

DIODA SEMIKONDUKTOR



Oleh:
Suwito

mas.suwito@gmail.com

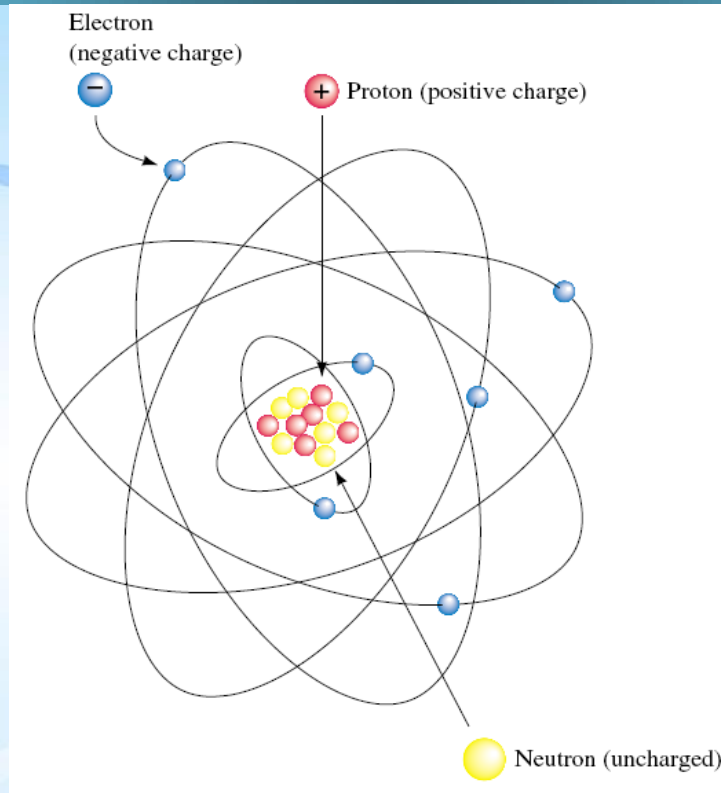
masaji@elect-eng.its.ac.id

**Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2012**

OUTLINE

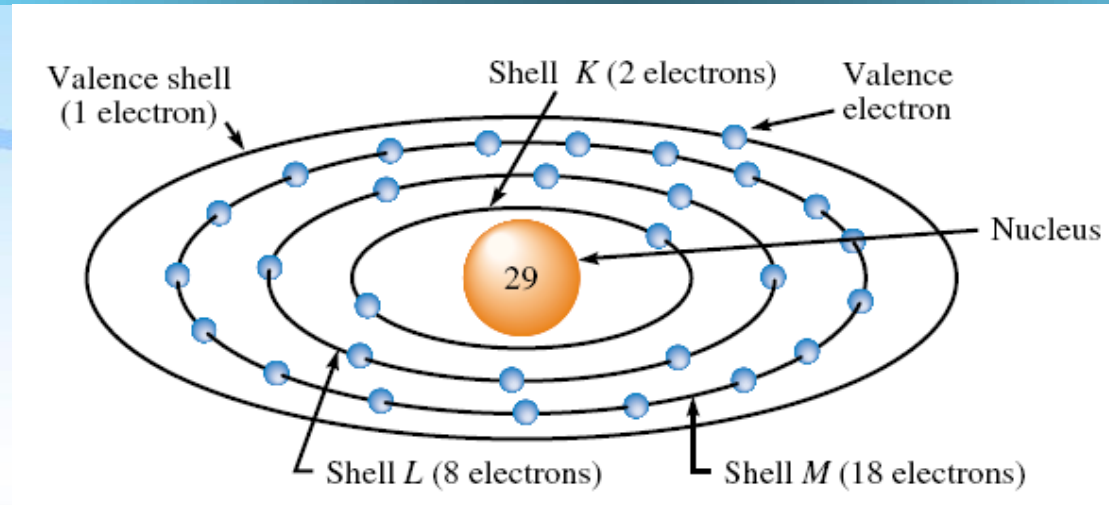
- ❑ MATERIAL SEMIKONDUKTOR
- ❑ N-TYPE DAN P-TYPE
- ❑ DIODA IDEAL DAN PRAKTIS
- ❑ SPESIFIKASI DIODA

STRUKTUR ATOM



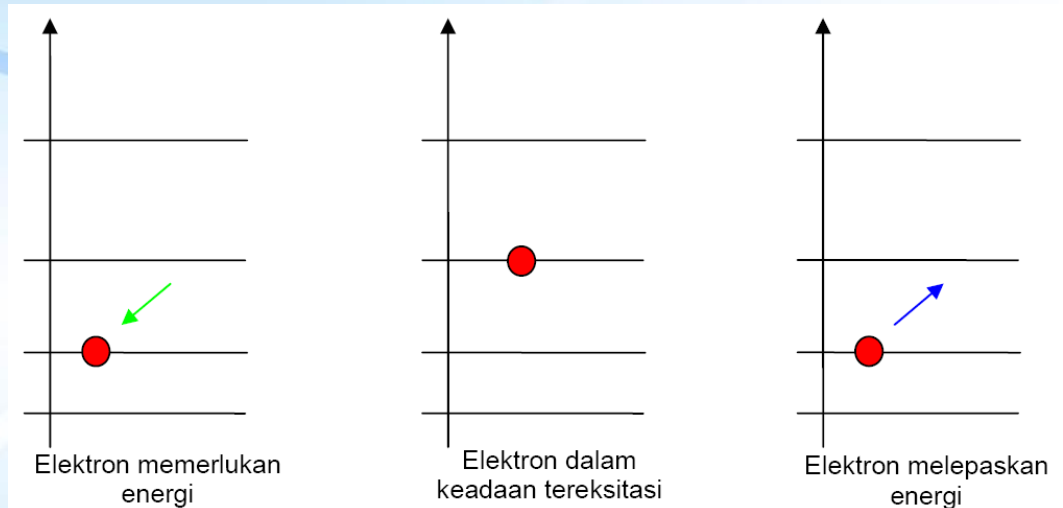
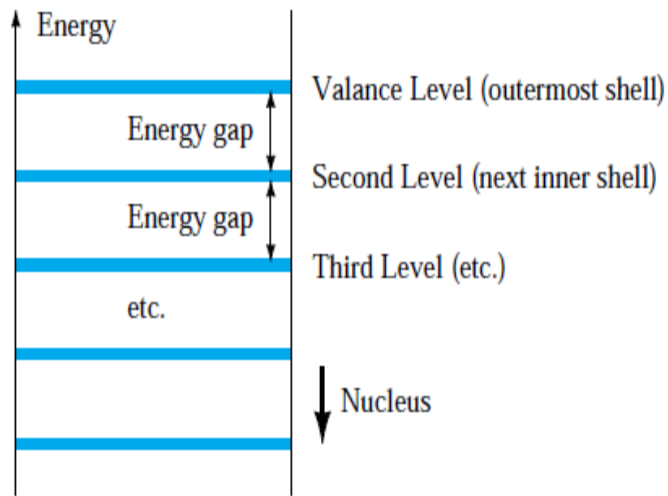
- ☐ Setiap material tersusun atas atom-atom
- ☐ Setiap atom tersusun atas Neutron, Proton dan Elektron

STRUKTUR ATOM



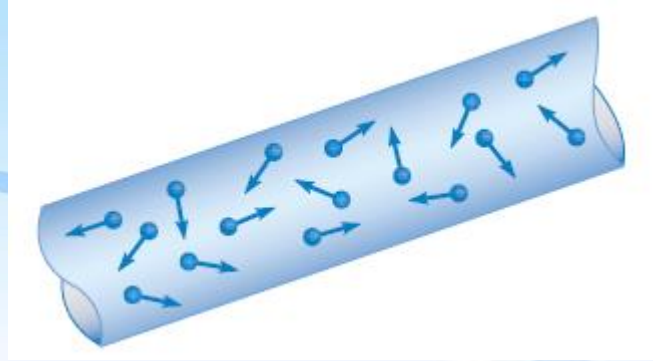
- ❑ Elektron mengelilingi nukleus dalam sebuah lintasan tertentu yang di sebut **SHELL**
- ❑ SHELL terluar disebut **VALENCE SHELL**
- ❑ Elektron pada VALENCE SHELL disebut **VALENCE ELECTRON**
- ❑ Atom yang tidak seimbang antara proton dan elektron disebut **ION**.
- ❑ **ION POSITIF** → Atom kelebihan elektron
- ❑ **ION NEGATIF** → Atom yang kekurangan elektron

PITA ENERGI



- ❑ Suatu kondisi dimana sebuah elektron berada pada level energi yang lebih tinggi disebut sebagai *Elektron yang tereksitasi*

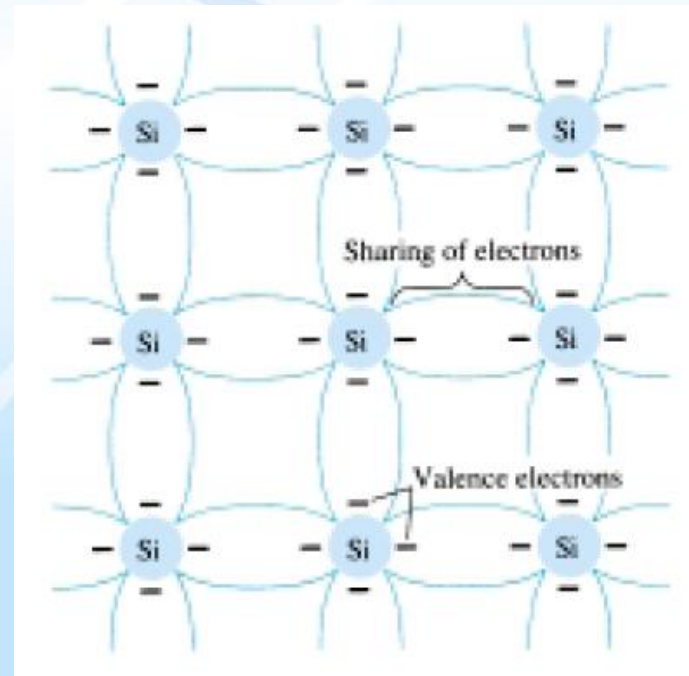
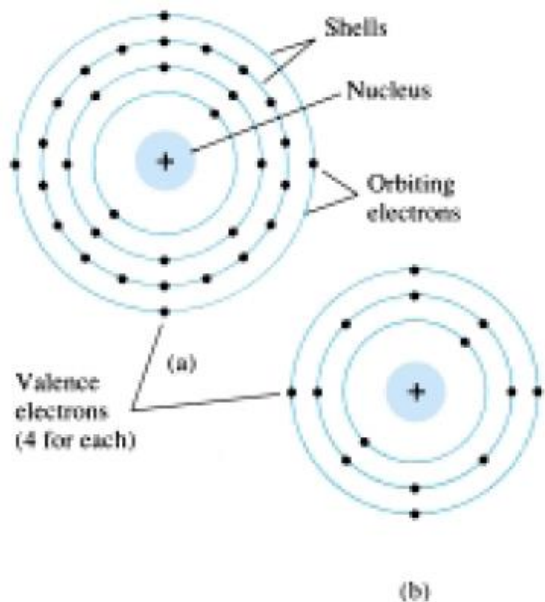
KONDUKTOR & INSULATOR



- ☐ Elektron bebas merupakan elektron yang lepas dari ikatan valensi
- ☐ Konduktor merupakan material yang memiliki banyak elektron bebas.
- ☐ Konduktor mudah menghantarkan arus listrik.
- ☐ Insulator merupakan material yang memiliki sedikit elektron bebas.
- ☐ Insulator sulit menghantarkan arus listrik.

