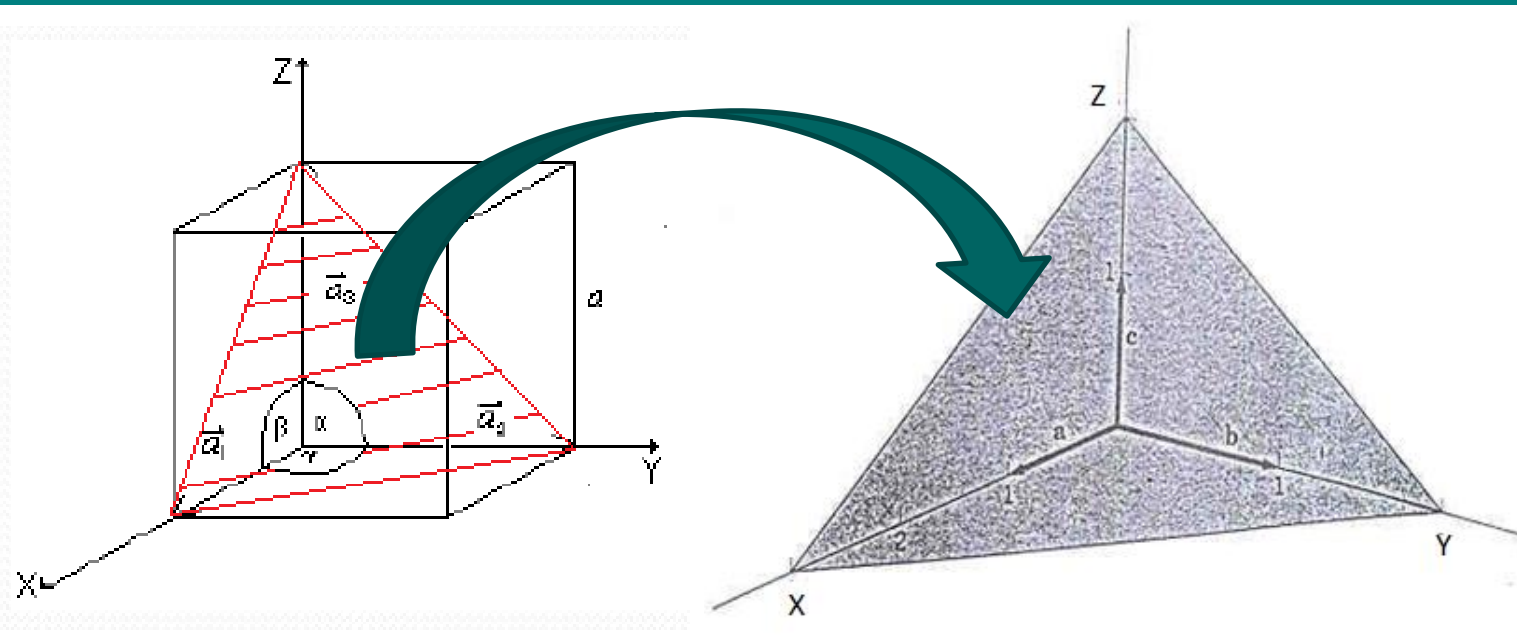


1.5. Sistem Indeks Bidang Kristal

1.5.1. Bidang dan Arah Kristal

Dalam setiap sel satuan dapat dibentuk *bidang kristal*. Bidang-bidang (*khayal*) tersebut akan memiliki arti bilamana bidang-bidang itu memuat atom-atom



Pada gambar disamping, sebuah bidang digambarkan memotong sumbu koordinat sel satuan di x_1 pada sumbu x, di y_1 pada sumbu y dan di z_1 pada sumbu z

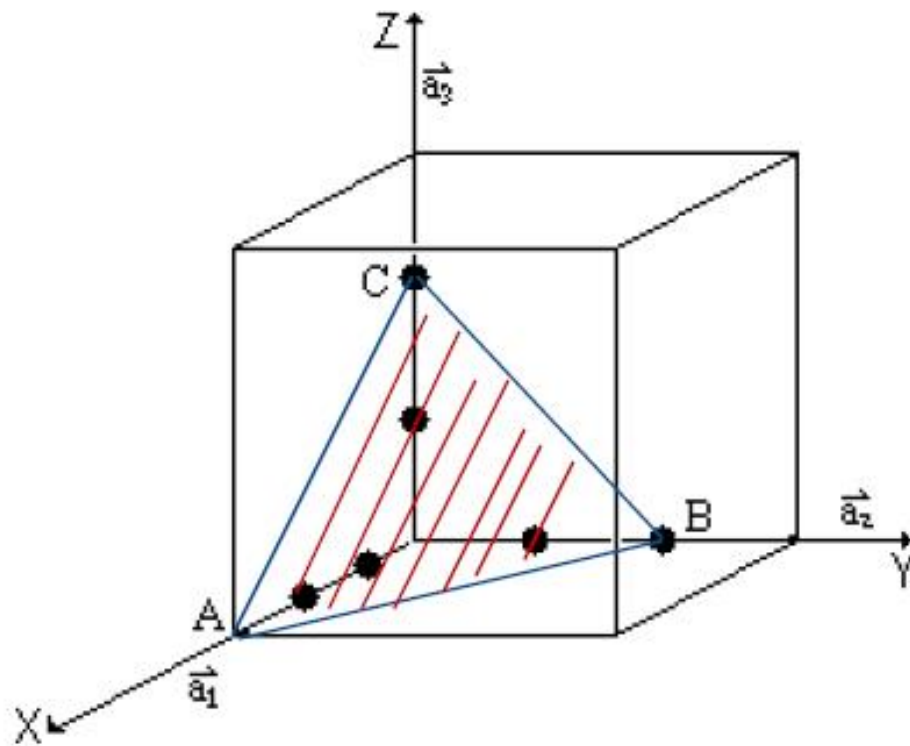
Dengan cara serupa, ada banyak bidang yang dapat dibuat pada sel satuan tersebut. Untuk membedakan antara bidang yang satu dengan yang lainnya, digunakan *indeks bidang*.

