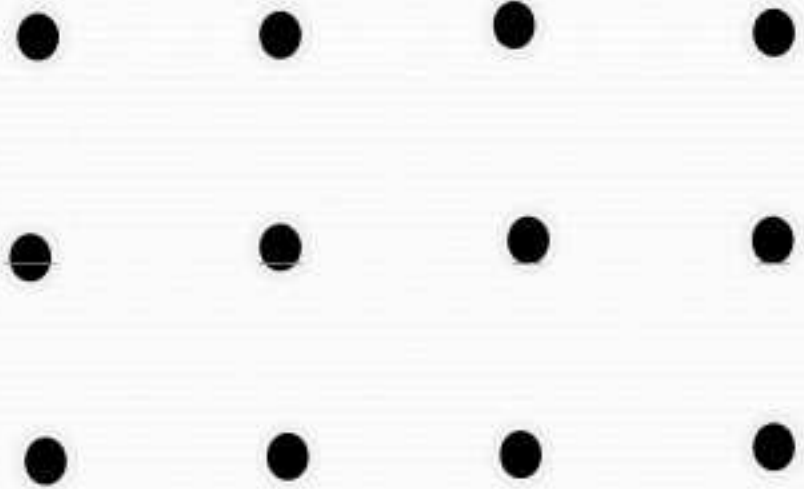
Sehingga gabungan antara :

**Struktur
kristal**

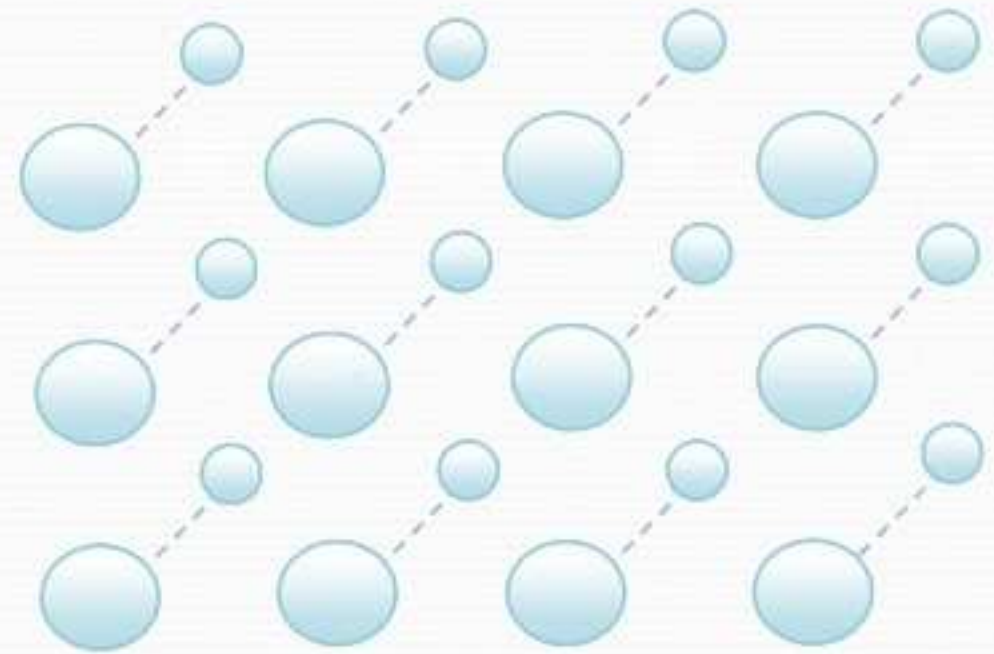


Kisi + Basis

Struktur Kristal



Kisi

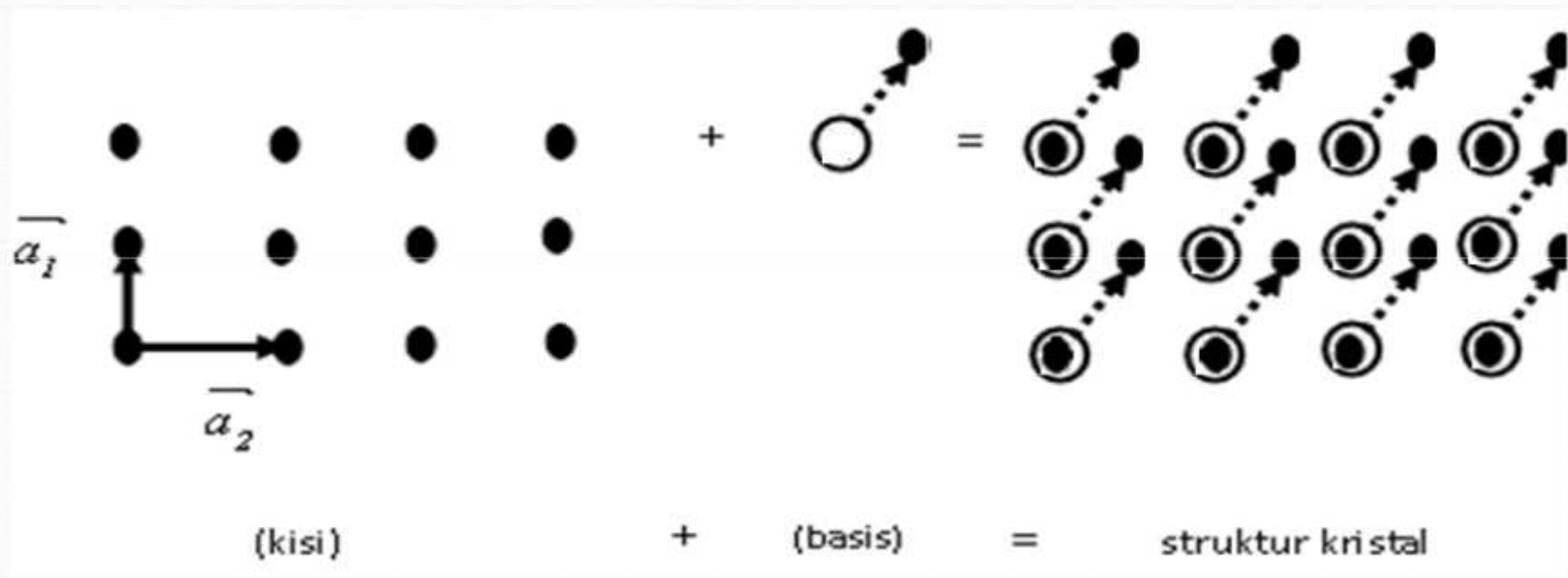


Basis

Struktur Kristal

- Bahan yang tersusun oleh deretan atom-atom yang teratur letaknya dan berulang (periodik) yang tidak berhingga dalam ruang disebut bahan kristal. Kumpulan yang berupa atom atau molekul dan sel ini terpisah sejauh 1 \AA atau 2 \AA
- Sebaliknya, zat padat yang tidak memiliki keteraturan demikian disebut bahan amorf atau bukan-kristal

Struktur kristal akan terjadi bila ditempatkan suatu basis pada setiap titik kisi sehingga struktur kristal merupakan gabungan antara kisi dan basis. Apabila dinyatakan dalam hubungan dua dimensi adalah sebagai berikut.



Gambar Bagan struktur kristal

- ▣ Didalam kristal terdapat kisi-kisi yang ekuivalen yang sesuai dengan lingkungannya dan diklasifikasikan menurut simetri translasi.

Operasi translasi kisi didefinisikan sebagai *perpindahan dari sebuah kristal oleh sebuah vektor translasi kristal*, maka persamaannya

$$\vec{T} = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

- Dimana u_1, u_2, u_3 = bilangan bulat.
- a_1, a_2, a_3 = vektor translasi primitive
- \approx sumbu-sumbu kristal

✓ Operasi Translasi Kisi :

Perpindahan dari sebuah kristal oleh sebuah vektor translasi kristal

$$\vec{T} = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

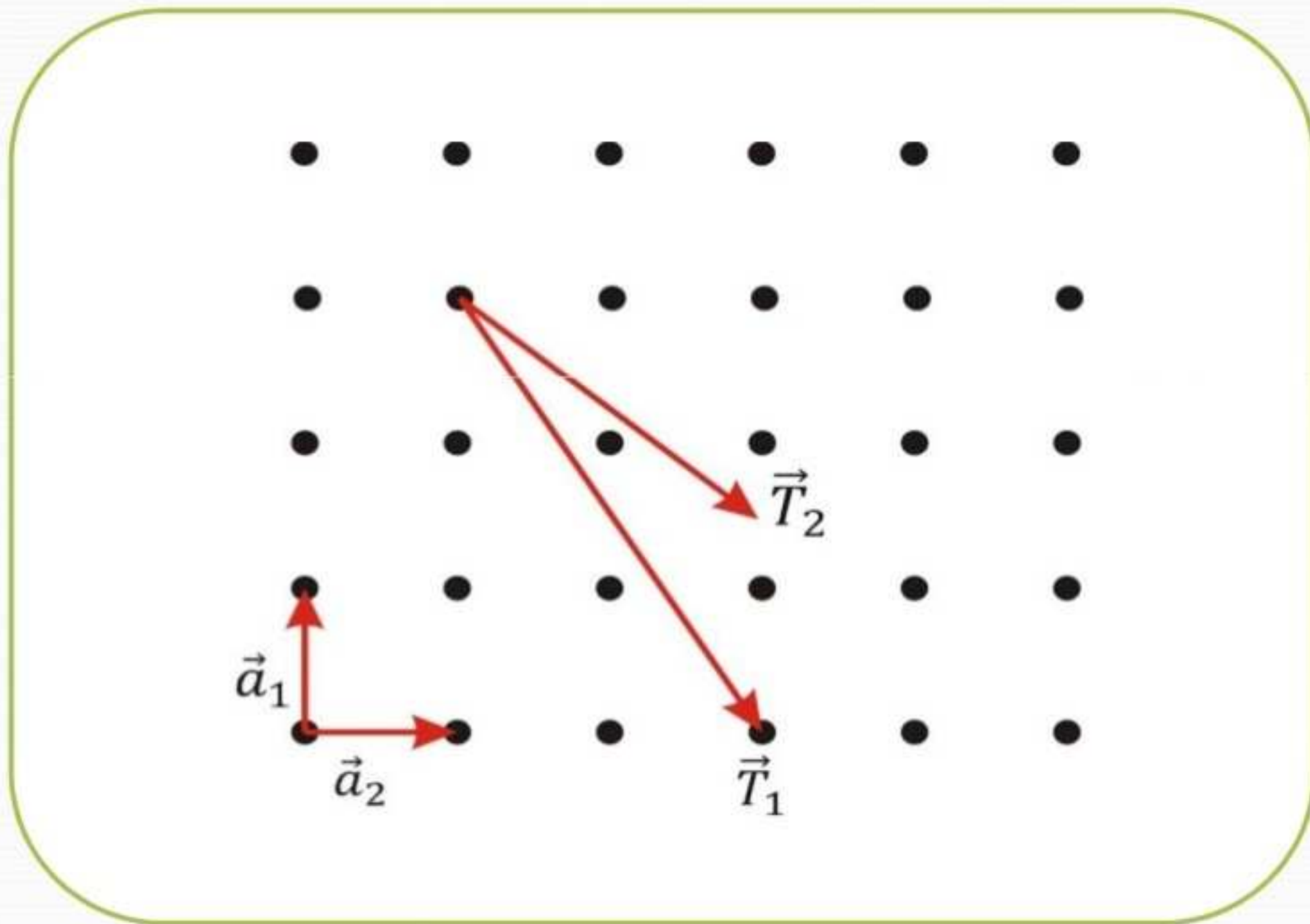
Keterangan :

\vec{T} = vektor translasi kristal

u = Bilangan bulat

\vec{a} = vektor translasi primitif/sumbu-sumbu kristal

Contoh Operasi Translasi Kisi



• Untuk \vec{T}_1

$$\vec{T}_1 = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

$$\vec{T}_1 = -3\vec{a}_1 + 2\vec{a}_2 + 0\vec{a}_3$$

$$\vec{T}_1 = -3\vec{a}_1 + 2\vec{a}_2$$

Jadi:

$$u_1 = -3 \text{ dan } u_2 = 2$$

• Untuk \vec{T}_2

$$\vec{T}_2 = u_1 \vec{a}_1 + u_2 \vec{a}_2 + u_3 \vec{a}_3$$

$$\vec{T}_2 = -1,5 \vec{a}_1 + 1,5 \vec{a}_2 + 0\vec{a}_3$$

$$\vec{T}_2 = -1,5 \vec{a}_1 + 1,5 \vec{a}_2$$

Jadi :

$$u_1 = -1,5 \text{ dan } u_2 = 1,5$$

\vec{T}_1 : vektor translasi (bilangan bulat)

\vec{T}_2 : bukan vektor translasi (bukan bilangan bulat)

- Posisi dari sebuah atom j dari sebuah basis relatif terhadap titik lattice dimana basis diletakkan adalah :

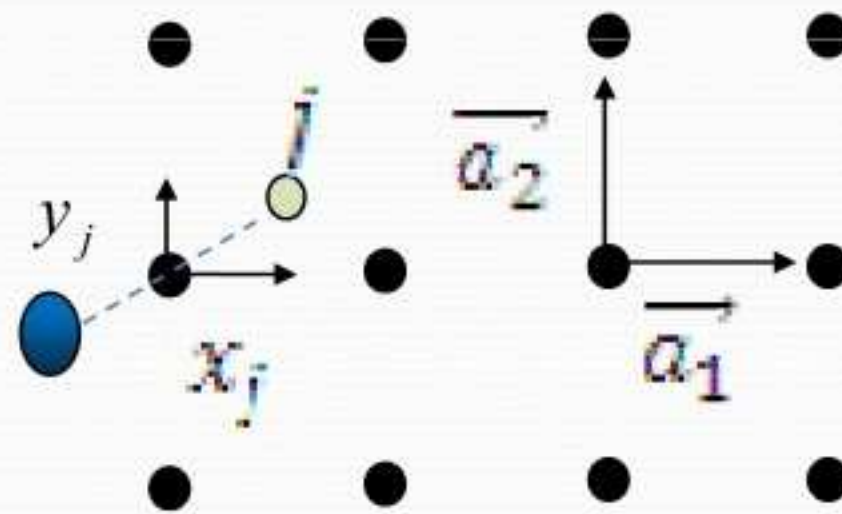
$$R_j = X_j a_1 + Y_j a_2 + Z_j a_3$$

$$\text{Dimana : } 0 \leq X_j, Y_j, Z_j \leq 1$$

Contoh :

Posisi dari sebuah pusat atom j dari sebuah basis relatif terhadap titik lattice dimana basis diletakkan adalah :

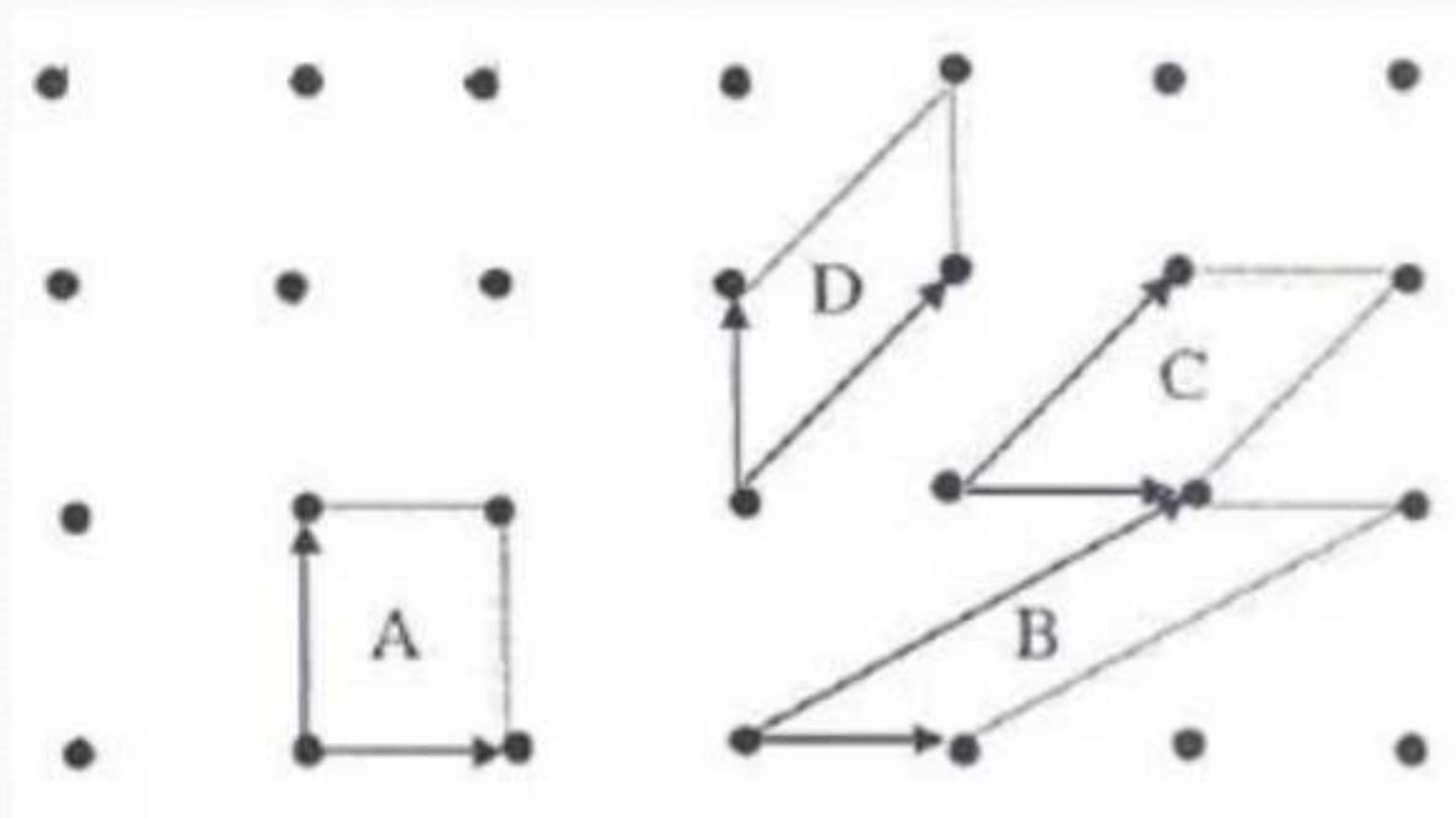
$$\vec{r}_j = x_j \vec{a}_1 + y_j \vec{a}_2 + z_j \vec{a}_3$$



