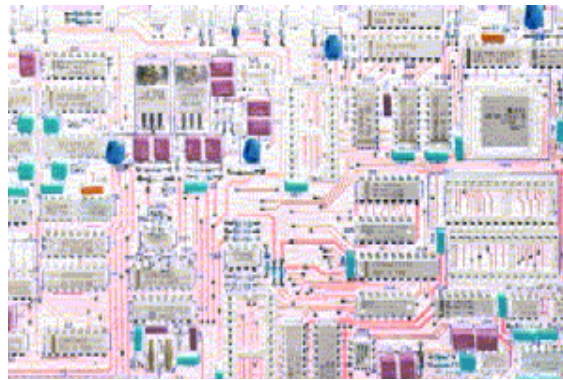




## DASAR SEMIKONDUKTOR

ELK-DAS.29  
20 JAM



Penyusun :

TIM FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
EDISI 2001

## KATA PENGANTAR

Modul yang berjudul “**Dasar Semikonduktor**” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan pratikkum peserta diklat (siswa) Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi Penerapan Konsep Dasar Elektro, Bidang Keahlian Teknik Elektro.

Materi yang dibahas dalam modul ini meliputi pengertian semikonduktor, karakteristik dioda semikonduktor, penggunaan dioda semikonduktor, dan transistor dan penggunaannya yang masing-masing menjadi Kegiatan Belajar 1, 2, 3, dan 4. Dalam Kegiatan Belajar 1 dibahas struktur atom semikonduktor, semikonduktor tipe N dan P. Dalam Kegiatan Belajar 2 dibahas dioda semikonduktor, bias mundur dan maju, serta karakteristik dioda. Sedangkan pada Kegiatan Belajar 3 dibahas berbagai macam penggunaan dioda seperti penyearah, clipper dan clamper. Untuk Kegiatan Belajar 4 membahas tentang dasar-dasar transistor serta aplikasinya pada rangkaian.

Modul ini terkait dengan modul lain yang membahas Komponen Elektronika Daya, Merakit Komponen Elektronika dan Hukum Kelistrikan sehingga sebelum menggunakan modul ini peserta diklat (siswa) diharapkan telah memahami prinsip dasar kelistrikan dan macam-macam komponen elektronika.

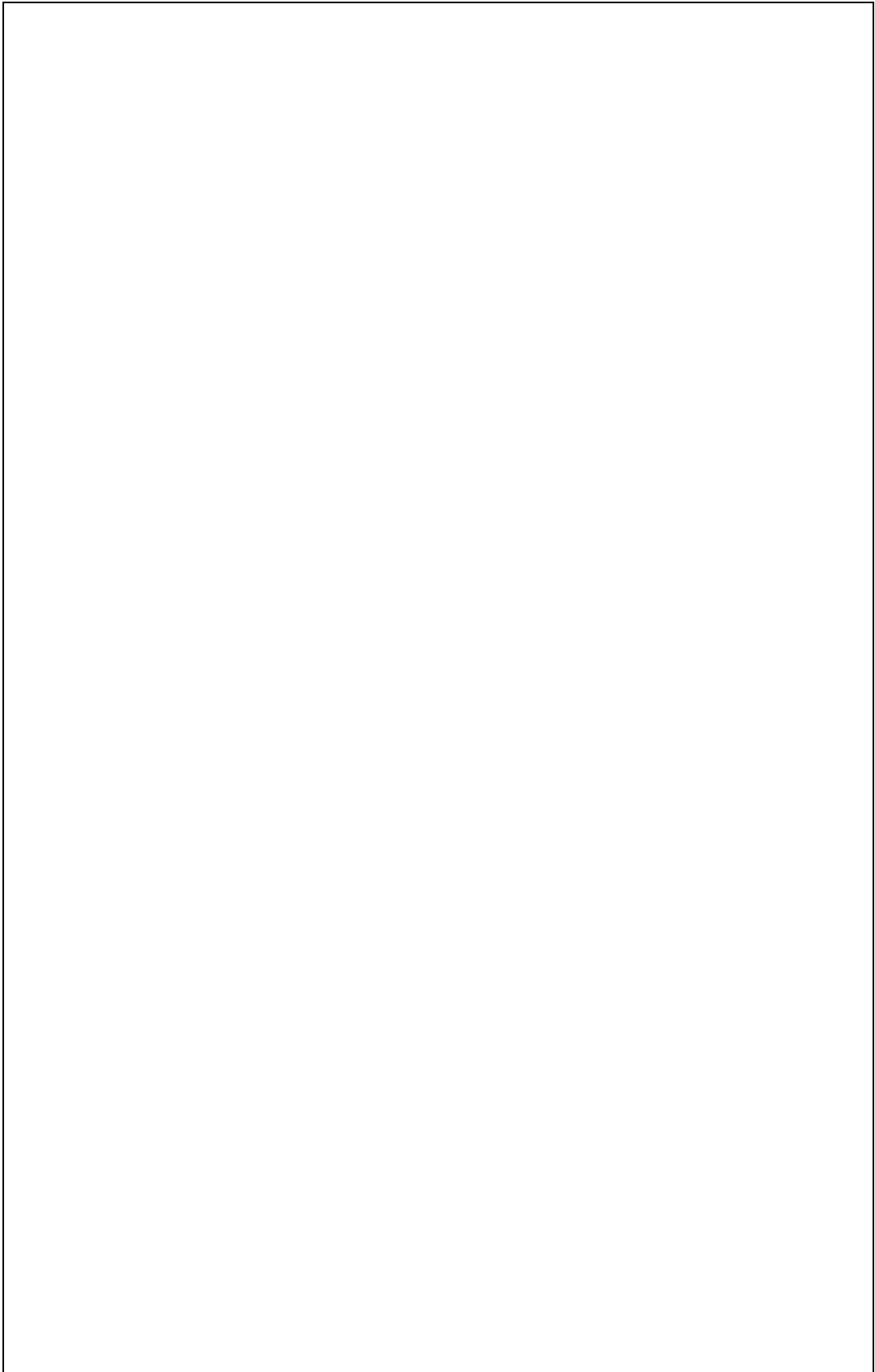
Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun.  
Tim Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

## DESKRIPSI JUDUL

**Dasar Semikonduktor** merupakan modul praktikum yang membahas tentang pengertian semikonduktor, karakteristik dioda semikonduktor, penggunaan dioda semikonduktor, serta transistor dan aplikasinya dalam suatu rangkaian sederhana.

Modul pembelajaran yang berjudul Dasar Semikonduktor ini terdiri atas 4 (empat) kegiatan belajar atau pokok bahasan, yakni: Pengertian Semi-konduktor, Karakteristik Dioda Semikonduktor, Penggunaan Dioda Semikonduktor, serta Transistor dan Aplikasinya. Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta diklat mampu menguasai konsep dasar teori semikonduktor serta karakteristiknya. Selain itu peserta diklat juga mempunyai keterampilan dalam membuat rangkaian elektronika sederhana dengan menggunakan diode semikonduktor sebagai penyearahan dan transistor sebagai saklar.



## PRASYARAT

Untuk dapat mengerjakan modul pembelajaran yang berjudul **Dasar Semikonduktor** hendaknya para peserta diklat (siswa) harus memiliki kemampuan awal, yaitu :

- Peserta Diklat telah memahami jenis-jenis bahan elektronika (konduktor dan isolator)
- Peserta Diklat mampu memahami teori Hukum Ohm dan Hukum Kirchoff
- Peserta Diklat mampu menggunakan alat ukur volt meter dan osiloskop.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DESKRIPSI JUDUL .....	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	iv
PRASYARAT .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
PERISTILAHAN/GLOSSARY .....	viii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....	ix
<b>Tujuan</b> .....	x
1. Tujuan Akhir .....	x
2. Tujuan Antara .....	x
<b>KEGIATAN BELAJAR 1</b> .....	1
Lembar Informasi .....	1
Lembar Latihan .....	7
<b>KEGIATAN BELAJAR 2</b> .....	8
Lembar Informasi .....	8
Lembar Kerja.....	13
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	14
Langkah Kerja .....	14
Lembar Latihan .....	15
<b>KEGIATAN BELAJAR 3</b> .....	16
Lembar Informasi .....	16
Lembar Kerja.....	31
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	31
Langkah Kerja .....	31
Lembar Latihan .....	32
<b>KEGIATAN BELAJAR 4</b> .....	33
Lembar Informasi .....	33
Lembar Kerja.....	36

Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	36
Langkah Kerja .....	36
Lembar Latihan .....	37
<b>LEMBAR EVALUASI</b> .....	<b>38</b>
<b>LEMBAR KUNCI JAWABAN</b> .....	<b>39</b>
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1 .....	39
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2 .....	39
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3 .....	40
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 4 .....	41
Kunci Jawaban Lembar Evaluasi .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>43</b>

## PERISTILAHAN / GLOSSAARY

Ikatan Kovalen, yaitu ikatan yang dibentuk oleh elektron-elektron valensi yang berdekatan.

*Hole*, yaitu pembawa muatan listrik yang bermuatan positif yang merupakan pembawa muatan mayoritas pada bahan tipe P.

*Dopan*, yaitu bahan semikonduktor bervalensi tiga atau lima yang didifusikan ke dalam semikonduktor *intrinsik* sebagai bahan pengotoran sehingga diperoleh bahan tipe P atau tipe N.

Ion donor, yaitu atom bermuatan positif yang ada dalam bahan semikonduktor tipe N.

Ion akseptor, yaitu atom bermuatan negatif yang ada dalam bahan semikonduktor tipe P.

Tegangan Penghalang, yaitu tegangan yang muncul di sekitar daerah persambungan P-N yang disebabkan adanya perbedaan potensial antara ion positif (donor) dan ion negatif (akseptor). Tegangan penghalang untuk dioda germanium adalah 0,2 Volt, dan untuk dioda silikon adalah 0,65 Volt.

*Clipper*, yaitu rangkaian dioda yang digunakan untuk memotong atau menghilangkan sebagian sinyal masukan yang berada di atas atau di bawah level tertentu.

*Clamper*, yaitu rangkaian dioda yang digunakan untuk menggeser suatu sinyal ke arah level negatif atau positif tertentu.



## PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Modul ini terdiri atas empat kegiatan belajar. Pada kegiatan belajar 1 terdiri atas lembar informasi dan lembar latihan. Sedangkan khusus kegiatan belajar 2, 3, dan 4 terdapat lembar kerja setelah lembar informasi. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini:

1. Mempelajari dan memahami teori maupun konsep materi pembelajaran dalam lembar informasi pada setiap lembar kegiatan belajar.
2. Untuk kegiatan belajar 2, 3, dan 4:
  - a. Persiapkanlah alat dan bahan akan digunakan !
  - b. Periksalah kondisi setiap komponen sebelum digunakan, seperti diode maupun komponen pasif lainnya dan jika ada komponen yang rusak maka segera ditukarkan !
  - c. Rakitlah setiap komponen sesuai diagram rangkaian yang diberikan pada setiap kegiatan belajar 2, 3 dan 4 !
  - d. Cermati cara merakit komponen aktif, jangan sampai terbalik dalam pemasangan kaki-kakinya !
  - e. Ceklah kembali rangkaian yang sudah dibuat !
  - f. Konsultasikan rangkaian kepada instruktur sebelum dihubungkan ke sumber tegangan.
  - g. Kembalikan semua peralatan praktik yang digunakan ketika telah selesai praktik.
3. Mengerjakan soal-soal latihan dalam lembar latihan pada setiap kegiatan belajar.
4. Mengerjakan soal-soal pada lembar evaluasi di akhir modul .

## TUJUAN

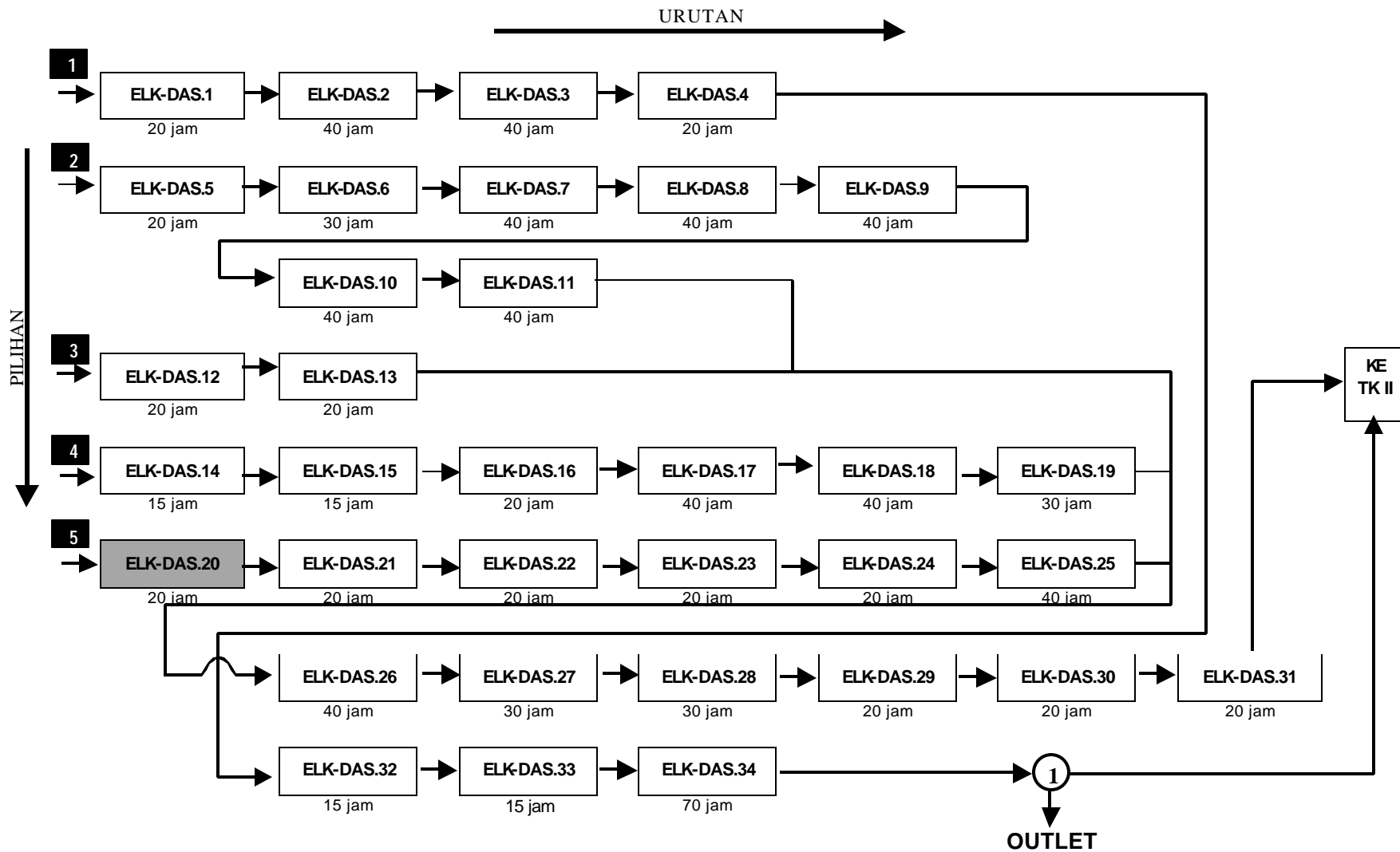
### 1. Tujuan akhir

Setelah selesai mengerjakan modul ini diharapkan peserta diklat dapat:

- Peserta Diklat mampu memahami dan menjelaskan sifat dasar semikonduktor.
- Peserta Diklat mampu memahami dan menguasai karakteristik dioda semikonduktor.
- Peserta Diklat mampu merangkai dan menjelaskan komponen diode semikonduktor pada rangkaian penyearah.
- Peserta Diklat mampu memahami dan merangkai komponen transistor pada rangkaian sederhana

### 2. Tujuan antara

- Peserta Diklat mampu memahami dan menjelaskan struktur atom semikonduktor.
- Peserta Diklat mampu memahami dan menjelaskan semikonduktor tipe N dan tipe P.
- Peserta Diklat mampu memahami dan menjelaskan komponen dioda semikonduktor baik itu sifat bias maju maupun sifat bias mundur dari komponen tersebut.
- Peserta Diklat mampu memahami dan menjelaskan kurva karakteristik dioda semikonduktor.
- Peserta Diklat mampu mengetahui prinsip dari penyearahan setengah gelombang, gelombang penuh dengan trafo CT, dan gelombang penuh sistem jembatan.
- Peserta Diklat mampu mengetahui prinsip kerja dari penggunaan dioda sebagai pemotong dan penggeser.
- Peserta Diklat mampu mengetahui prinsip kerja transistor sebagai saklar.



Peta Kedudukan Modul SMK Bidang Keahlian Teknik Elektro Tingkat I

## KEGIATAN BELAJAR 1

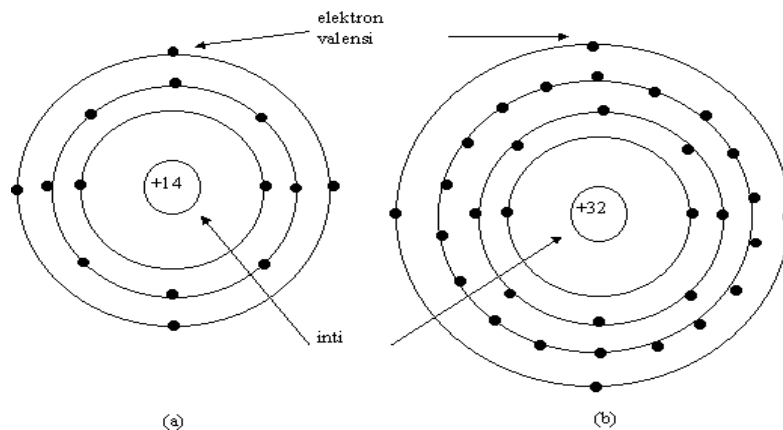
### PENGETIAN SEMIKONDUKTOR

#### Lembar Informasi

#### 1. Struktur Atom Semikonduktor

Operasi semua komponen benda padat seperti dioda, LED, Transistor Bipolar dan FET serta Op-Amp atau rangkaian terpadu lainnya (*solid state*) didasarkan atas sifat-sifat semikonduktor. Secara umum semikonduktor adalah bahan yang sifat-sifat kelistrikannya terletak antara sifat-sifat konduktor dan isolator. Sifat-sifat kelistrikan konduktor maupun isolator tidak mudah berubah oleh pengaruh temperatur, cahaya atau medan magnet, tetapi pada semikonduktor sifat-sifat tersebut sangat sensitive.

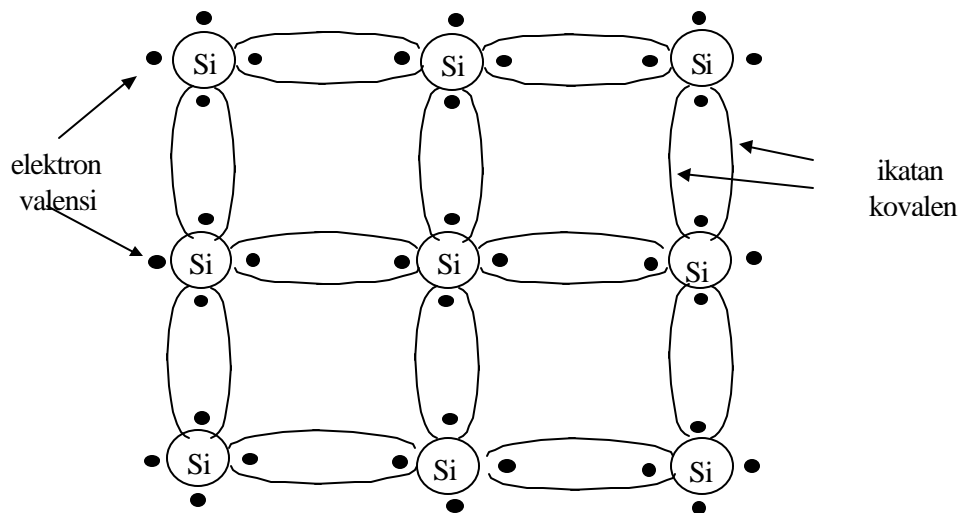
Elemen terkecil dari suatu bahan yang masih memiliki sifat-sifat kimia dan fisika yang sama adalah atom. Suatu atom terdiri atas tiga partikel dasar, yaitu: neutron, proton, dan elektron. Dalam struktur atom, proton dan neutron membentuk inti atom yang bermuatan positif dan sedangkan elektron-elektron yang bermuatan negatif mengelilingi inti. Elektron-elektron ini tersusun berlapis-lapis. Struktur atom dengan model Bohr dari bahan semikonduktor yang paling banyak digunakan adalah silikon dan germanium.