Langkah-langkah penentuan indeks bidang :

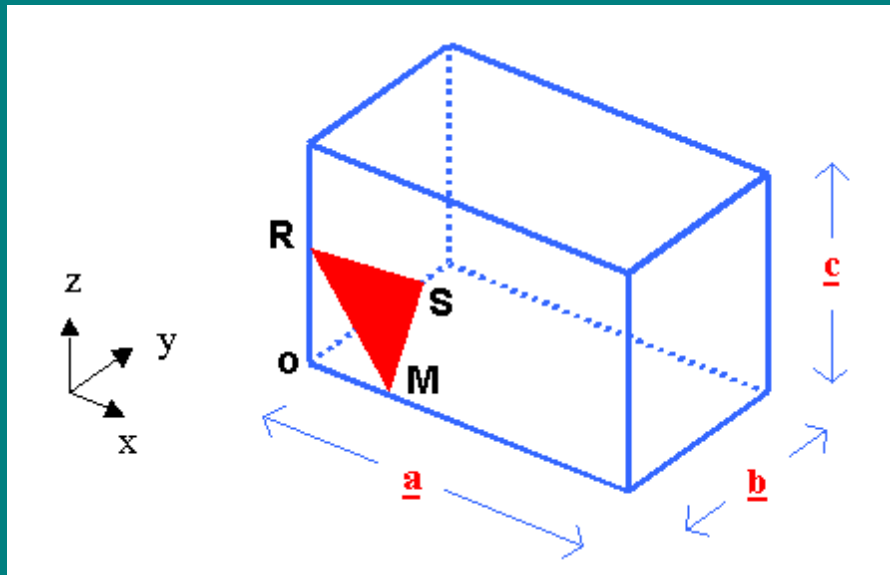
1. Menentukan titik potong bidang dengan sumbu koordinat **sel satuan**, misalnya (x_1, y_1, z_1) .
2. Titik potong dibagi dengan tetapan kisi pada masing-masing sumbu, (misalnya tetapan kisi : a, b, c) yaitu :
$$x_1/a \dots\dots\dots (1)$$
$$y_1/b \dots\dots\dots (2)$$
$$z_1/c \dots\dots\dots (3)$$
3. Ambil kebalikan persamaan (1), (2), dan (3) pada poin 2 yaitu : $a/x_1, b/y_1, c/z_1$.
4. Buat definisi yaitu : $h = a/x_1, k = b/y_1, l = c/z_1$.
5. Sederhanakan menjadi h, k, l yang kemudian disebut sebagai indeks bidang
6. Indeks bidang tersebut ditulis : (hkl) .
7. Bila nilai h, k , atau l ada yang negatif, maka indeks tersebut dituliskan dengan garis di atasnya, misalnya $-h$ ditulis $\bar{h} \ k \ l$

Indeks bidang (hkl) disebut *indeks Miller*

Contoh menentukan indeks miller



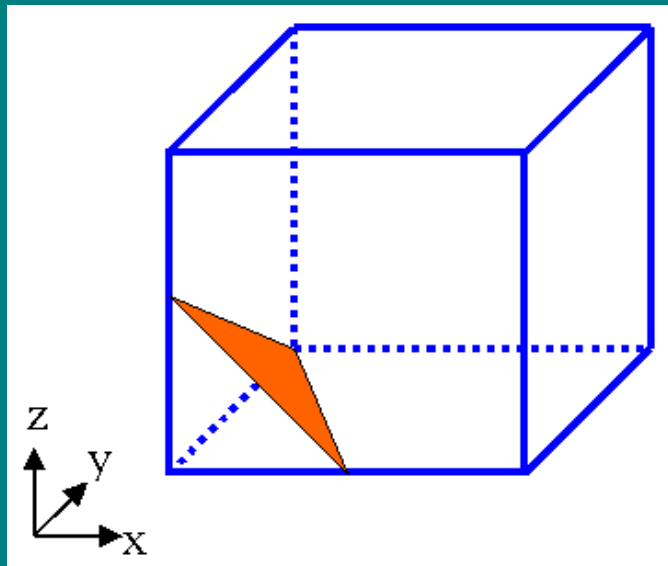
1. Bidang-bidang ABC akan memotong sumbu \vec{a}_1 di $3 a_1$, memotong \vec{a}_2 di $2 a_2$ dan memotong sumbu \vec{a}_3 di $2 a_3$
2. Bila $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = 1$ maka kebalikan dari bilangan tersebut adalah $1/3, 1/2, 1/2$.
3. Jadi ketiga bilangan bulat yang mempunyai perbandingan 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)



