

NAN

TEKNOLOGI



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

NANOTEKNOLOGI

ELFRIDA GINTING, PH.D

satrio.k@iti.ac.id

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**



CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN (CPL)

CPL1 (S2) Memiliki moral, etika, dan kepribadian yang baik di dalam menyelesaikan tugasnya.

CPL 2 (P2) Menguasai prinsip dan metode rekayasa kimia, prinsip ekonomi, dan proses ekologi untuk dapat berperan sebagai tenaga ahli (sub professional) yang menangani masalah rekayasa Kimia.

CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN (CPL)



CPL 3 (KU2) Mampu memahami kebutuhan pembelajaran sepanjang hayat melalui proses evaluasi diri, mengelola pembelajaran diri sendiri, dan secara efektif mengkomunikasikan informasi dan ide dalam berbagai bentuk media kepada masyarakat tentang rekayasa kimia.

CPL 4 (KK1) Mampu mengidentifikasi dan merumuskan masalah pada penerapan ilmu kimia, melakukan studi untuk mendesain suatu sistem atau proses untuk menyelesaikan masalah berdasarkan prinsip aplikasi kimia (perubahan bahan baku menjadi produk yang mempunyai nilai tambah melalui proses fisika, kimia, dan biologi secara aman, ramah lingkungan, dan ekonomis) dengan memanfaatkan metode, teknik, dan instrument rekayasa modern, serta menganalisis dan mengevaluasi hasilnya dalam batasan yang ada.

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (CPMK)



CPMK 1 Memiliki moral, etika, dan kepribadian yang baik dalam menyelesaikan tugas selama proses pembelajaran yang terkait pada mata kuliah Nanoteknologi.

CPMK 2 Menguasai prinsip dan metode rekayasa kimia, prinsip ekonomi, dan proses ekologi untuk dapat berperan sebagai tenaga ahli (sub professional) yang menangani masalah Kimia dengan menggunakan ilmu nanoteknologi secara mandiri.

CPMK 4 Mampu memahami ilmu nanoteknologi untuk menyelesaikan masalah berdasarkan prinsip rekayasa Kimia yang saling terkait dengan aspek material, energi, dan lingkungan

Sebagian
besar aplikasi
teknologi
logam dalam
bentuk partikel

Contoh:
katalis
logam
yang
didukung

Polikristalin
yang masif

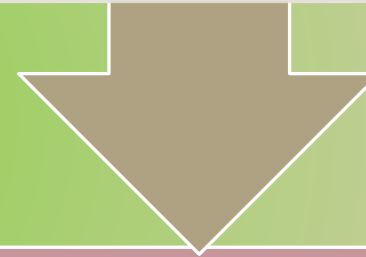
- Contoh:
elektroda,
fabrikasi
mekanis

Pendahuluan

Tinjauan Tingkat Mikroskopis

Sebagian besar material dapat dianggap sebagai kumpulan kristal tunggal (single crystal crystallites)

Kecuali: beberapa spesimen yang berbentuk amorf



Kimia permukaan dari material secara keseluruhan sangat bergantung pada

Sifat dan jenis permukaan yang terpapar pada kristalit ini

Sifat Permukaan Material

Pada prinsipnya sifat permukaan material dapat dipahami jika:

- Mengetahui jumlah setiap jenis permukaan yang terpapar
- Memiliki pengetahuan detail tentang properti dari setiap jenis bidang permukaan (surface plane).

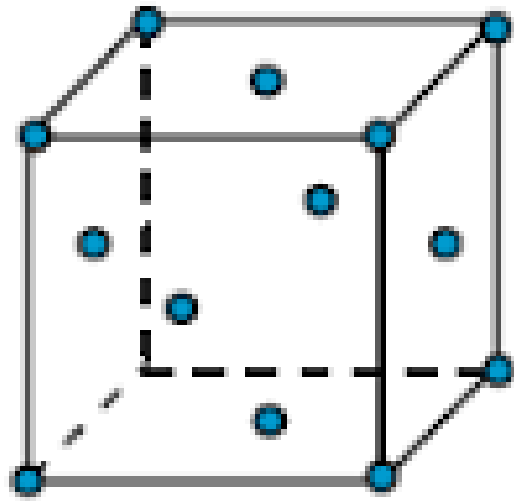
Asumsi Tidak Ada Pengaruh Cacat Kristal

Teknik yang umum digunakan, adalah menyiapkan kristal logam tunggal makroskopis

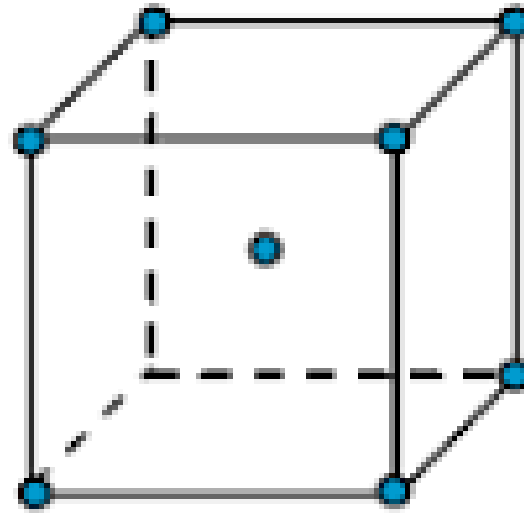
- yaitu ukuran \sim cm

Kemudian dengan sengaja dipotong-potong

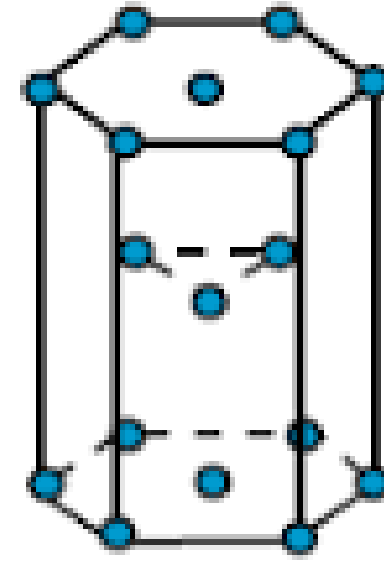
- Dengan cara memperlihatkan area luas dari permukaan tertentu yang diinginkan



FCC



BCC



HCP

Struktur Kristal Logam

- Kubik Berpusat Tubuh (Body Centered Cubic: BCC)
- Kubik Berpusat Muka (Face Centered Cubic: FCC)
- Paket Tutup Heksagonal (Hexagonal Closed Packed: HCP)

Bidang Dengan "Indeks Rendah"

Untuk masing-masing sistem kristal

- Terdapat jumlah permukaan terbuka yang tidak terbatas

Pada prakteknya hanya sejumlah bidang

Terutama yang disebut permukaan "indeks rendah" ditemukan

- Dengan jumlah yang signifikan

Untuk memprediksi ideal susunan atom pada permukaan dari logam tertentu adalah memungkinkan



Metode yang digunakan adalah dengan

Mempertimbangkan bagaimana struktur massal berpotongan dengan permukaan

Struktur kristal curah secara rinci perlu juga diperhatikan.