Dimana : $0 \leq x_j, y_j, z_j \leq 1$

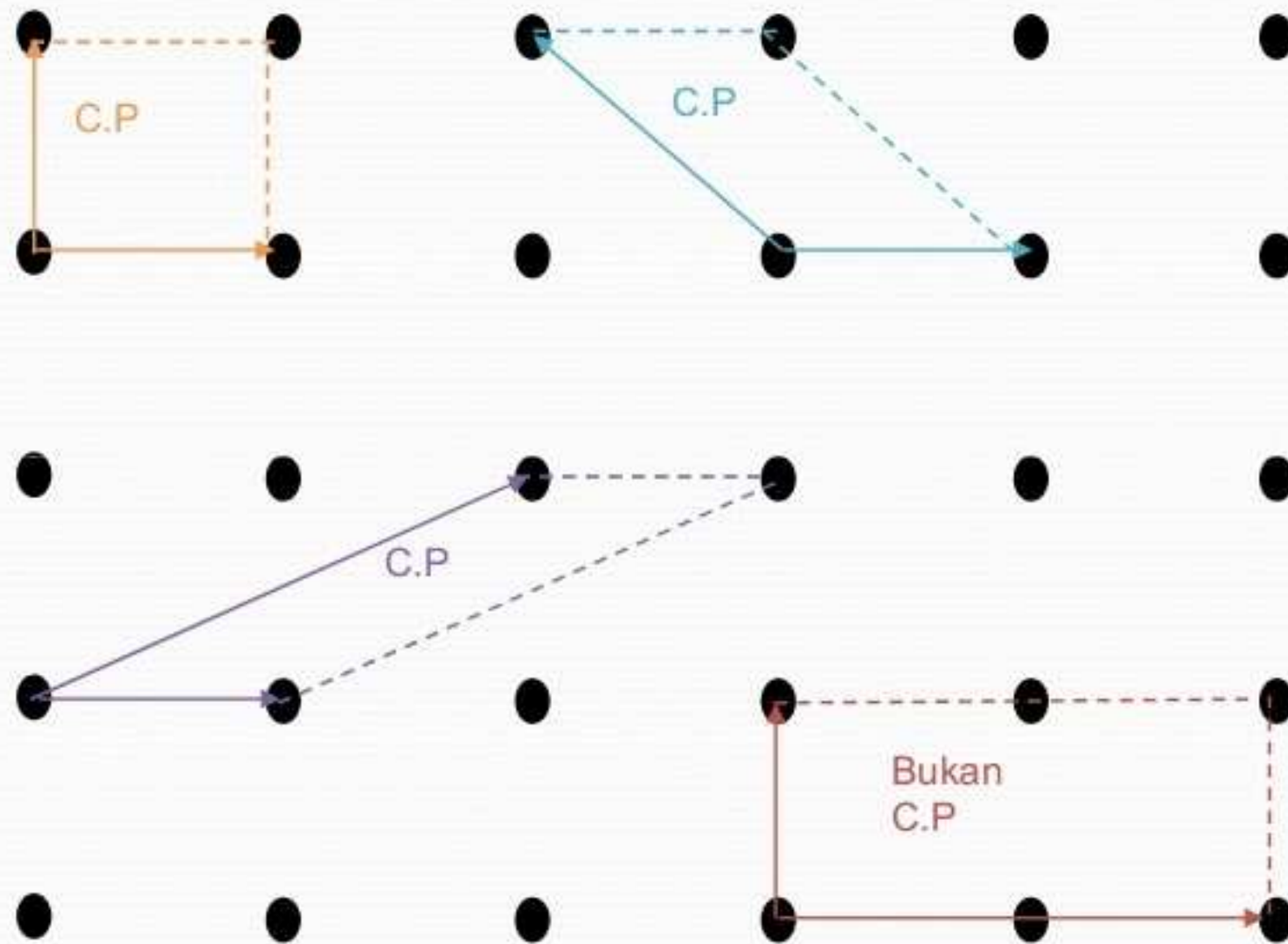
2. Sel Primitif dan Sel Konvensional

- ▣ Sel primitif adalah sel yang mempunyai luas atau volume terkecil, Sel primitif dibangun oleh vektor basis \vec{a}_1, \vec{a}_2 dan \vec{a}_3 disebut sel satuan (*unit sel*).
- ▣ Sebuah paralel epiped yang dibentuk oleh sumbu sumbu a_1, a_2 dan a_3 .



Gambar beberapa sel primitif

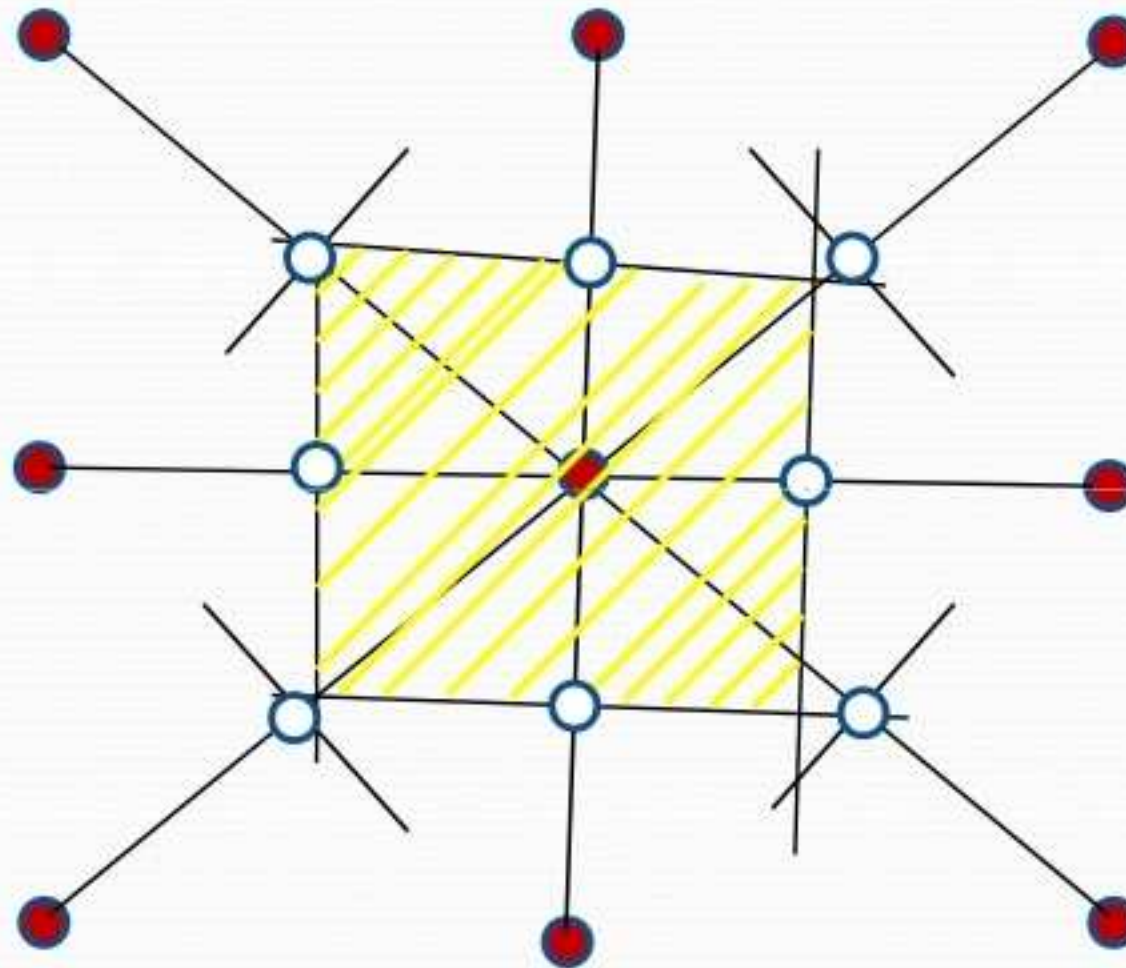
Cara menentukan sel primitif



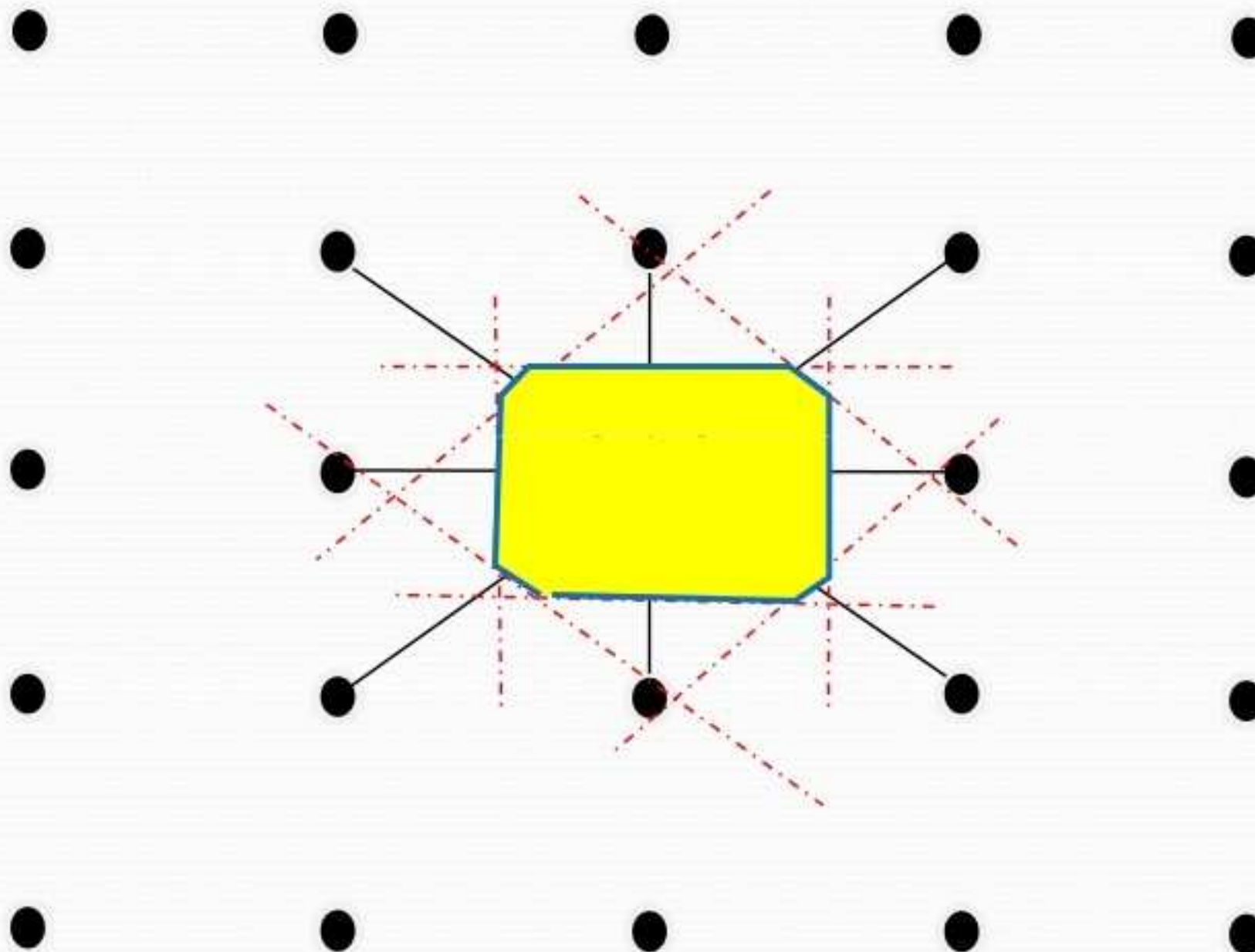
CARA LAIN UNTUK MEMILIH CEL PRIMITIF: METODA WIGNER – SEITZ :

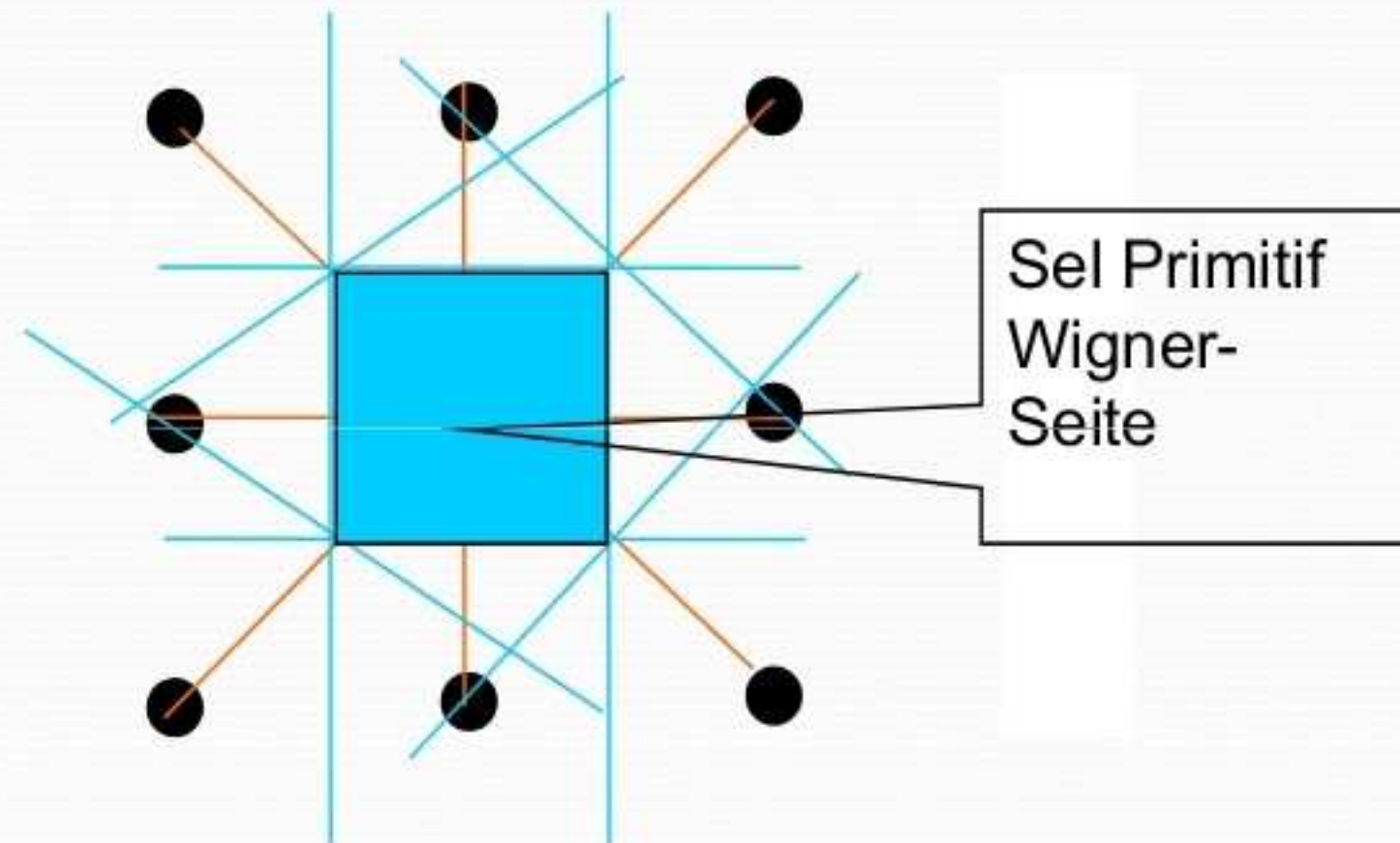
- Ambilah salah satu titik kisi sebagai acuan (biasanya di tengah)
- Titik kisi yang anda ambil sebagai acuan dihubungkan dengan titik kisi terdekat disekitarnya.
- Di tengah-tengah garis penghubung, buatlah garis yang tegak lurus terhadap garis penghubung.
- Luas terkecil (2 dimensi) atau volume terkecil (3 dimensi) yang dilingkupi oleh garis-garis atau bidang-bidang ini yang disebut sel primitive Wigner-Seitz.