Titik potong pada a, b dan c
adalah : $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$

Ambil resiprokalnya: 4, $\frac{3}{2}$, 2

Kalikan dengan bilangan
bulat diperoleh Indeks Miller
(8 3 4)

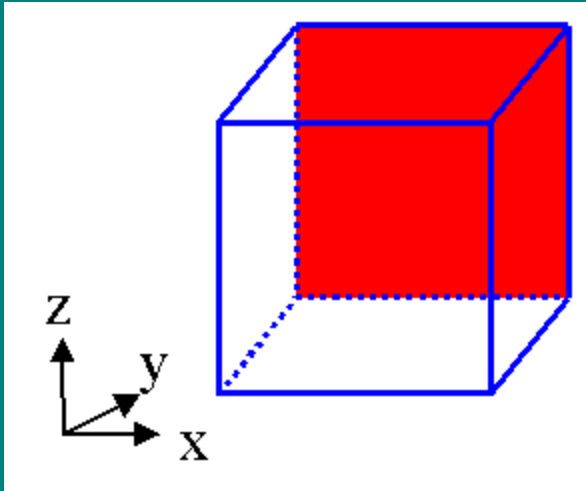


Contoh : Berapa Indeks Miller bidang pada
gambar disamping?

Tentukan titik potong pada kisi
a,b,c: $(\frac{1}{2}, 1, \frac{1}{2})$

Dapatkan resiprokalnya (2, 1, 2)

Indeks Miller (hkl) = (2 1 2)

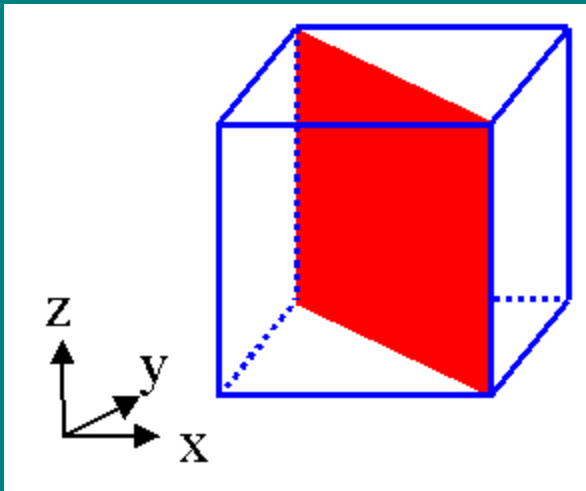


Contoh :

Tentukan indeks miller gambar disamping :

Bidang tegak lurus y dan memotong di $x = \infty$, $y = 1$ dan $z = \infty$ ($\infty, 1, \infty$)