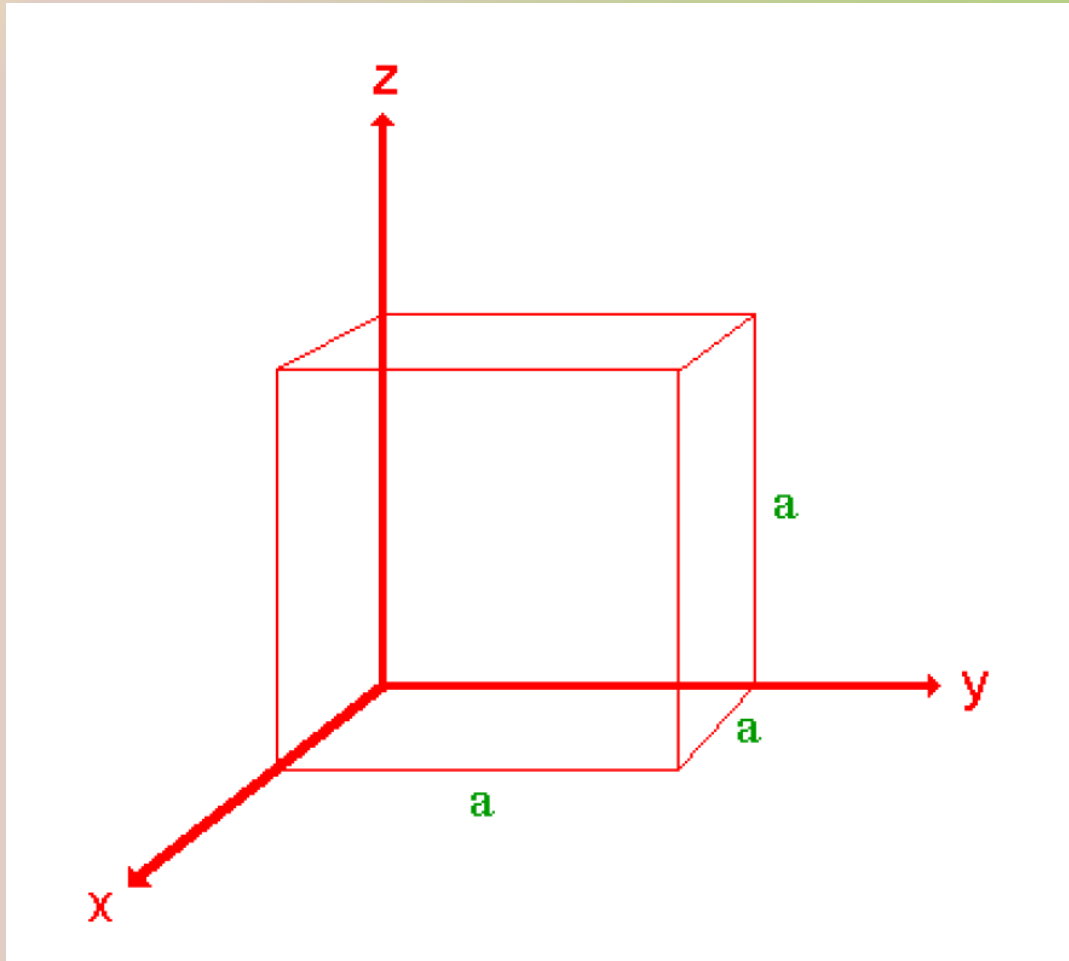
Prediksi Susunan Atom Ideal

Indeks Miller



Prosedur Penentuan Indeks Miller

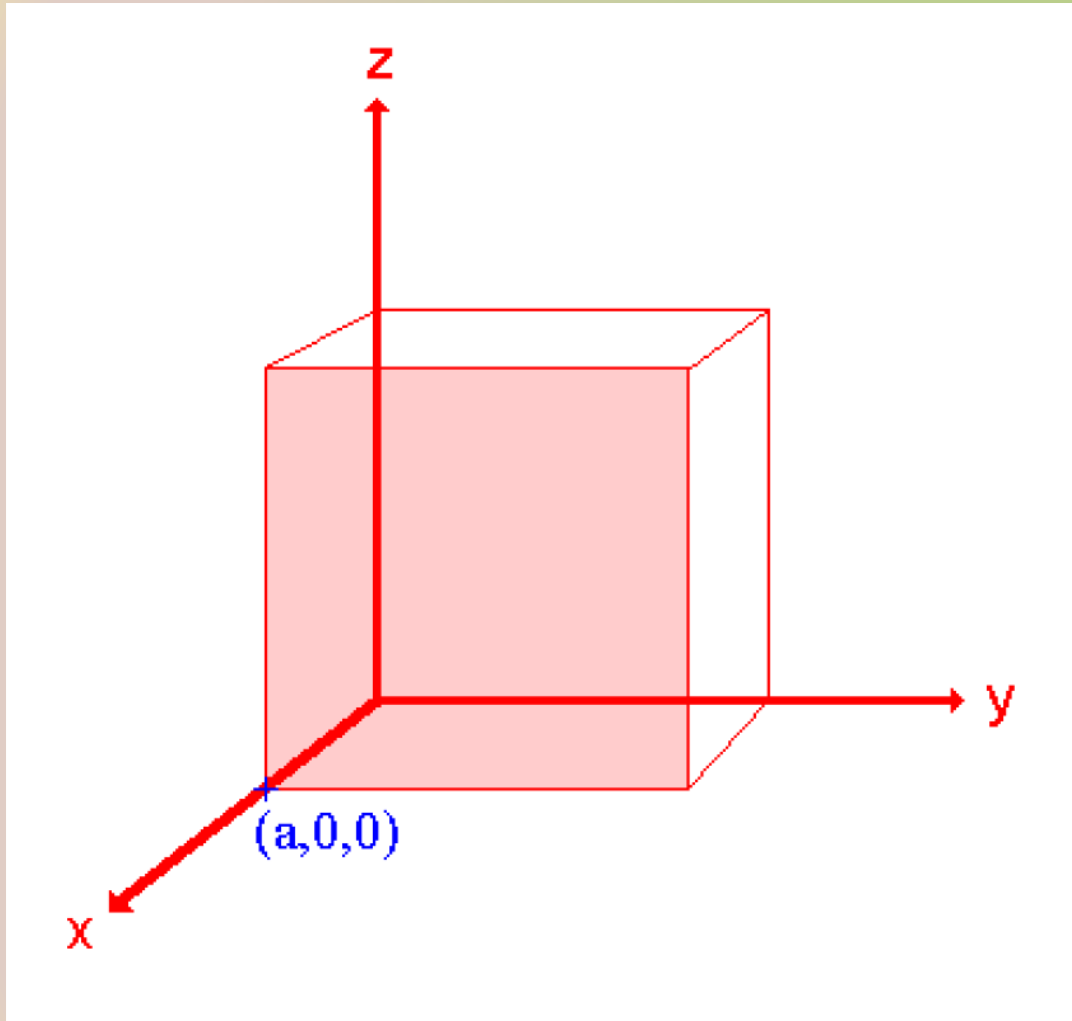
- Sistem kristal kubik yang memiliki sel satuan kubik dengan dimensi
 - $a \times a \times a$
- akan menjadi dipertimbangkan



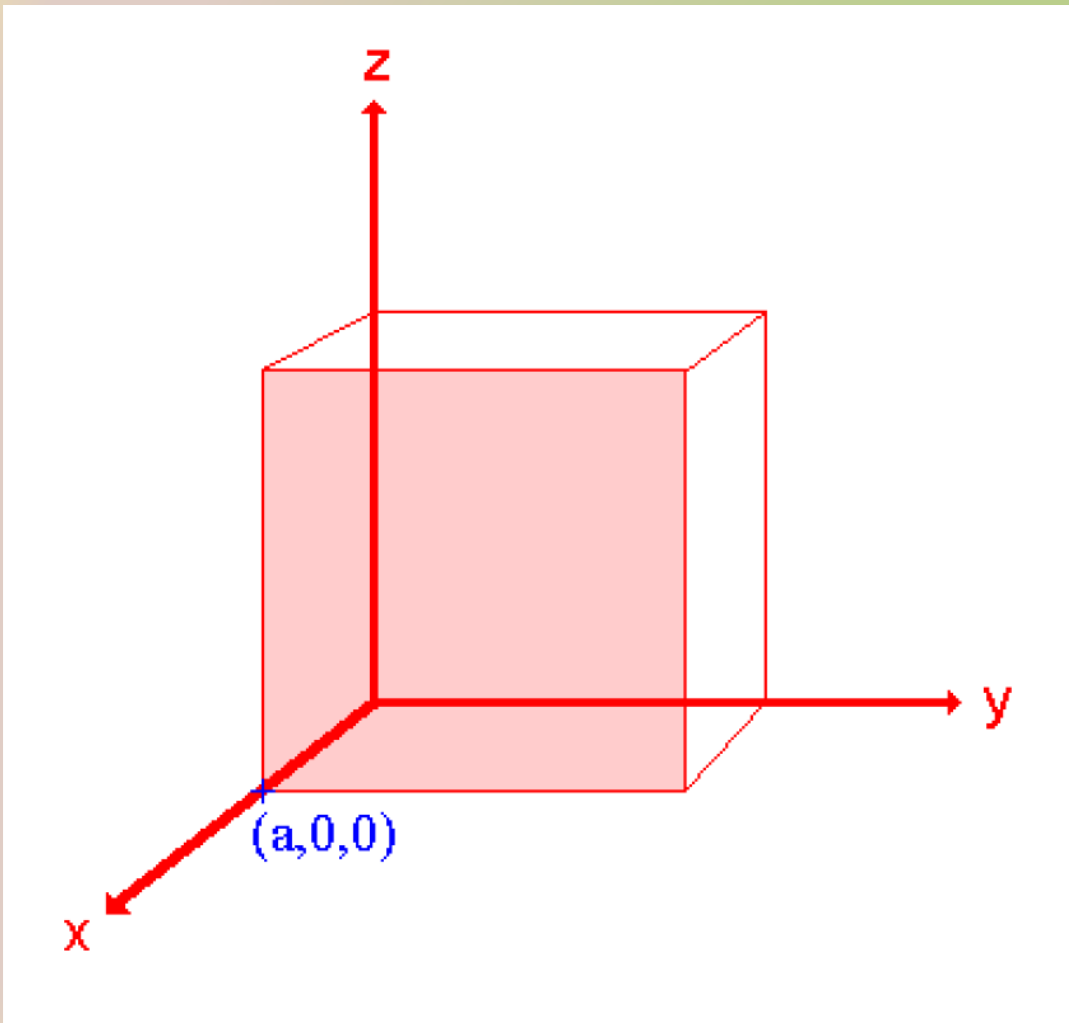
Bidang Permukaan

Prosedur yang paling mudah adalah menggunakan ilustrasi

- Dengan mempertimbangkan permukaan / bidang berikut:



Langkah 1: Identifikasi perpotongan pada sumbu x, y, dan z



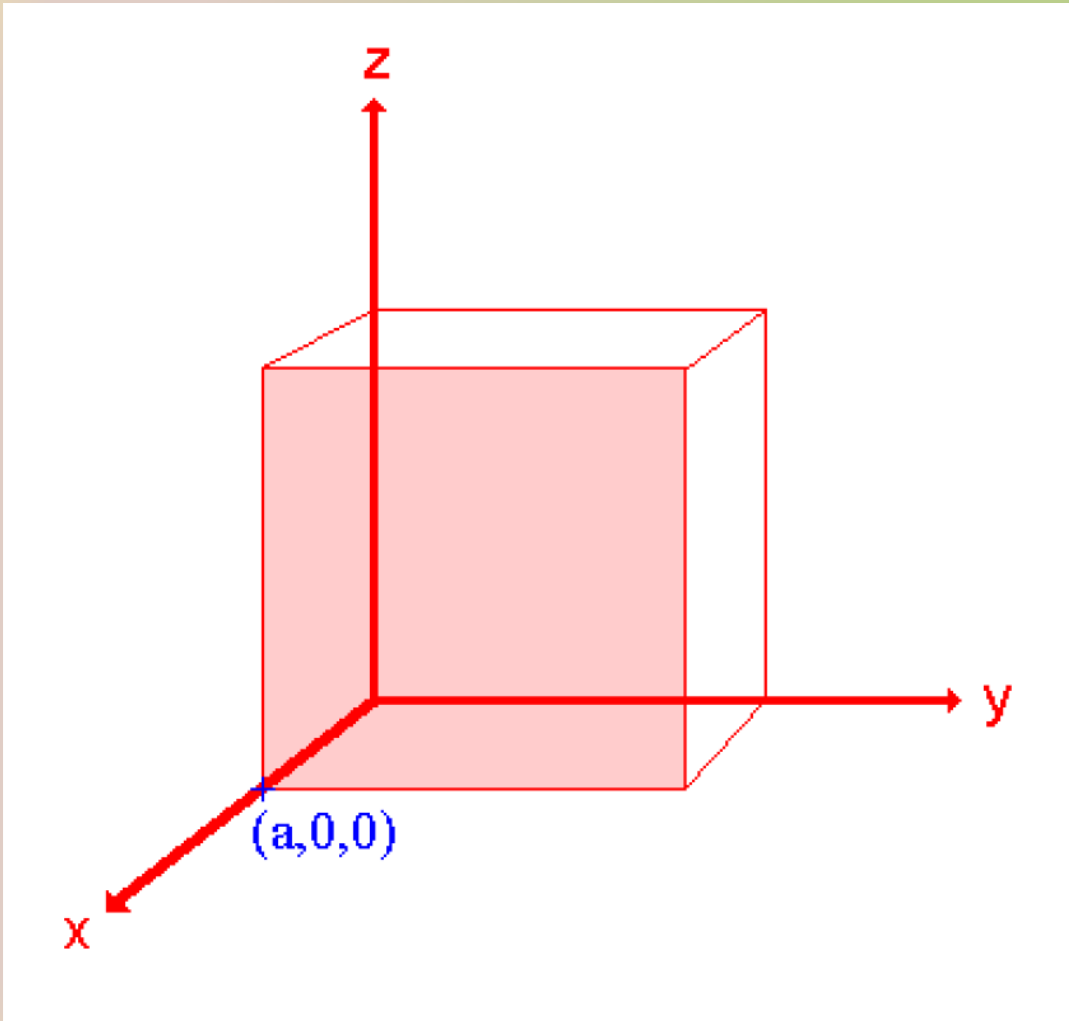
Dalam hal ini titik potong pada sumbu x berada pada $x = a$

- pada titik $(a, 0, 0)$

Permukaannya sejajar dengan sumbu y dan z

- Tidak ada intersepsi pada kedua sumbu y dan z

Langkah 1: Identifikasi perpotongan pada sumbu x, y, dan z



Dapat dianggap
intersep berada
pada tak terhingga
(∞) untuk kasus
dimana

Perpotongan pada
sumbu x-, y- dan z
adalah:

Bidang tersebut
sejajar dengan
sumbu.

a, ∞, ∞

Langkah 2: Tentukan perpotongan dalam koordinat pecahan

Koordinat diubah menjadi koordinat pecahan dengan membaginya dengan dimensi sel masing-masing

Contoh: titik (x, y, z)

- Dalam sel satuan dimensi $(a \times b \times c)$
- Memiliki koordinat pecahan $\left(\frac{x}{a}, \frac{y}{b}, \frac{z}{c}\right)$

Dalam kasus sel satuan kubik setiap koordinat

- dibagi dengan konstanta sel kubik, a .

Intercept Pecahan: $\frac{a}{a}, \frac{\infty}{a}, \frac{\infty}{a}$ atau $1, \infty, \infty$

Langkah 3: Ambil kebalikan dari perpotongan pecahan

Manipulasi terakhir ini menghasilkan Indeks Miller yang (menurut konvensi) harus ditentukan

- Tanpa dipisahkan dengan koma atau simbol lain

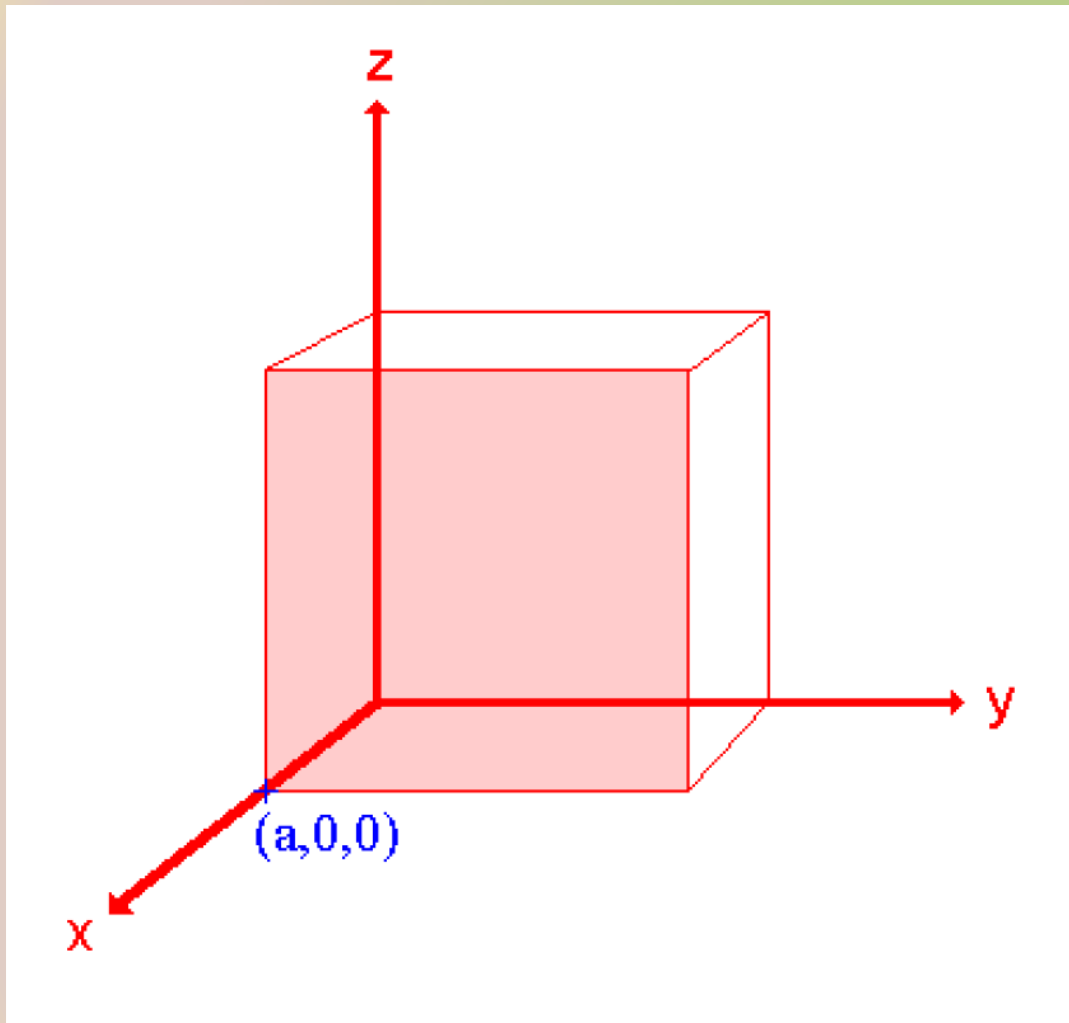
Indeks Miller juga disertakan dalam tanda kurung standar (...)