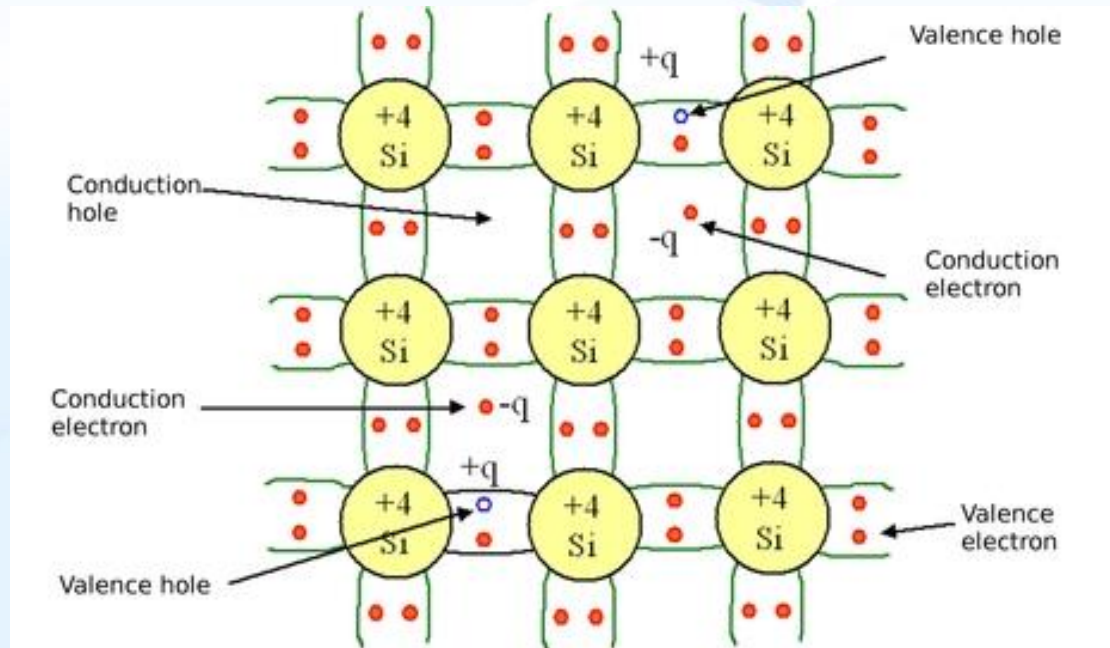
SEMIKONDUKTOR

- ❑ Bahan semikonduktor memiliki Valence Shell yang terisi setengah dari nilai seharusnya.
- ❑ Sifat dari bahan ini bisa sebagai konduktor dan dapat juga sebagai insulator.



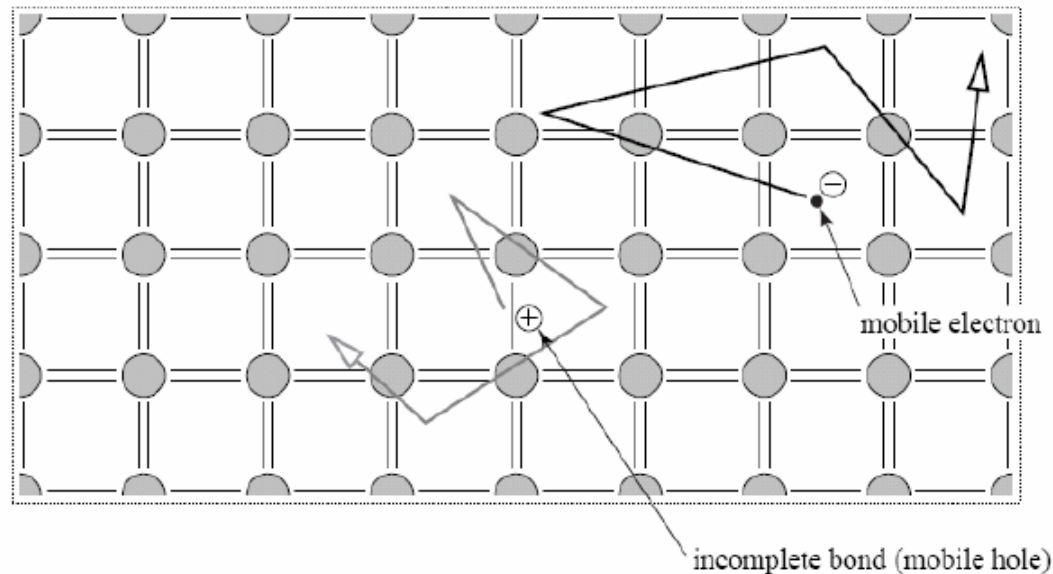
SEMIKONDUKTOR

- ❑ Atom Silikon akan bergabung dengan atom Silikon lainnya.
- ❑ Ikatan antar atom disebut sebagai ikatan kovalen.
- ❑ Pada suhu 0 K Silikon sebagai Isolator karena elektron hanya mengisi pada daerah valensi.

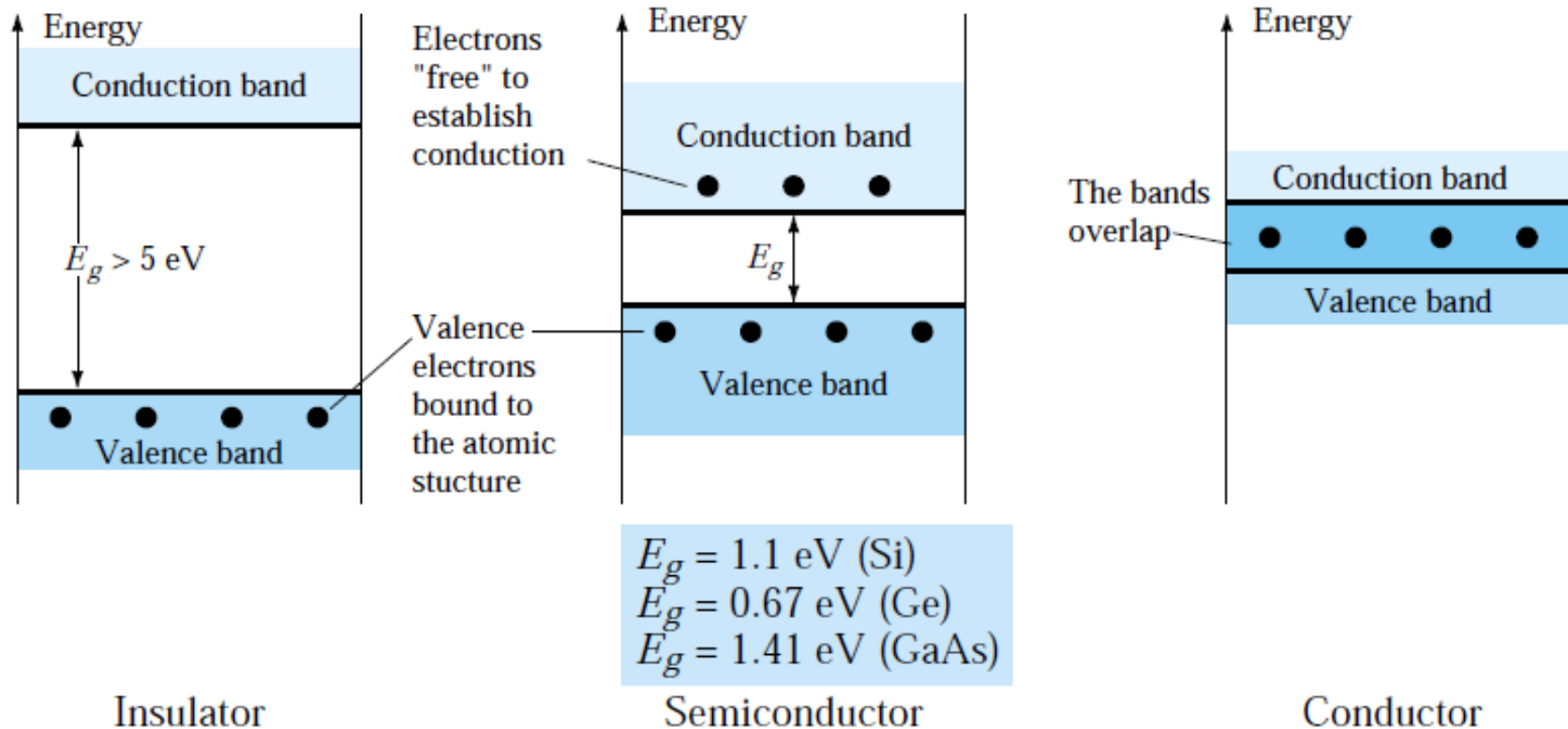


SEMIKONDUKTOR

- ❑ Pada suhu diatas 0 K Silikon bukan sebagai Isolator yang baik dan bukan sebagai konduktor yang baik.
- ❑ Bersamaan dengan terlepasnya elektron ke jalur konduksi maka terbentuk hole di dalam jalur valensi.