Indeks miller $(hkl) = (0 \ 1 \ 0)$



Diagonal ini memotong pada $1, 1, \infty$

Maka indeks miller $(hkl) = (1 \ 1 \ 0)$

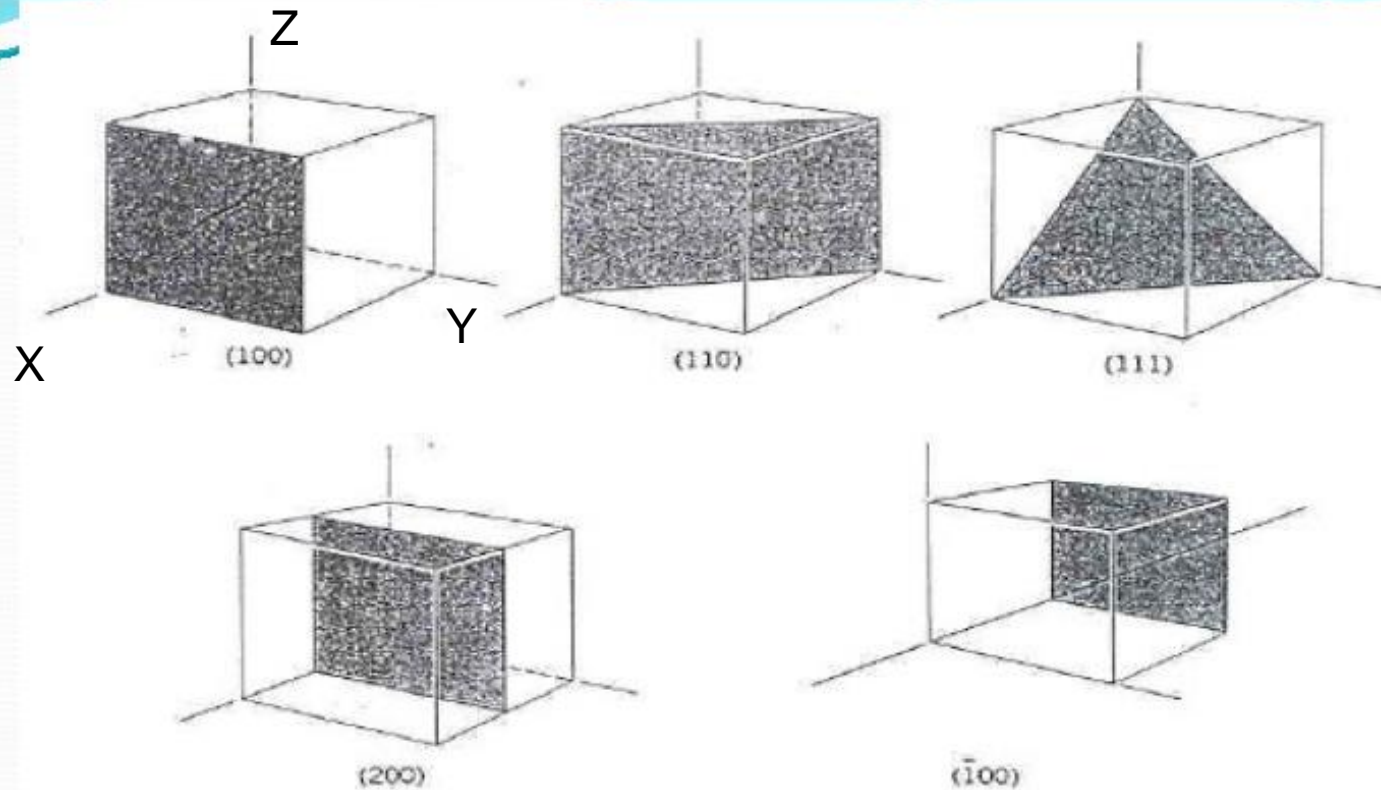
Catatan : indeks 0 berarti bahwa bidang paralel terhadap sumbu.

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

Latihan :

Gambarkan bidang dengan indeks miller berikut !:

$(0\ 0\ 1)$ $(0\ 0\ 2)$ $(0\ 0\ \bar{1})$

$(1\ 0\ 1)$ $(2\ 2\ 2)$ $(\bar{2}\ 2\ 2)$

Indeks Miller didefinisikan sebagai orientasi bidang dalam sel satuan.

Indeks Miller adalah kumpulan dari bidang-bidang paralel satu sama lain (dimana sel satuan merupakan subset dari kristal tak terbatas).

Bidang (002) paralel dengan bidang (001) dan seterusnya.

1.5.2 Jarak Antar Bidang

Dalam sel satuan yang berbeda dapat dibuat bidang sejenis yang berindeks *sama*. Jika digambarkan, kedua bidang tersebut adalah *sejajar*. Dalam keadaan ini, kita dapat menentukan jarak *antar bidang* (yang indeks hkl-nya sama), d_{hkl} .

Secara umum, jarak antara bidang d_{hkl} :

$$d_{hkl} = \frac{1}{\sqrt{\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}}}$$

Untuk sistem kristal ortogonal
dimana $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$) jarak
antar bidang adalah:



$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

Untuk kristal kubik dimana $a=b=c$:



Contoh :

$$1) d_{(100)} = a \quad 2) d_{(200)} = a/2$$

$$3) d_{(110)} = a/(2)^{1/2}$$

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$$

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 :

Sebuah kristal kubus mempunyai panjang kisi $a=5.2 \text{ \AA}$ ($=0.52 \text{ nm}$). Hitunglah d_{hkl} untuk bidang (1 1 0)

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{a^2}{h^2 + k^2 + l^2}}$$

Untuk bidang (1 1 0)

$$d_{(1\ 1\ 0)} = \frac{a}{\sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2}}$$

$$d_{(1\ 1\ 0)} = a/(2)^{1/2}$$

$$\begin{aligned} d_{(1\ 1\ 0)} &= 0,52/1,414 \\ &= 0,368 \text{ nm} \end{aligned}$$

Untuk bidang:

$$d_{(100)} = 0,52 \text{ nm}$$

$$d_{(200)} = 0,26 \text{ nm}$$

Jarak antar bidang untuk ke-7 sistem sbb

Kubus

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$$

Tetragonal

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

Heksagonal

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk^2 + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}$$

Orthorombik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

Rhombohedral

$$\frac{1}{d^2} = \frac{(h^2 + k^2 + l^2)\sin^2 \alpha + 2(hk + kl + hl)(\cos^2 \alpha - \cos \alpha)}{a^2(1 - 3\cos^2 \alpha + 2\cos^3 \alpha)}$$

Monoklinik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{\sin^2 \beta} \left(\frac{h^2}{a^2} - \frac{k^2 \sin^2 \beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl \cos \beta}{ac} \right)$$

Triklinik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{V^2} (S_{11}h^2 + S_{22}k^2 + S_{33}l^2 + 2S_{12}hk + 2S_{23}kl + 2S_{13}hl)$$