Langkah 3: Ambil kebalikan dari perpotongan pecahan

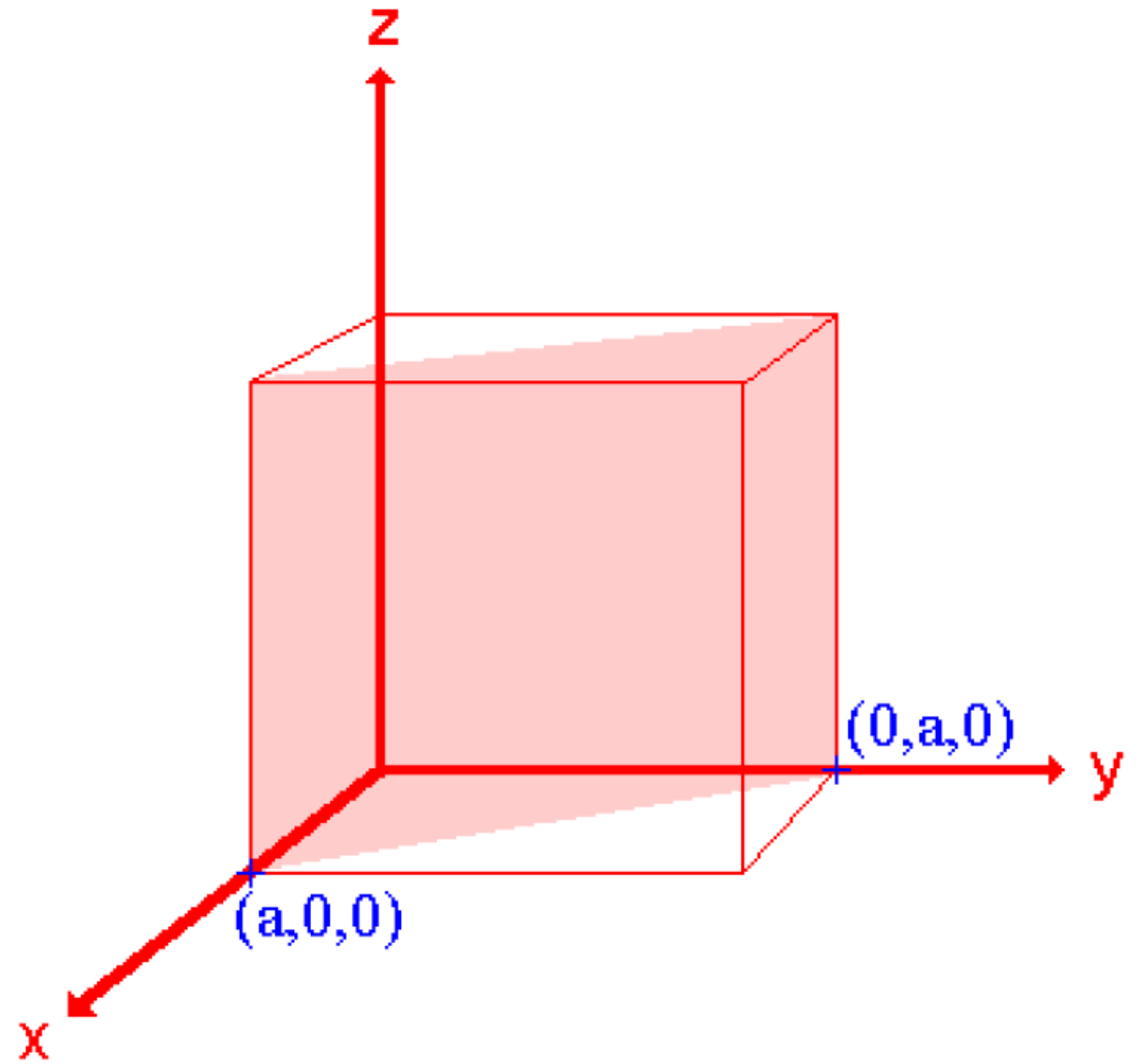
Kebalikan dari 1 dan ∞ masing-masing adalah 1 dan 0

- Menghasilkan Indeks Miller: (100)

Permukaan / bidang yang diilustrasikan adalah bidang (100) dari kristal kubik.



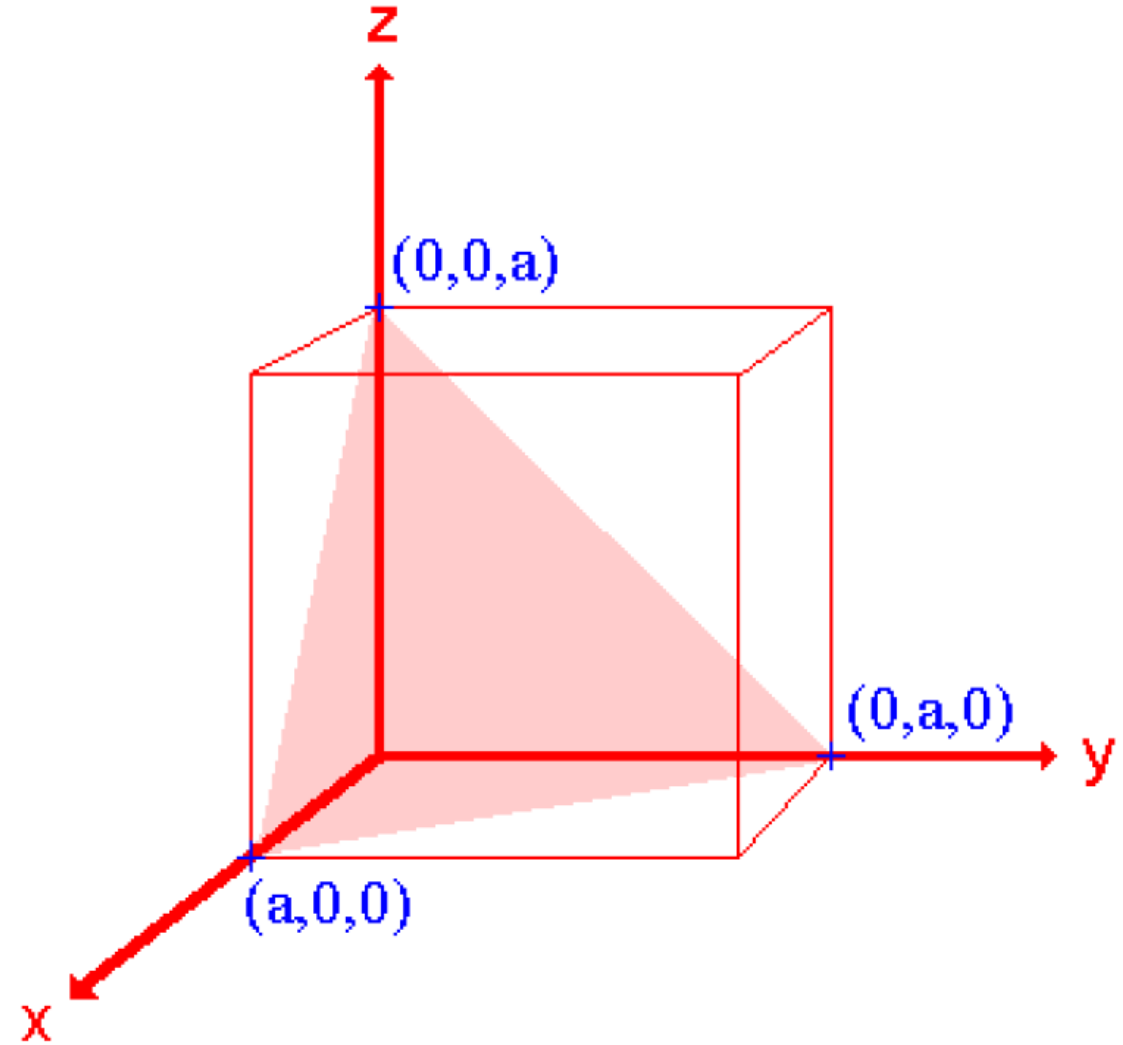
Contoh 1



Permukaan (110)

- Intersep: a, a, ∞
- Perpotongan pecahan: $1, 1, \infty$
- Indeks Miller: (110)

Contoh 2



Permukaan (111)

- Intersep: a, a, a
- Perpotongan pecahan: $1, 1, 1$
- Indeks Miller: $(1\ 1\ 1)$

Permukaan Indeks Rendah (Low Index Surfaces)



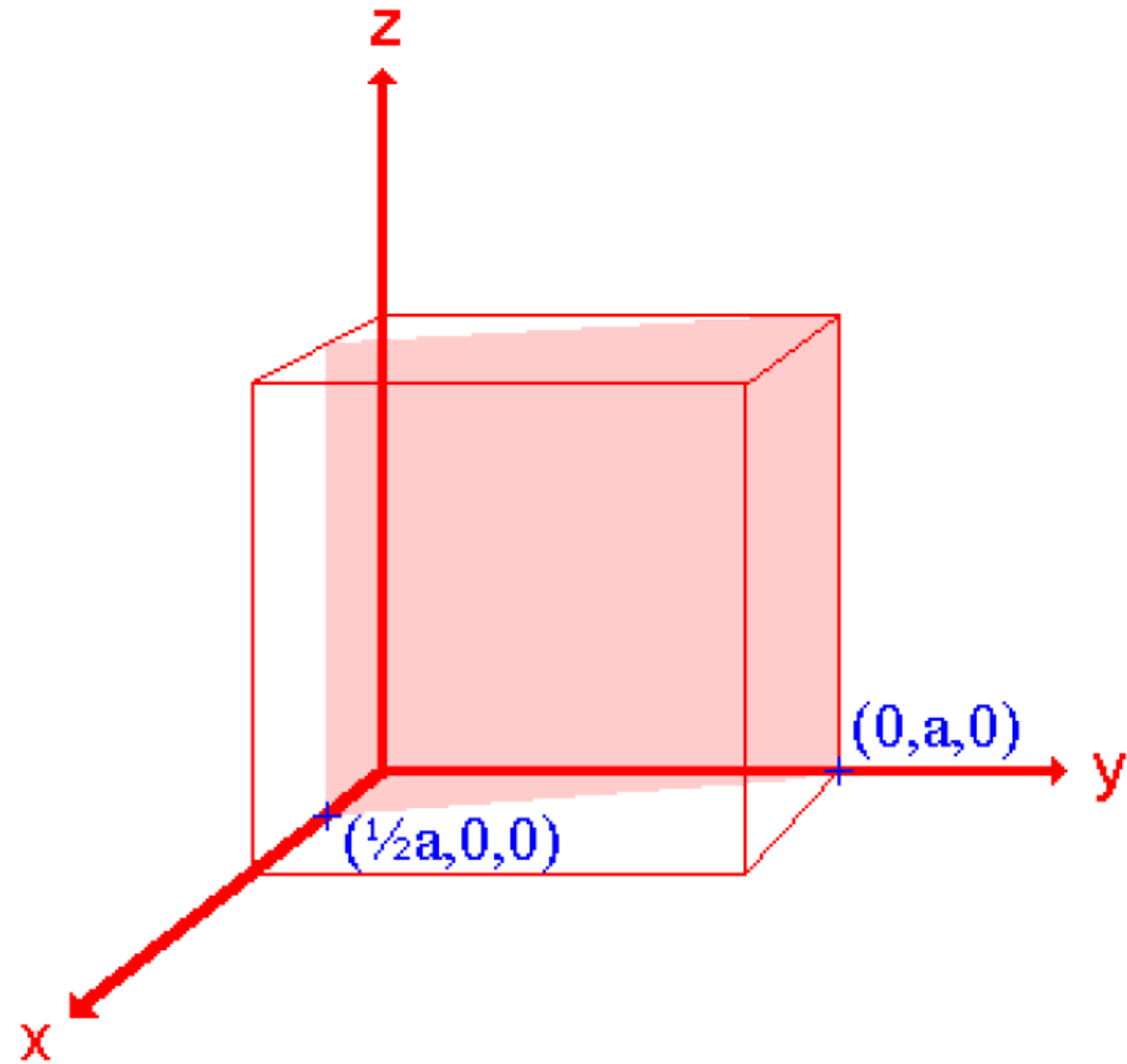
Permukaan (100), (110) dan (111) yang dipertimbangkan di atas adalah yang disebut