Gambar 1. Struktur Atom (a) Silikon; (b) Germanium

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1 atom silikon mempunyai elektron yang mengorbit (yang mengelilingi inti) sebanyak 14 dan atom germanium mempunyai 32 elektron. Pada atom yang seimbang (netral) jumlah elektron dalam orbit sama dengan jumlah proton dalam inti. Muatan listrik sebuah elektron adalah:  $- 1.602^{-19}$  C dan muatan sebuah proton adalah:  $+ 1.602^{-19}$  C.

Elektron yang menempati lapisan terluar disebut sebagai elektron valensi. Atom silikon dan germanium masing mempunyai empat elektron valensi. Oleh karena itu baik atom silikon maupun atom germanium disebut juga dengan atom tetra-valent (bervalensi empat). Empat elektron valensi tersebut terikat dalam struktur kisi-kisi, sehingga setiap elektron valensi akan membentuk ikatan kovalen dengan elektron valensi dari atom-atom yang bersebelahan. Struktur kisi-kisi kristal silikon murni dapat digambarkan secara dua dimensi pada Gambar 2 guna memudahkan pembahasan.



Gambar 2. Struktur Kristal Silikon dengan Ikatan Kovalen

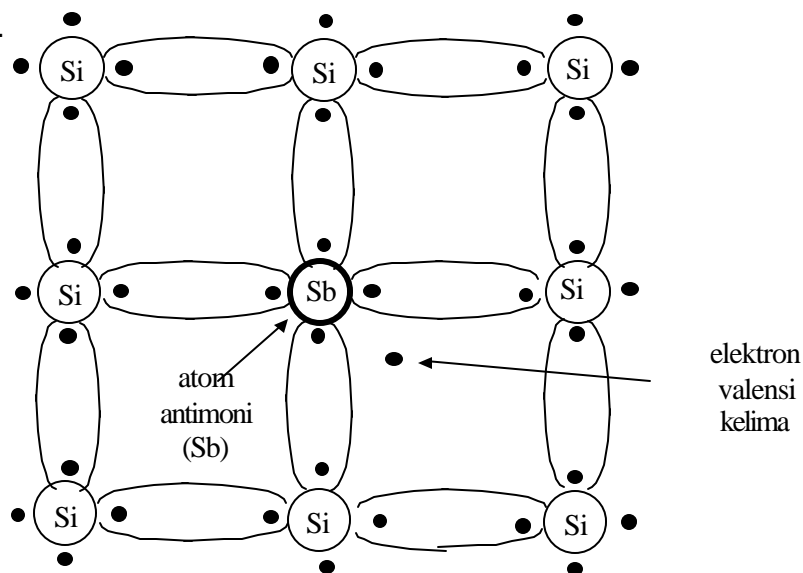
Meskipun terikat dengan kuat dalam struktur kristal, namun bisa saja elektron valensi tersebut keluar dari ikatan kovalen menuju daerah konduksi apabila diberikan energi panas. Bila energi panas tersebut

cukup kuat untuk memisahkan elektron dari ikatan kovalen maka elektron tersebut menjadi bebas atau disebut dengan elektron bebas. Pada suhu ruang terdapat kurang lebih  $1.5 \times 10^{10}$  elektron bebas dalam  $1 \text{ cm}^3$  bahan silikon murni (intrinsik) dan  $2.5 \times 10^{13}$  elektron bebas pada germanium. Semakin besar energi panas yang diberikan semakin banyak jumlah elektron bebas yang keluar dari ikatan kovalen, dengan kata lain konduktivitas bahan meningkat.

## 2. Semikonduktor Tipe N

Apabila bahan semikonduktor intrinsik (murni) diberi (didoping) dengan bahan bervalensi lain maka diperoleh semikonduktor ekstrinsik. Pada bahan semikonduktor intrinsik, jumlah elektron bebas dan holenya adalah sama. Konduktivitas semikonduktor intrinsik sangat rendah, karena terbatasnya jumlah pembawa muatan yakni hole maupun elektron bebas tersebut.

Jika bahan silikon didoping dengan bahan ketidak murnian (impuritas) bervalensi lima (penta-valens), maka diperoleh semikonduktor tipe n. Bahan dopan yang bervalensi lima ini misalnya antimoni, arsenik, dan pospor. Struktur kisi-kisi kristal bahan silikon type n dapat dilihat pada Gambar 3.

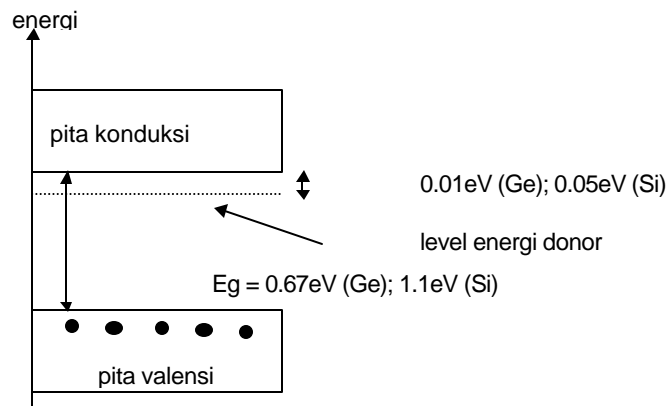


Gambar 3. Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe N

Karena atom antimoni (Sb) bervalensi lima, maka empat elektron valensi mendapatkan pasangan ikatan kovalen dengan atom silikon sedangkan elektron valensi yang kelima tidak mendapatkan pasangan. Oleh karena itu ikatan elektron kelima ini dengan inti menjadi lemah dan mudah menjadi elektron bebas. Karena setiap atom dopan ini menyumbang sebuah elektron, maka atom yang bervalensi lima disebut dengan atom donor. Dan elektron “bebas” sumbangan dari atom dopan ini dapat dikontrol jumlahnya atau konsentrasinya.

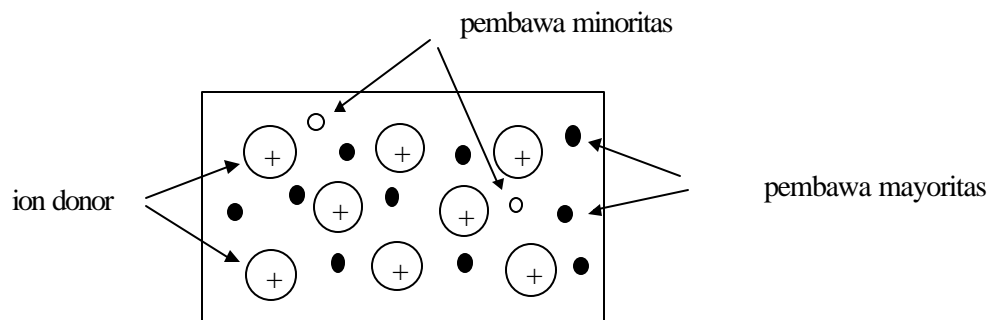
Meskipun bahan silikon tipe n ini mengandung elektron bebas (pembawa mayoritas) cukup banyak, namun secara keseluruhan kristal ini tetap netral karena jumlah muatan positif pada inti atom masih sama dengan jumlah keseluruhan elektronnya. Pada bahan tipe n disamping jumlah elektron bebasnya (pembawa mayoritas) meningkat, ternyata jumlah hole-nya (pembawa minoritas) menurun. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya jumlah elektron bebas, maka kecepatan hole dan elektron ber-rekombinasi (bergabungnya kembali elektron dengan hole) semakin meningkat. Sehingga jumlah hole-nya menurun.

Level energi dari elektron bebas sumbangan atom donor dapat digambarkan seperti pada Gambar 4. Jarak antara pita konduksi dengan level energi donor sangat kecil yaitu 0.05 eV untuk silikon dan 0.01 eV untuk germanium. Oleh karena itu pada suhu ruang saja, maka semua elektron donor sudah bisa mencapai pita konduksi dan menjadi elektron bebas.



Gambar 4. Diagram Pita Energi Semikonduktor Tipe N

Bahan semikonduktor type n dapat dilukiskan seperti pada Gambar 5. Karena atom-atom donor telah ditinggalkan oleh elektron valensinya (yakni menjadi elektron bebas), maka menjadi ion yang bermuatan positif. Sehingga digambarkan dengan tanda positif. Sedangkan elektron bebasnya menjadi pembawa mayoritas. Dan pembawa minoritasnya berupa hole.



Gambar 5. Bahan Semikonduktor Tipe N

### 3. Semikonduktor Tipe P

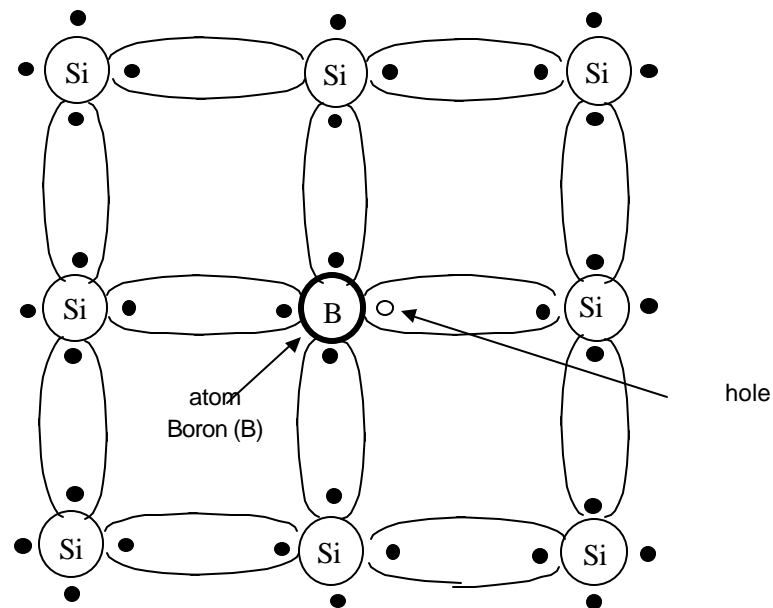
Apabila bahan semikonduktor murni (intrinsik) didoping dengan bahan impuritas (ketidak-murnian) bervalensi tiga, maka akan diperoleh semikonduktor type p. Bahan dopan yang bervalensi tiga tersebut misalnya boron, galium, dan indium. Struktur kisi-kisi kristal semikonduktor (silikon) type p adalah seperti Gambar 6.