V = volume satu satuan sel triklinik

$$S_{11} = b^2 c^2 \sin^2 \alpha$$

$$S_{22} = a^2 c^2 \sin^2 \beta$$

$$S_{33} = a^2 b^2 \sin^2 \gamma$$

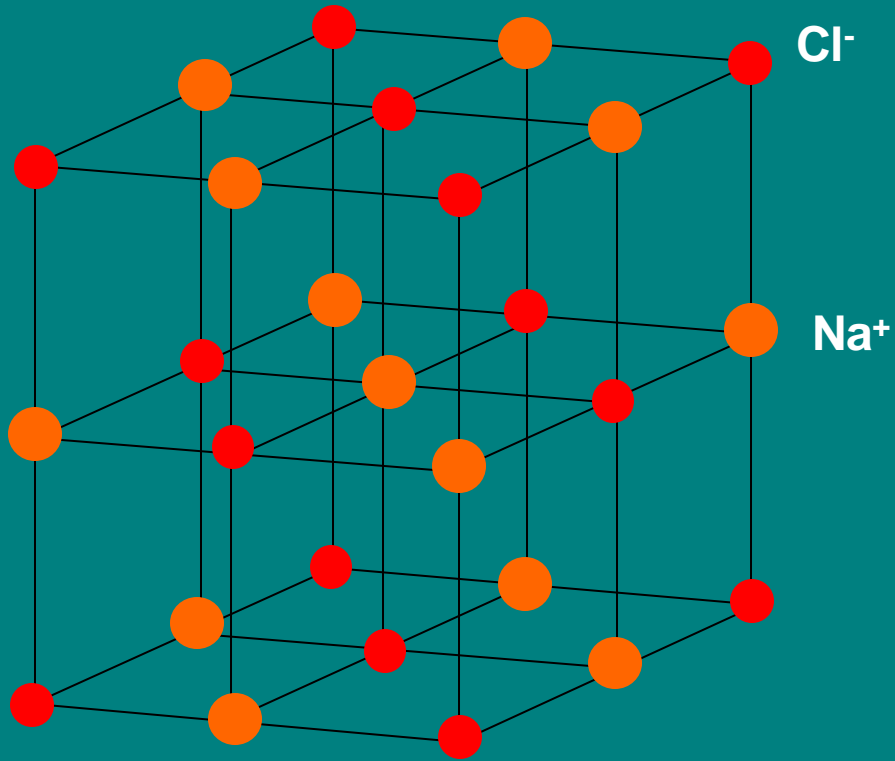
$$S_{12} = abc^2(\cos \alpha \cdot \cos \beta - \cos \gamma)$$

$$S_{23} = a^2 bc(\cos \beta \cdot \cos \gamma - \cos \alpha)$$

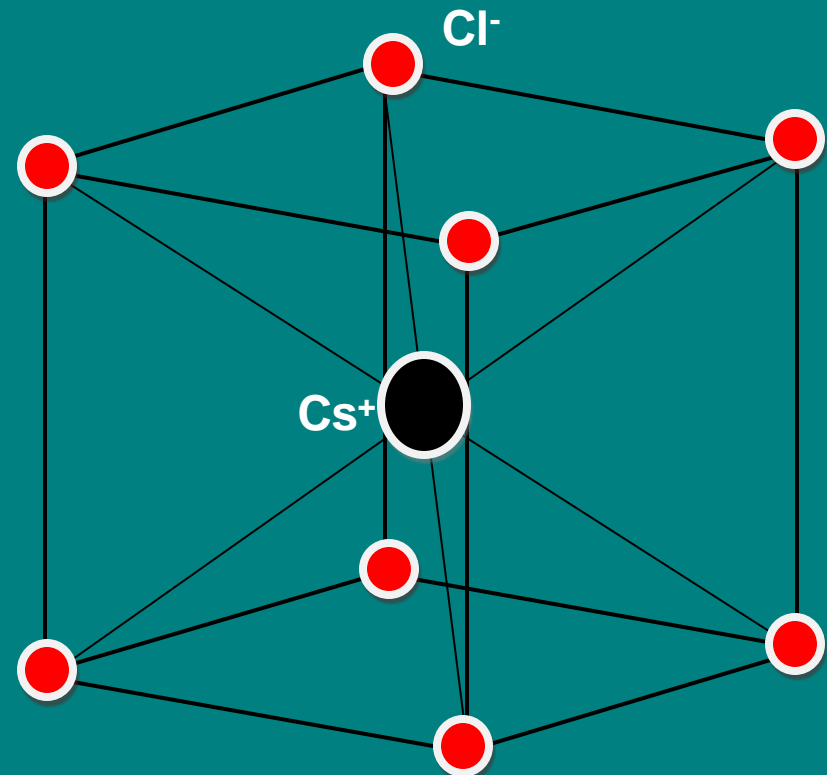
$$S_{13} = ab^2 c(\cos \gamma \cdot \cos \alpha - \cos \beta)$$