Permukaan indeks rendah dari sistem kristal kubik “Rendah” mengacu pada indeks Miller dengan angka kecil - 0 atau 1 dalam kasus ini



Ada permukaan lain yang tidak terbatas yang dapat ditentukan menggunakan notasi indeks Miller.

Contoh 3



Permukaan (210)

Intersep: $\frac{1}{2}a, a, \infty$

Perpotongan pecahan: $\frac{1}{2}, 1, \infty$

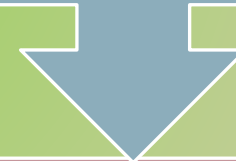
Indeks Miller: (210)

Dalam beberapa kasus Indeks Miller paling baik dikalikan atau dibagi dengan angka umum untuk proses penyederhanaan

Menghilangkan faktor persekutuan.



Operasi perkalian menghasilkan bidang paralel yang berada pada jarak yang berbeda dari asal sel unit tertentu yang sedang dipertimbangkan



Contoh: (200) diubah menjadi (100) dengan membagi dengan 2.

Catatan 1

Catatan 2

Sistem kristal HCP (Hexagonal Closed Packed) ada empat sumbu utama

- Mengarah ke Indeks Miller dengan empat angka

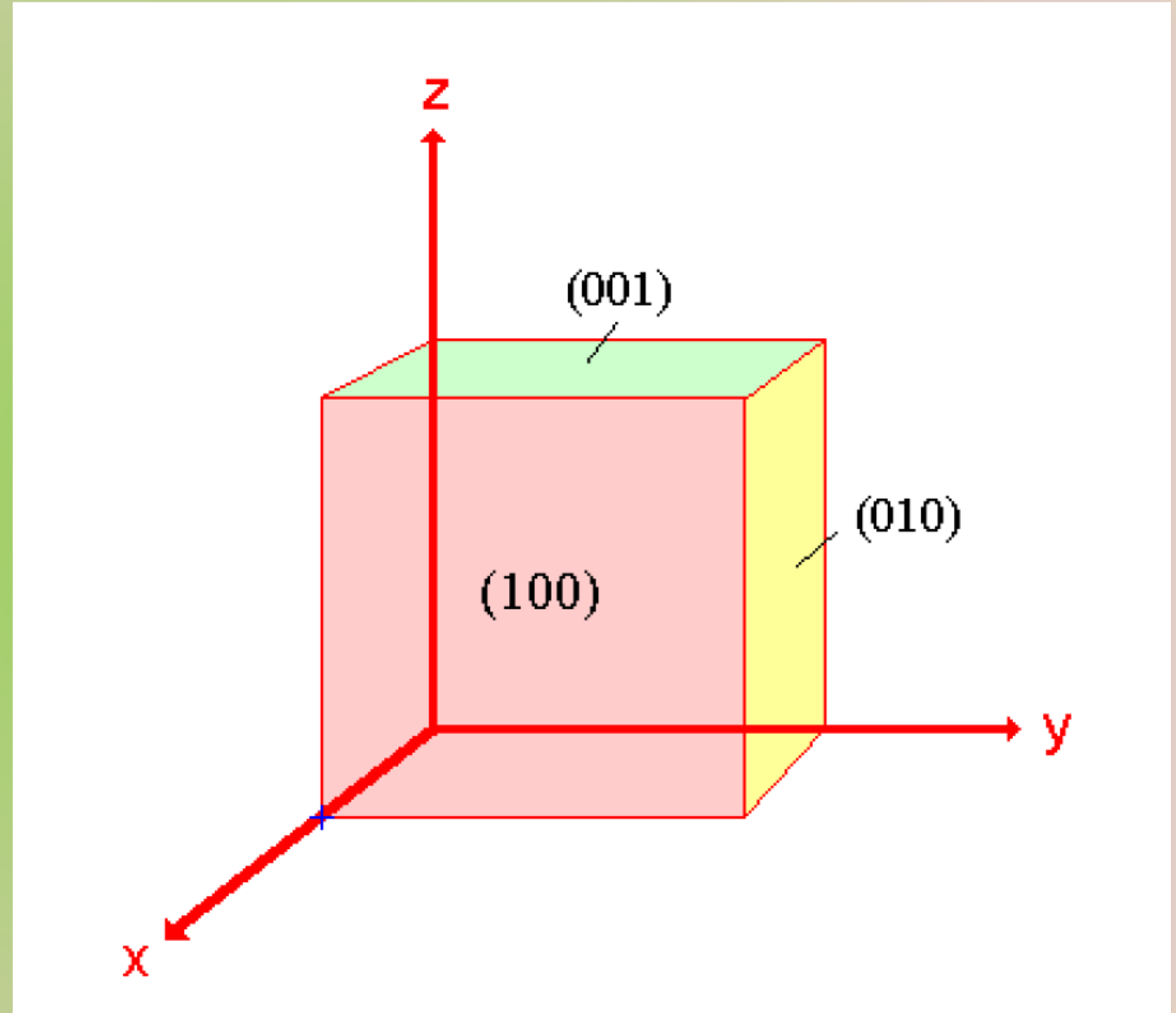
Contoh: permukaan HCP(0001)

- Bahwa intersep pada tiga sumbu pertama selalu terkait
- Tidak sepenuhnya mandiri

Akibatnya nilai dari tiga indeks Miller pertama juga dihubungkan dengan hubungan matematika sederhana

Apa yang dimaksud permukaan ekuivalen simetri?

Diagram berikut adalah tiga permukaan yang disorot terkait dengan elemen simetri kristal kubik yang setara



Catatan 2

Ada total 6 sisi yang terkait dengan elemen simetri

- Setara dengan (100) permukaan

Semua permukaan yang masuk ke himpunan permukaan yang berhubungan dengan simetri ini

- Dilambangkan dengan notasi yang lebih umum $\{100\}$

Indeks Miller dari salah satu permukaan ditutup dengan tanda kurung kurawal.

Struktur Permukaan: Logam FCC

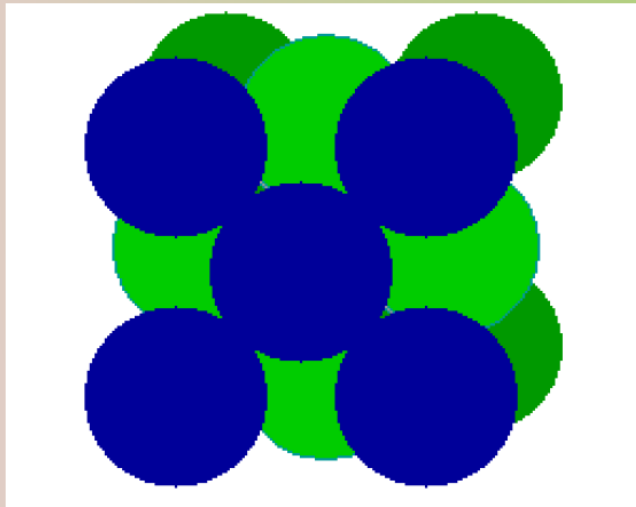
Banyak logam penting memiliki struktur fcc

- Contoh: Logam mulia yang penting secara katalitik (Pt, Rh, Pd) semuanya menunjukkan struktur FCC.