Contoh penggambaran Sel Primitif dengan Metode Wigner-Seitz



Cara menggambar sel primitif *Wigner-Seitz*

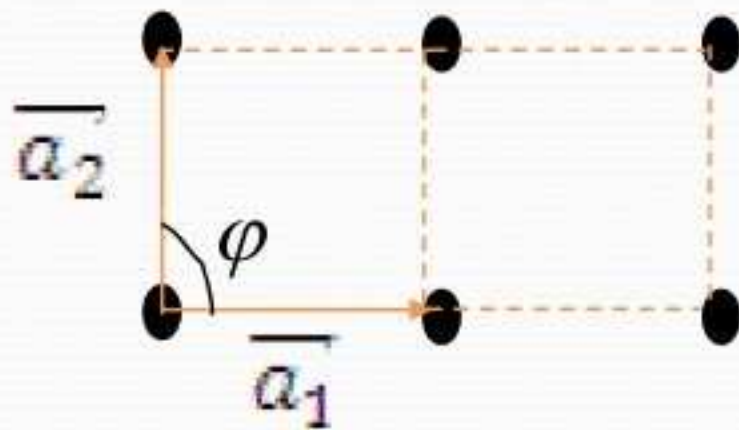




Tipe – Tipe Kisi Dasar

a. Kisi 2D

1. Kisi miring
2. Kisi bujursangkar



$$|a_1| = |a_2| \text{ dan } \varphi = 90^\circ$$

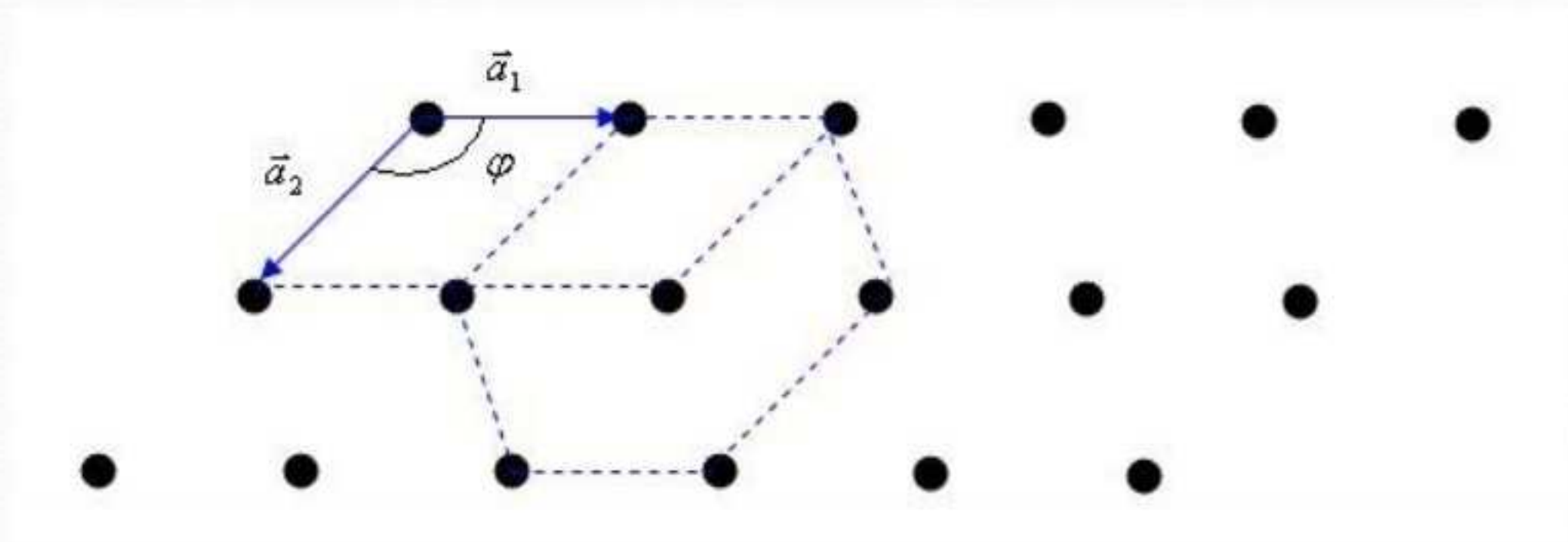
Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Konvensional : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$



$$\text{Sel Primitif : } \frac{1}{4} \times 4 = 1$$

3. Kisi heksagonal



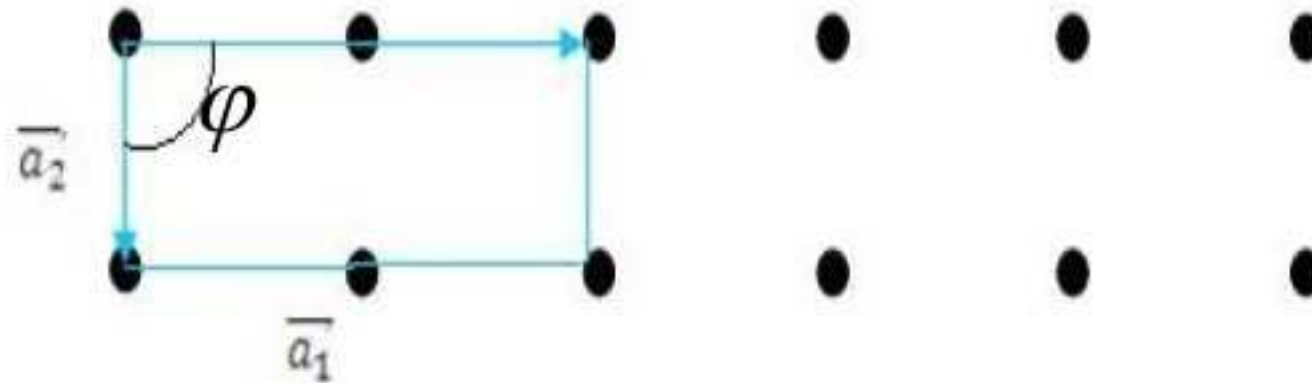
$$|a_1| = |a_2| \text{ dan } \varphi = 120^\circ$$

Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Konvensional : } \left(6 \times \frac{1}{3} \right) + 1 = 3$$

$$\text{Sel Primitif : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

4. Kisi segipanjang



$$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2| \text{ dan } \varphi = 90^\circ$$

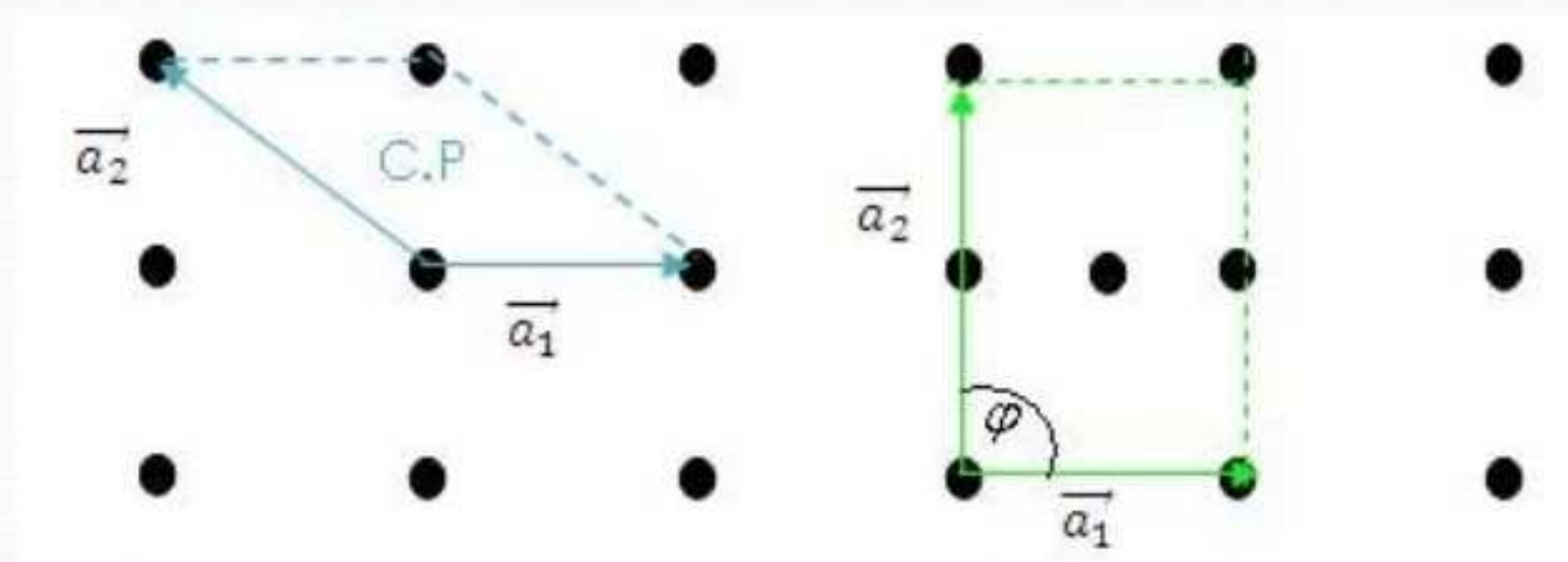
Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Primitif : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$



$$\text{Sel Konvensional : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

5. Kisi segipanjang berpusat



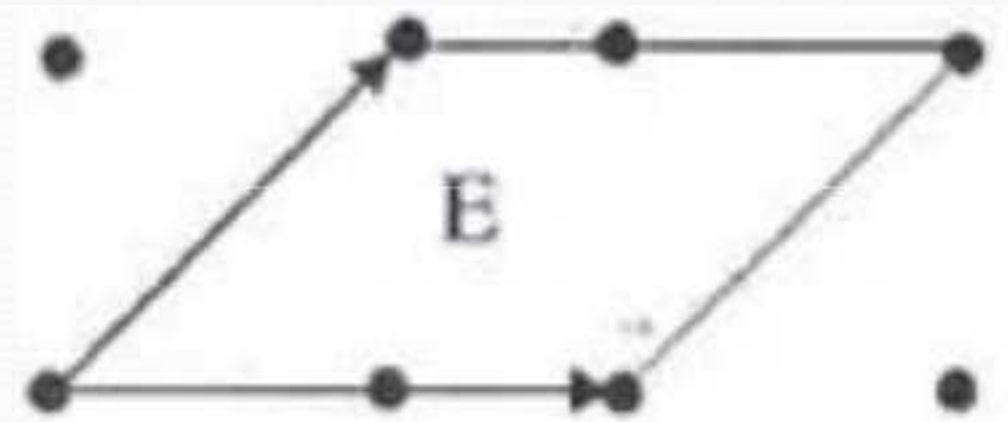
$$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2| \text{ dan } \phi = 90^\circ$$

Jumlah titik kisi pada :

$$\text{Sel Konvensional : } \left(4 \times \frac{1}{4} \right) + 1 = 2$$

$$\text{Sel Primitif : } 4 \times \frac{1}{4} = 1$$

- sel konvensional (sel tak primitif) adalah sel yang mempunyai luas atau volume bukan terkecil artinya mempunyai luas atau volume yang besarnya merupakan kelipatan sel primitif.



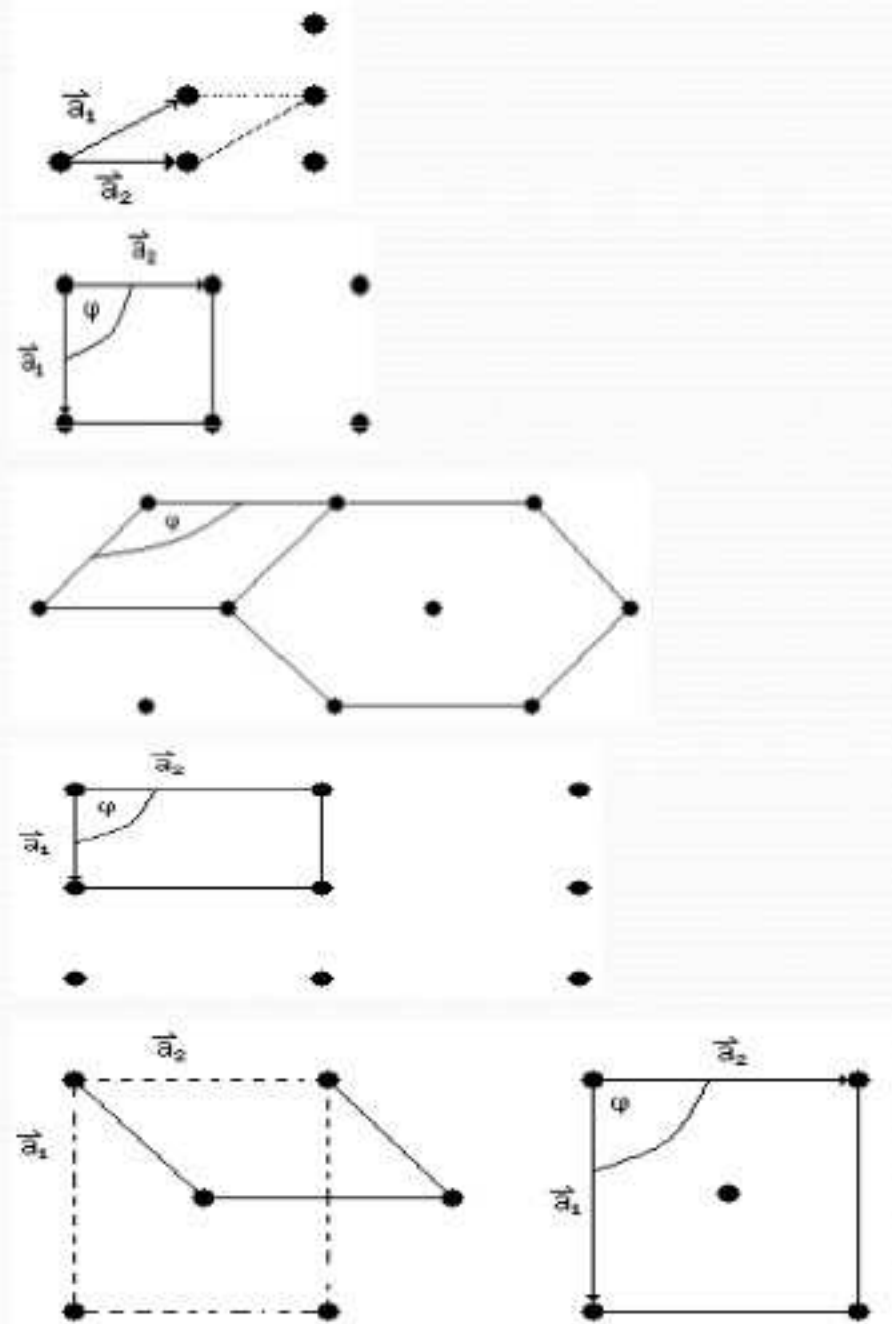
Gambar sel konvensional



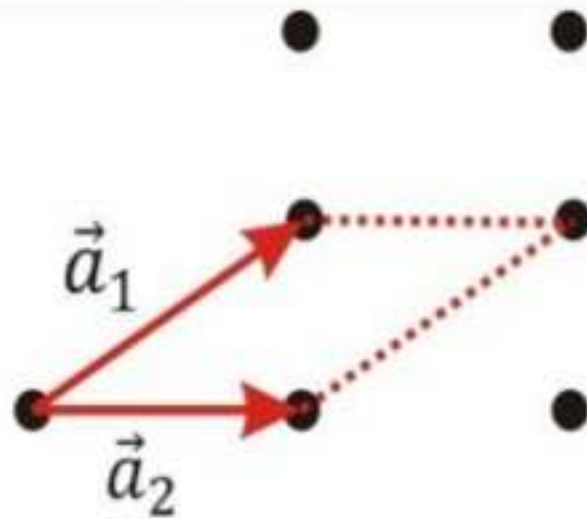
Sistem Kisi Kristal dan Kisi Bravais

1. Tipe-tipe Kisi Dasar

- Kisi miring,
- Kisi bujur sangkar
- Kisi heksagonal
- Kisi segi panjang
- Kisi segi panjang berpusat