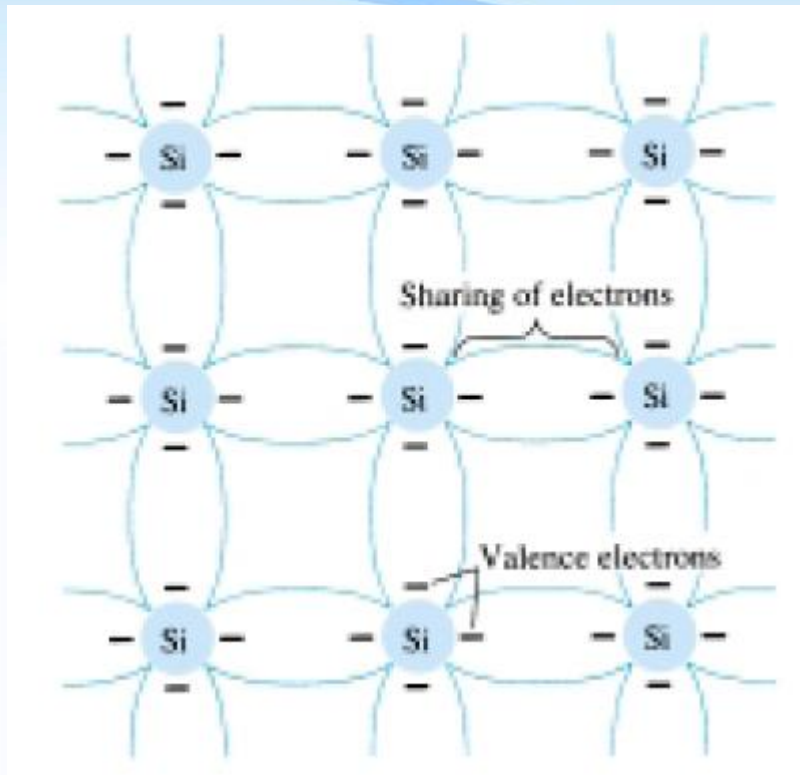
SEMIKONDUKTOR



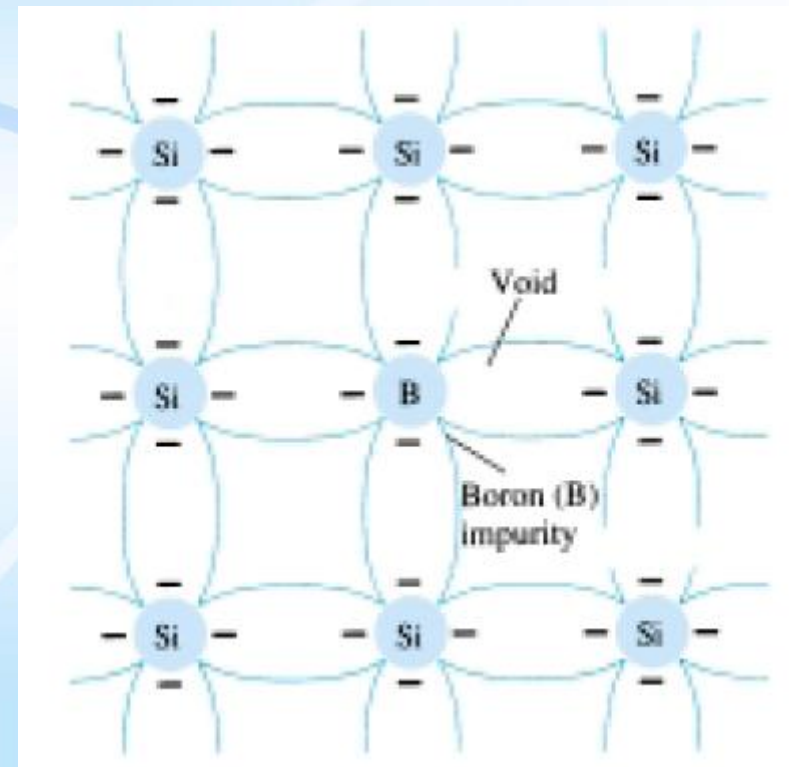
SEMIKONDUKTOR INTRINSIK & EKSTRINSIK

- ❑ Semikonduktor Intrinsik merupakan kristal semikonduktor yang murni, dimana setiap atomnya adalah atom bahan semikonduktor saja
- ❑ Pada kebanyakan aplikasi, tidak terdapat pasangan elektron-hole yang cukup banyak didalam suatu semikonduktor intrinsik untuk dapat menghasilkan arus yang berguna.
- ❑ Semikonduktor Ekstrinsik merupakan kristal semikonduktor yang telah diberi doping dengan atom lain.
- ❑ Doping adalah penambahan atom-atom impuritas pada suatu kristal untuk menambah jumlah elektron maupun hole

SEMIKONDUKTOR INTRINSIK & EKSTRINSIK



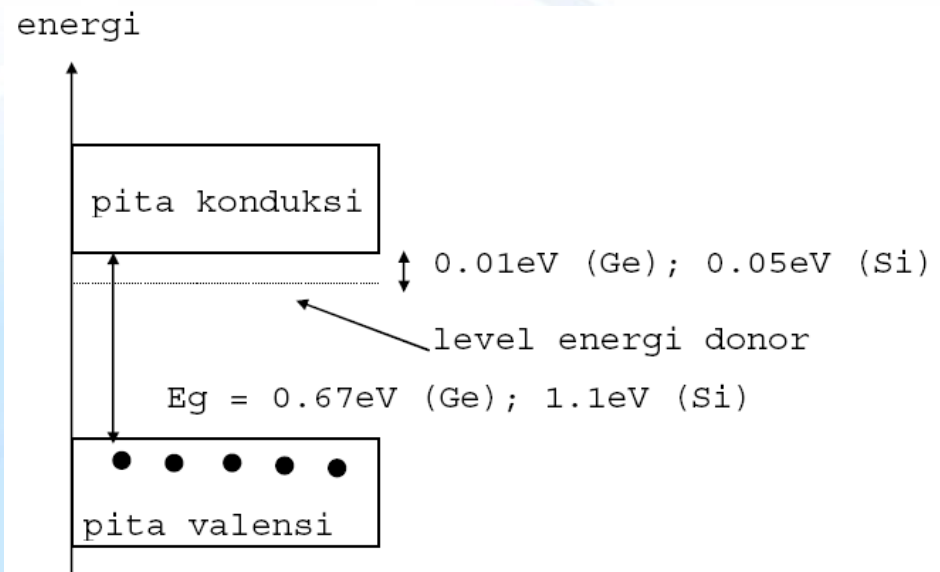
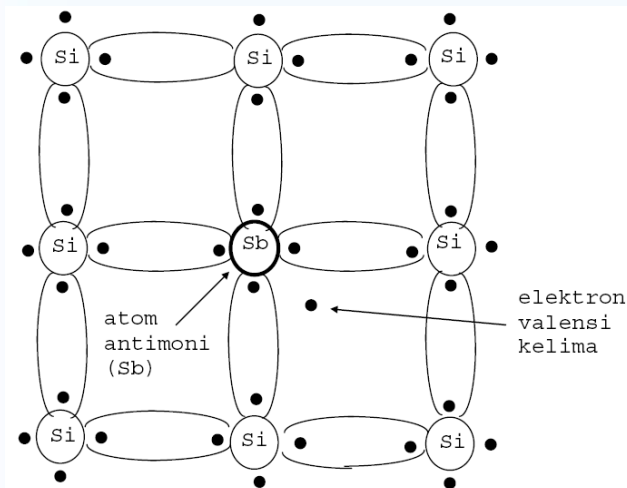
SEMIKONDUKTOR INTRINSIK



SEMIKONDUKTOR EKSTRINSIK

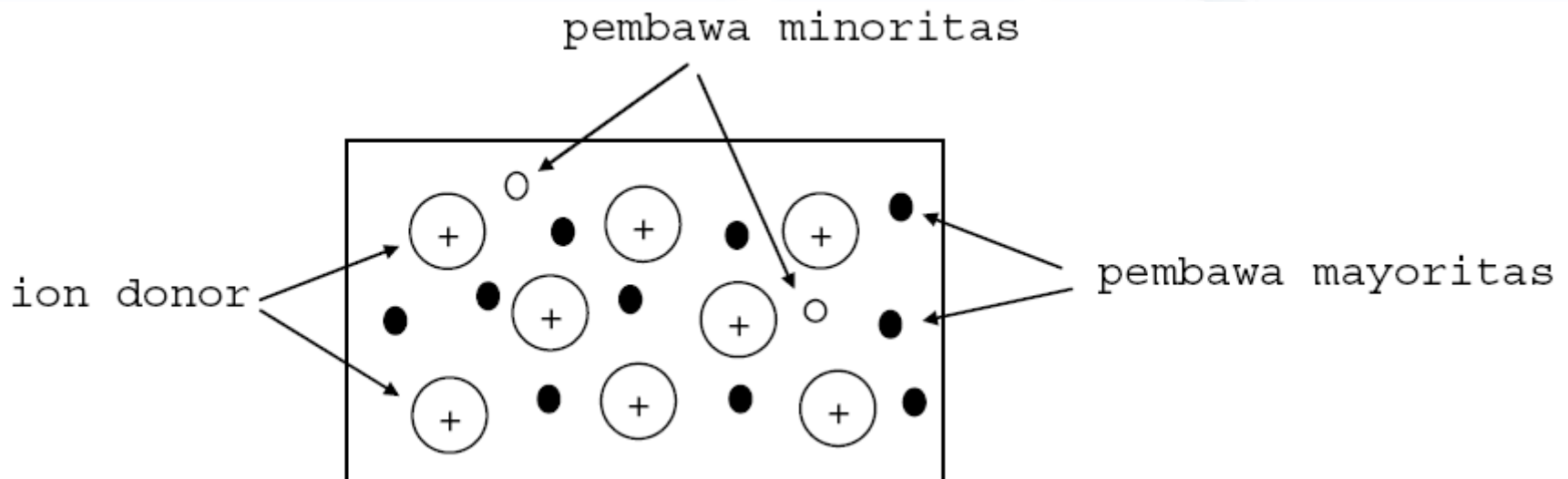
SEMIKONDUKTOR TIPE -N

- ❑ Semikonduktor Ekstrinsik tipe -N merupakan kristal semikonduktor yang di doping dengan atom pentavalen, sehingga memiliki kelebihan atom bebas.
- ❑ Atom pentavalen tersebut disebut sebagai atom donor.
- ❑ Beberapa atom penta valen yang digunakan adalah : *Antimony, arsenic, and phosphorus*



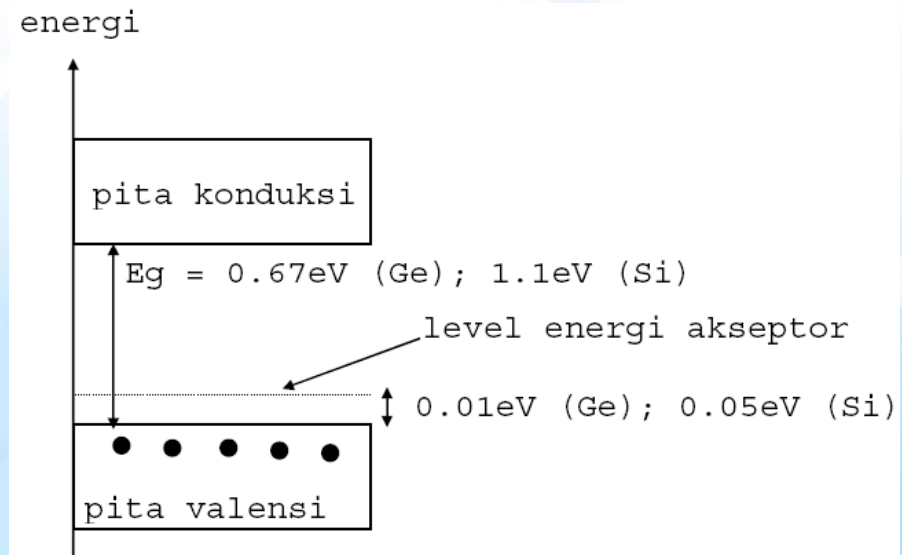
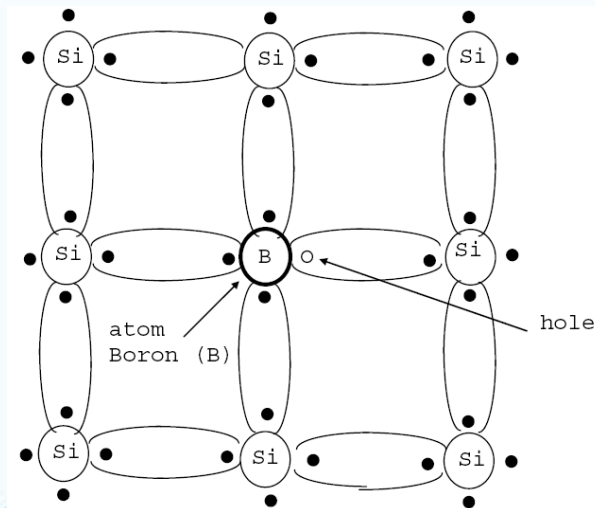
SEMIKONDUKTOR TIPE -N

- ❑ Pada atom donor ditinggalkan oleh elektron valensinya (menjadi elektron bebas). Sehingga menjadi ion yang bermuatan positif.
- ❑ Elektron bebasnya menjadi pembawa mayoritas.
- ❑ Hole menjadi pembawa minoritas.