Indeks rendah dari FCC yang paling sering dipelajari untuk melihat:

- Simetri permukaan
- Koordinasi atom permukaan
- Reaktivitas permukaan

Permukaan FCC (100)



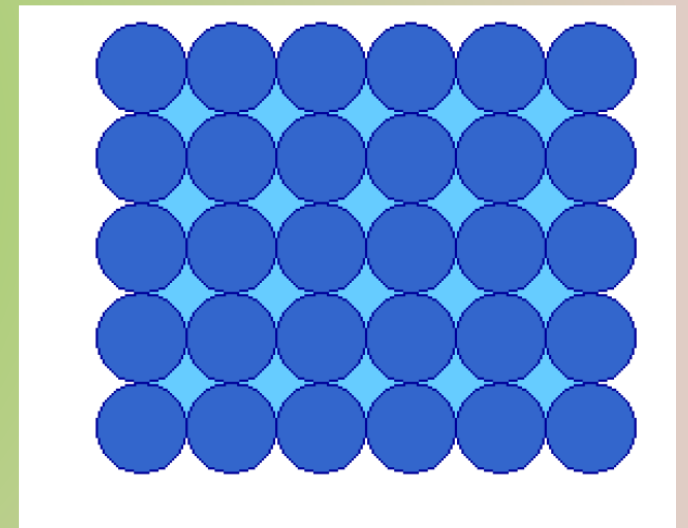
Permukaan (100) diperoleh dengan memotong logam FCC

- Sejajar dengan permukaan depan sel satuan kubik fcc

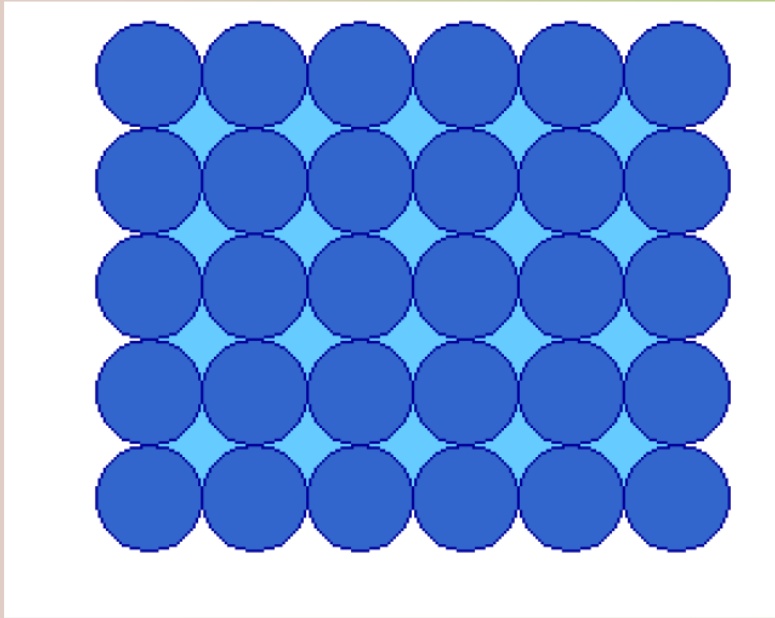
Memperlihatkan permukaan (atom berwarna biru) dengan susunan atom 4-fold symmetry

Birds-eye View Permukaan (100)

- Diagram di samping menunjukkan pandangan dari atas (birds-eye view) dari permukaan (100)
 - ini diperoleh dengan memutar sebelumnya diagram hingga 45°
- Memberikan pandangan yang menekankan rotasi simetri 4-fold dari atom lapisan permukaan.



Catatan Dari Permukaan (100)



Bagian atas atom lapisan kedua hanya terlihat melalui lubang di lapisan pertama

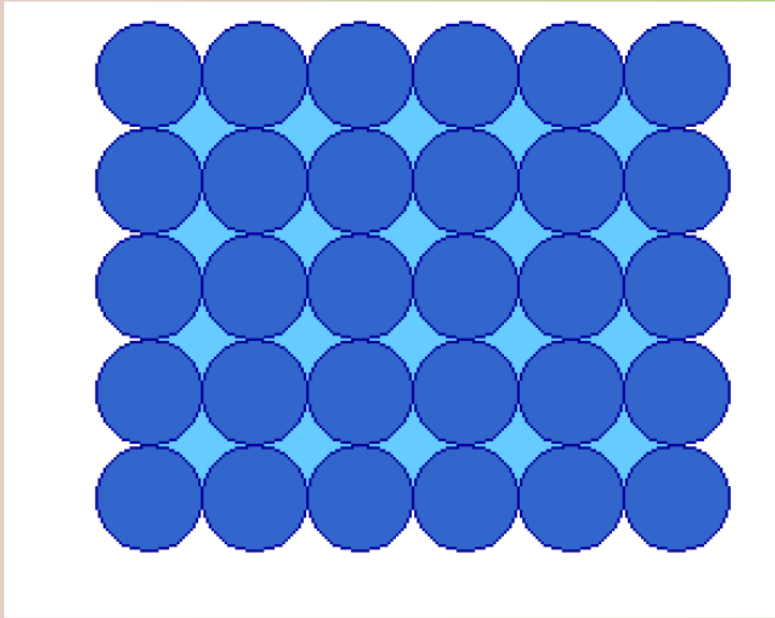
Tetapi tidak dapat diakses oleh molekul yang tiba dari fase gas.

Beberapa Poin...

1. Semua atom permukaan adalah ekuivalen

2. Permukaan relatif halus pada skala atom

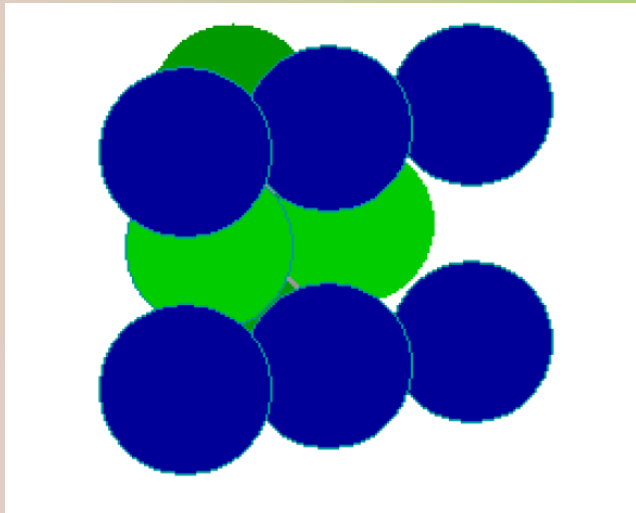
Beberapa Poin...



3. Permukaan menawarkan berbagai situs adsorpsi untuk molekul yang memiliki kesimetrian lokal yang berbeda dan mengarah ke koordinasi geometri yang berbeda

- Situs di atas (di atas satu atom logam)
- Situs penghubung, antara dua atom
- Situs berongga, antara empat atom

Permukaan FCC(1 1 0)



Permukaan (1 1 0) diperoleh dengan memotong sel unit fcc dengan cara memotong sumbu x dan y

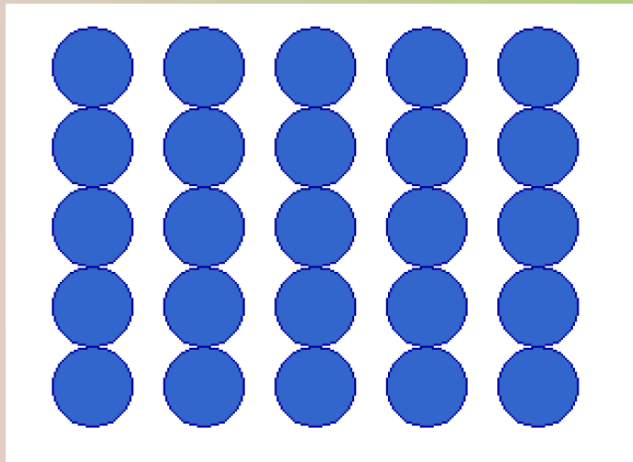
- Tetapi tidak memotong sumbu z

Memperlihatkan permukaan dengan susunan atom simetri 2-fold

Birds-eye View FCC(1 1 0)

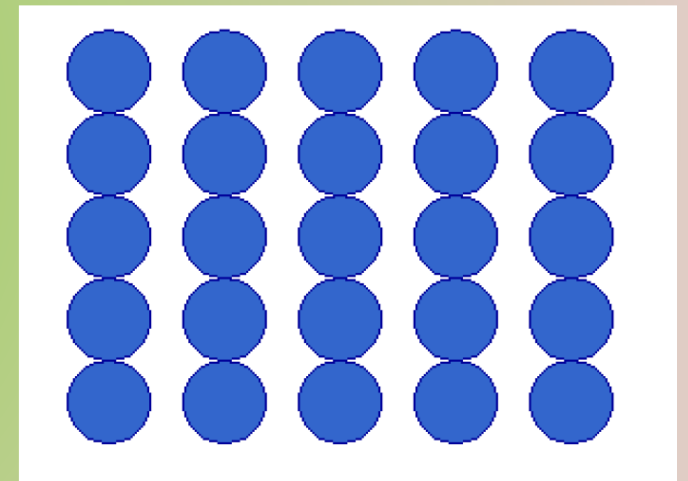
Diagram berikut menunjukkan pandangan atas konvensional dari permukaan (1 1 0)

- Fokus pada simetri persegi panjang dari atom lapisan permukaan.