Karena atom dopan mempunyai tiga elektron valensi, dalam Gambar 6 adalah atom Boron (B), maka hanya tiga ikatan kovalen yang bisa dipenuhi. Sedangkan tempat yang seharusnya membentuk ikatan kovalen keempat menjadi kosong (membentuk hole) dan bisa ditempati oleh elektron valensi lain. Dengan demikian sebuah atom bervalensi tiga akan menyumbangkan sebuah hole. Atom bervalensi tiga (trivalent) disebut juga atom akseptor, karena atom ini siap untuk menerima elektron.

Seperti halnya pada semikonduktor type n, secara keseluruhan kristal semikonduktor type n ini adalah netral. Karena jumlah hole dan



elektronnya sama. Pada bahan type p, hole merupakan pembawa muatan mayoritas. Karena dengan penambahan atom dopan akan meningkatkan jumlah hole sebagai pembawa muatan. Sedangkan pembawa minoritasnya adalah elektron.

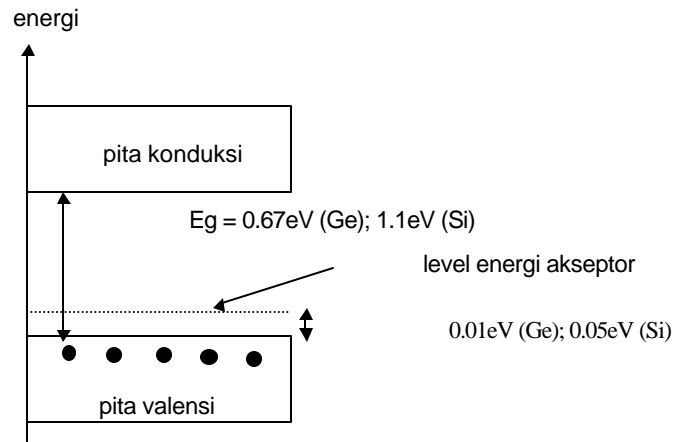


Gambar 6. Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe P

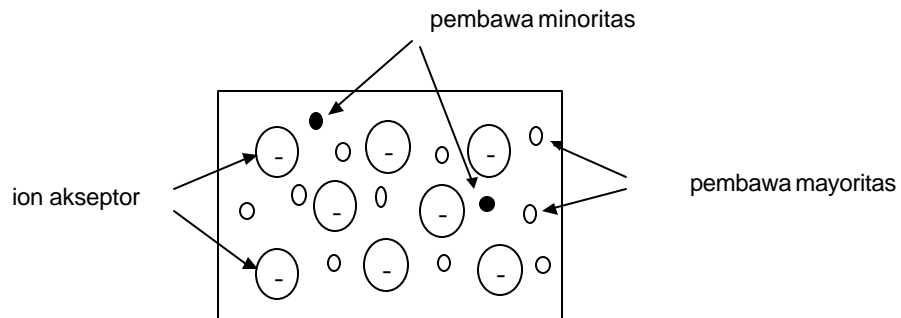
Level energi dari hole akseptor dapat dilihat pada Gambar 7. Jarak antara level energi akseptor dengan pita valensi sangat kecil yaitu sekitar 0.01 eV untuk germanium dan 0.05 eV untuk silikon. Dengan demikian hanya dibutuhkan energi yang sangat kecil bagi elektron valensi untuk menempati hole di level energi akseptor. Oleh karena itu pada suhu ruang banyak sekali jumlah hole di pita valensi yang merupakan pembawa muatan.

Bahan semikonduktor type p dapat dilukiskan seperti pada Gambar 8. Karena atom-atom akseptor telah menerima elektron, maka menjadi ion yang bermuatan negatif. Sehingga digambarkan dengan tanda

negatif. Pembawa mayoritas berupa hole dan pembawa minoritasnya berupa elektron.



Gambar 7. Diagram Pita Energi Semikonduktor Tipe P



Gambar 8. Bahan Semikonduktor Tipe P

### Lembar Latihan

1. Jelaskan pengertian dari bahan semikonduktor!
2. Apa arti dari elektron valensi?
3. Apa yang dimaksud dengan semikonduktor intrinsik?
4. Sebutkan beberapa contoh semikonduktor bervalensi tiga!

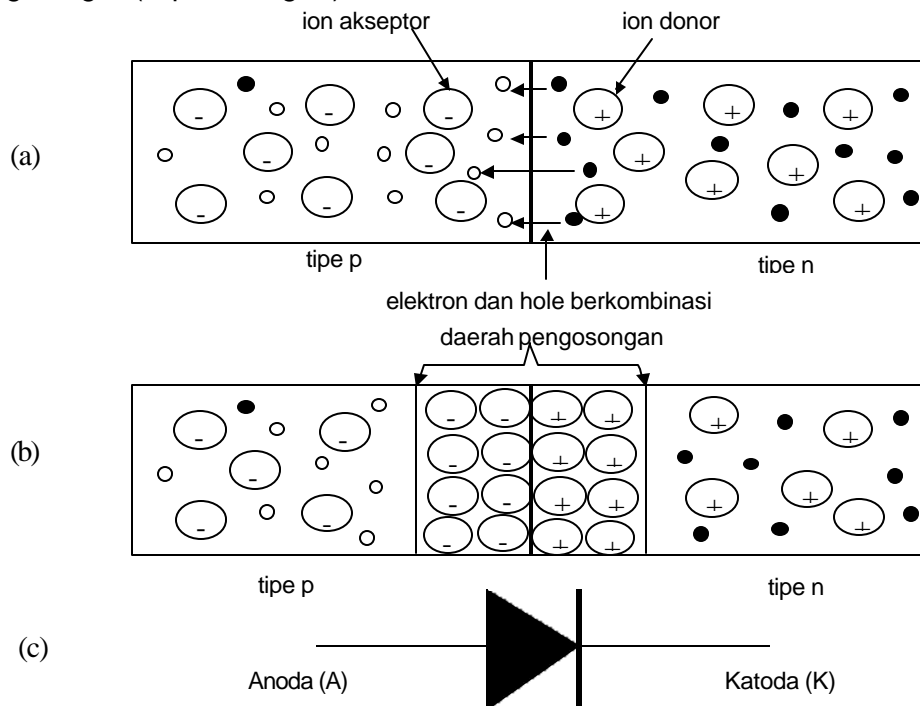
## KEGIATAN BELAJAR 2

### KARAKTERISTIK DIODA SEMIKONDUKTOR

#### Lembar Informasi

#### 1. Dioda Semikonduktor

Dioda semikonduktor dibentuk dengan cara menyambungkan semikonduktor type p dan type n. Pada saat terjadinya sambungan (junction) p dan n, hole-hole pada bahan p dan elektron-elektron pada bahan n disekitar sambungan cenderung untuk berkombinasi. Hole dan elektron yang berkombinasi ini saling meniadakan, sehingga pada daerah sekitar sambungan ini kosong dari pembawa muatan dan terbentuk daerah pengosongan (depletion region).

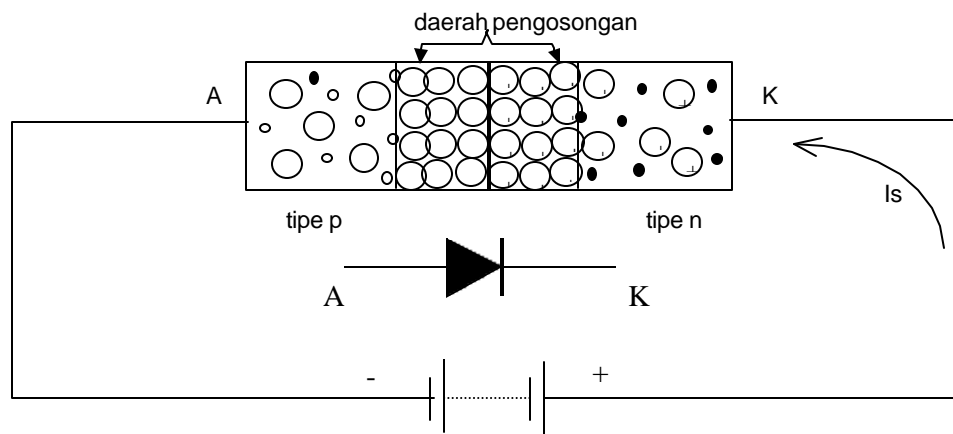


Gambar 9. Struktur Dioda Semikonduktor  
(a) Pembentukan Sambungan;  
(b) Daerah Pengosongan; (c) Simbol Dioda

Oleh karena itu pada sisi p tinggal ion-ion akseptor yang bermuatan negatif dan pada sisi n tinggal ion-ion donor yang bermuatan positif. Namun proses ini tidak berlangsung terus, karena potensial dari ion-ion positif dan negatif ini akan menghalanginya. Tegangan atau potensial ekuivalen pada daerah pengosongan ini disebut dengan tegangan penghalang (barrier potential). Besarnya tegangan penghalang ini adalah 0.2 untuk germanium dan 0.6 untuk silikon. Lihat Gambar 9.

## 2. Bias Mundur (Reverse Bias)

Bias mundur adalah pemberian tegangan negatif baterai ke terminal anoda (A) dan tegangan positif ke terminal katoda (K) dari suatu dioda. Dengan kata lain, tegangan anoda katoda  $V_{A-K}$  adalah negatif ( $V_{A-K} < 0$ ). Gambar 10 menunjukkan dioda diberi bias mundur.