Struktur Kristal Sederhana

1) Struktur Sodium Klorida



2). Struktur Cesium Klorida

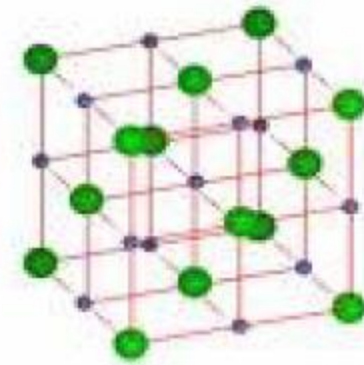


Struktur Kristal Natrium Chlorida (NaCl = garam dapur)

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

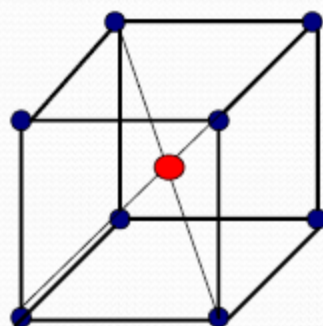


Struktur Cesium Clorida (CsCl)

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.



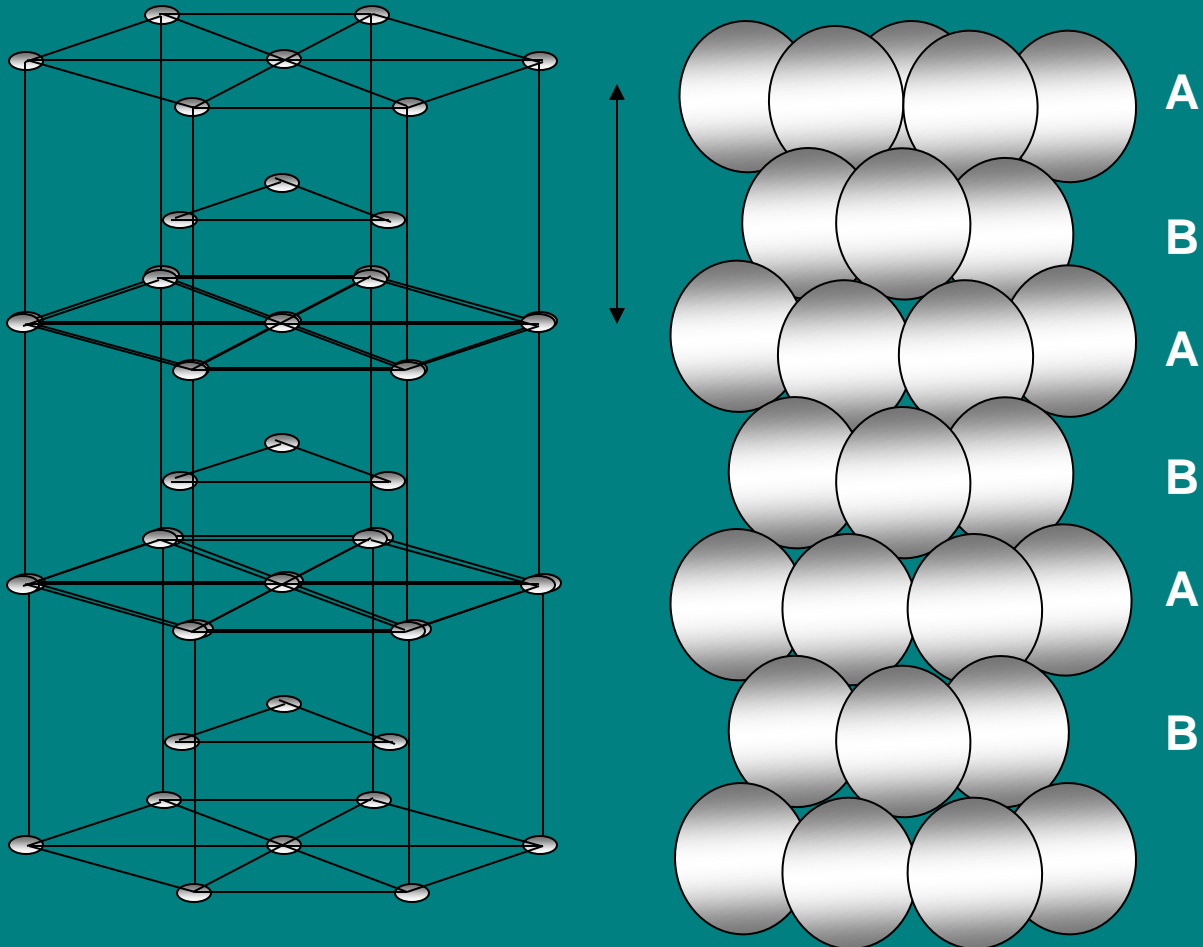
Gambar Struktur
CsCl

Tabel Beberapa Bahan yang Memiliki Struktur Seperti CsCl

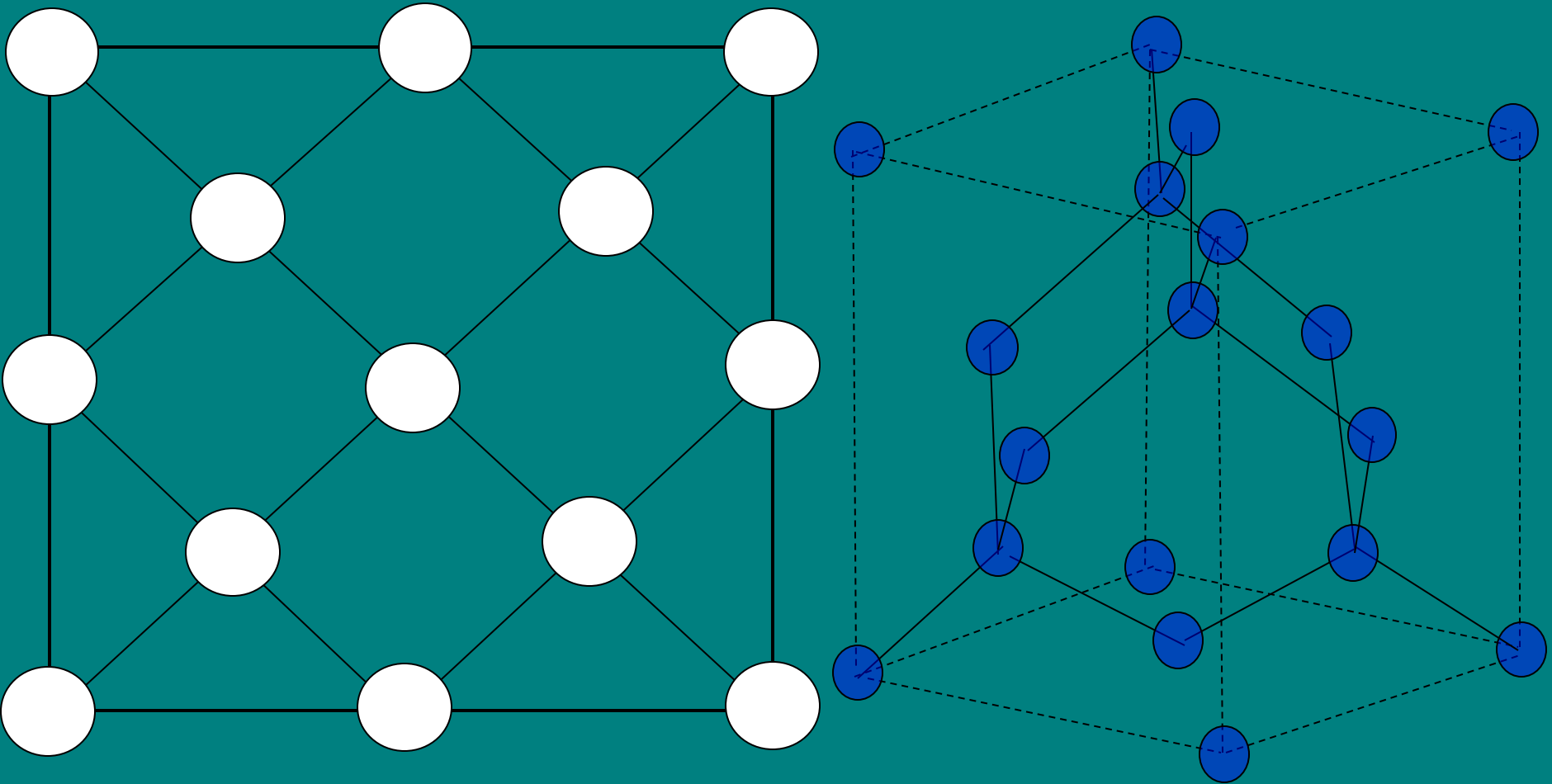
No.	Kristal	Panjang sisi = a
1	BeCu	2,70
2	AlNi	2,88
3	CuZn	2,94
4	CuPd	2,99
5	AgMg	3,28
6	LiHg	3,29
7	NH_4Cl	3,87
8	TlBr	3,97
9	CsCl	4,11
10	TlI	4,20

A
B
A

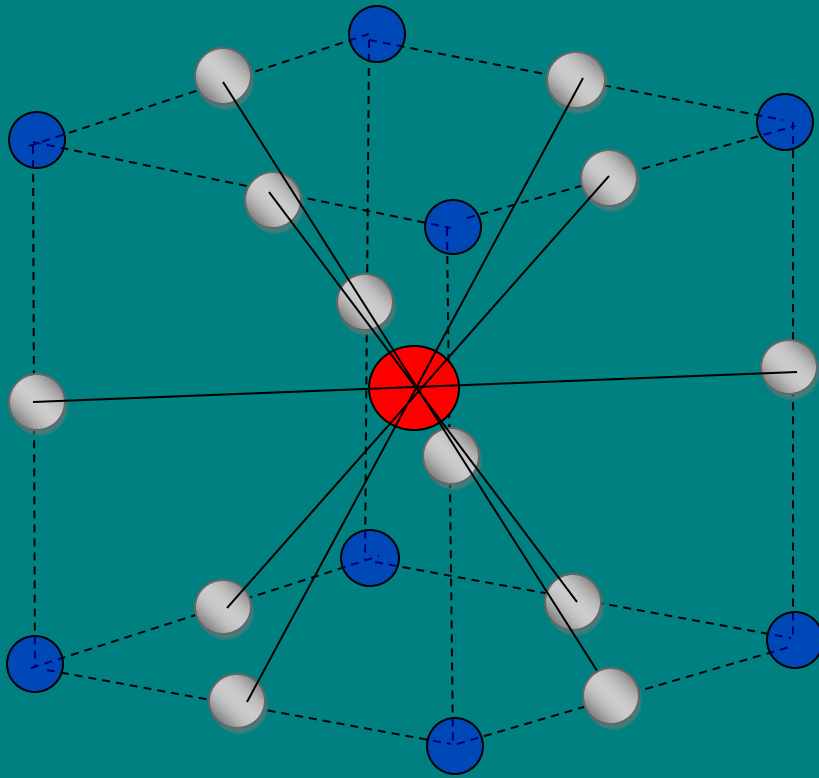
3). Struktur Heksagonal Paket Tertutup (HCP)