1. Kisi Miring

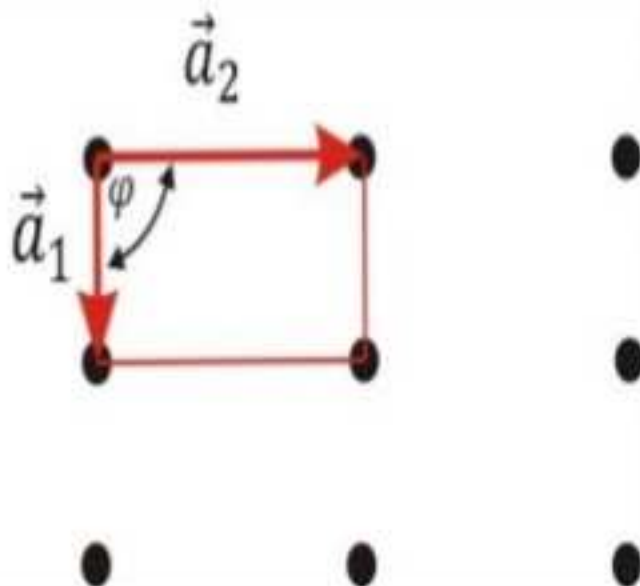


$$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2|$$

$$\varphi = 90^\circ$$

Sel satuannya berbentuk jajaran genjang

2. Kisi Segi Panjang

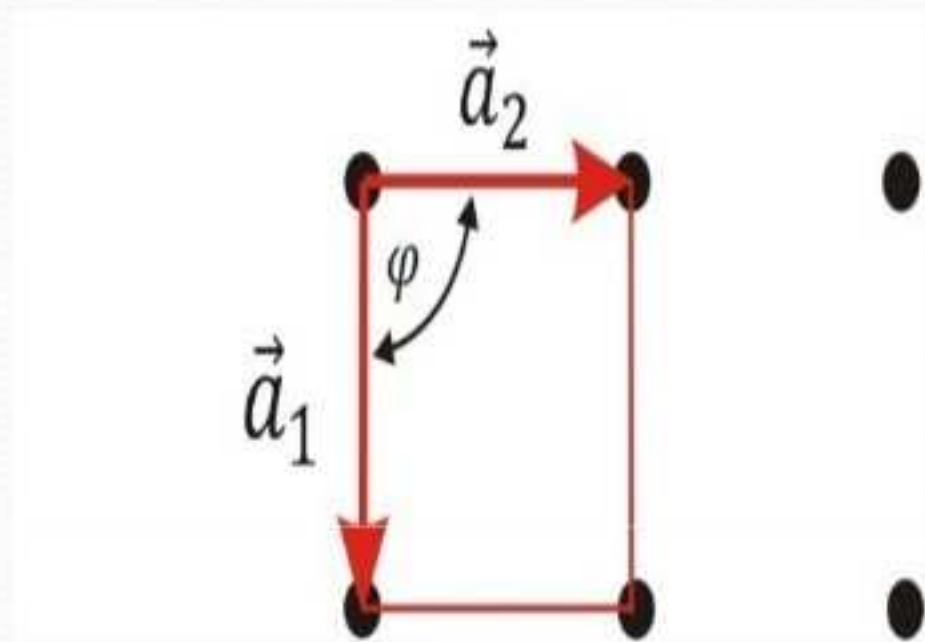


$$|\vec{a}_1| \neq |\vec{a}_2|$$

$$\varphi = 90^\circ$$

Sel satuannya berbentuk segi empat panjang

3. Kisi Bujur Sangkar



$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$$

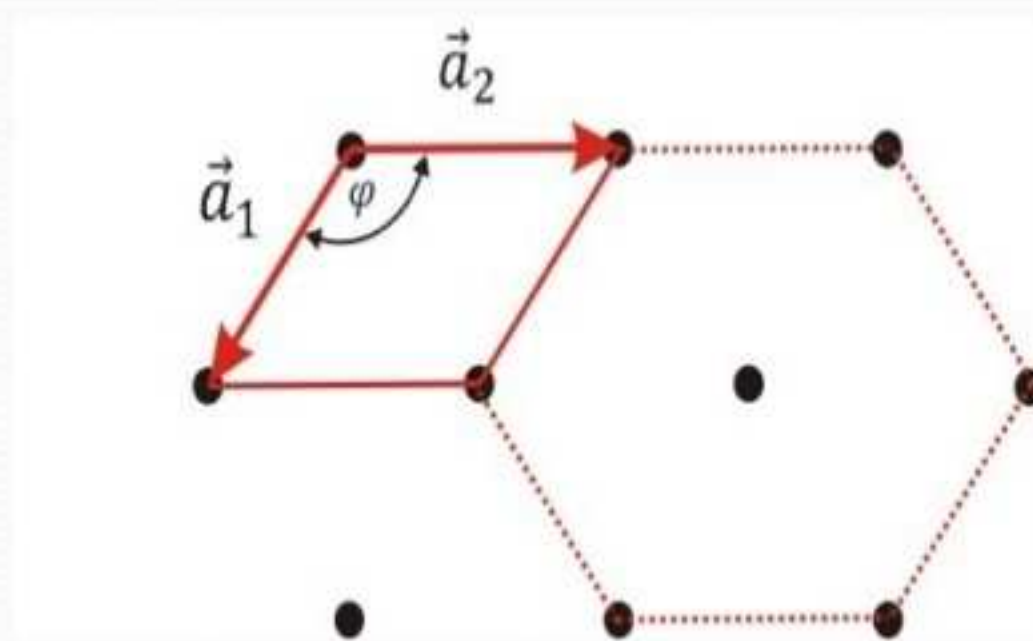
$$\varphi = 90^\circ$$

Sel satuannya berbentuk bujur sangkar pada :

● **Sel primitif** : $(4 \times \frac{1}{4})$: **1 buah**

● **Sel Konvensional** : $(4 \times \frac{1}{4})$: **1 buah**

4. Kisi Heksagonal



$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$$

$$\varphi = 120^\circ$$

**Sel satuannya berbentuk belah ketupat.
Dengan jumlah titik kisi :**

- **Sel primitif : $(4 \times 1/4) = 1$ buah**
- **Sel Konvensional : $(6 \times 1/3) + 1 = 3$ buah**





2. TIPE KISI 3 DIMENSI

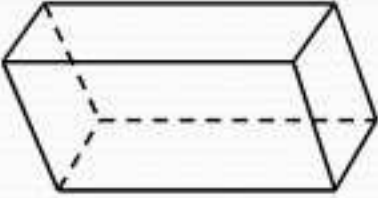
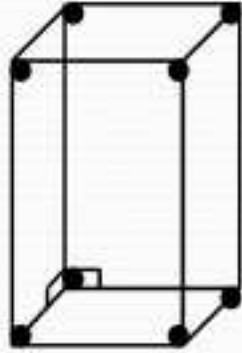
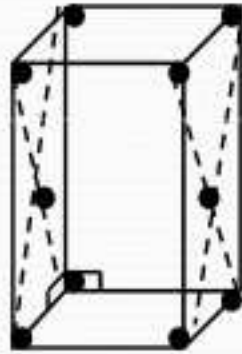
Untuk tipe kisi 3 dimensi terdapat 7 sistem kisi kristal, yaitu sebagai berikut:

1. Triklinik
2. Monoklin
3. Orthorombik
4. Tetragonal
5. Kubus
6. Trigonal
7. Heksagonal

Tipe Lattice (kisi) 3D

Terdapat 7 sisitem kisi kristal yakni:

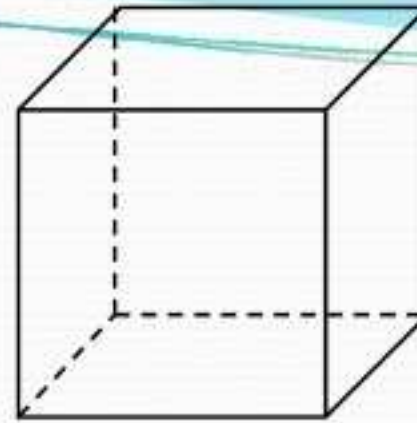
No	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
1.	Triklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	 Paralelopipedum miring	 Triklin-p	1

2	Minoklin	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$	 <p>Paralelopipedum miring</p>	 <p>Moniklin- P</p>  <p>Monoklin-B</p>	2
---	----------	--	---	---	---

3

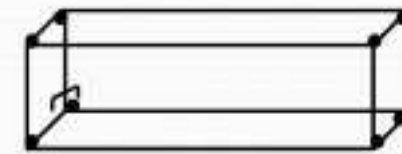
Orthorombik

$$a_1 \neq a_2 \neq a_3$$
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

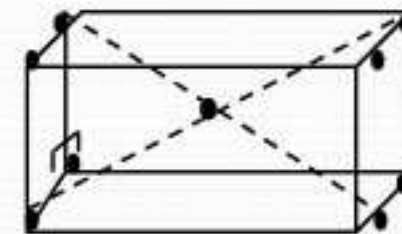


Balok siku-siku

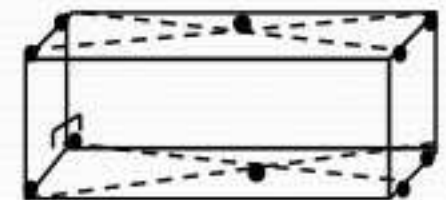
4



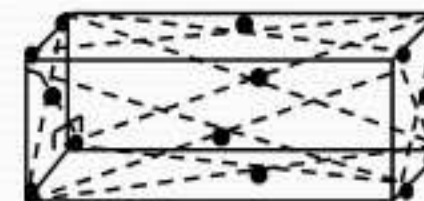
Orthorombik-P



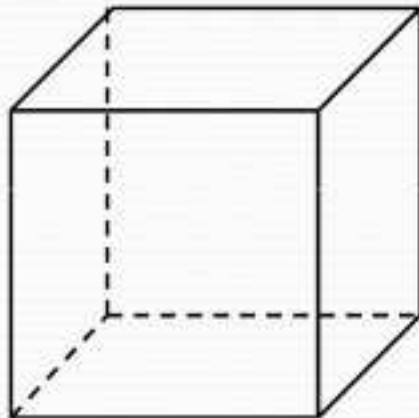
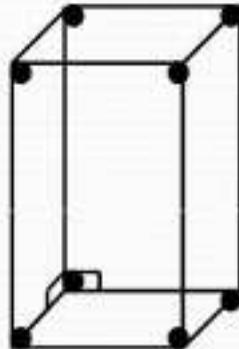
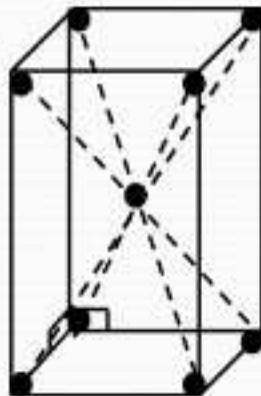
Orthorombik-I

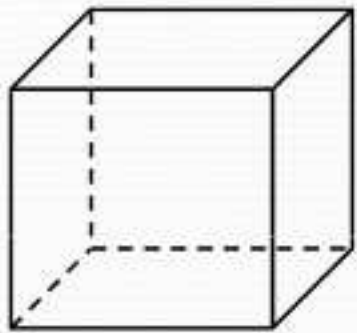
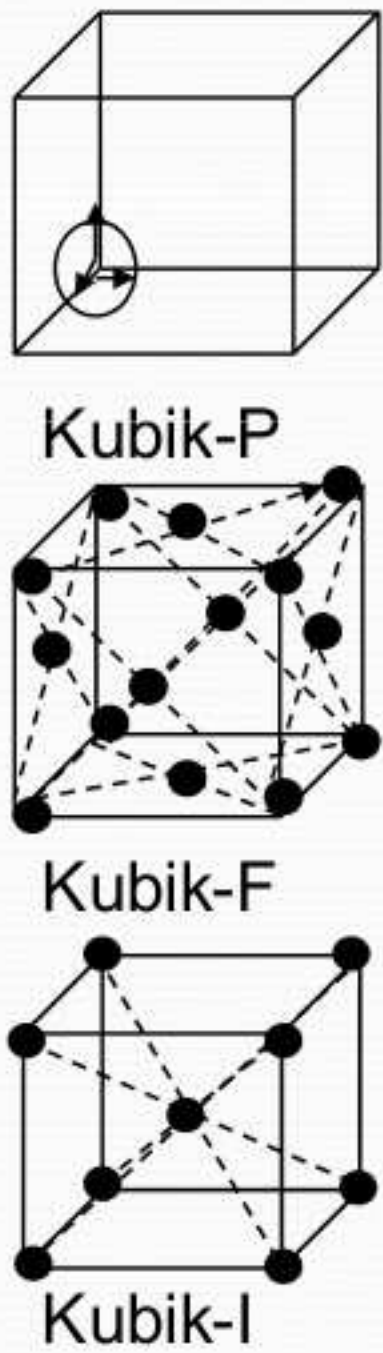


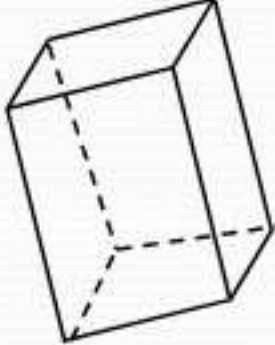

Orthorombik-C

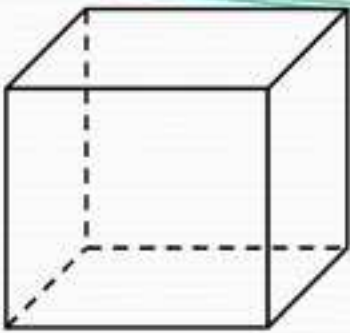
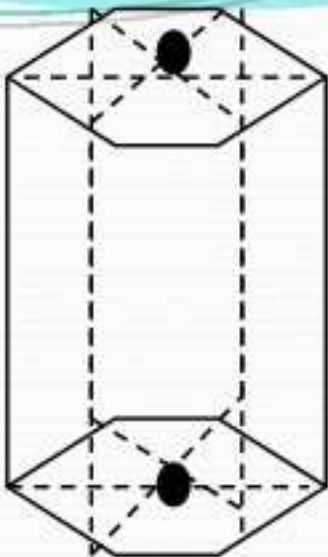


Orthorombik-F

N o	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
4	Tetragona 1	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 Balok siku-siku	 Tetragonal-P  Tetragonal-I	2

No	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
5.	kubus	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 kubus	 Kubik-P Kubik-F Kubik-I	3

No	Sistem kristal	Sumbu kristal/ sudut kristal	Bentuk sel satuan	Kisi bravais	Jml kisi
6	Trigonal	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 Paraleloepidum muka-mukanya berupa belah ketupat	 Trigonal-R	1

7	Heksagon al	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 <p>Paraleloepidum tegak, bidang atas dan alas berupa belah ketupat 120°</p>	 <p>Heksagonal-P</p>	1
---	----------------	---	---	---	---

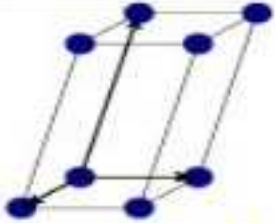
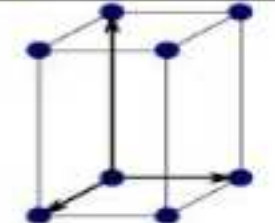
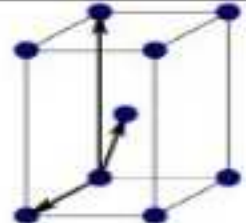
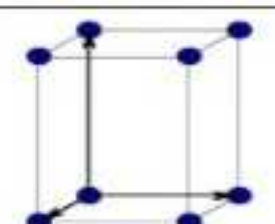
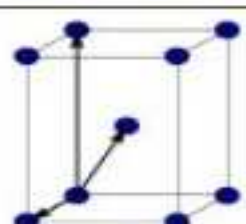
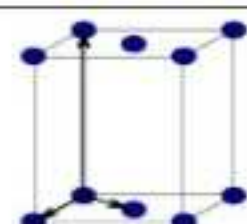
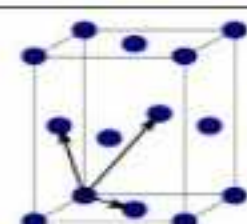
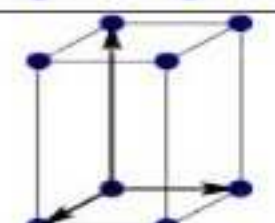
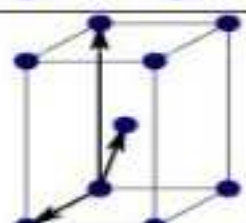
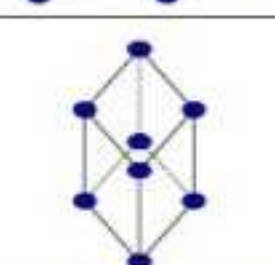
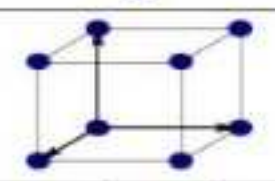
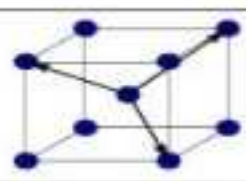
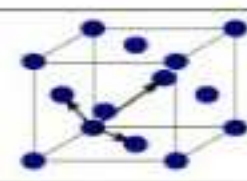
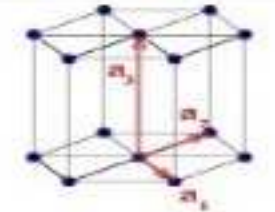
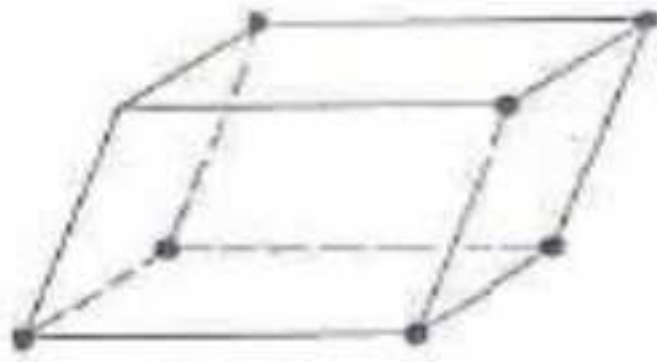
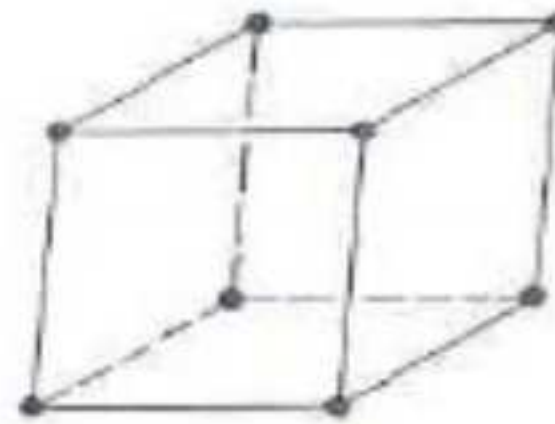
Bravais lattice	Parameters	Simple (P)	Volume centered (I)	Base centered (C)	Face centered (F)
Triclinic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} \neq \alpha_{23} \neq \alpha_{31}$				
Monoclinic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$ $\alpha_{12} \neq 90^\circ$				
Orthorhombic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				
Tetragonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				
Trigonal	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} < 120^\circ$				
Cubic	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				
Hexagonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = 120^\circ$ $\alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				

Table 1.1: Bravais lattices in three-dimensions.