Gambar 10. Dioda Diberi Bias Mundur

Karena pada ujung anoda (A) yang berupa bahan tipe p diberi tegangan negatif, maka hole-hole (pembawa mayoritas) akan tertarik ke kutub negatif baterai menjauhi persambungan. Demikian juga karena pada ujung katoda (K) yang berupa bahan tipe n diberi tegangan positif, maka elektron-elektron (pembawa mayoritas) akan tertarik ke kutub positif baterai menjauhi persambungan. Sehingga daerah pengosongan

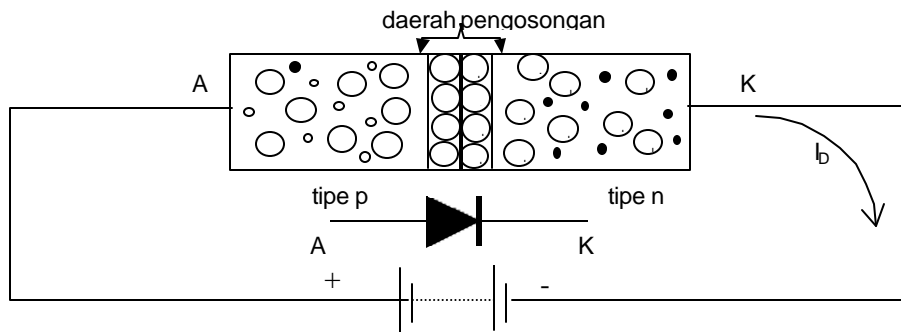
semakin lebar, dan arus yang disebabkan oleh pembawa mayoritas tidak ada yang mengalir.

Sedangkan 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  $I_s$ . Arus ini dikatakan jenuh karena dengan cepat mencapai harga maksimum tanpa dipengaruhi besarnya tegangan baterai. Besarnya arus ini dipengaruhi oleh temperatur. Makin tinggi temperatur, makin besar harga  $I_s$ . Pada suhu ruang, besarnya  $I_s$  ini dalam skala mikro-ampere untuk dioda germanium, dan dalam skala nano-ampere untuk dioda silikon.

### 3. Bias Maju (Forward Bias)

Apabila tegangan positif baterai dihubungkan ke terminal Anoda (A) dan negatifnya ke terminal katoda (K), maka dioda disebut mendapatkan bias maju (forward bias). Dengan demikian  $V_{A-K}$  adalah positif atau  $V_{A-K} > 0$ . Gambar 11 menunjukkan dioda diberi bias maju.

Dengan pemberian polaritas tegangan seperti pada Gambar 11, yakni  $V_{A-K}$  positif, maka pembawa mayoritas dari bahan tipe p (hole) akan tertarik oleh kutub negatif baterai melewati persambungan dan berkombinasi dengan elektron (pembawa mayoritas bahan tipe n). Demikian juga elektronnya akan tertarik oleh kutub positif baterai untuk melewati persambungan. Oleh karena itu daerah pengosongan terlihat semakin menyempit pada saat dioda diberi bias maju. Dan arus dioda yang disebabkan oleh pembawa mayoritas akan mengalir, yaitu  $I_D$ .



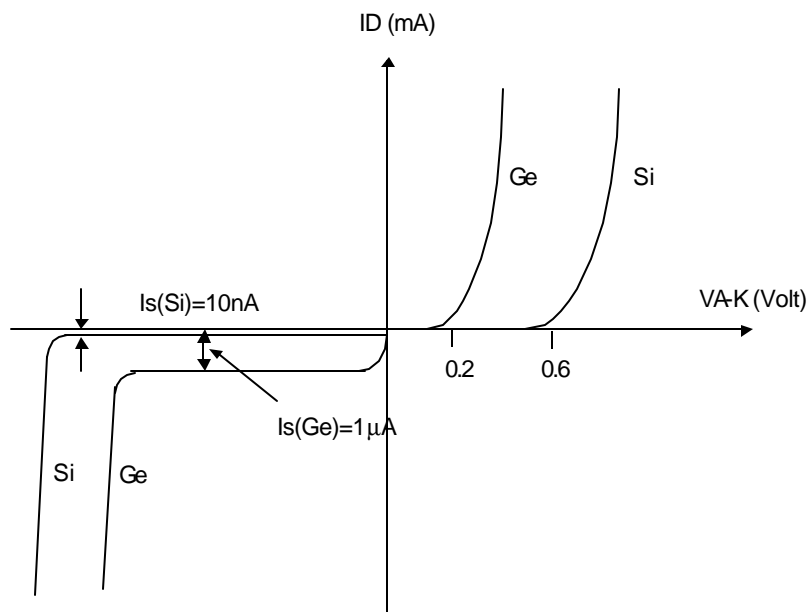
Gambar 11. Dioda Diberi Bias Maju

Sedangkan pembawa minoritas dari bahan tipe p (elektron) dan dari bahan tipe n (hole) akan berkombinasi dan menghasilkan  $I_s$ . Arah  $I_s$  dan  $I_D$  adalah berlawanan. Namun karena  $I_s$  jauh lebih kecil dari pada  $I_D$ , maka secara praktis besarnya arus yang mengalir pada dioda ditentukan oleh  $I_D$ .

#### 4. Kurva Karakteristik Dioda

Hubungan antara besarnya arus yang mengalir melalui dioda dengan tegangan VA-K dapat dilihat pada kurva karakteristik dioda (Gambar 12).

Gambar 12 menunjukkan dua macam kurva, yakni dioda germanium (Ge) dan dioda silikon (Si). Pada saat dioda diberi bias maju, yakni bila VA-K positif, maka arus  $I_D$  akan naik dengan cepat setelah VA-K mencapai tegangan cut-in ( $V_\gamma$ ). Tegangan cut-in ( $V_\gamma$ ) ini kira-kira sebesar 0.2 Volt untuk dioda germanium dan 0.6 Volt untuk dioda silikon. Dengan pemberian tegangan baterai sebesar ini, maka potensial penghalang (barrier potential) pada persambungan akan teratasi, sehingga arus dioda mulai mengalir dengan cepat.



Gambar 12. Kurva Karakteristik Dioda

Bagian kiri bawah dari grafik pada Gambar 12 merupakan kurva karakteristik dioda saat mendapatkan bias mundur. Disini juga terdapat dua kurva, yaitu untuk dioda germanium dan silikon. Besarnya arus jenuh mundur (reverse saturation current)  $I_s$  untuk dioda germanium adalah dalam orde mikro amper dalam contoh ini adalah  $1 \mu\text{A}$ . Sedangkan untuk dioda silikon  $I_s$  adalah dalam orde nano amper dalam hal ini adalah  $10 \text{ nA}$ .

Apabila tegangan VA-K yang berpolaritas negatif tersebut dinaikkan terus, maka suatu saat akan mencapai tegangan patah (break-down) dimana arus  $I_s$  akan naik dengan tiba-tiba. Pada saat mencapai tegangan break-down ini, pembawa minoritas dipercepat hingga mencapai kecepatan yang cukup tinggi untuk mengeluarkan elektron valensi dari atom. Kemudian elektron ini juga dipercepat untuk membebaskan yang lainnya sehingga arusnya semakin besar. Pada dioda biasa pencapaian tegangan break-down ini selalu dihindari karena dioda bisa rusak.

Hubungan arus dioda ( $I_D$ ) dengan tegangan dioda ( $V_D$ ) dapat dinyatakan dalam persamaan matematis yang dikembangkan oleh W. Shockley, yaitu:

$$I_D = I_s [e^{(V_D/n \cdot V_T)} - 1]$$

dimana:

$I_D$  = arus dioda (amper)

$I_s$  = arus jenuh mundur (amper)

$e$  = bilangan natural, 2.71828...

$V_D$  = beda tegangan pada dioda (volt)

$n$  = konstanta, 1 untuk Ge; dan  $\approx 2$  untuk Si

$V_T$  = tegangan ekuivalen temperatur (volt)

Harga  $I_s$  suatu dioda dipengaruhi oleh temperatur, tingkat doping dan geometri dioda. Dan konstanta  $n$  tergantung pada sifat konstruksi dan

parameter fisik dioda. Sedangkan harga  $V_T$  ditentukan dengan persamaan:

$$V_T = \frac{kT}{q}$$

dimana:

$k$  = konstanta Boltzmann,  $1.381 \times 10^{-23}$  J/K  
(J/K artinya joule per derajat kelvin)

$T$  = temperatur mutlak (kelvin)

$q$  = muatan sebuah elektron,  $1.602 \times 10^{-19}$  C

Pada temperatur ruang,  $25^\circ\text{C}$  atau  $273 + 25 = 298$  K, dapat dihitung besarnya  $V_T$  yaitu:

$$V_T = \frac{(1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K})(298\text{K})}{1.602 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$= 0.02569 \text{ J/C}$$

$$\cong 26 \text{ mV}$$

Harga  $V_T$  adalah 26 mV ini perlu diingat untuk pembicaraan selanjutnya.

Sebagaimana telah disebutkan bahwa arus jenuh mundur,  $I_s$ , dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: doping, persambungan, dan temperatur. Namun karena dalam pemakaian suatu komponen dioda, faktor doping dan persambungan adalah tetap, maka yang perlu mendapat perhatian serius adalah pengaruh temperatur.

### Lembar Kerja

#### Alat dan Bahan:

1. Diode 1N 4002..... 1 buah
2. Sumber Daya 12 V DC..... 1 Unit
3. Lampu LED.....1 buah
4. Voltmeter dan Amperemeter DC.....1 unit

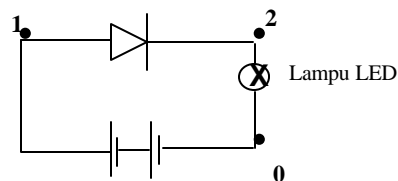


### Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Periksalah terlebih dahulu semua komponen aktif maupun pasif sebelum digunakan !.
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada lembar kegiatan belajar!.
3. Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!.