FCC (1 1 0)

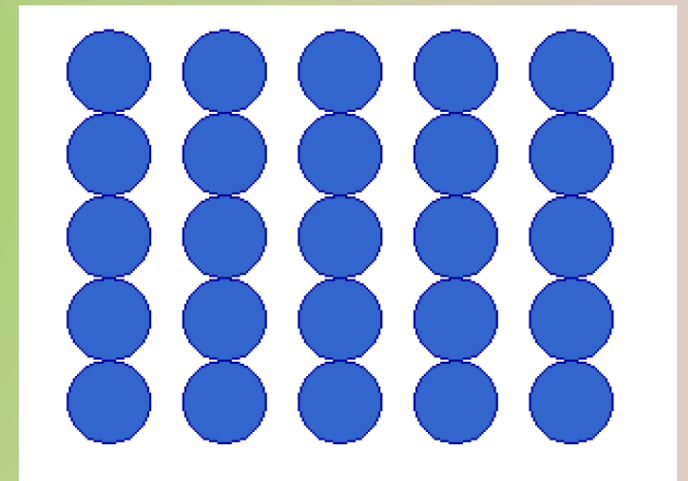
- Diagram telah diputar sedemikian rupa sehingga baris atom pada lapisan atom pertama sekarang berjalan secara vertikal
 - bukan secara horizontal seperti pada diagram sebelumnya.



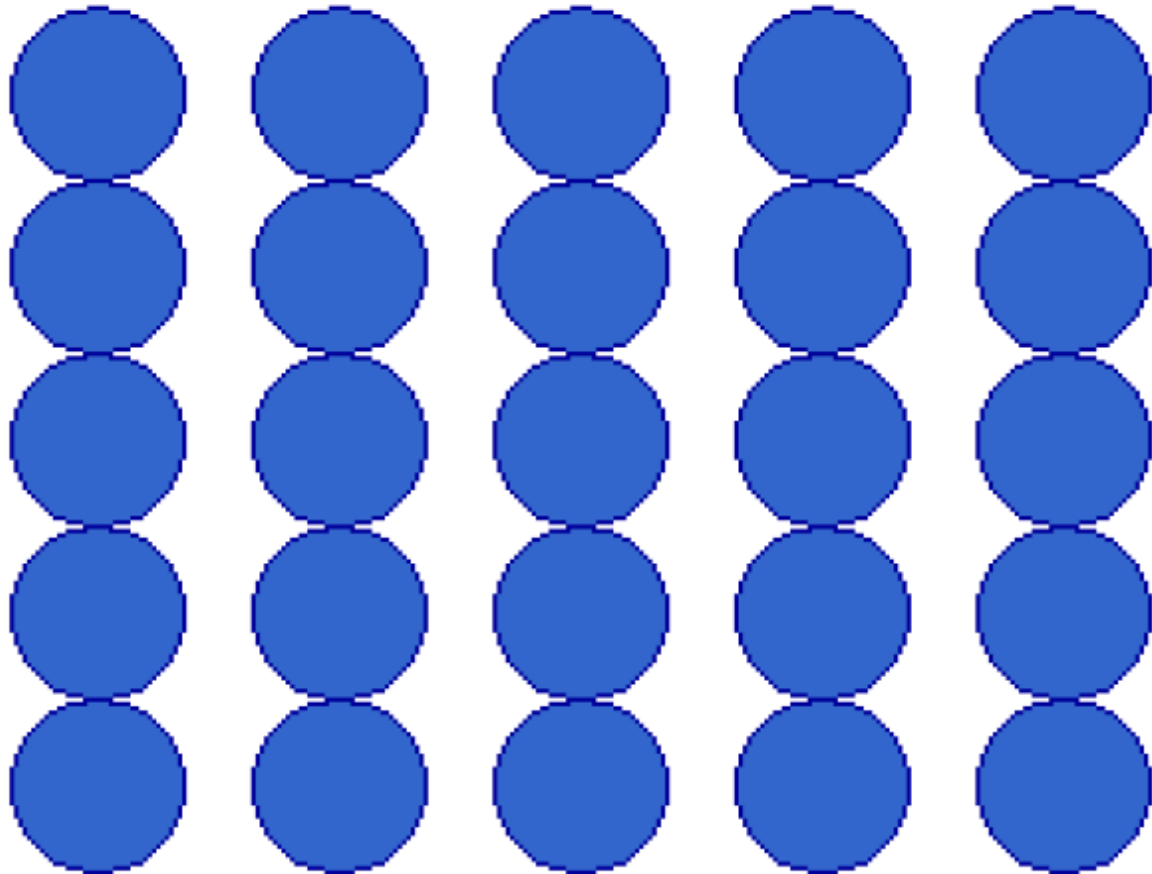
Birds-eye View FCC(1 1 0)

Jelas dari pandangan ini bahwa atom-atom dari lapisan paling atas pada fcc(1 1 0) dikemas jauh lebih sedikit daripada di permukaan fcc (1 0 0)

Dalam satu arah (sepanjang baris) atom berada dalam kontak yaitu jarak antar atom sama dengan dua kali jari-jari logam (atom)



Birds-eye View FCC(110)



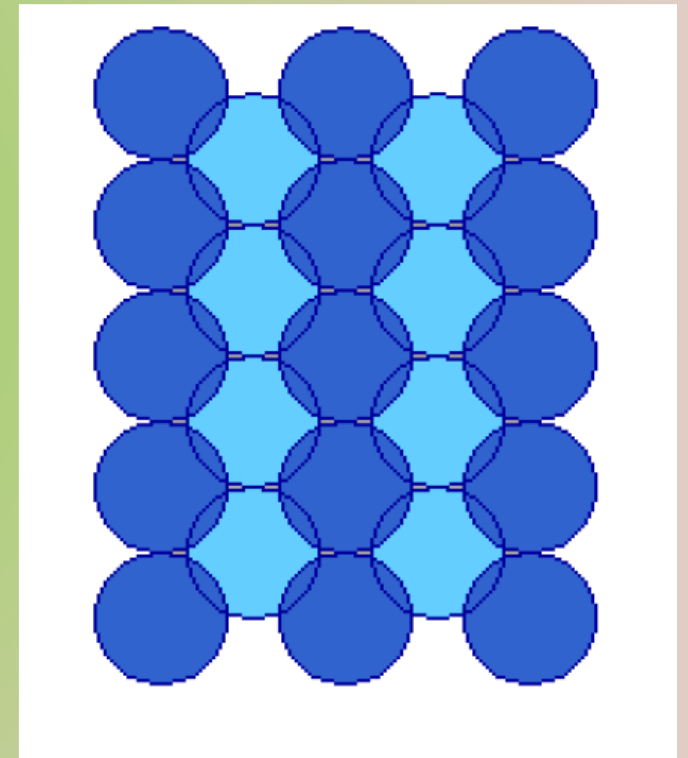
Dalam arah ortogonal ada celah yang cukup besar di antara baris-baris tersebut.

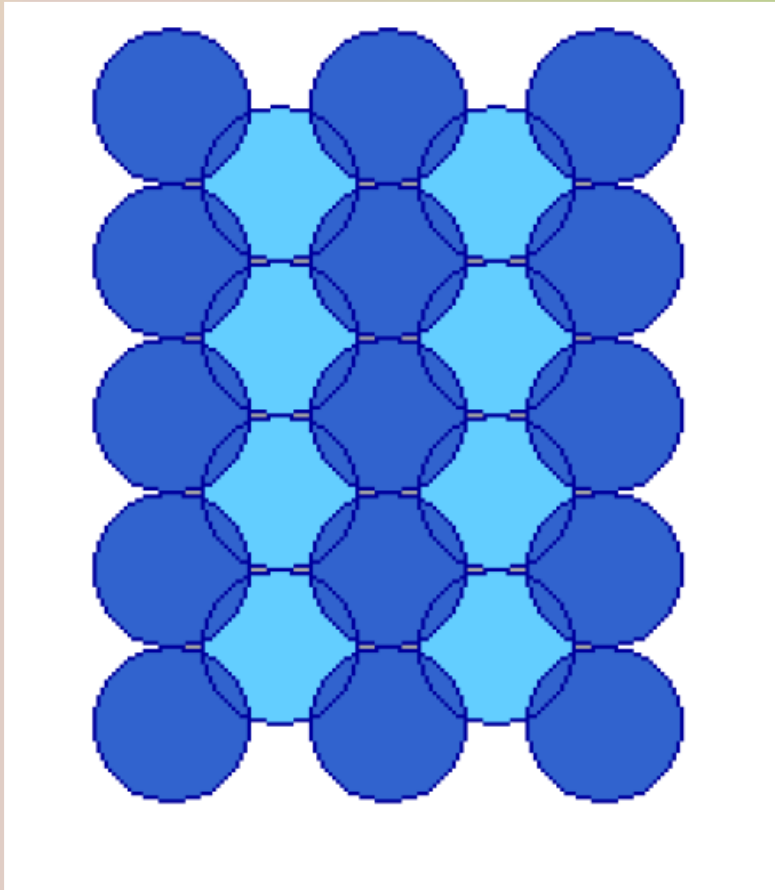
Lapisan Kedua FCC(1 1 0)

Ini berarti bahwa atom-atom di lapisan kedua di bawahnya juga, sampai batas tertentu

- Terekspos di permukaan (1 1 0)

Beberapa atom lapisan kedua, yang terpapar di dasar palung.