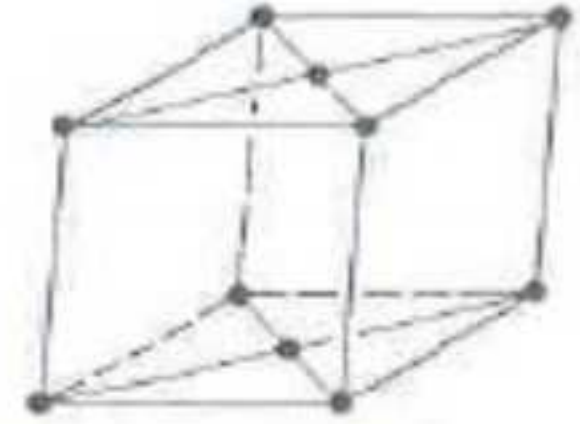
Tujuh Sistem Kristal dan 14 Kisi Bravais.



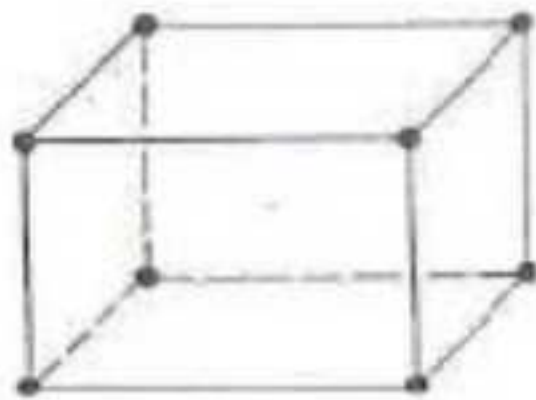
Triclinic



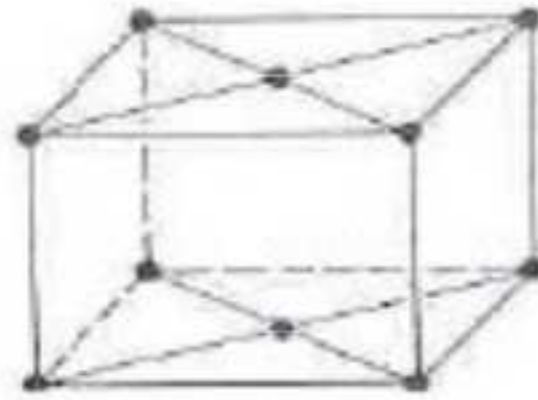
Simple monoclinic



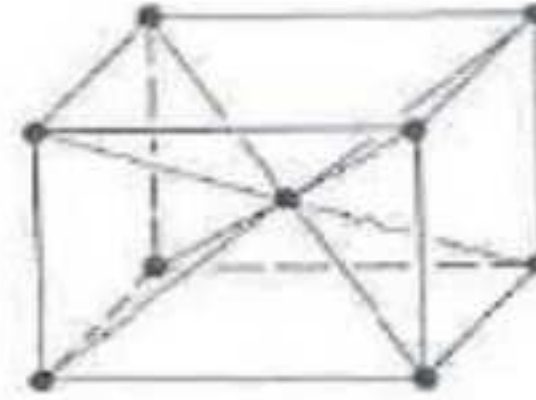
Base-centered
monoclinic



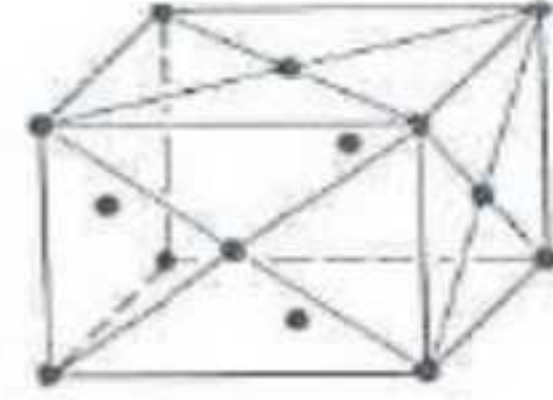
Simple
orthorhombic



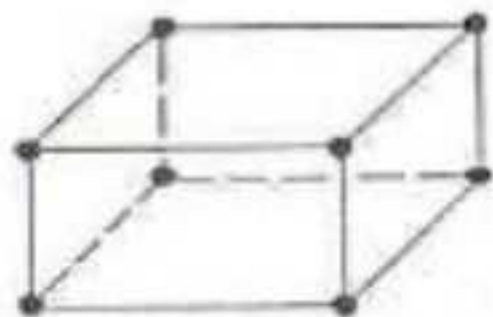
Base-centered
orthorhombic



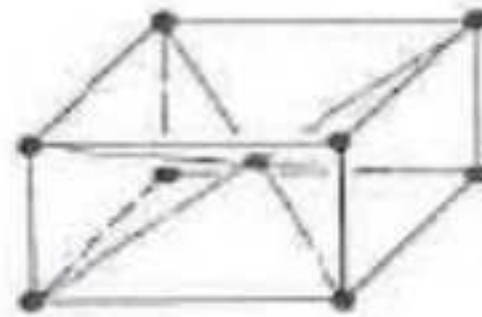
Body-centered
orthorhombic



Face-centered
orthorhombic

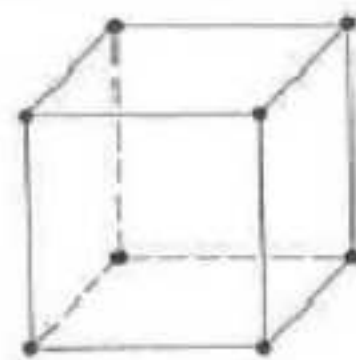


Simple
tetragonal

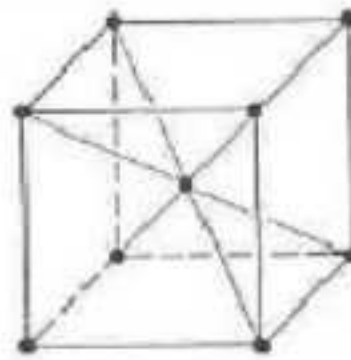


Body-centered
tetragonal

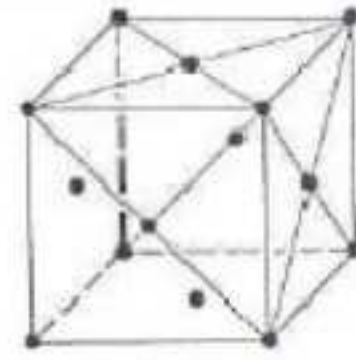
Lanjutan...



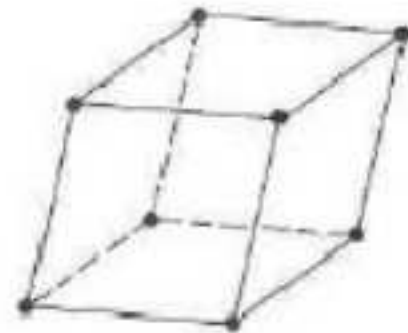
Simple cubic



Body-centered
cubic



Face-centered
cubic



Trigonal



Hexagonal

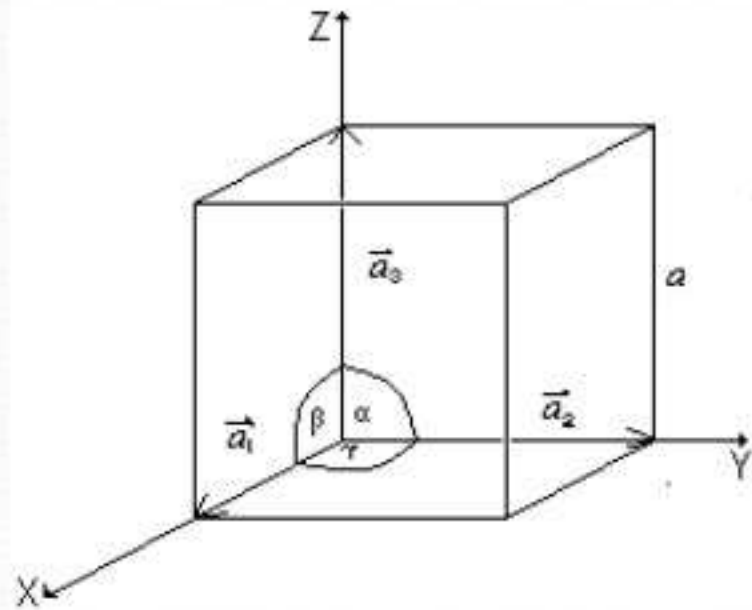


Struktur Kristal Kubik

Tiga jenis struktur kristal yang relatif sederhana dapat dijumpai pada kebanyakan logam, yaitu :

1. *kubus sederhana (simple cubic = SC).*
2. *kubus pusat bidang sisi (face-centered cubic = FCC),*
3. *kubus pusat ruang badan (body-centered cubic = BCC),*

1. Simple Cubic



kedudukan atom dalam
sudut unit sel



Model simple cubic
dalam 3 dimensi

Sel Primitif = Sel konvensional.

Jumlah titik lattice = $8 \times 1/8 = 1$ buah

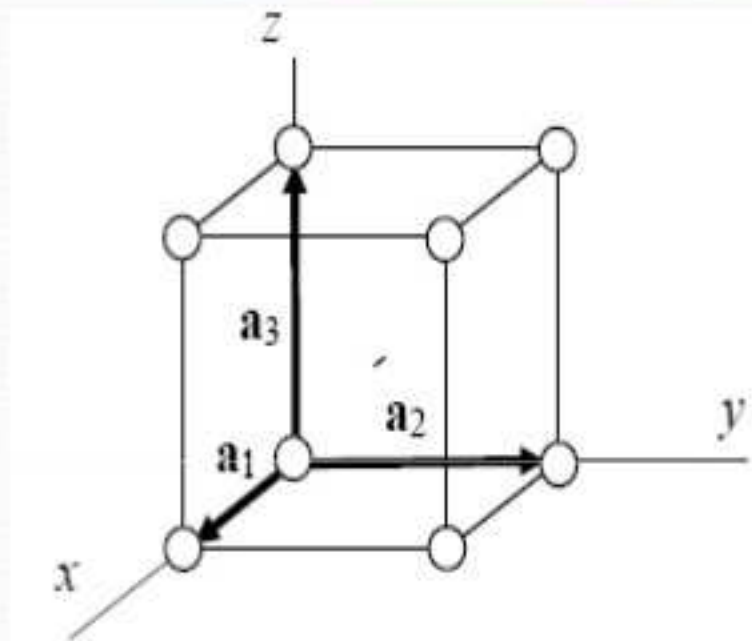
$$\mathbf{a_1 = ax}$$

$$\mathbf{a_2 = ay}$$

$$\mathbf{a_3 = az}$$

Kisi Bravais kubik memiliki tiga bentuk kisi :

Simple Cubic (sc)



Volume sel satuan : a^3

Titik kisi persel : $8 \times 1/8 = 1$

Jarak tetangga terdekat : a

Jml tetangga terdekat : 6

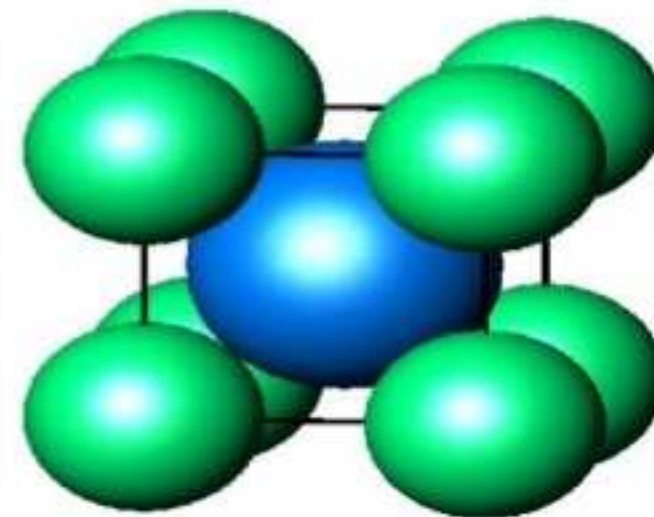
Contoh: CsCl, CuZn, CsBr, LiAg

Vektor primitif :

$$a_1 = ax$$

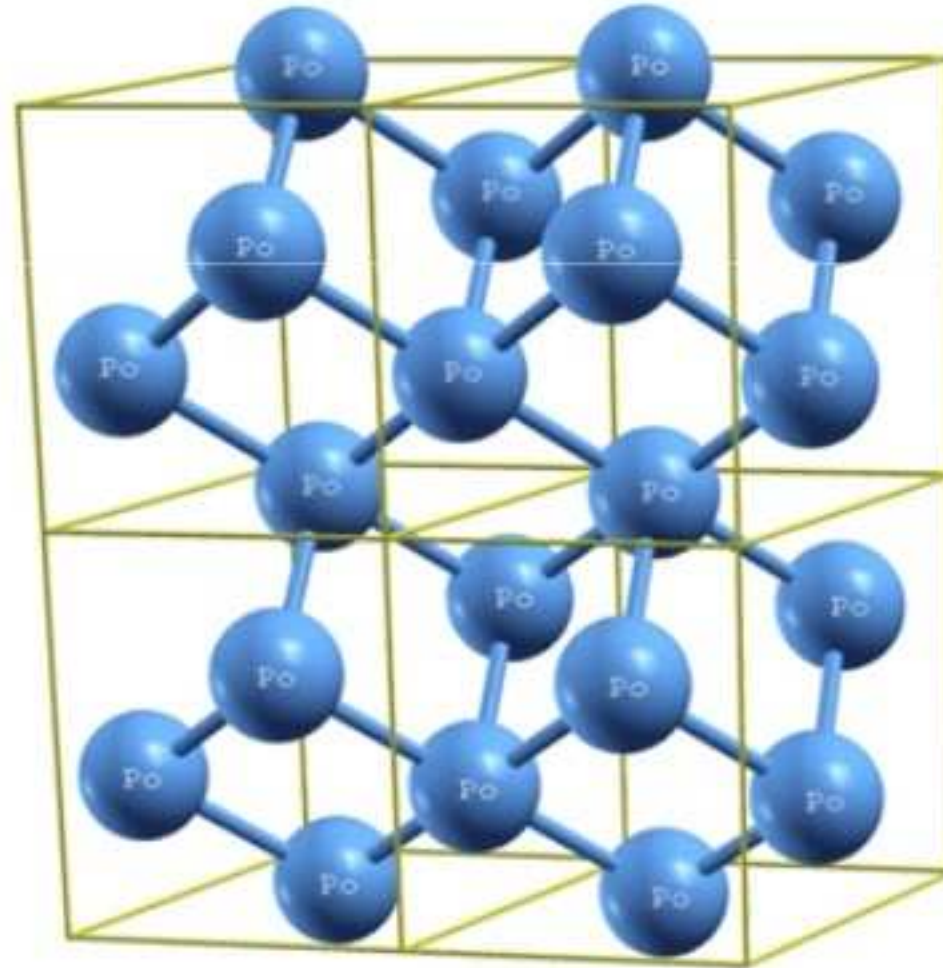
$$a_2 = ay$$

$$a_3 = az$$

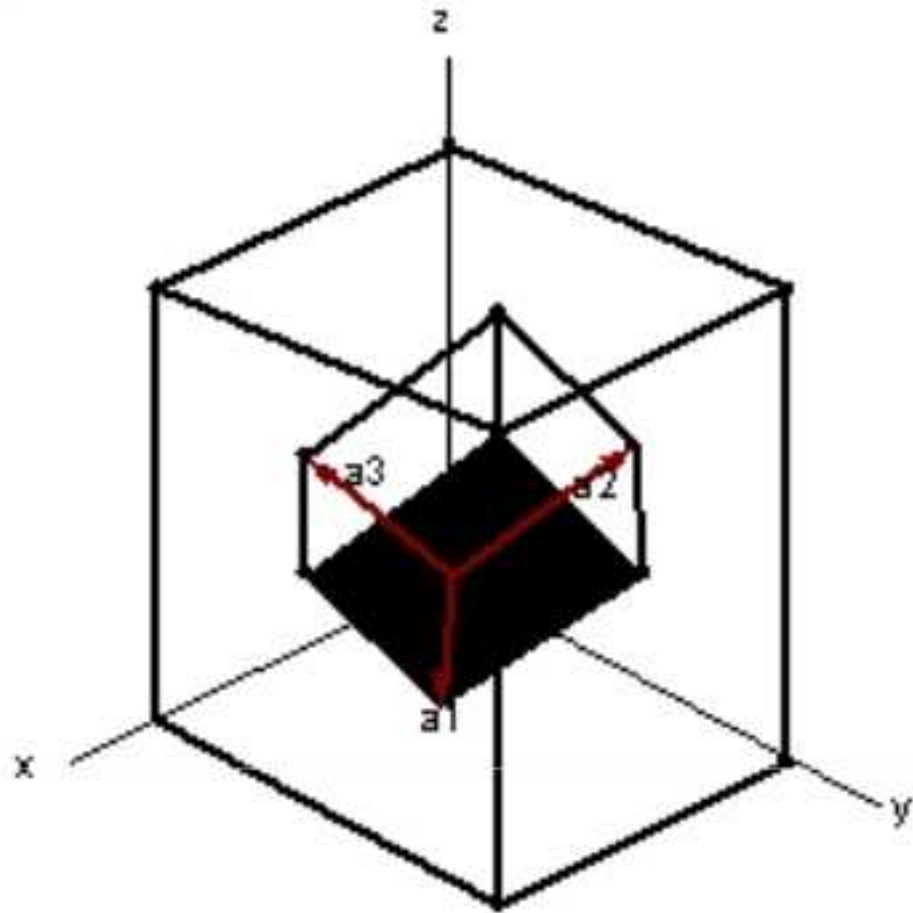


Contoh SC

Polonium



2. Face Centered Cubic



Sel Primitif \neq Sel Konvensional

Jumlah titik lattice pada

- Sel primitif : $8 \times 1/8 = 1$ buah
- Sel konvensional :
 $(8 \times 1/8) + (6 \times 1/2) = 4$ buah