### Langkah Kerja:

1. Siapkanlah Gambar rangkaian serta alat dan bahan yang diperlukan pada rangkaian dibawah ini !



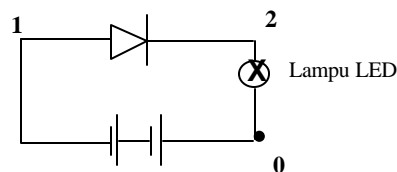
2. Rakitlah rangkaian seperti Gambar di atas, usahakan agar komponen diode tidak terbalik anode dan katodenya dan periksakan hasil rangkaian pada instruktur !
3. Setelah dinilai benar hubungkan dengan sumber tegangan DC 12 Volt.
4. Lakukanlah pengamatan pada simpul pengukuran yang ada serta catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel 1!
5. Untuk pengukuran arus, simpul pengukuran yang diamati adalah:

- Simpul No. 2

Sedangkan pengukuran tegangan, simpul pengukuran yang diamati adalah:

- Simpul No. 2 s/d Nb.0

6. Lakukanlah kembali langkah No. 2 s/d No. 5 untuk rangkaian dibawah ini, serta masukkan data pengamatan pada Tabel 1!



7. Jika telah selesai semua maka lepaskan sumber DC dari rangkaian dan kembalikan semua alat dan bahan ke tempat semula.

Tabel 1. Pengamatan Diode

No.	Kondisi yang diamati	$V_1$ (Volt) (2-0)	$A_1$ (Ampere) (2)	Keterangan (Kondisi Lampu)
1.	Bias maju			
2.	Bias mundur			

#### Lembar Latihan

1. Bagaimana dioda semikonduktor dibentuk?
2. Bagaimana arus pada dioda yang diberi bias mundur?
3. Bagaimana arus pada dioda yang diberi bias maju?

### KEGIATAN BELAJAR 3

## PENGGUNAAN DIODA SEMIKONDUKTOR

### Lembar Informasi

#### 1. Penyearah Setengah Gelombang

Dioda semikonduktor banyak digunakan sebagai penyearah. Penyearah yang paling sederhana adalah penyearah setengah gelombang, yaitu yang terdiri dari sebuah dioda. Melihat dari namanya, maka hanya setengah gelombang saja yang akan disearahkan. Gambar 13 menunjukkan rangkaian penyearah setengah gelombang.

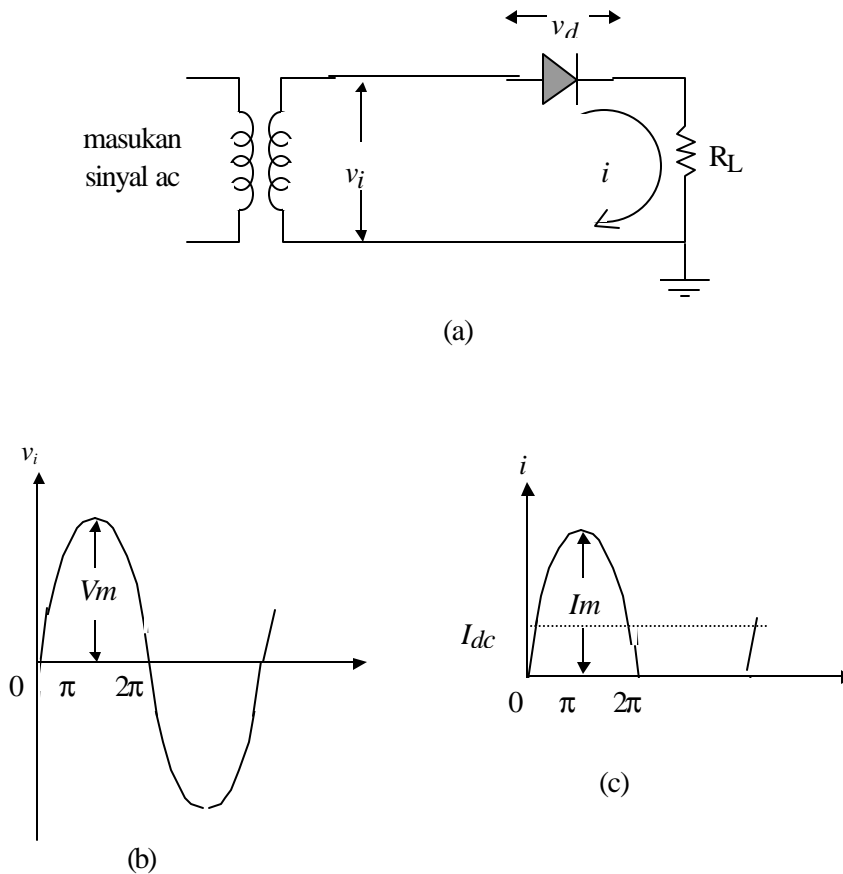
Rangkaian penyearah setengah gelombang mendapat masukan dari skunder trafo yang berupa sinyal ac berbentuk sinus,  $v_i = V_m \sin \omega t$  (Gambar 13 (b)). Dari persamaan tersebut,  $V_m$  merupakan tegangan puncak atau tegangan maksimum. Harga  $V_m$  ini hanya bisa diukur dengan CRO yakni dengan melihat langsung pada gelombangnya. Sedangkan pada umumnya harga yang tercantum pada skunder trafo adalah tegangan efektif ( $V_{eff}$ ) atau tegangan rms ( $V_{rms}$ ) adalah:

$$V_{eff} = V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m$$

Tegangan (arus) efektif atau rms (root-mean-square) adalah tegangan (arus) yang terukur oleh voltmeter (amper-meter). Karena harga  $V_m$  pada umumnya jauh lebih besar dari pada  $V_\gamma$  (tegangan cut-in dioda), maka pada pembahasan penyearah ini  $V_\gamma$  diabaikan.

Prinsip kerja penyearah setengah gelombang adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif maka dioda mendapat bias maju sehingga arus ( $i$ ) mengalir ke beban ( $R_L$ ), dan sebaliknya bila sinyal input

berupa siklus negatif maka dioda mendapat bias mundur sehingga tidak mengalir arus. Bentuk gelombang tegangan input ( $v_i$ ) ditunjukkan pada (b) dan arus beban ( $i$ ) pada (c) dari Gambar 13.



Gambar 13. Penyearah Setengah Gelombang (a) Rangkaian; (b) Tegangan Sekunder Trafo; (c) Arus Beban

Arus dioda yang mengalir melalui beban  $R_L$  ( $i$ ) dinyatakan dengan:

$$i = I_m \sin \omega t \quad \text{jika } 0 \leq \omega t \leq \pi \text{ (siklus positif)}$$

$$i = 0 \quad \text{jika } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \text{ (siklus negatif)}$$

dimana:

$$I_m = \frac{V_m}{R_f + R_L}$$

Resistansi dioda pada saat ON (mendapat bias maju) adalah  $R_f$ , yang umumnya nilainya lebih kecil dari  $R_L$ . Pada saat dioda OFF (mendapat bias mundur) resistansinya besar sekali atau dalam pembahasan ini dianggap tidak terhingga, sehingga arus dioda tidak mengalir atau  $i = 0$ .

Arus yang mengalir ke beban (i) terlihat pada Gambar (c) bentuknya sudah searah (satu arah) yaitu positif semua. Apabila arah dioda dibalik, maka arus yang mengalir adalah negatif. Frekuensi sinyal keluaran dari penyearah setengah gelombang ini adalah sama dengan frekuensi input (dari jala-jala listrik) yaitu 50 Hz. Karena jarak dari puncak satu ke puncak berikutnya adalah sama.

Bila diperhatikan meskipun sinyal keluaran masih berbentuk gelombang, namun arah gelombangnya adalah sama, yaitu positif (Gambar c). Berarti harga rata-ratanya tidak lagi nol seperti halnya arus bolak-balik, namun ada suatu harga tertentu. Arus rata-rata ini ( $I_{dc}$ ) secara matematis bisa dinyatakan:

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i \, d\omega t$$

Untuk penyearah setengah gelombang diperoleh:

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin \omega t \, dt$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} \cong 0.318 I_m$$

Tegangan keluaran dc yang berupa turunan tegangan dc pada beban adalah:

$$V_{dc} = I_{dc} \cdot R_L$$

$$V_{dc} = \frac{I_m \cdot R_L}{\pi}$$

Apabila harga  $R_f$  jauh lebih kecil dari  $R_L$ , yang berarti  $R_f$  bisa diabaikan, maka:

$$V_m = I_m \cdot R_L$$

Sehingga:

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} \cong 0.318 V_m$$

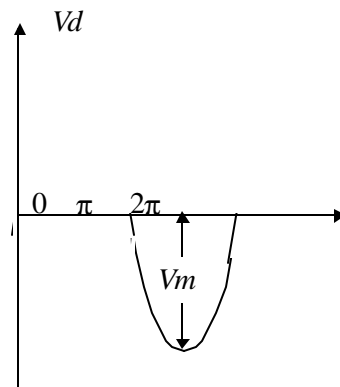
Apabila penyearah bekerja pada tegangan  $V_m$  yang kecil, untuk memperoleh hasil yang lebih teliti, maka tegangan cut-in dioda ( $V_\gamma$ ) perlu dipertimbangkan, yaitu:

$$V_{dc} = 0.318 (V_m - V_\gamma)$$

Dalam perencanaan rangkaian penyearah yang juga penting untuk diketahui adalah berapa tegangan maksimum yang boleh diberikan pada dioda. Tegangan maksimum yang harus ditahan oleh dioda ini sering disebut dengan istilah PIV (peak-inverse voltage) atau tegangan puncak

balik. Hal ini karena pada saat dioda mendapat bias mundur (balik) maka tidak arus yang mengalir dan semua tegangan dari skunder trafo berada pada dioda. Bentuk gelombang dari sinyal pada dioda dapat dilihat pada Gambar 14. PIV untuk penyearah setengah gelombang ini adalah:

$$PIV = V_m$$



Gambar 14 Bentuk Gelombang Sinyal pada Dioda

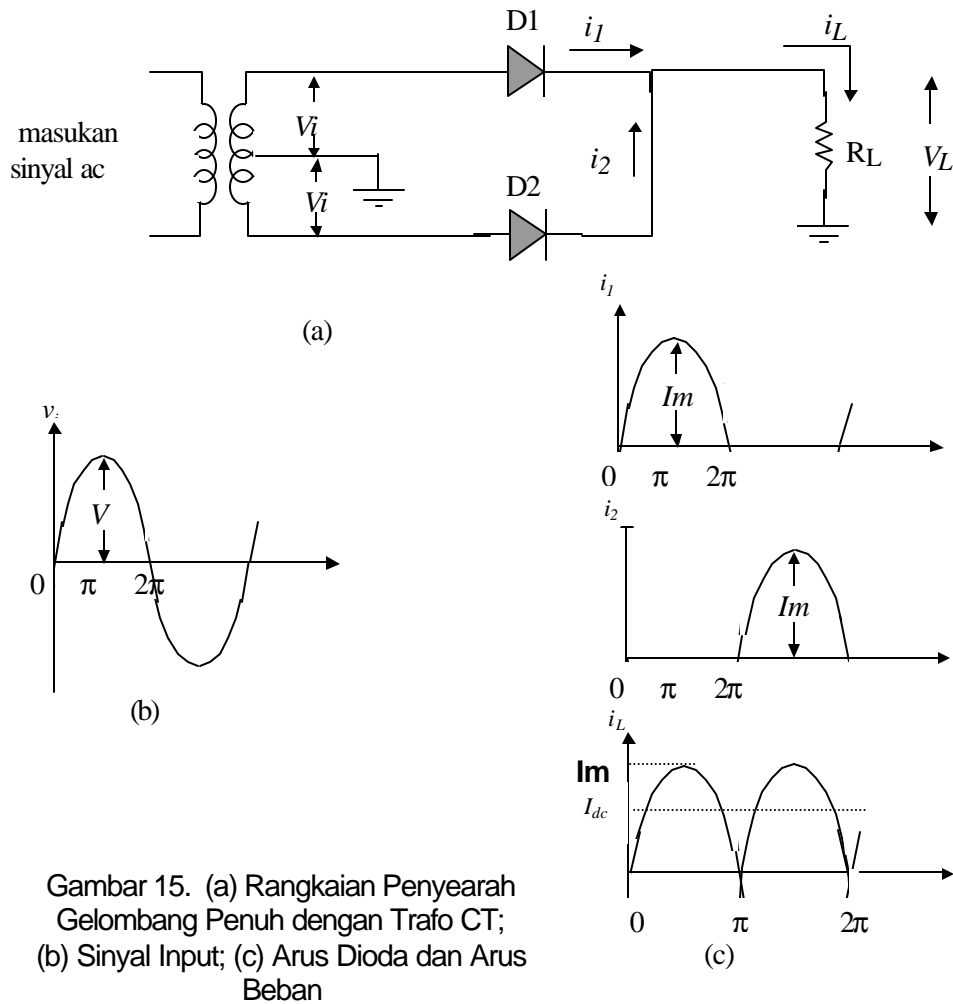
Bentuk gelombang sinyal pada dioda seperti Gambar 14 dengan anggapan bahwa  $R_f$  dioda diabaikan, karena nilainya kecil sekali dibanding  $R_L$ . Sehingga pada saat siklus positif dimana dioda sedang ON (mendapat bias maju), terlihat turun tegangannya adalah nol. Sedangkan saat siklus negatif, dioda sedang OFF (mendapat bias mundur) sehingga tegangan puncak dari skunder trafo ( $V_m$ ) semuanya berada pada dioda.

## 2. Penyearah Gelombang Penuh Dengan Trafo CT

Rangkaian penyearah gelombang penuh ada dua macam, yaitu dengan menggunakan trafo CT (center-tap = tap tengah) dan dengan

sistem jembatan. Gambar 15 menunjukkan rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan trafo CT.

Terminal sekunder dari Trafo CT mengeluarkan dua buah tegangan keluaran yang sama tetapi fasanya berlawanan dengan titik CT sebagai titik tengahnya. Kedua keluaran ini masing-masing dihubungkan ke D1 dan D2, sehingga saat D1 mendapat sinyal siklus positif maka D1 mendapat sinyal siklus negatif, dan sebaliknya. Dengan demikian D1 dan D2 hidupnya bergantian. Namun karena arus  $i_1$  dan  $i_2$  melewati tahanan beban ( $R_L$ ) dengan arah yang sama, maka  $i_L$  menjadi satu arah (15 c).





Terlihat dengan jelas bahwa rangkaian penyearah gelombang penuh ini merupakan gabungan dua buah penyearah setengah gelombang yang hidupnya bergantian setiap setengah siklus. Sehingga arus maupun tegangan rata-ratanya adalah dua kali dari penyearah setengah gelombang. Dengan cara penurunan yang sama, maka diperoleh:

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} \cong 0.636 I_m$$

dan

$$V_{dc} = I_{dc} R_L = \frac{2I_m R_L}{\pi}$$

Apabila harga  $R_f$  jauh lebih kecil dari  $R_L$ , maka  $R_f$  bisa diabaikan, sehingga:

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} \cong 0.636 V_m$$

Apabila penyearah bekerja pada tegangan  $V_m$  yang kecil, untuk memperoleh hasil yang lebih teliti, maka tegangan cut-in dioda ( $V_\gamma$ ) perlu dipertimbangkan, yaitu:

$$V_{dc} = 0.636 (V_m - V_\gamma)$$

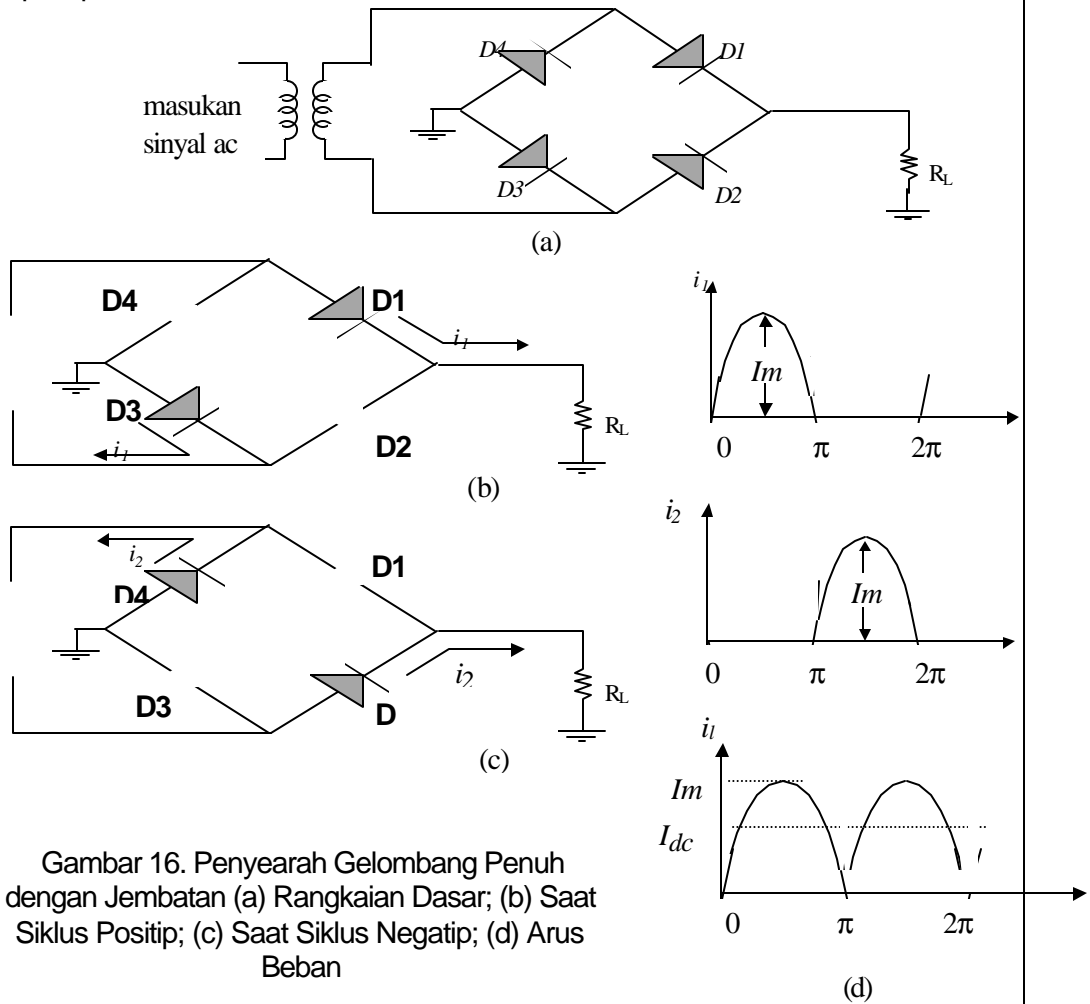
Tegangan puncak inverse yang dirasakan oleh dioda adalah sebesar  $2V_m$ . Misalnya pada saat siklus positif, dimana D1 sedang hidup (ON) dan D2 sedang mati (OFF), maka jumlah tegangan yang berada pada dioda D2 yang sedang OFF tersebut adalah dua kali dari tegangan

Iskunder trafo. Sehingga PIV untuk masing-masing dioda dalam rangkaian penyearah dengan trafo CT adalah:

$$PIV = 2V_m$$

### 3. Penyearah Gelombang Penuh Sistem Jembatan

Penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan ini bisa menggunakan sembarang trafo baik yang CT maupun yang biasa, atau bahkan bisa juga tanpa menggunakan trafo. rangkaian dasarnya adalah seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Penyearah Gelombang Penuh dengan Jembatan (a) Rangkaian Dasar; (b) Saat Siklus Positif; (c) Saat Siklus Negatif; (d) Arus Beban

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan dapat dijelaskan melalui Gambar 16. Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal ac, maka (Gambar 16 b):

- D1 dan D3 hidup (ON), karena mendapat bias maju
- D2 dan D4 mati (OFF), karena mendapat bias mundur

Sehingga arus  $i_1$  mengalir melalui D1, RL, dan D3.

Sedangkan apabila jembatan memperoleh bagian siklus negatif, maka (Gambar 16 c):

- D2 dan D4 hidup (ON), karena mendapat bias maju
- D1 dan D3 mati (OFF), karena mendapat bias mundur

Sehingga arus  $i_2$  mengalir melalui D2, RL, dan D4.

Arah arus  $i_1$  dan  $i_2$  yang melewati RL sebagaimana terlihat pada Gambar 16 b dan c adalah sama, yaitu dari ujung atas RL menuju ground. Dengan demikian arus yang mengalir ke beban ( $i_L$ ) merupakan penjumlahan dari dua arus  $i_1$  dan  $i_2$ , dengan menempati paruh waktu masing-masing (Gambar 16 d).