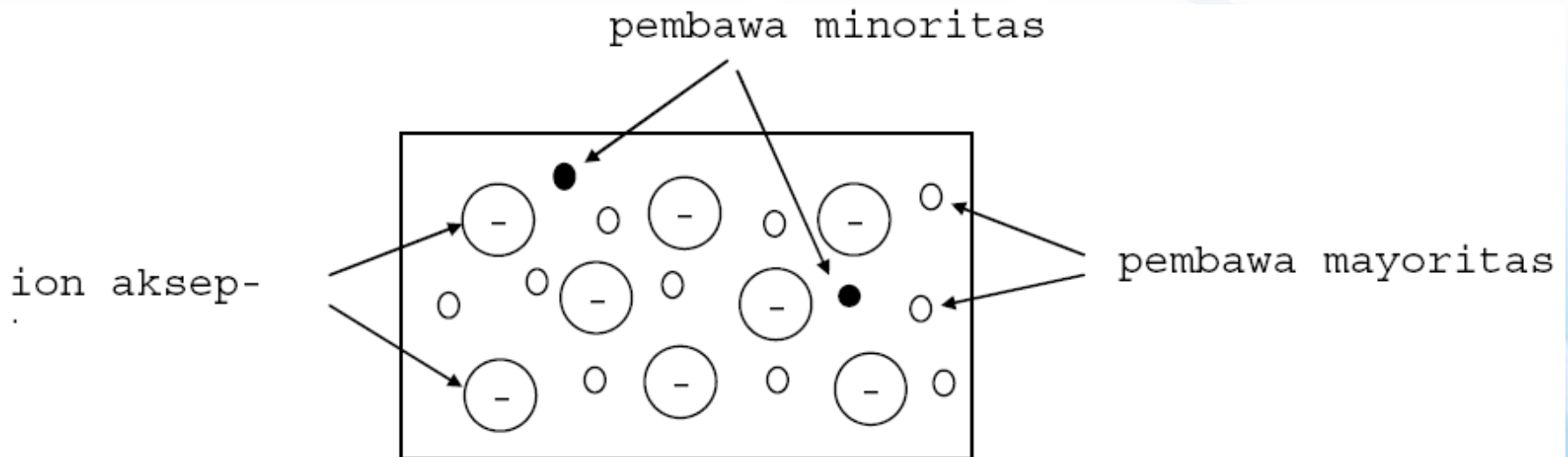
SEMIKONDUKTOR TIPE -P

- ❑ Semikonduktor Ekstrinsik tipe -P merupakan kristal semikonduktor yang di doping dengan atom trivalen, sehingga terbentuk jumlah hole pada jalur valensi.
- ❑ Atom trivalen tersebut disebut sebagai atom akseptor.
- ❑ Beberapa atom penta valen yang digunakan adalah : *boron, gallium, and indium*.



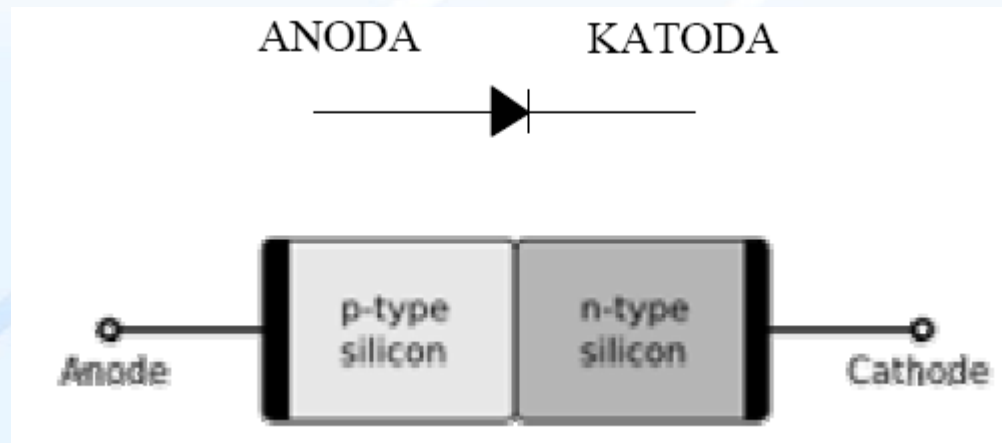
SEMIKONDUKTOR TIPE -P

- ❑ Atom akseptor telah menerima elektron, maka menjadi ion yang bermuatan negatif.
- ❑ Pembawa mayoritas berupa hole.
- ❑ Pembawa minoritas berupa elektron



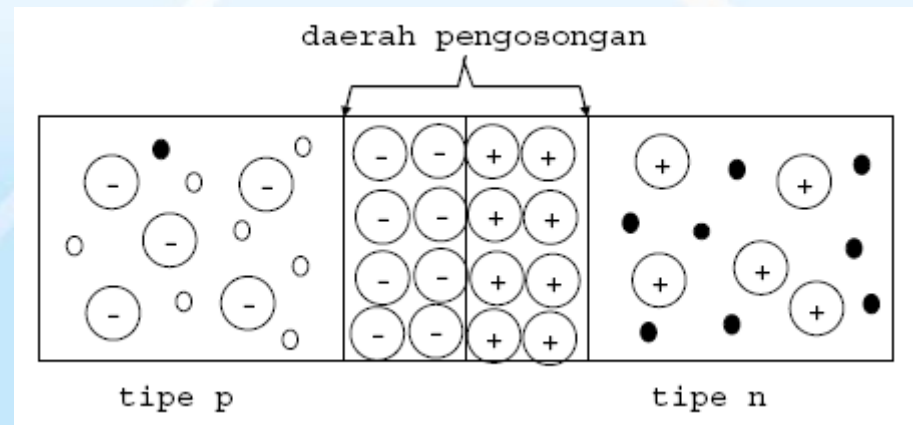
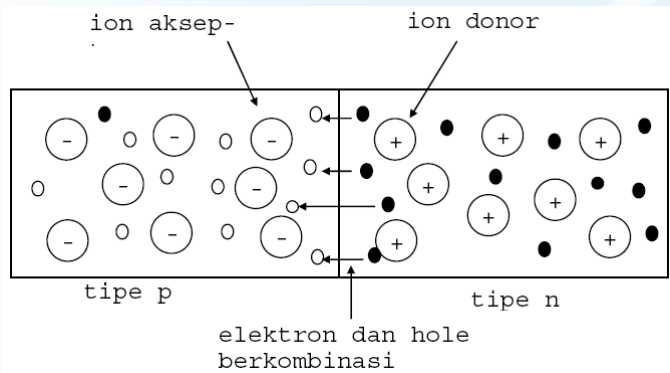
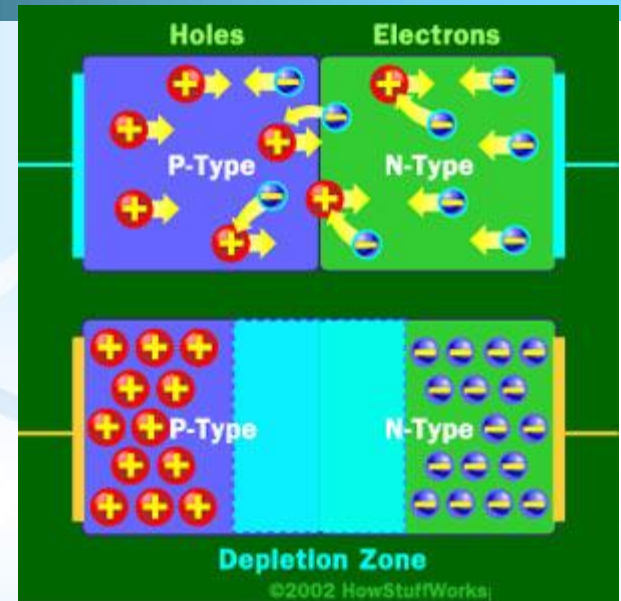
DIODA SEMIKONDUKTOR

- ❑ Dioda adalah kristal yang dibentuk dari penggabungan separuh semikonduktor type-*n* dan separuh semikonduktor type-*p*.
- ❑ Dioda disebut sebagai pn junction.
- ❑ Sisi p (Anoda) mempunyai banyak hole (pembawa mayoritas)
- ❑ Sisi n (Katoda) mempunyai banyak electron (pembawa mayoritas)



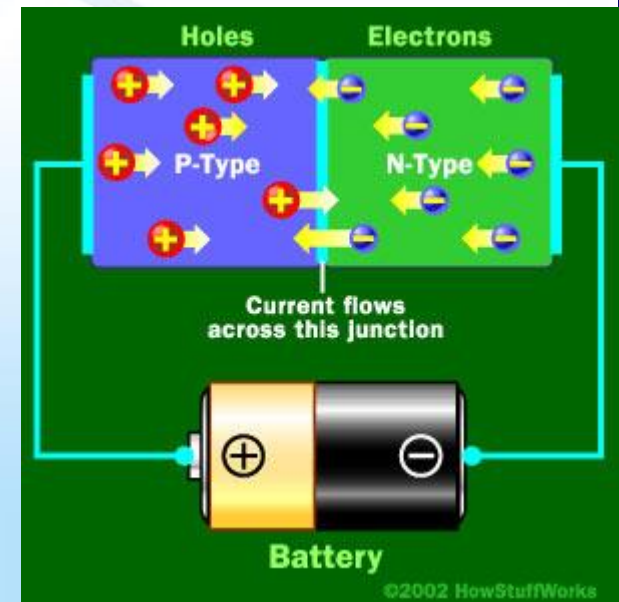
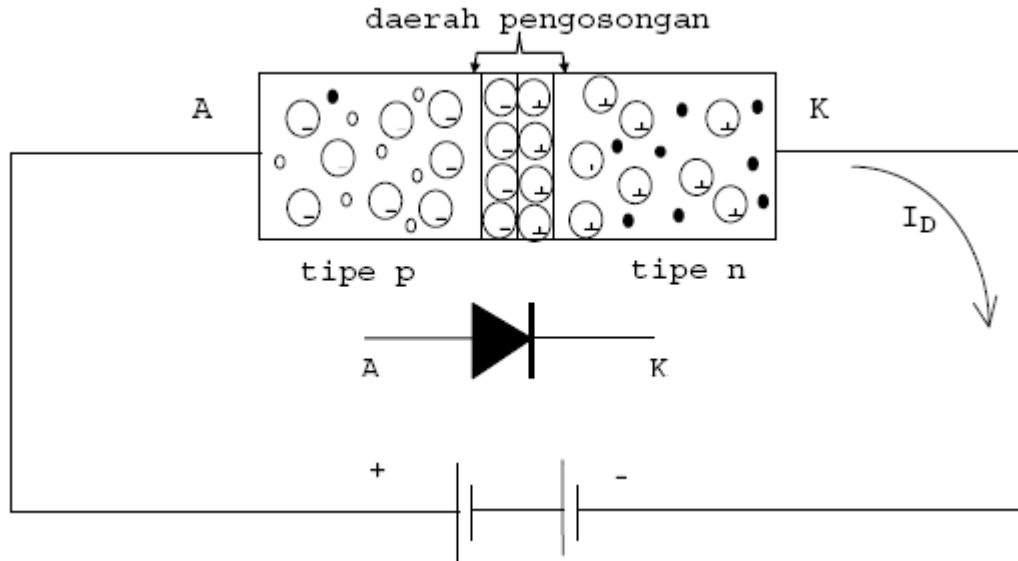
DIODA SEMIKONDUKTOR

- ❑ Terjadi rekombinasi pada daerah sambungan antara hole di bahan p dan elektron pada bahan n.
- ❑ Hole dan elektron yang berkombinasi ini saling meniadakan, dan terbentuk daerah pengosongan (depletion region).