Vektor translasi primitif FCC

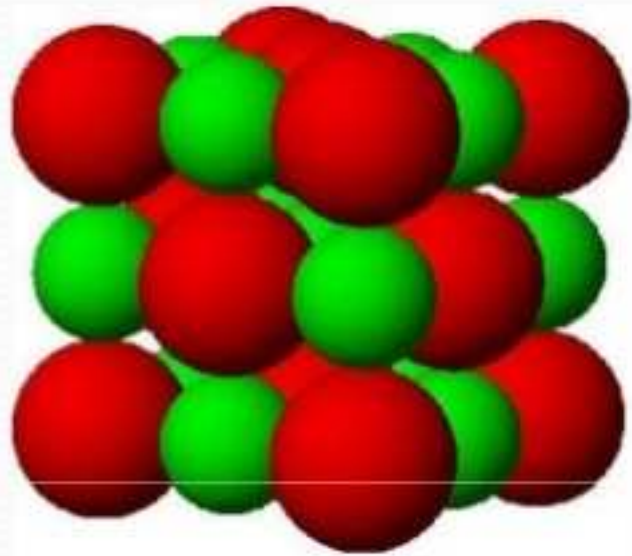


Sudut antara sumbu-sumbu FCC



Contoh FCC

- **Struktur Kristal Natrium Chlorida (NaCl = garam dapur)**

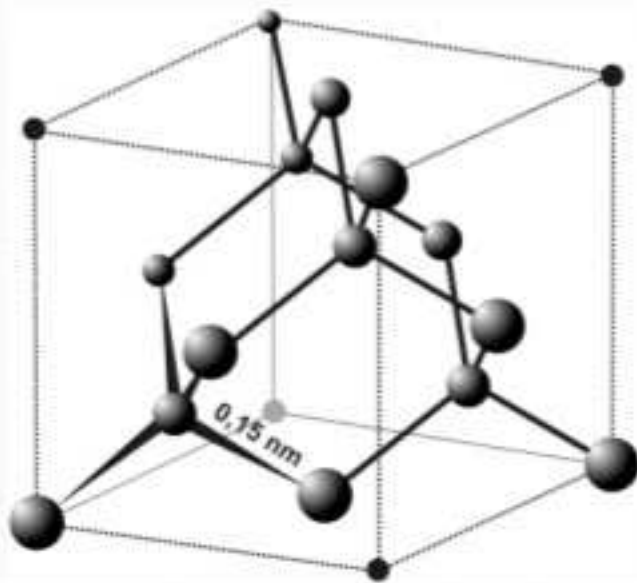


Ada empat buah sel satuan NaCl yang setiap sel satuannya berbentuk kubus sederhana dengan posisi atom-atomnya sebagai berikut.

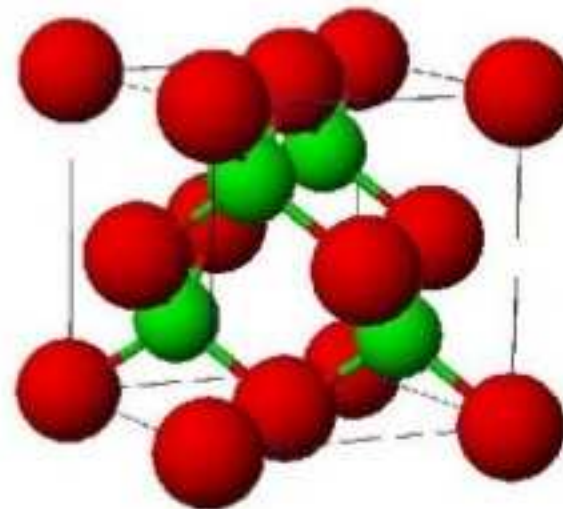
✚ 4 ion Na pada posisi $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$; $00 \frac{1}{2}$; $0 \frac{1}{2} 0$ dan $\frac{1}{2} 00$

✚ 4 ion CL pada posisi: 000 ; $\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0$; $\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}$ dan $0 \frac{1}{2} \frac{1}{2}$

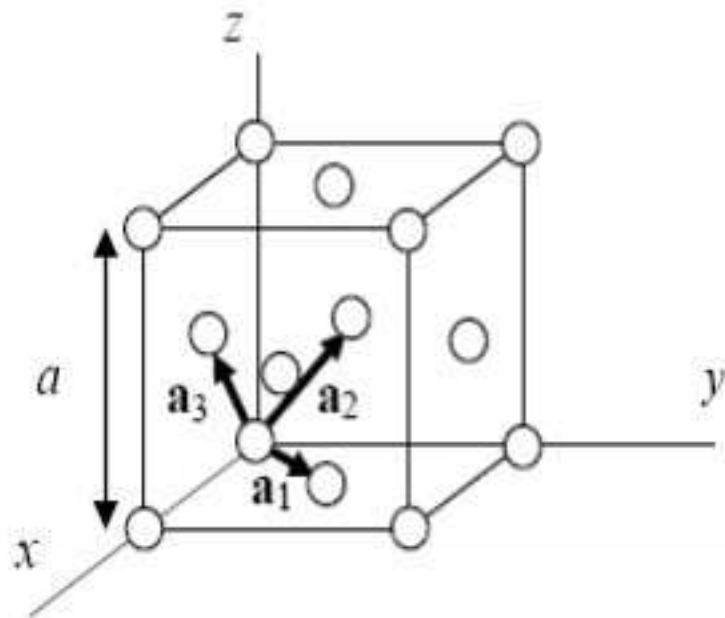
- **Struktur Intan**



- **Struktur Seng Sulfida (ZnS)**



Face Centered Cubic (fcc)



Volume sel satuan : $a^3 / 4$

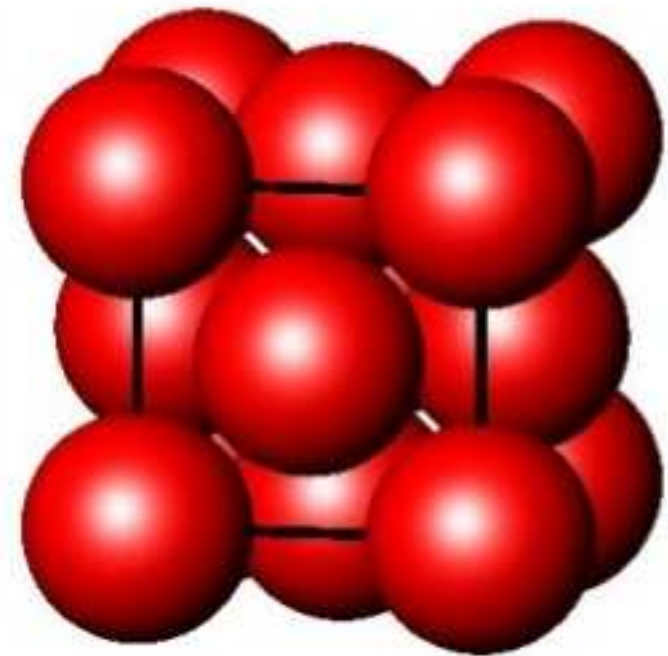
Titik kisi persel : $8 \times 1/8 + 6/2 = 4$

Jarak tetangga terdekat : $\sqrt{2}a/2$

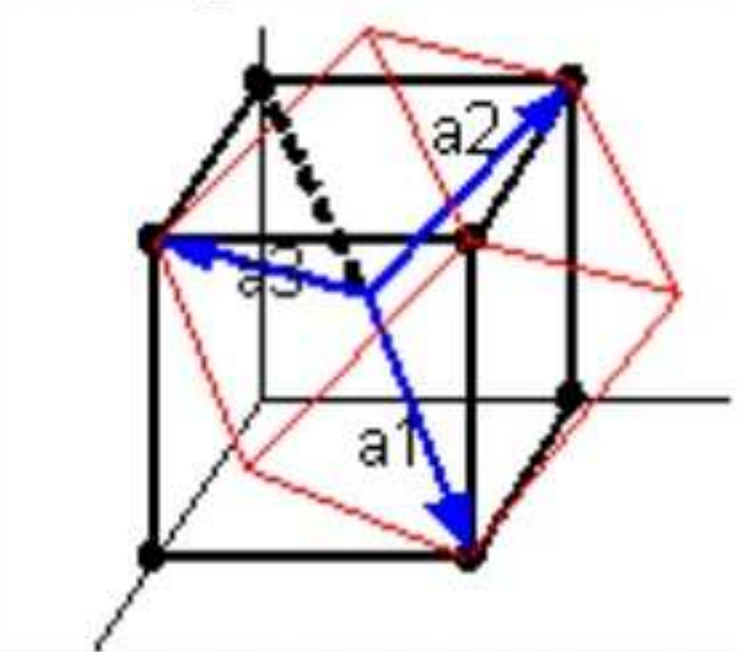
Jml tetangga terdekat : 12

Contoh : Cu, Ag, Au, Al, Pb, Ni, Fe, Nb

Vektor primitif :

$$a_1 = a/2 (x + y)$$
$$a_2 = a/2 (y + z)$$
$$a_3 = a/2 (x + z)$$


3. Body Centered Cubic

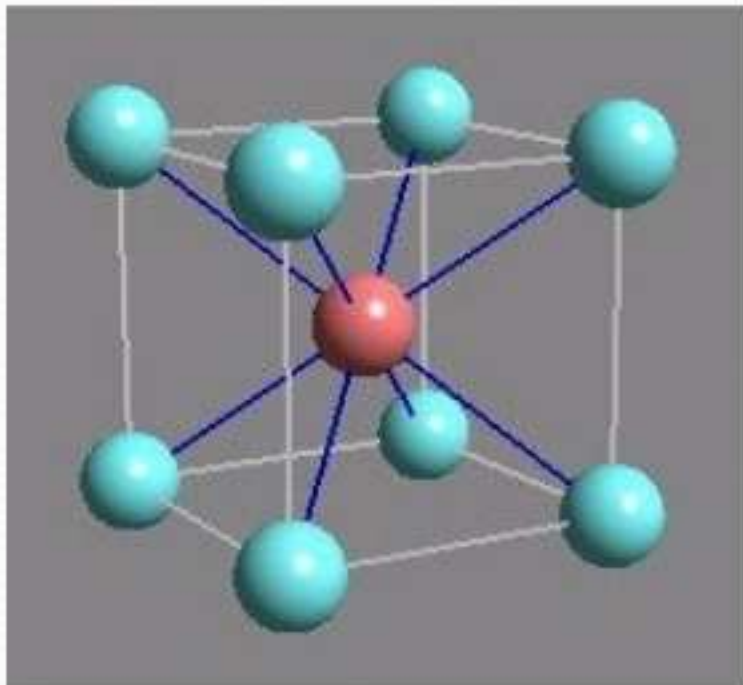
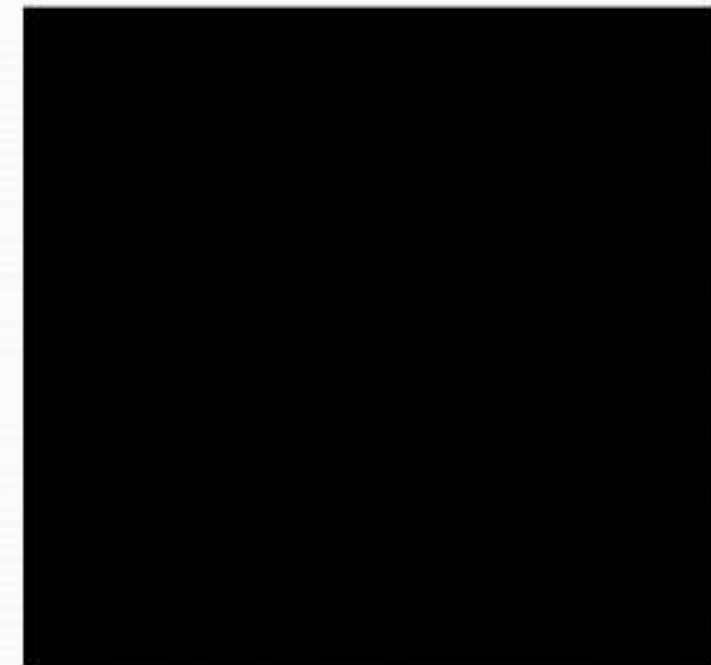


Sel Primitif \neq Sel Konvensional

Jumlah titik lattice pada

- Sel primitif : $8 \times 1/8 = 1$ buah
- Sel konvensional : $(8 \times 1/8) + 1 = 2$ buah

Vektor translasi primitif BCC

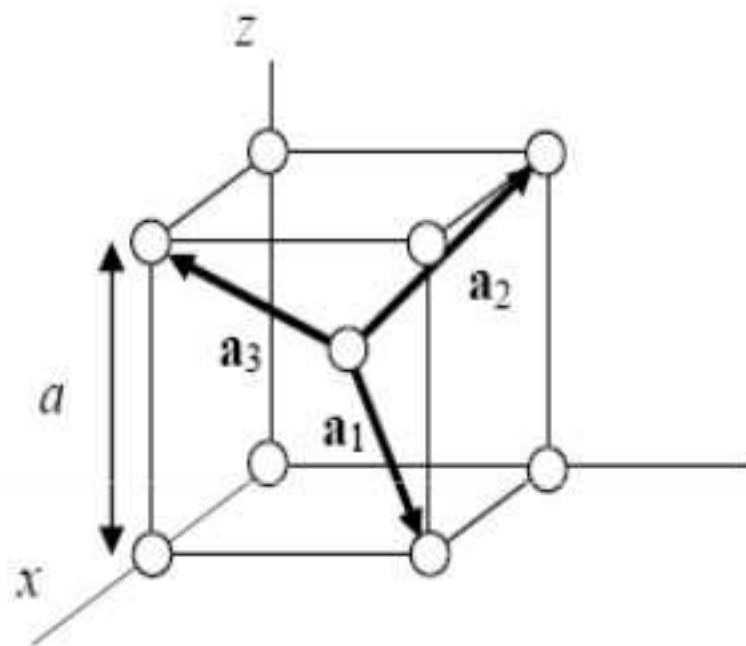


Model BCC dalam 3 dimensi

Sudut antara sumbu-sumbu BCC



Body Centered Cubic (bcc)