Ringkasan FCC(1 1 0)



1. Semua atom permukaan lapisan pertama adalah ekuivalen

Tetapi atom lapisan kedua juga terekspos



2. Permukaannya kasar secara atom

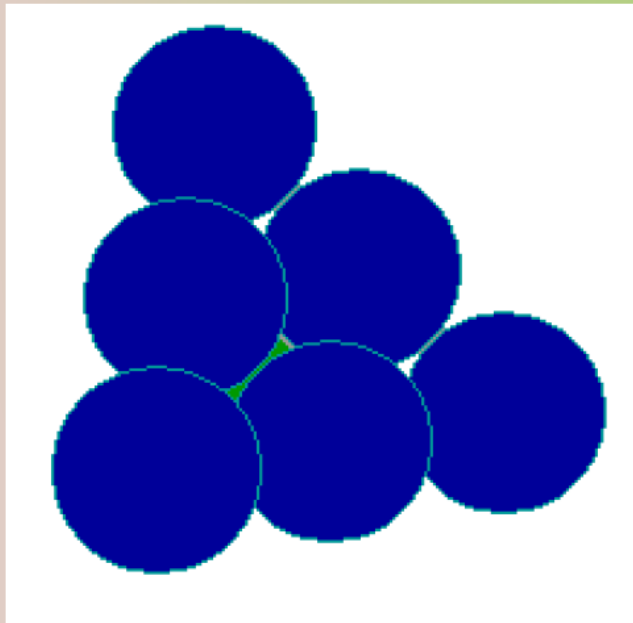
sangat anisotropik

Ringkasan FCC(1 1 0)

3. Permukaan menawarkan berbagai macam kemungkinan situs adsorpsi, termasuk:

- Situs di atas
- Situs penghubung pendek antara dua atom dalam satu baris
- Situs jembatan panjang antara dua atom dalam baris yang berdekatan
- Situs koordinasi yang lebih tinggi (di palung)

Permukaan FCC(1 1 1)



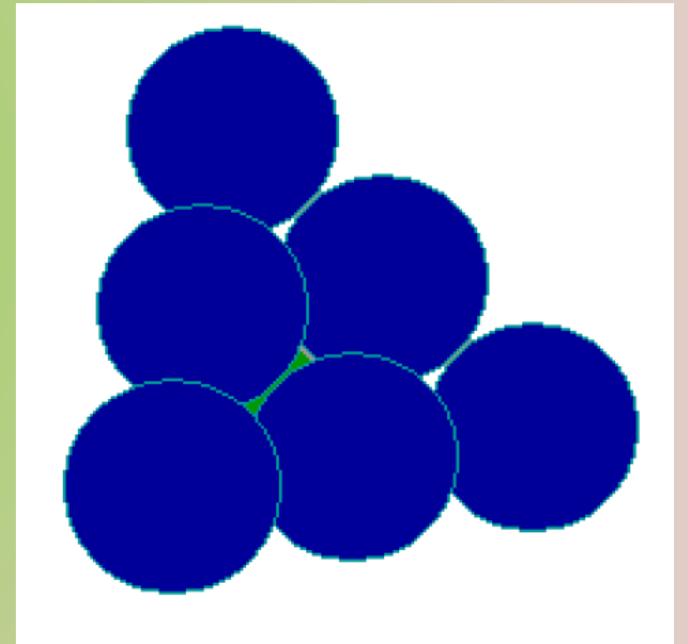
Permukaan (1 1 1) diperoleh dengan memotong logam fcc sedemikian rupa sehingga

- Bidang permukaan memotong sumbu x , y - dan z - pada sumbu dengan nilai yang sama

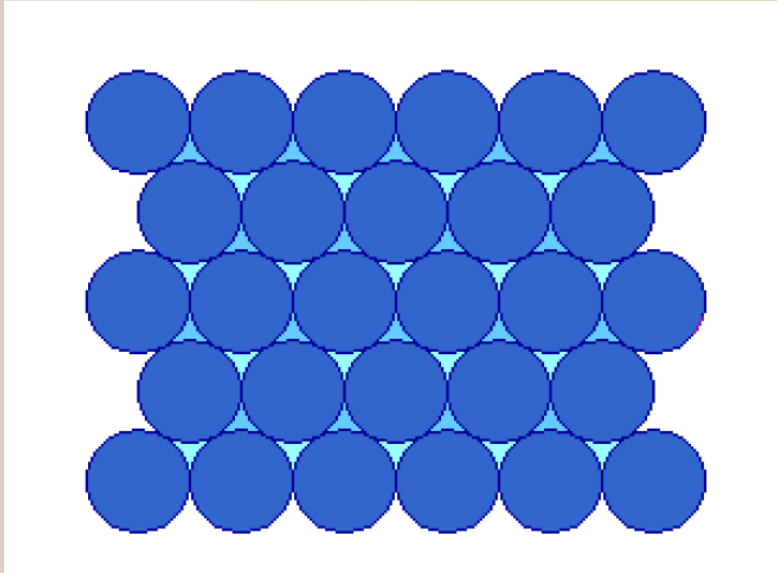
Permukaan FCC(1 1 1)

Permukaan ini memperlihatkan susunan atom dengan simetri 3-fold

- Terlihat seperti 6-fold heksagonal



Birds-Eye View FCC(111)



Permukaan (111) menunjukkan kemasan heksagonal dari permukaan atom

- Karena ini adalah cara yang paling efisien untuk mengemas atom dalam satu lapisan dan disebut sebagai "susunan rapat"

Ringkasan FCC(1 1 1)

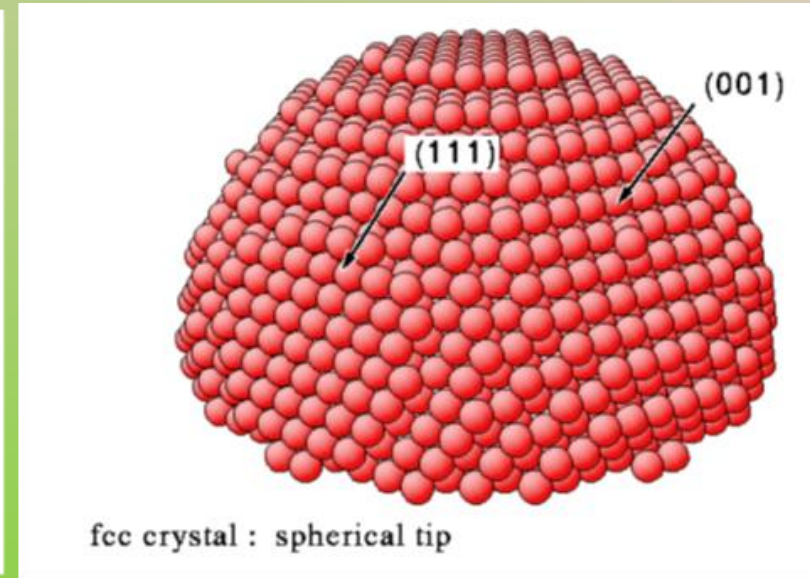
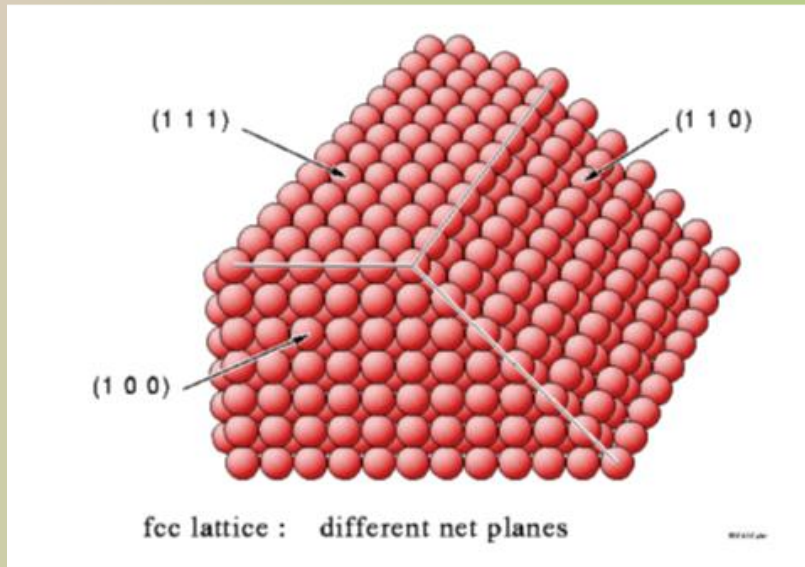
Fitur-fitur berikut ini perlu diperhatikan;

- 1. Semua atom permukaan setara dan memiliki CN yang relatif tinggi
- 2. Permukaan hampir halus pada skala atom

Ringkasan FCC(1 1 1)

3.
Permukaan
menawarkan
situs adsorpsi
berikut:

- Situs di atas
- Situs penghubung antara dua atom
- Situs berongga antara tiga atom



Bagaimana permukaan ini berpotongan dalam sampel yang berbentuk tidak beraturan`

From the [BALSAC](#) picture gallery of Prof. K. Hermann, Fritz-Haber-Institut, Berlin

Ringkasan

Tergantung pada bagaimana kristal tunggal fcc dibelah atau dipotong

Permukaan datar dari dimensi makroskopik yang menunjukkan berbagai karakteristik structural yang dapat diproduksi.

Ringkasan

Permukaan kristal tunggal yang dibahas pada topik ini (100), (110) & (111)

Mewakili bidang permukaan sistem FCC yang paling sering dipelajari dan juga permukaan paling umum yang terjadi pada logam

Pengetahuan yang diperoleh dari studi tentang pemilihan permukaan yang terbatas ini sangat bermanfaat dalam pemahaman tentang kimia permukaan logam-logam ini