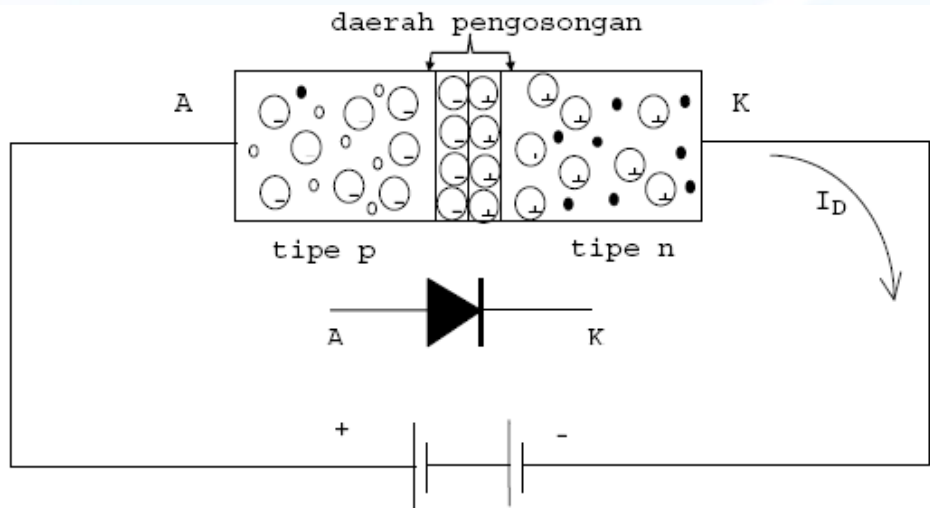
DIODA FORWARD BIAS

- ❑ Terminal Anoda (A) terhubung dengan tegangan positif baterai.
- ❑ Terminal Katoda (K) terhubung dengan tegangan negatif baterai.
- ❑ Dioda disebut mendapatkan bias maju (forward bias). (V_{A-K} adalah positif atau $V_{A-K} > 0$)



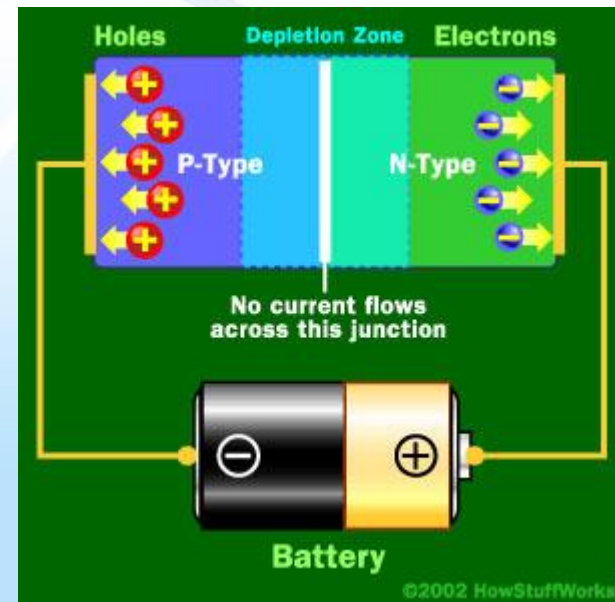
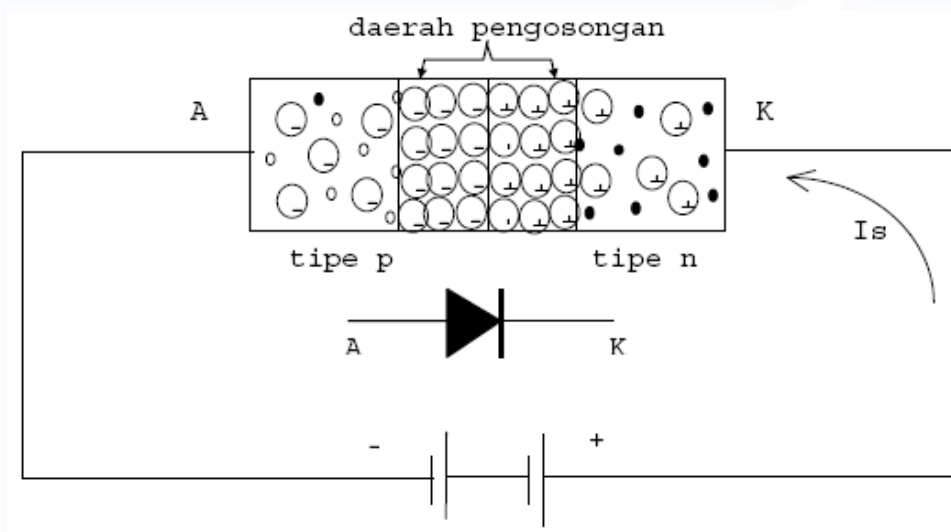
DIODA FORWARD BIAS

- ❑ Arus dioda yang disebabkan oleh pembawa mayoritas akan mengalir, dan disebut sebagai I_D .
- ❑ Pembawa minoritas dari bahan tipe p (elektron) dan dari bahan tipe (hole) akan berkombinasi dan menghasilkan I_s .
- ❑ Arah I_s dan I_D adalah berlawanan.



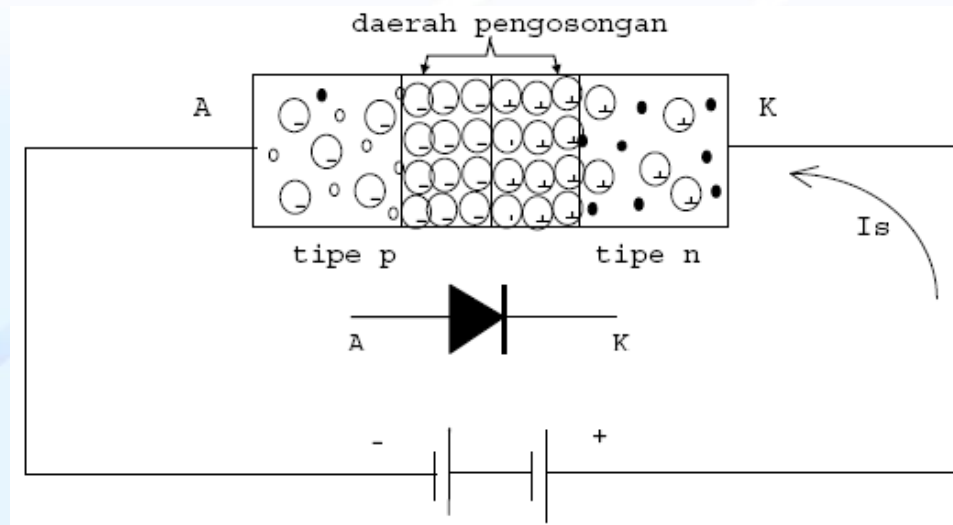
DIODA REVERSE BIAS

- ❑ Terminal Anoda (A) terhubung dengan tegangan negatif baterai.
- ❑ Terminal Katoda (K) terhubung dengan tegangan positif baterai.
- ❑ Dioda disebut mendapatkan bias mundur (reverse bias). (V_{A-K} adalah negatif atau $V_{A-K} < 0$).

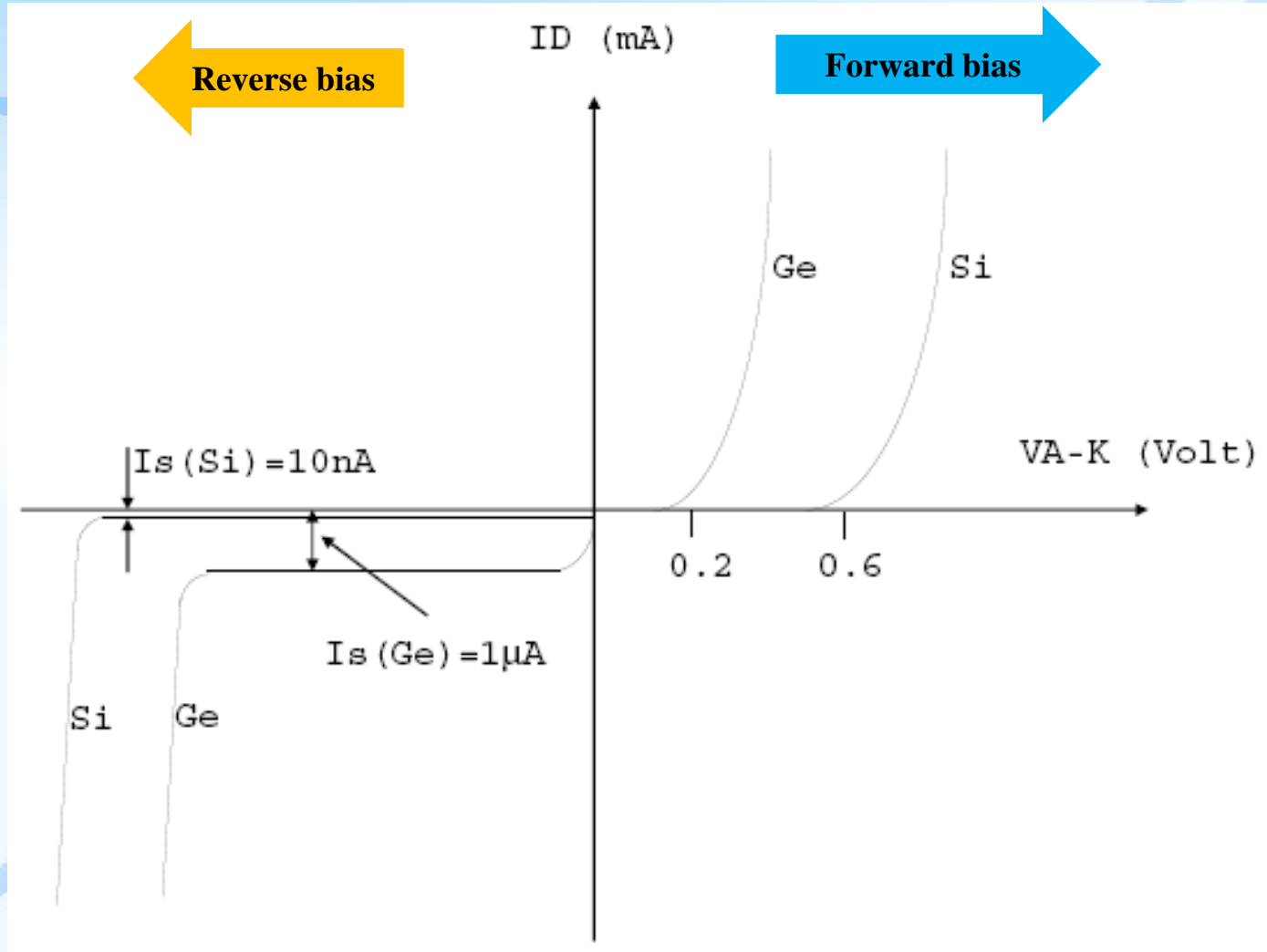


DIODA REVERSE BIAS

- ❑ Pembawa minoritas yang berupa elektron (pada bahan tipe p) dan hole (pada bahan tipe n) akan berkombinasi sehingga mengalir arus jenuh mundur (reverse saturation current) atau I_s .
- ❑ Besarnya I_s untuk dioda germanium adalah skala mikro-amper, dan untuk dioda silikon adalah skala nano-amper



KURVA KARAKTERISTIK DIODA



KURVA KARAKTERISTIK DIODA

$$I_D = I_s(e^{kV_D/T_K} - 1)$$

Dimana:

I_D = arus dioda (amper)

I_s = arus jenuh mundur (amper)

e = bilangan natural, 2.71828...