4). Struktur Intan adalah FCC dengan basis dua atom identik, yaitu atom karbon. Posisi kedua atom tersebut adalah pada 000 dan $\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}$.

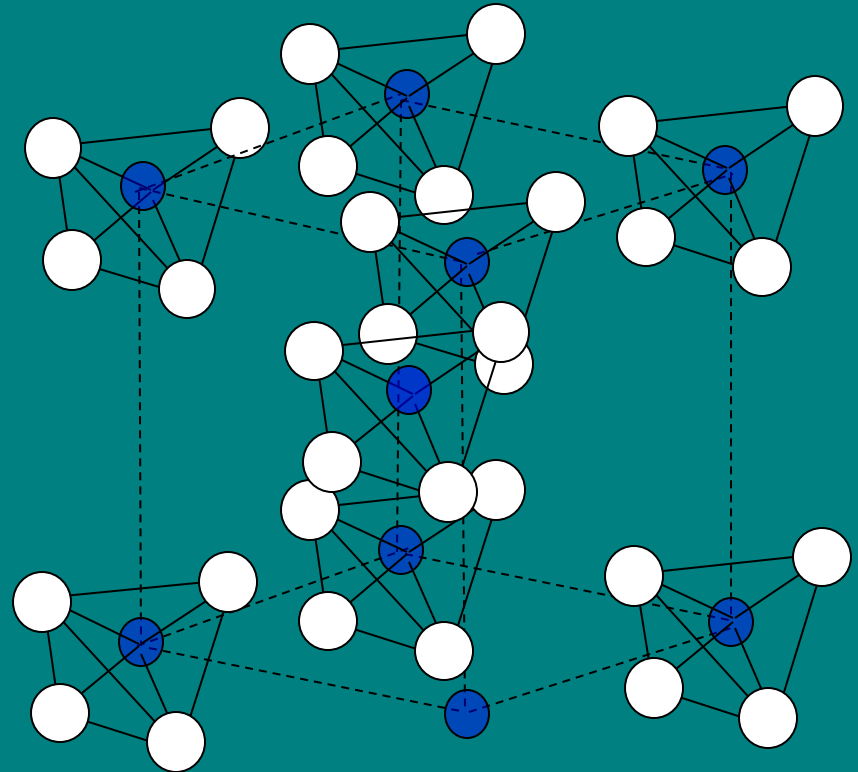


5). Struktur Perovskite



● = Ba ● = Ti ● = O

6) Struktur Silikon Tetrafluorida



Tugas 2

1. Tunjukkan Jarak antar bidang kristal :

a.. Rhombohedral adalah:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{(h^2 + k^2 + l^2)\sin^2 \alpha + 2(hk + kl + hl)(\cos^2 \alpha - \cos \alpha)}{a^2(1 - 3\cos^2 \alpha + 2\cos^3 \alpha)}$$

b. Monoklinik

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{\sin^2 \beta} \left(\frac{h^2}{a^2} - \frac{k^2 \sin^2 \beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl \cos \beta}{ac} \right)$$

c. Hexagonal

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk^2 + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}$$

Tugas 2

2. Sebuah kristal Hexagonal dengan panjang kisi $a=3.2$ Å, $c=5.4$ Å. Tentukan jarak antar bidang untuk indeks miller $(1\ 0\ 0)$, $(0\ 0\ 1)$, $(1\ 1\ 1)$.
3. Sebuah kristal Monoklinik dengan panjang kisi $a=4.7$ Å, $b=5.2$ Å $c=3.4$ Å, $\alpha = 60$ dan $\beta = 90$. Tentukan jarak antar bidang untuk indeks miller $(1\ 0\ 0)$, $(0\ 0\ 1)$, $(1\ 1\ 1)$.
4. Sebuah kristal Triklinik dengan panjang kisi $a=4.7$ Å, $b=5.2$ Å $c=3.4$ Å, $\alpha = 120$, $\beta = 60$ dan $\gamma = 90$. Tentukan jarak antar bidang untuk indeks miller $(1\ 0\ 0)$, $(0\ 0\ 1)$, $(1\ 1\ 1)$.

Selamat Belajar