Volume sel satuan : $a^3 / 2$

Titik kisi persel : $8 \times 1/8 + 1 = 2$

Jarak tetangga terdekat : $\sqrt{3}a/2$

Jumlah tetangga terdekat : 8

Contoh : Na, Li, K, Rb, Cs, Cr, Fe, Nb

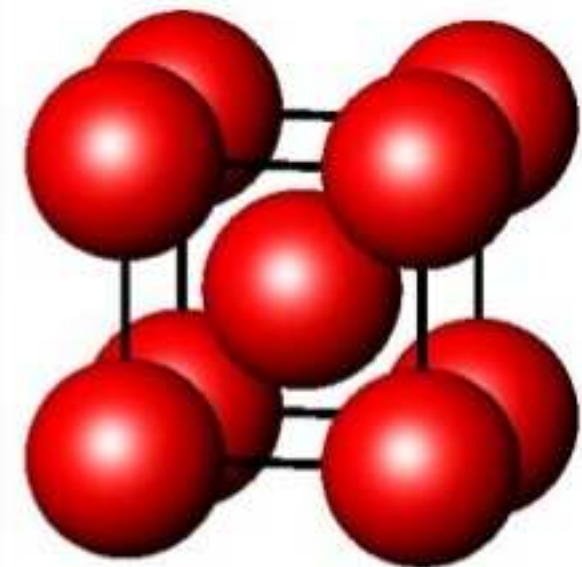
Vektor primitif

:

$$a_1 = a/2 (x + y - z)$$

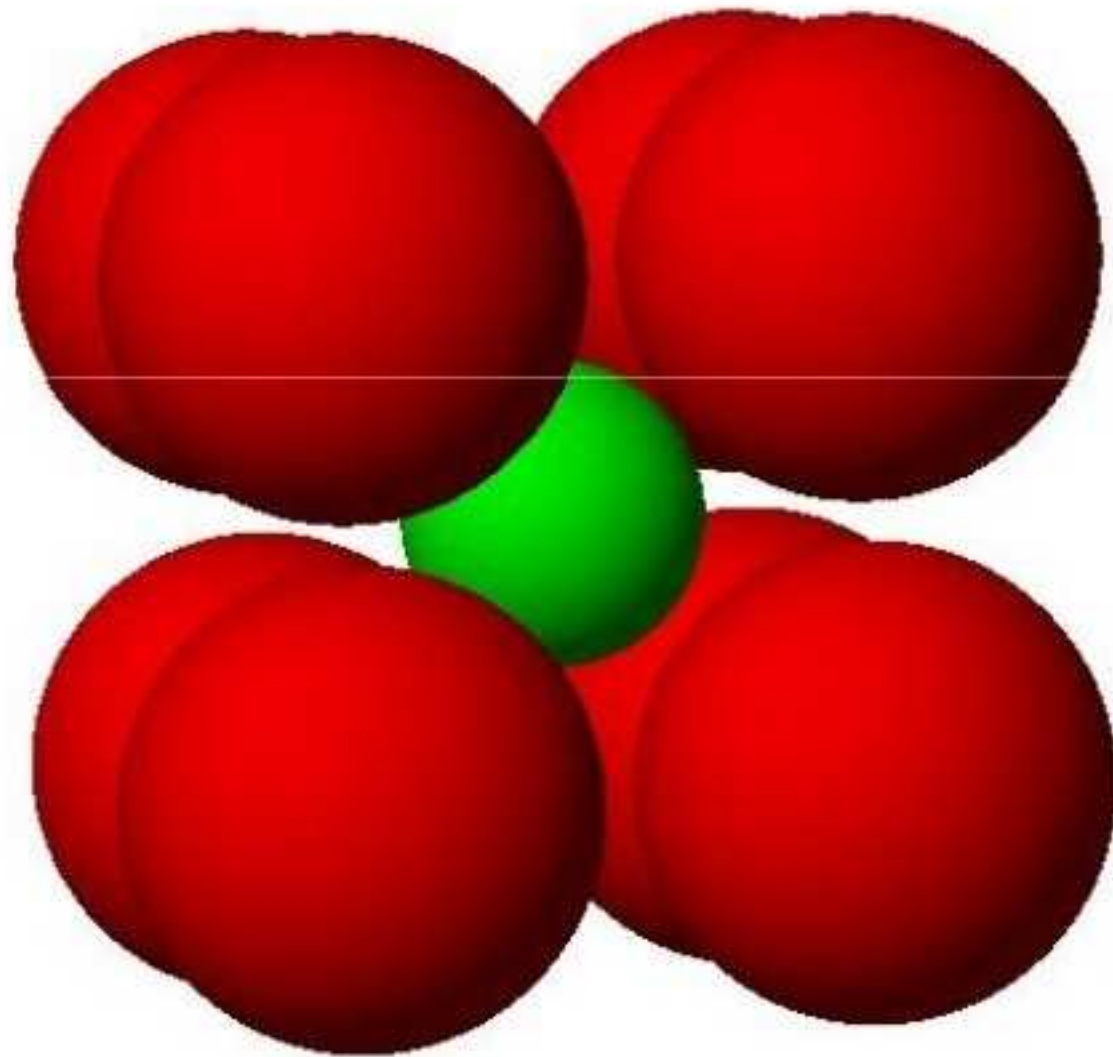
$$a_2 = a/2 (-x + y + z)$$

$$a_3 = a/2 (x - y + z)$$



Contoh BCC

Struktur Kristal Cesium Chlorida (CsCl)



Volume Sel Primitive

$$\begin{aligned} V_p &= | \mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3 | \\ &= | \mathbf{a}_2 \cdot \mathbf{a}_3 \times \mathbf{a}_1 | \\ &= | \mathbf{a}_3 \cdot \mathbf{a}_1 \times \mathbf{a}_2 | \end{aligned}$$

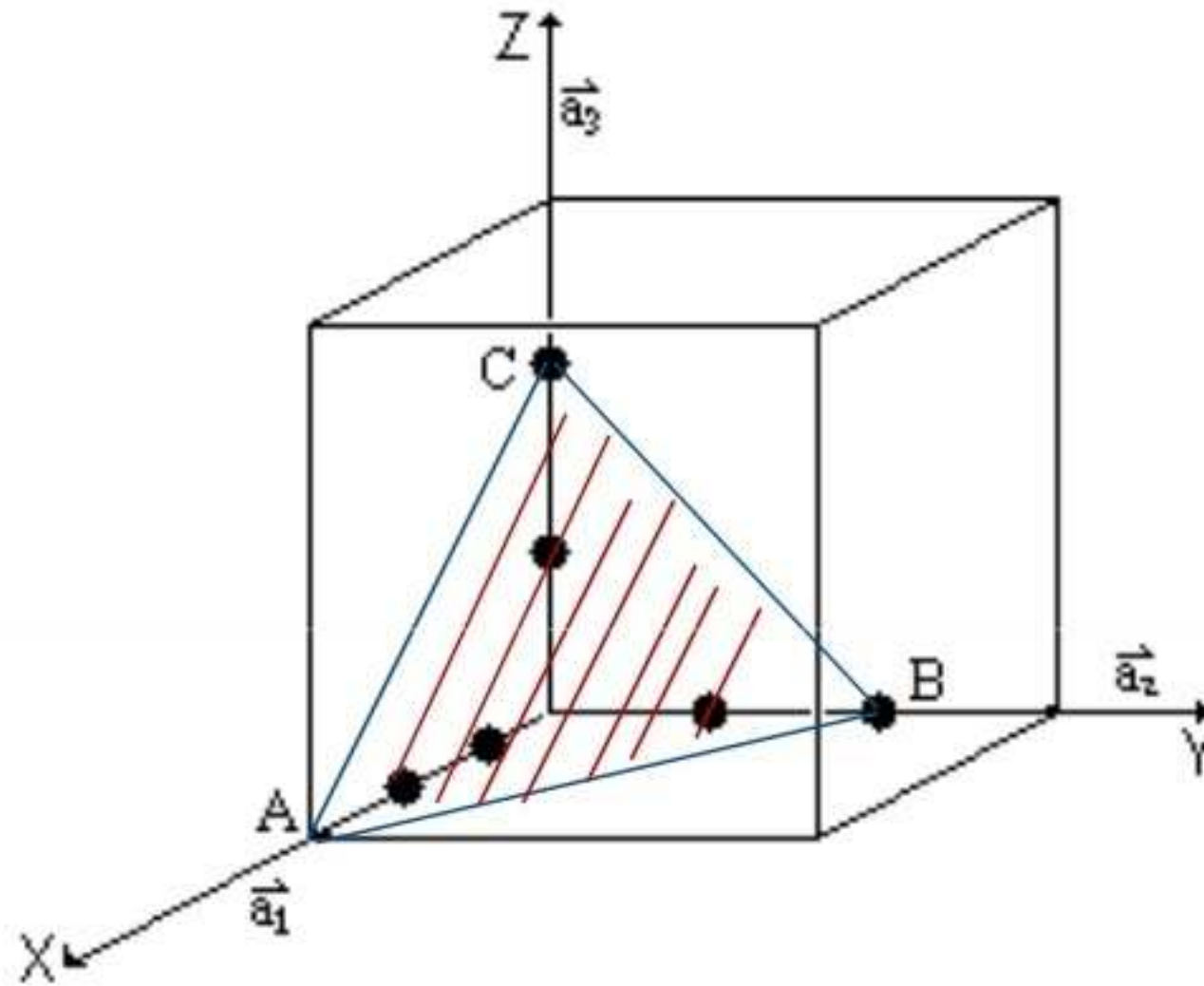
Latihan Soal :

1. Hitunglah Volume cell primitif dan cell konvensional untuk :
 - a. SC
 - b. FCC
 - c. BCC

Sistem Indeks Untuk Bidang Kristal

Suatu kristal akan mempunyai bidang – bidang atom, untuk itu bagaimana kita merepresentasikan suatu bidang datar dalam suatu kisi kristal, yang dalam istilah kristalografi sering disebut dengan *Indeks Miller*.

Contoh menentukan indeks miller



1. Bidang-bidang ABC akan memotong sumbu \vec{a}_1 di $3 a_1$, memotong \vec{a}_2 di $2 a_2$ dan memotong sumbu \vec{a}_3 di $2 a_3$
2. Bila $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = 1$ maka kebalikan dari bilangan tersebut adalah $1/3, 1/2, 1/2$.
3. Jadi ketiga bilangan bulat yang mempunyai perbandingan yang sama dari $1/3, 1/2, 1/2$ adalah 2, 3, 3 didapat dari $\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) \times 6$
4. Dengan demikian, indeks Miller bidang ABC adalah (hkl) senilai (2 3 3)

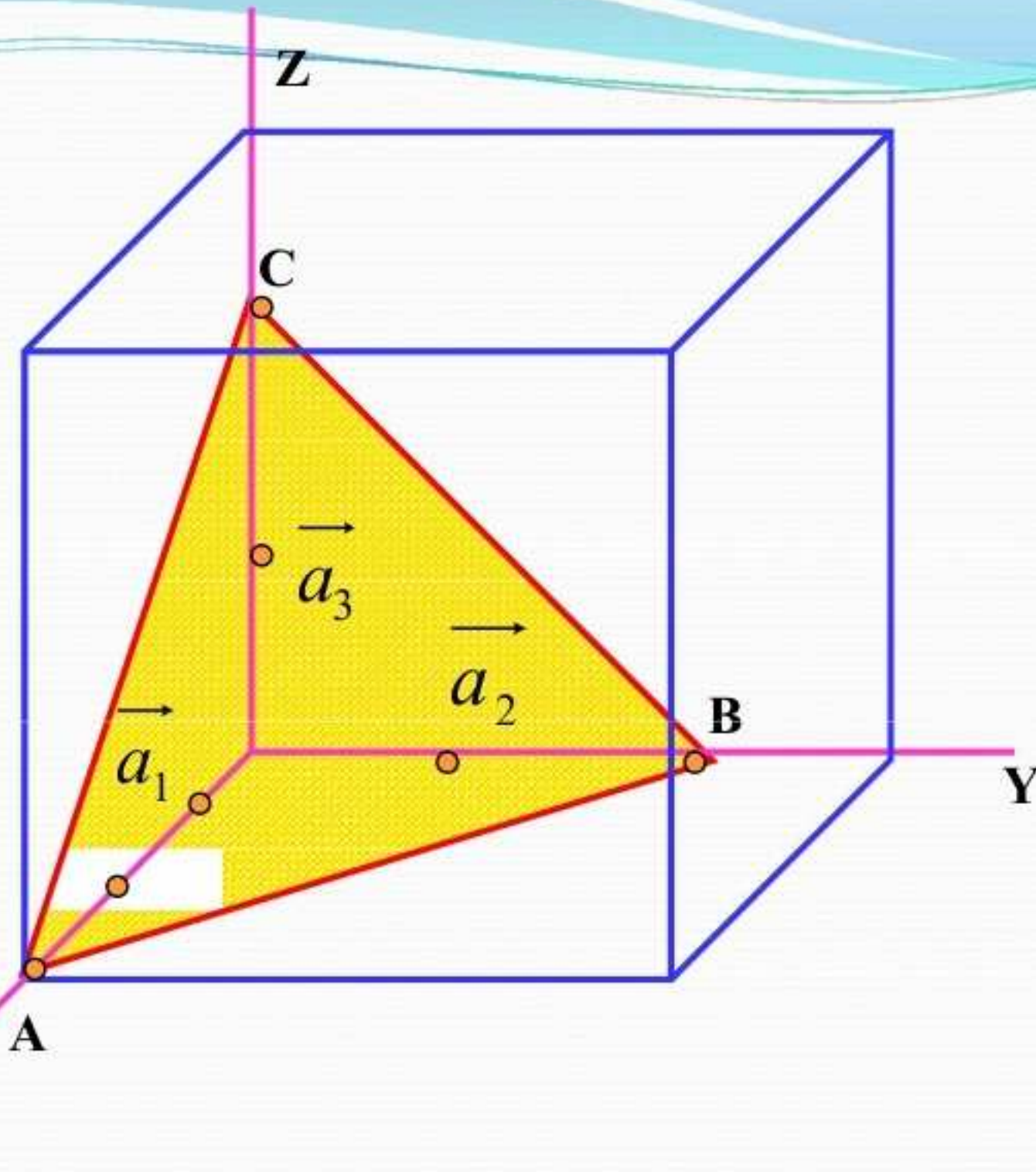
Sistem Indeks Untuk Bidang Kristal

ATURAN : Index Miller

- a. Tentukan titik-titik potong antara bidang yang bersangkutan dengan sumbu-sumbu ($\vec{a_1} \vec{a_2} \vec{a_3}$) dalam satuan konstanta kisi, sumbu-sumbu di atas dapat dipakai sumbu konvensional (x,y,z) atau sumbu primitif (a_1, a_2, a_3).



Contoh



Bidang-bidang ABC akan memotong sumbu \vec{a}_1 di $3a_1$, memotong \vec{a}_2 sumbu di $2a_2$, dan memotong sumbu \vec{a}_3 di $2a_3$.

b. Tentukan kebalikan dari bilangan-bilangan tadi.

c. Tentukan tiga bilangan bulat terkecil yang mempunyai perbandingan yang sama

$$\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right) \times (6) = (2 \ 3 \ 3)$$

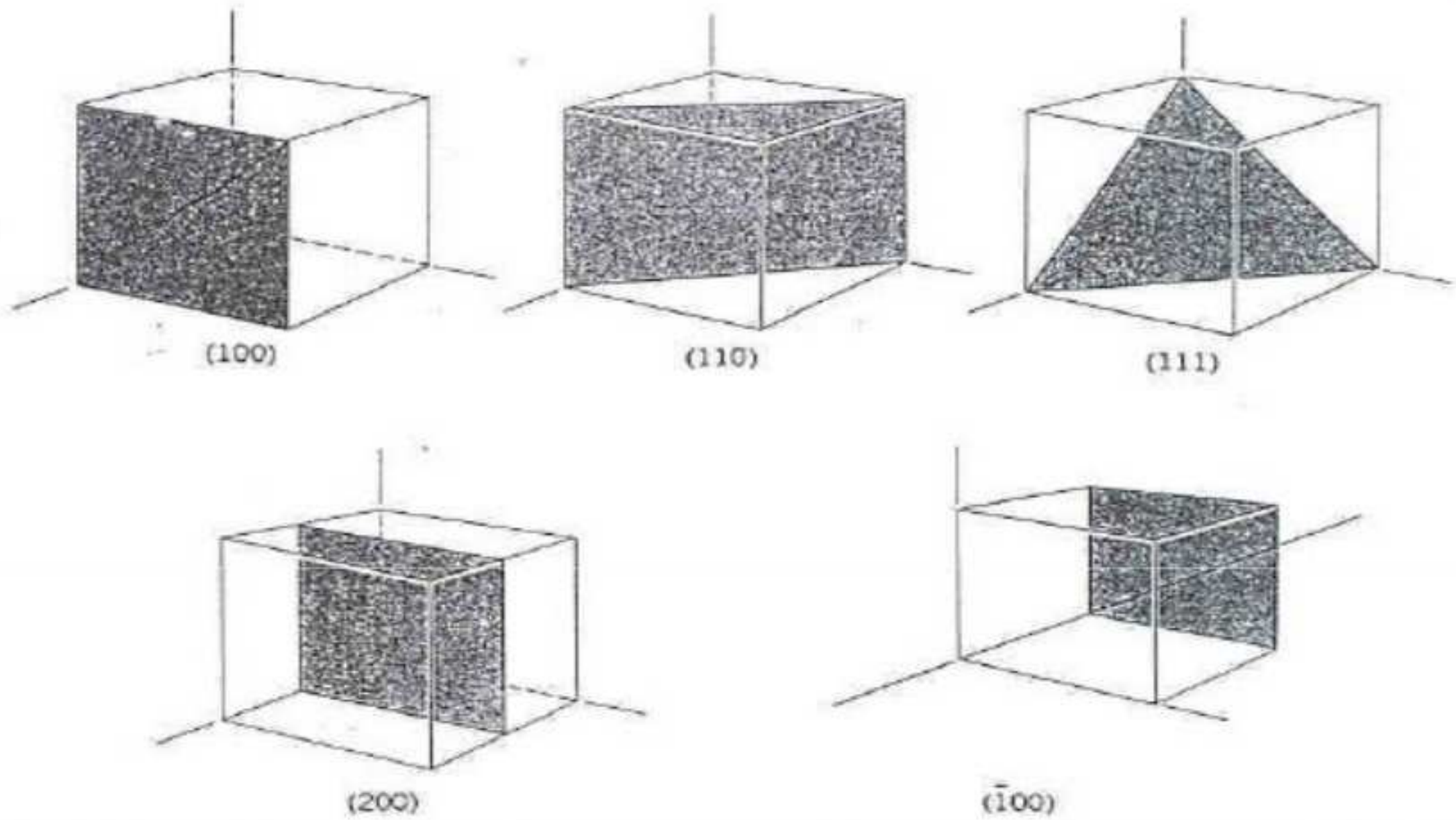
*Index Miller Untuk Bidang
ABC*

Catatan

- ❑ Jika salah satu dari hkl negatif maka indeks bidang tersebut dapat dituliskan dengan tanda setrip di atasnya seperti (\bar{h} kl) artinya h bertanda negatif.