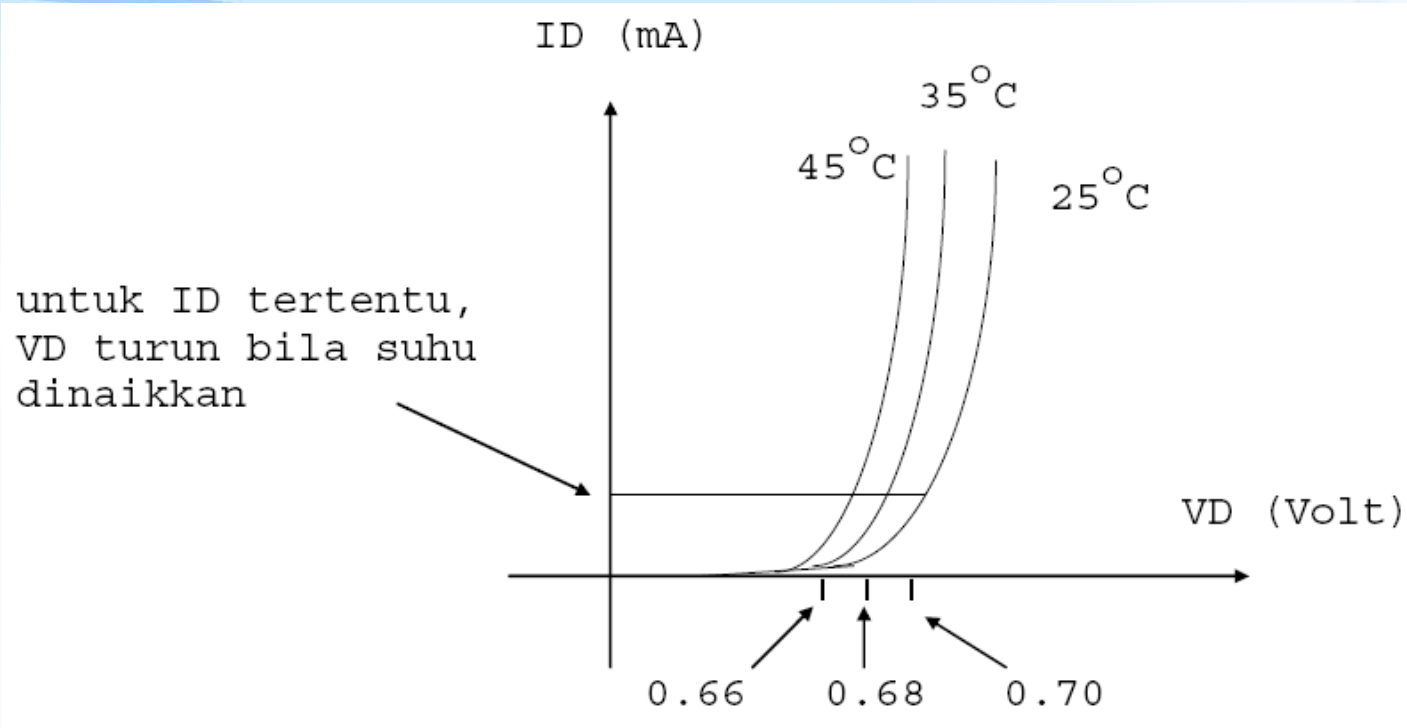
V_D = beda tegangan pada dioda (volt)

k = $11,600/\eta \rightarrow \eta=1$ u/ Ge dan $\eta=2$ u/ Si

T_K = $T_C + 273^\circ$

KURVA KARAKTERISTIK DIODA

Pengaruh temperatur pada kurva bias maju



$$V_\gamma(T_1) - V_\gamma(T_0) = k(T_1 - T_0)$$

KURVA KARAKTERISTIK DIODA

Pengaruh temperatur pada tegangan Cut-in

$$V_{\gamma}(T_1) - V_{\gamma}(T_0) = k(T_1 - T_0)$$

T_0 = temperatur ruang, atau 25°C

T_1 = temperatur dioda yang baru ($^{\circ}\text{C}$)

$V_{\gamma}(T_1)$ = tegangan cut-in pada temperatur ruang (volt)

$V_{\gamma}(T_0)$ = tegangan cut-in yang baru (volt)

k = koefisien temperatur dalam $\text{V}/^{\circ}\text{C}$

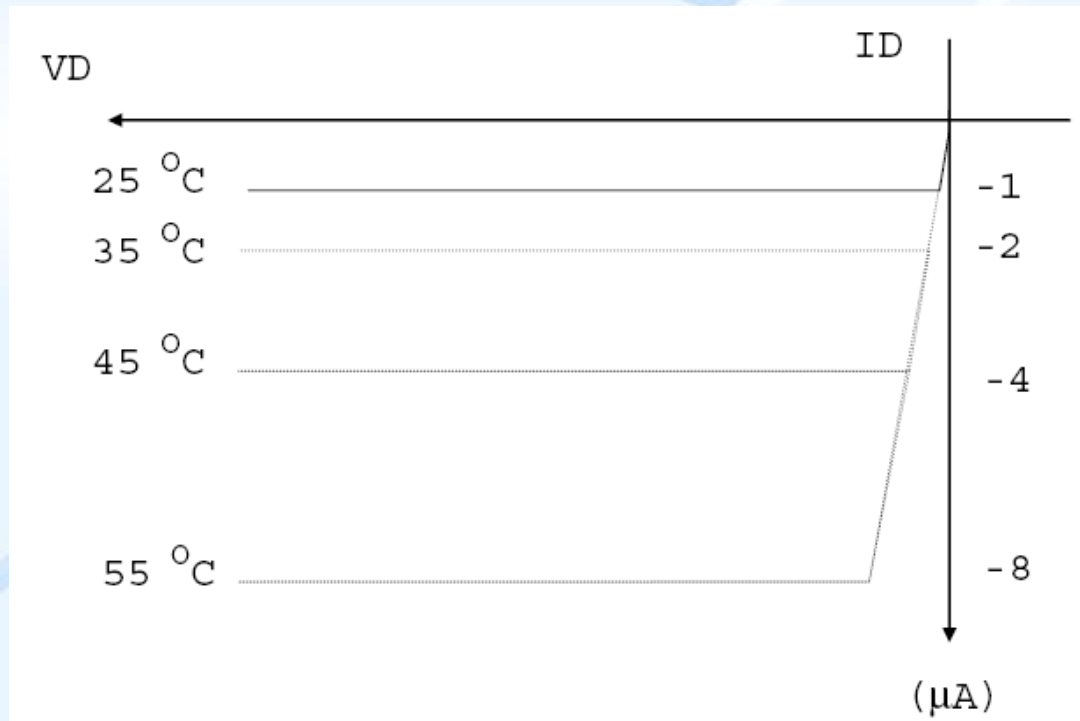
$k = -2.5 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ untuk dioda germanium

$k = -2.0 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ untuk dioda silicon

KURVA KARAKTERISTIK DIODA

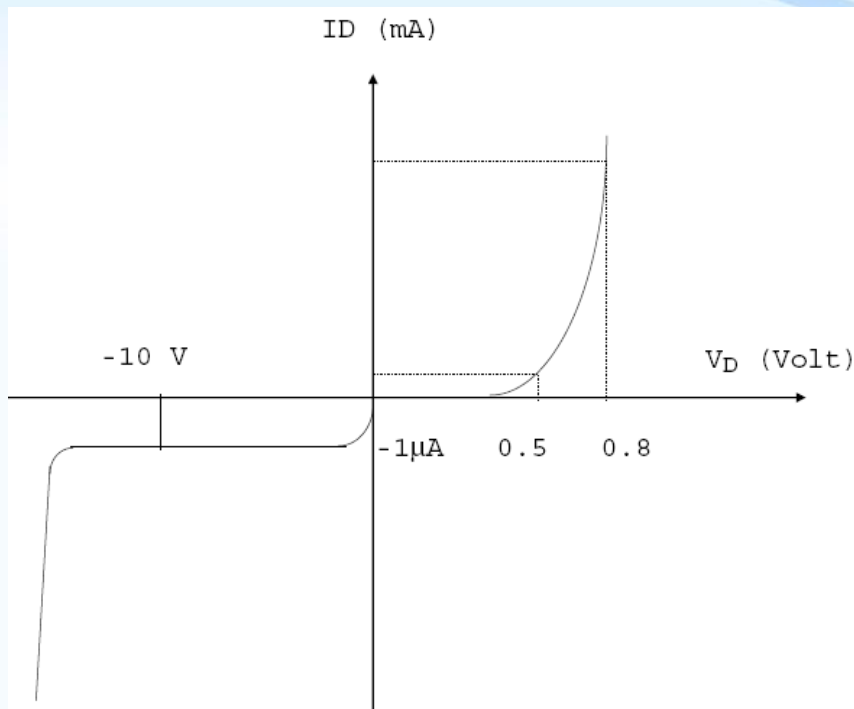
Pengaruh temperatur terhadap Arus Is

$$I_S(T_2) = I_S(T_1) \cdot 2^{(T_2 - T_1)/10}$$

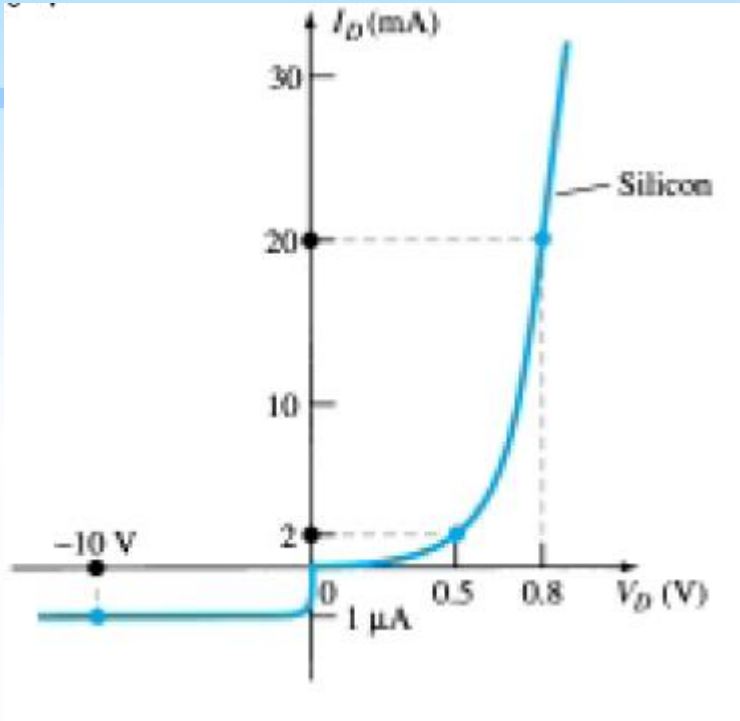


RESISTANSI STATIC

- ❑ RESISTANSI DC atau RESISTANSI STATIC adalah Perbandingan antara tegangan pada titik kerja dengan arus yang mengalir pada dioda.



$$R_D = \frac{V_D}{I_D}$$



❑ Tentukan Resistansi DC

- (a) I_D 2 mA
- (b) I_D 20 mA
- (c) V_D 10 V

❑ Solusi:

- Saat $I_D = 2$ mA $\rightarrow V_D$ 0.5 V

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.5 \text{ V}}{2 \text{ mA}} = \mathbf{250 \text{ } \Omega}$$

- Saat $I_D = 20$ mA $\rightarrow V_D$ 0.8 V

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.8 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = \mathbf{40 \text{ } \Omega}$$

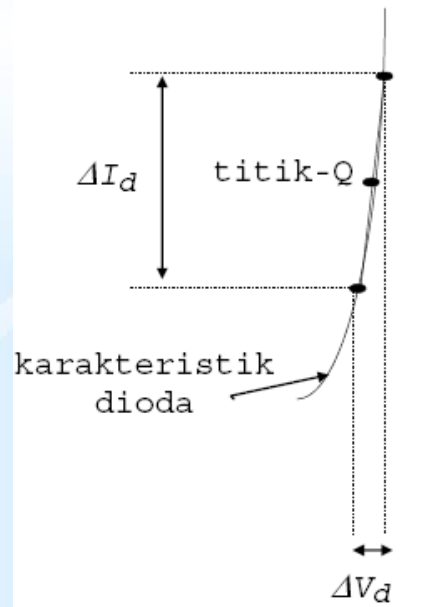
- Saat $V_D = 10$ V $\rightarrow I_D = -I_s = -1 \mu$ A

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{10 \text{ V}}{1 \mu \text{ A}} = \mathbf{10 \text{ M}\Omega}$$

RESISTANSI DINAMIK

- ❑ Apabila sinyal sinus diberikan di sekitar titik kerja, maka titik kerja akan berayun keatas dan ke bawah.
- ❑ RESISTANSI AC atau RESISTANSI DINAMIK adalah Perbandingan antara perubahan tegangan dengan perubahan arus disekitar titik kerja.

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$



RESISTANSI DINAMIK

$$I_D = I_s(e^{kV_D/T_K} - 1)$$

$$\frac{d}{dV_D}(I_D) = \frac{d}{dV}[I_s(e^{kV_D/T_K} - 1)]$$

$$\frac{dI_D}{dV_D} = \frac{k}{T_K}(I_D + I_s) \rightarrow I_D \gg I_s$$

$$\frac{dI_D}{dV_D} \cong \frac{k}{T_K}I_D \rightarrow$$

$$k = \frac{11,600}{\eta} = \frac{11,600}{1} = 11,600$$

$$T_K = T_C + 273^\circ = 25^\circ + 273^\circ = 298^\circ$$

$$\frac{k}{T_K} = \frac{11,600}{298} \cong 38.93$$

$$\frac{dI_D}{dV_D} = 38.93I_D \rightarrow$$

$$\frac{dV_D}{dI_D} \cong \frac{0.026}{I_D} \rightarrow$$

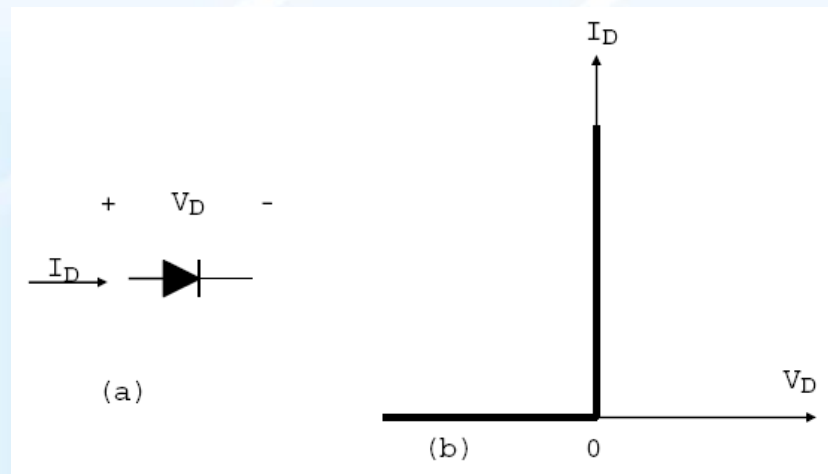
$$r_d = \frac{26 \text{ mV}}{I_D}$$

RANGKAIAN EKIVALEN DIODA

- ❑ Rangkaian ekivalen adalah gabungan dari beberapa elemen yang dianggap paling mewakili karakteristik suatu komponen atau sistem yang sesungguhnya.
- ❑ Rangkaian ekivalen sering disebut dengan model dioda.

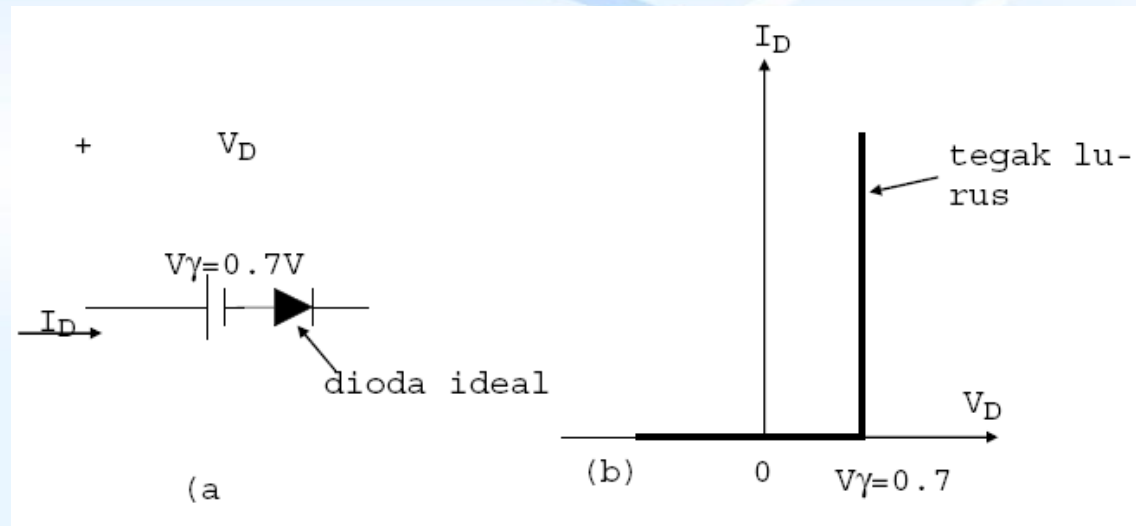
MODEL DIODA IDEAL

- ❑ Dioda ideal menyerupai suatu saklar
- ❑ V_D positif saklar akan menutup (dioda ON)
- ❑ V_D negatif saklar akan membuka (dioda OFF)
- ❑ Model dioda ideal dipakai terutama dalam kondisi apabila tegangan dan resistansi jaringan sangat besar, misalnya dalam power supply.



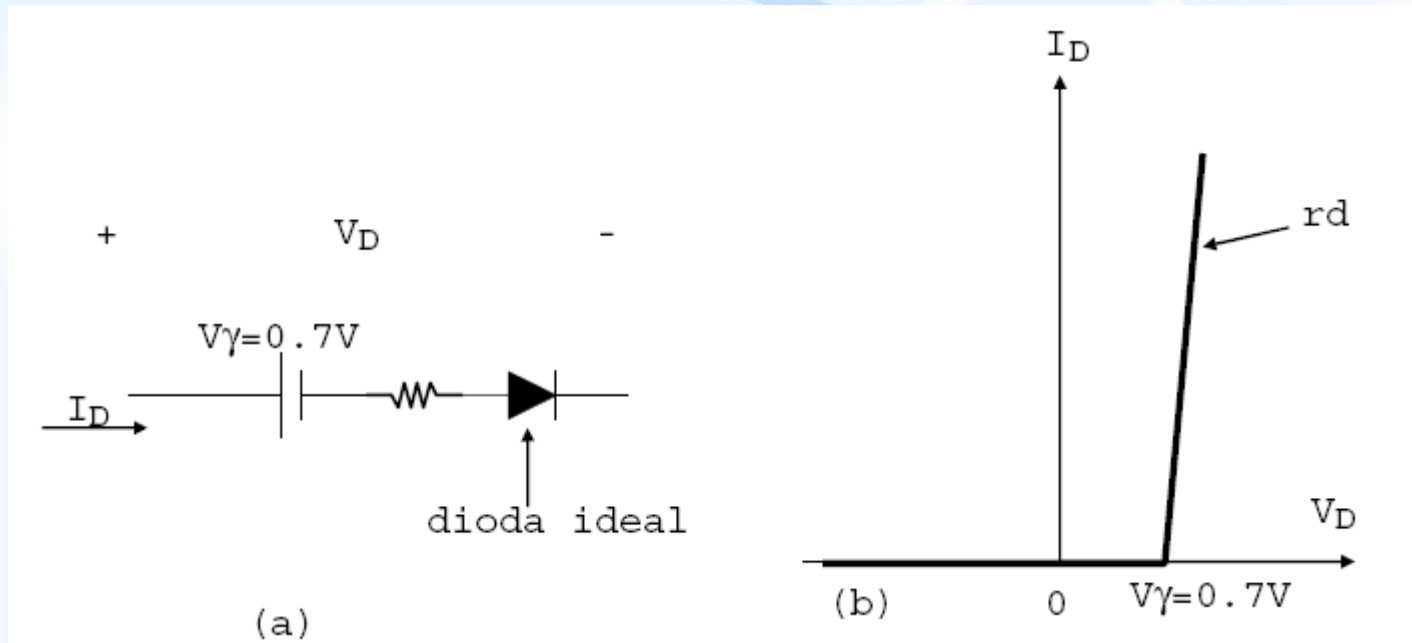
MODEL DIODA SEDERHANA

- ❑ Model ini merupakan gabungan dari model dioda ideal dengan tegangan cut-in

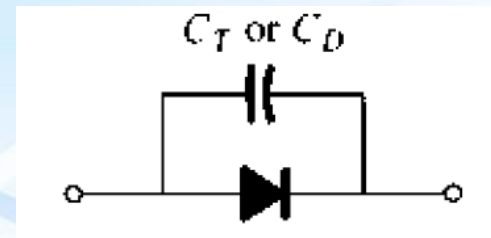
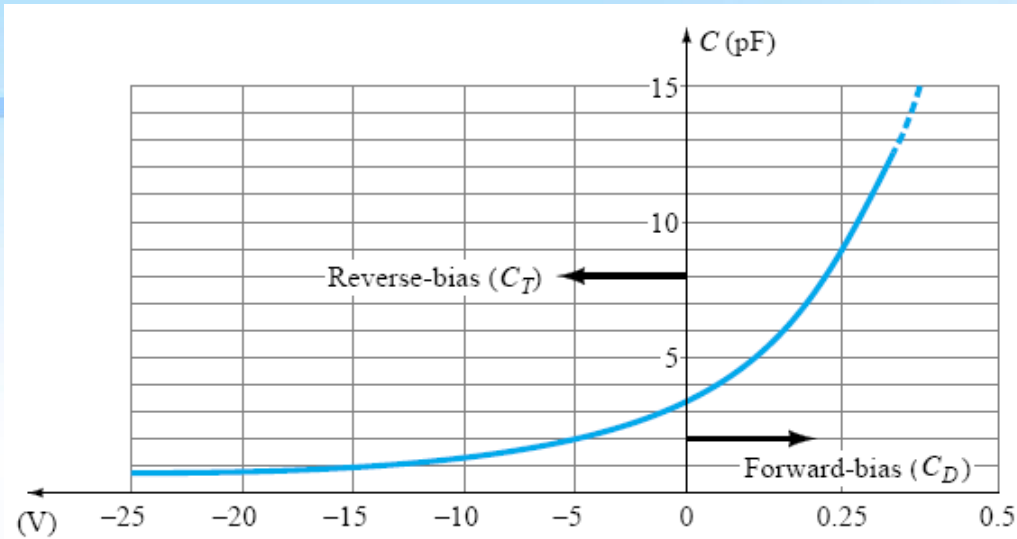


RANGKAIAN EKIVALEN *PIECEWISELINIER*

- ❑ Meskipun rangkaian ekivalen ini dianggap paling akurat, namun bagian nonlinier dari kurva bias maju tetap dianggap sebagai linier.