Contoh: (-2 3 3) maka Indeks Millernya ditulis ($\bar{2}$ 3 3)

- ❑ Perhatikan bahwa dalam penulisan indeks bidang, kita tidak menggunakan tanda koma.



Beberapa contoh indeks miller

Jarak antara dua bidang kristal (SC) besarnya dirumuskan

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

Keterangan :

d = jarak antara dua bidang kristal

a = sisi kubus

h, k, l = indeks miller

Contoh :

Carilah jarak antara bidang (d) untuk bidang (010) dari kristal kubus sederhana yang mempunyai kisi kubus sebesar 2 Å!

Jawab :

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} = \frac{2}{\sqrt{0^2 + 1^2 + 0^2}} = 2 \text{ Å}$$





Contoh-contoh Struktur Kristal

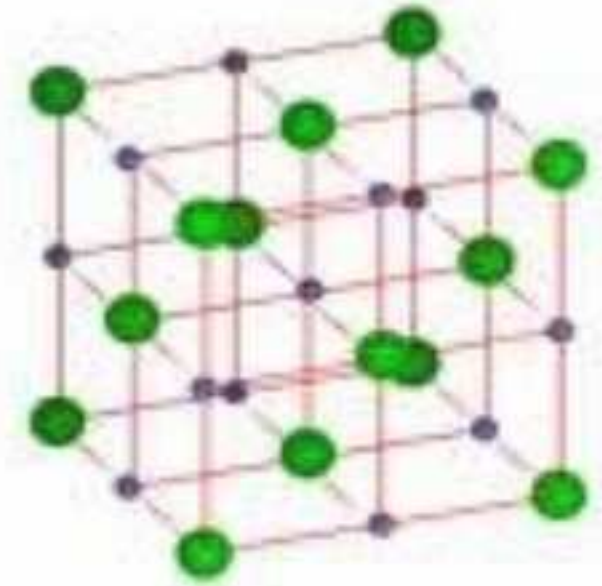
- **Struktur Kristal Sodium Chlorida (NaCl = garam dapur)**
- **Struktur Cesium Chlorida (CsCl)**
- **Struktur Hexagonal Closed Packed (HCP)**
- **Struktur Intan**
- **Struktur Seng Sulfida (ZnS)**

Struktur Kristal Natrium Chlorida (NaCl = garam dapur)

Struktur kristal natrium chlorida merupakan kisi pusat muka (FCC).

Basisnya terdiri atas satu atom Na dan satu atom Cl dengan jarak pisah setengah panjang diagonal ruangnya.

NaCl yang setiap sel satuannya berbentuk kubus sederhana dengan posisi atom-atomnya seperti yang ditunjukkan gambar berikut



Tabel
Beberapa
Bahan Dengan
Struktur Seperti
NaCl

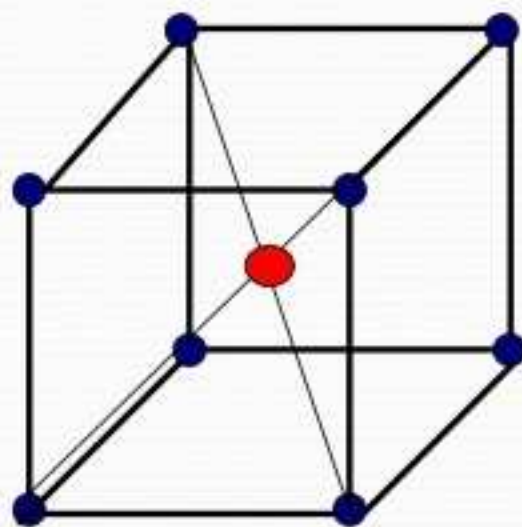
No.	Nama	Jarak (a)	No.	Nama	Jarak (a)	No.	Nama	Jarak (a)
1	LiH	4,08	13	NaBr	5,97	25	MgS	5,20
2	MgO	4,20	14	NaI	6,47	26	MgSe	5,45
3	MnO	4,43	15	KF	5,35	27	CaO	4,81
4	NaCl	5,63	16	KI	7,07	28	CaS	5,69
5	AgBr	5,77	17	RbI	5,60	29	CaSe	5,91
6	PbS	5,92	18	RbCl	6,58	30	CaTe	6,34
7	KCl	6,29	19	RbBr	6,85	31	S170	5,16
8	KBr	6,59	20	RbI	7,34	32	SrS	6,02
9	LiCl	5,13	21	CsF	6,01	33	SrSe	6,23
10	LiBr	5,50	22	AgF	4,92	34	We	6,47
11	LiI	6,00	23	AgCl	5,55	35	BaO	5,52
12	NaF	4,62	24	BaS	6,39	36	Ba	6,39

Struktur Cesium Clorida (CsCl)

Cesium Chlorida (CsCl) memiliki satu molekul per sel satuan.

Posisi atom-atomnya berada pada 000, dan mempunyai kisi Bravais BCC pada posisi $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$.

Tiap titik kisi diisi pola yang terdiri dari molekul CsCl, yaitu basis yang dengan ion Cs^+ pada 000 dan ion Cs^- pada $\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}$. Atom sudut dari salah satu subkisi merupakan atom pusat dari subkisi yang lain. Oleh karena itu, jumlah atom tetangga terdekat adalah delapan, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar Struktur
CsCl

Tabel Beberapa Bahan yang Memiliki Struktur Seperti CsCl

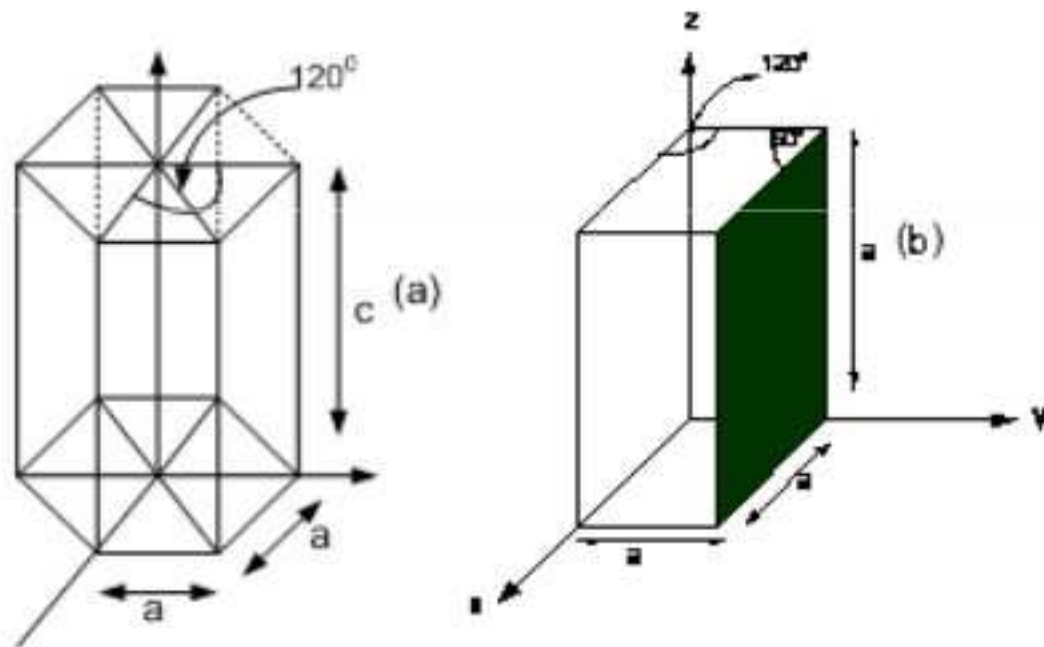
No.	Kristal	Panjang sisi = a
1	BeCu	2,70
2	AlNi	2,88
3	CuZn	2,94
4	CuPd	2,99
5	AgMg	3,28
6	LiHg	3,29
7	NH_4Cl	3,87
8	TlBr	3,97
9	CsCl	4,11
10	TlI	4,20

Struktur Hexagonal Closed Packed (HCP)

Hexagonal Closed Packed (HCP) merupakan jenis kristal yang sudah umum. Misalnya, logam magnesium, titanium, seng, berilium, dan kobalt.

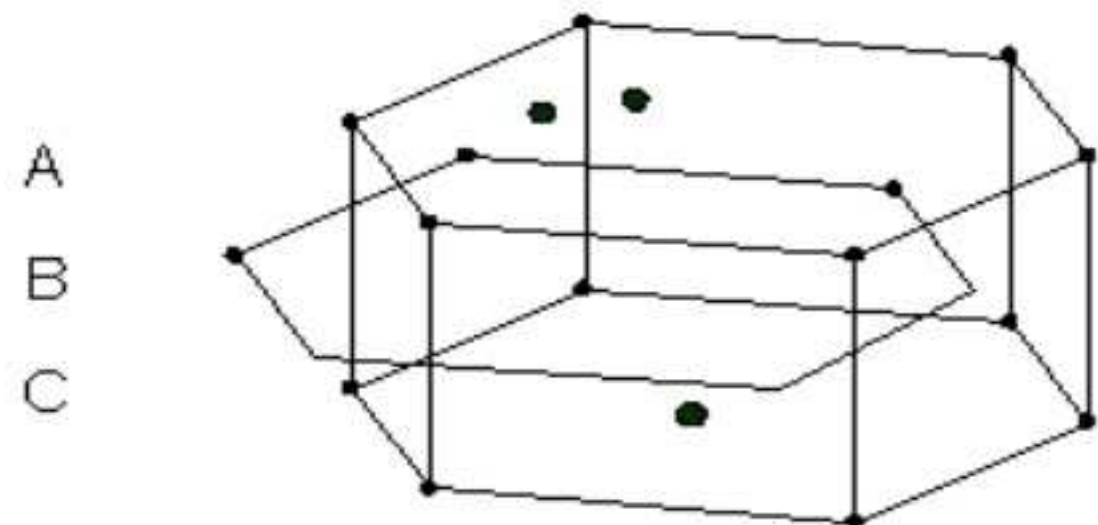
Unit sel heksagonal memiliki empat buah sumbu dengan sudut alas 120° dan 60° .

Kristal HCP dapat dipandang tersusun tiga unit sel rhombik dengan sudut 120° dan 60° seperti pada gambar berikut.



- a. Bentuk Heksagonal dengan Sumbu Empat
- b. Sel Rhombik sebagai Penyusun Sel Heksagonal

Bola-bola atom dalam HCP tersusun dalam satu bidang. Struktur kristal HCP dapat dilihat pada gambar berikut.



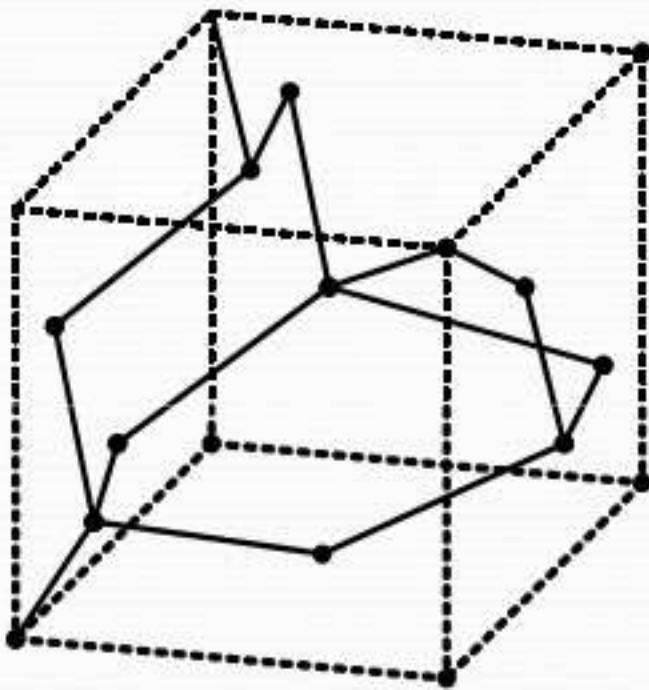
Gambar Struktur Kristal HCP

Tabel Beberapa Bahan dengan Struktur Seperti HCP

No.	Nama Unsur	a (Å°)	c	$\frac{c}{a}$ $\frac{a_3}{a_1}$	No.	Nama Unsur	a (Å°)	c	$\frac{c}{a}$ $\frac{a_3}{a_1}$
1	Be	2,29	3,58	1,56	14	Nd	3,66	5,90	1,61
2	Cd	2,98	5,62	1,89	15	Os	2,74	4,32	1,58
3	Ce	3,65	5,96	1,63	16	Pr	3,67	5,92	1,61
4	Co	2,51	4,07	1,62	17	Re	2,76	4,46	1,62
5	Dy	3,59	5,65	1,57	18	Ru	2,70	4,28	1,59
6	Er	3,56	5,59	1,57	19	Sc	3,31	5,27	1,59
7	Gd	3,64	5,78	1,59	20	Tb	3,60	5,69	1,58
8	He	3,57	5,83	1,63	21	Ti	2,95	4,69	1,59
9	Hf	3,20	5,06	1,58	22	Tl	3,46	5,53	1,60
10	Ho	3,58	5,62	1,57	23	Tm	3,56	5,55	1,57
11	La	3,75	6,07	1,62	24	Y	3,65	5,73	1,57
12	Lu	3,50	5,55	1,59	25	Zn	2,66	4,95	1,86
13	Mg	3,21	5,21	1,62	26	Zr	3,23	5,15	1,59

Struktur Intan

Struktur intan mempunyai ruang kisi yang berbentuk FCC dan merupakan gabungan dari subkisi FCC, dengan basis primitifnya mempunyai dua atom yang identik, yaitu pada posisi asal 000 dan $\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}$, seperti ditunjukkan oleh gambar berikut.



Struktur intan dapat juga dipandang sebagai kisi yang dapat bergeser sejauh seperempat diagonal kubus dalam diagonal FCC yang lain sehingga sel kubus konvensionalanya berisi delapan buah atom

Tabel Beberapa Bahan dengan struktur Intan

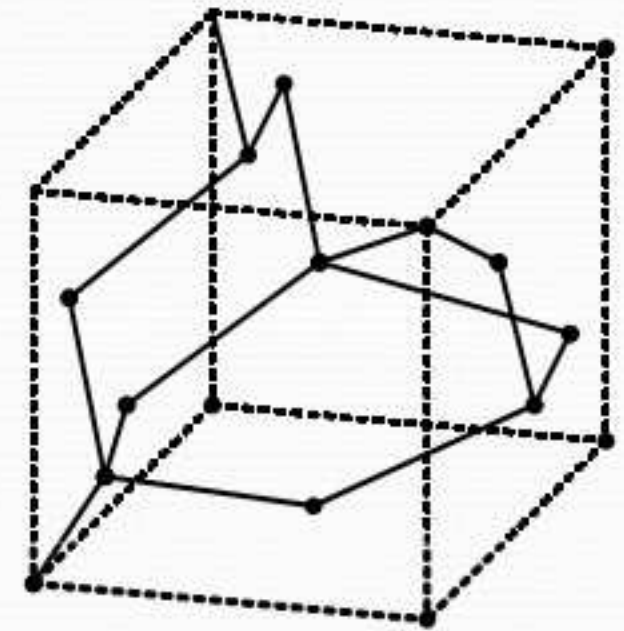
No.	Kristal	Jarak (a)
1	C (intan)	3,57
2	Si	5,43
3	Ge	5,66
4	(grey)	6,49

Struktur Seng Sulfida (ZnS)

Struktur kubus sulfida seng dihasilkan pada saat atom-atom Zn ditempatkan pada salah satu kisi kubus FCC dan atom-atom sulfur ditempatkan pada sisi kubus lainnya seperti ditunjukkan oleh gambar berikut.

Tabel Beberapa Bahan dengan Struktur ZnS

No.	Kristal	a	No.	Kristal	a	No.	Kristal	a
1.	CuF	4,26	11.	ZnS	5,42	21.	AlSb	6,13
2.	CuCl	5,41	12.	ZnSe	5,67	22.	GaP	5,45
3.	CuBr	5,69	13.	ZnTe	6,09	23.	GaAs	5,65
4.	CuI	6,04	14.	CdS	5,82	24.	GaSb	6,12
5.	AgI	6,47	15.	CdTe	6,48	25.	InP	5,87
6.	BeS	4,85	16.	HgS	5,85	26.	InAs	6,04
7.	BeSe	5,07	17.	HgSe	6,08	27.	InSb	6,48
8.	BeTe	5,54	18.	HgTe	6,43	28.	SiC	4,35
9.	MnS	5,60	19.	AlP	5,45			
10.	MnSe	5,82	20.	AlAs	5,62			





SELESAI



Terima Kasih

TWILIGHT