TRANSITION AND DIFFUSION CAPACITANCE

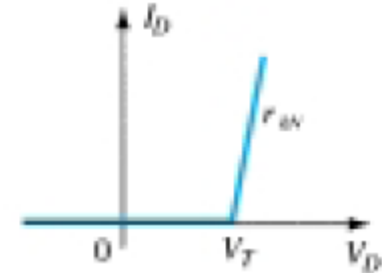
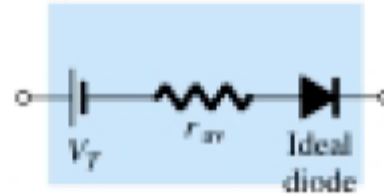


$$C = \epsilon A/d,$$

- ❑ $C_T \rightarrow$ *Transition Capacitance* atau *Depletion-Region capacitance*, merupakan kapasitansi pada dioda yang di bias mundur.
- ❑ $C_D \rightarrow$ *Diffusion* atau *storage capacitance* merupakan kapasitansi dioda saat dibias maju.

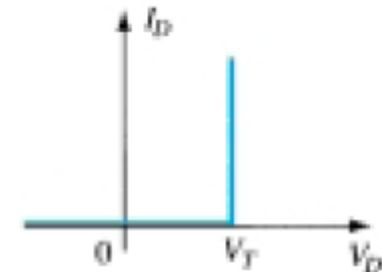
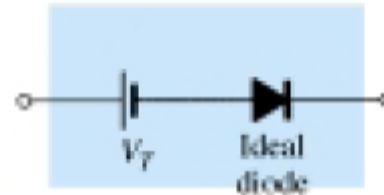
MODEL PENDEKATAN DIODA

Piecewise-linear model



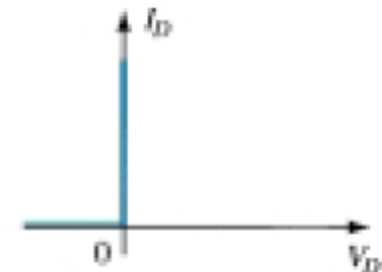
Simplified model

$$R_{\text{network}} \gg r_{av}$$

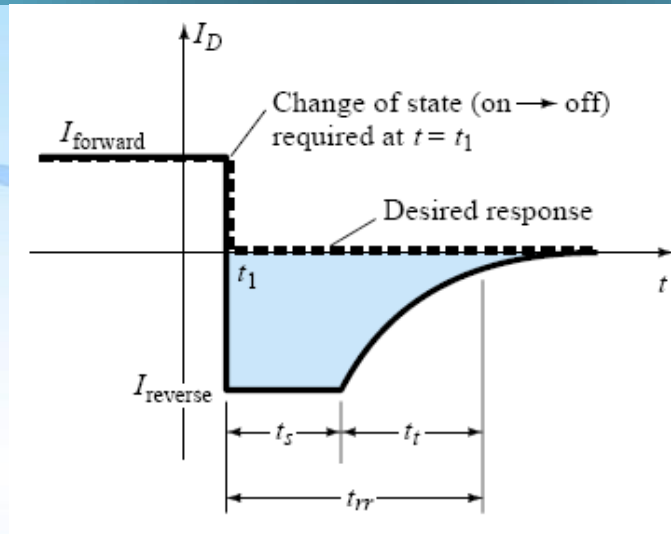


Ideal device

$$\begin{aligned} R_{\text{network}} &\gg r_{av} \\ E_{\text{network}} &\gg V_T \end{aligned}$$

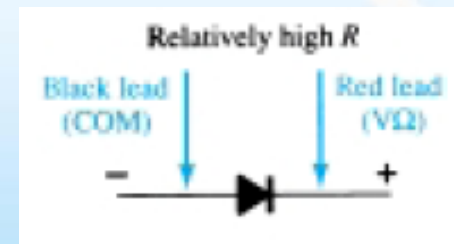
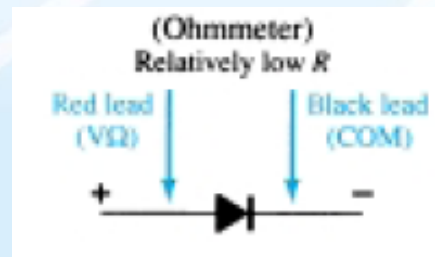
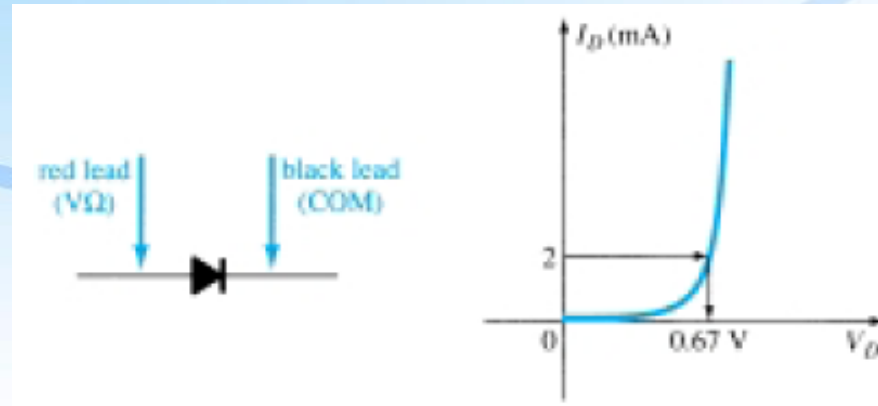
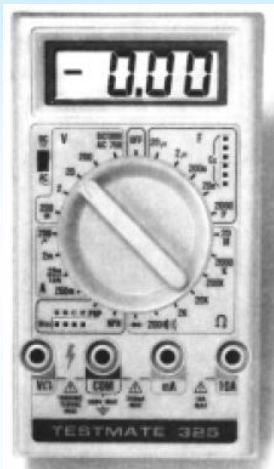


REVERSE RECOVERY TIME

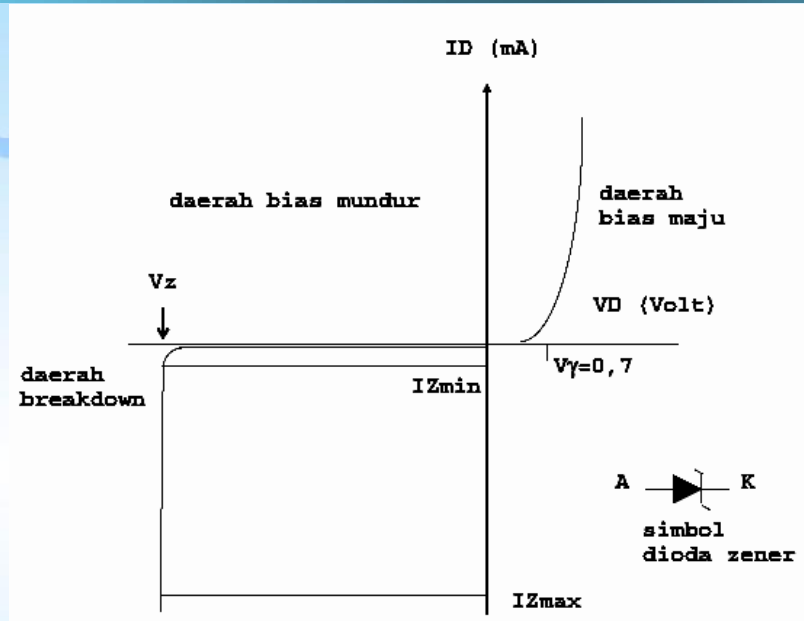


- ❑ Saat perubahan dari arus mayoritas menjadi minoritas, dioda mengalami short circuit sesaat.

Cara Menguji Dioda

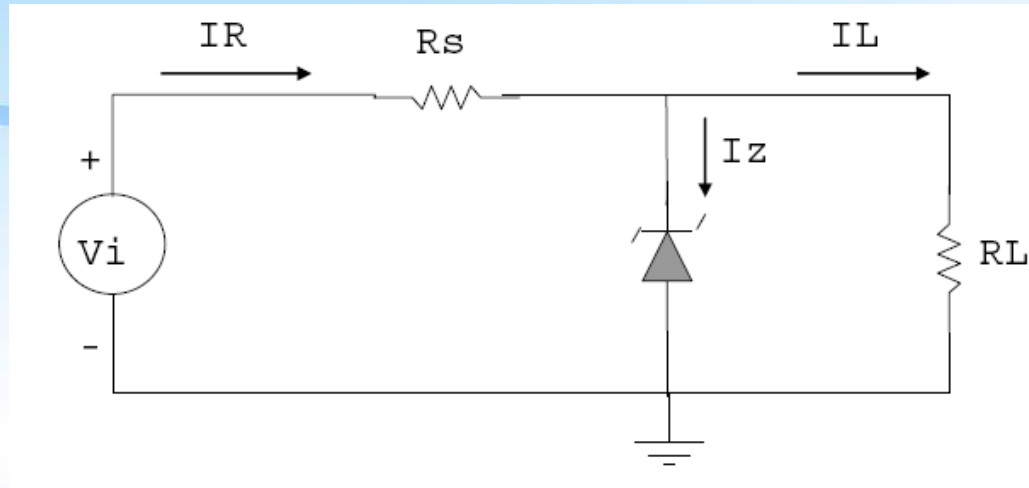


DIODA ZENER



- ❑ Titik breakdown dari suatu dioda zener dapat dikontrol dengan memvariasi tingkat dopingnya.
- ❑ Tingkat doping yang tinggi, akan meningkatkan jumlah pengotoran sehingga tegangan zenernya (V_Z) akan kecil, demikian juga sebaliknya.

DIODA ZENER



- ❑ Tegangan pada R_L adalah sama dengan tegangan pada Zener