Besarnya arus rata-rata pada beban adalah sama seperti penyearah gelombang penuh dengan trafo CT, yaitu:  $I_{dc} = 2I_m/\pi = 0.636 I_m$ . Untuk harga  $V_{dc}$  dengan memperhitungkan harga  $V_\gamma$  adalah:

$$V_{dc} = 0.636 (V_m - 2V_\gamma)$$

Harga  $2V_\gamma$  ini diperoleh karena pada setiap siklus terdapat dua buah dioda yang berhubungan secara seri.

Disamping harga  $2V_\gamma$  ini, perbedaan lainnya dibanding dengan trafo CT adalah harga PIV. Pada penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan ini PIV masing-masing dioda adalah:

$$PIV = V_m$$

#### 4. Dioda Semikonduktor Sebagai Pemotong (clipper)

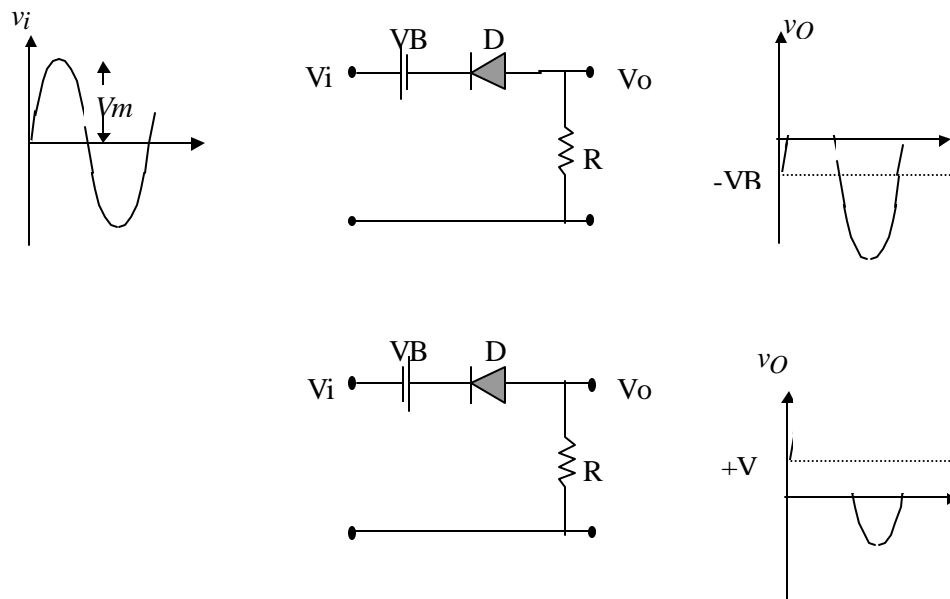
Rangkaian clipper (pemotong) digunakan untuk memotong atau menghilangkan sebagian sinyal masukan yang berada di bawah atau di atas level tertentu. Contoh sederhana dari rangkaian clipper adalah penyearah setengah gelombang. Rangkaian ini memotong atau menghilangkan sebagian sinyal masukan di atas atau di bawah level nol.

Secara umum rangkaian clipper dapat digolongkan menjadi dua, yaitu: seri dan paralel. Rangkaian clipper seri berarti diodanya berhubungan secara seri dengan beban, sedangkan clipper paralel berarti diodanya dipasang paralel dengan beban. Sedangkan untuk masing-masing jenis tersebut dibagi menjadi clipper negatip (pemotong bagian negatip) dan clipper positip (pemotong bagian positip). Dalam analisa ini diodanya dianggap ideal.

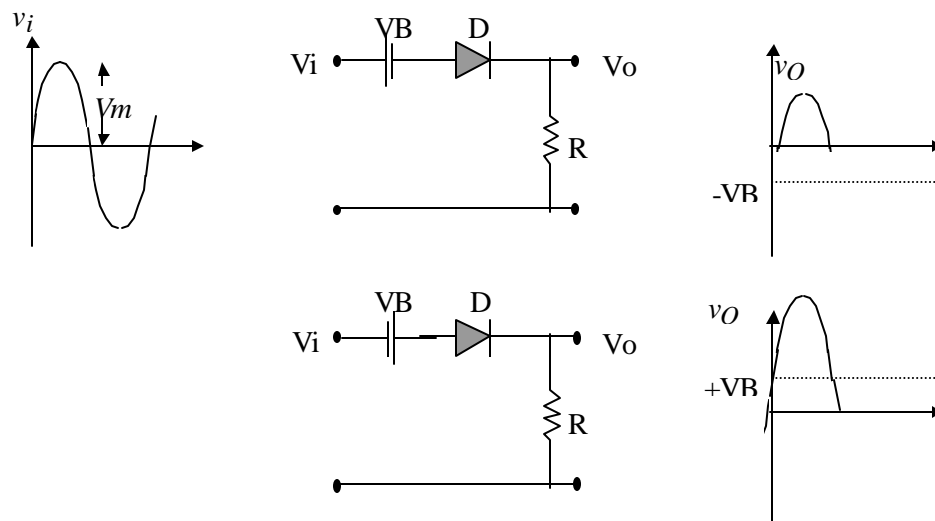
Petunjuk untuk menganalisa rangkaian clipper seri adalah sebagai berikut:

1. Perhatikan arah dioda
  - bila arah dioda ke kanan, maka bagian positip dari sinyal input akan dilewatkan, dan bagian negatip akan dipotong (berarti clipper negatip)
  - bila arah dioda ke kiri, maka bagian negatip dari sinyal input akan dilewatkan, dan bagian positip akan dipotong (berarti clipper positip)
2. Perhatikan polaritas baterai (bila ada)
3. Gambarlah sinyal output dengan sumbu nol pada **level baterai** (yang sudah ditentukan pada langkah 2 di atas)
4. Batas pemotongan sinyal adalah pada **sumbu nol semula** (sesuai dengan sinyal input)

Rangkaian clipper seri positif adalah seperti Gambar 17 dan rangkaian clipper seri negatif adalah Gambar 18.



Gambar 17. Rangkaian Clipper Seri Positif

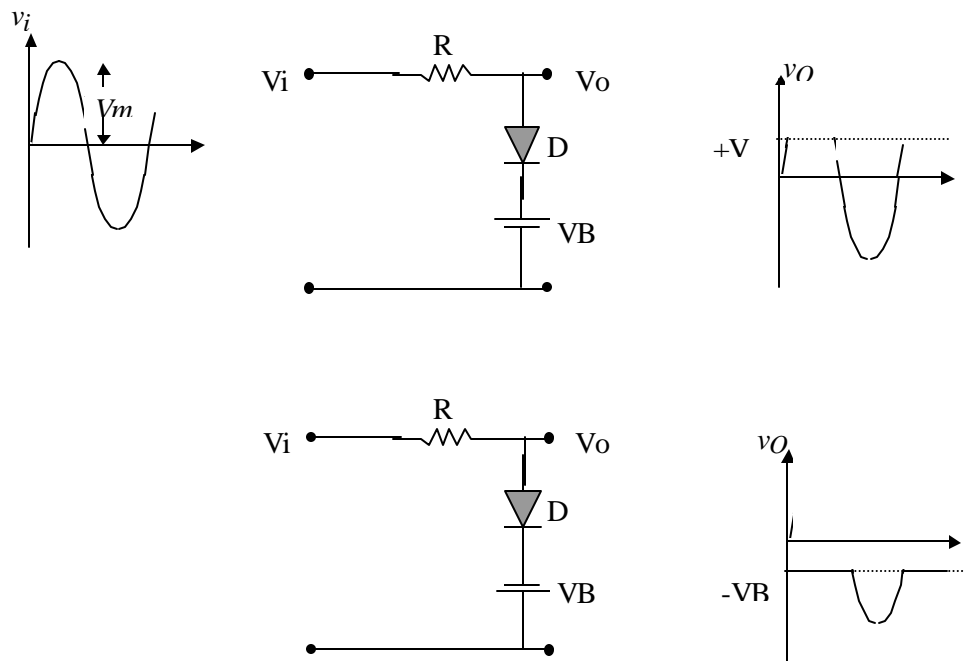


Gambar 18. Rangkaian Clipper Seri Negatif

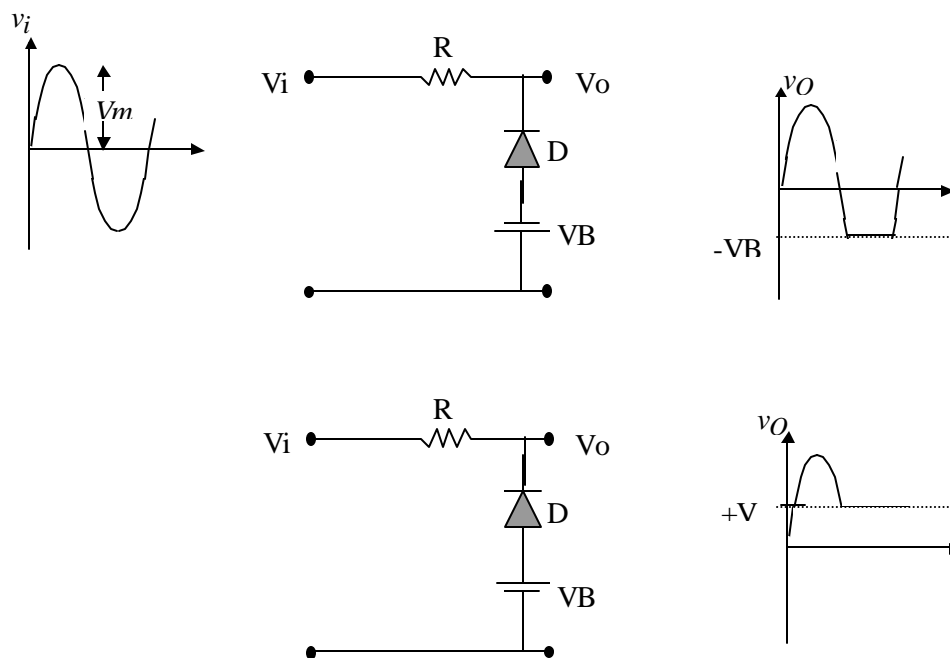
Petunjuk untuk menganalisa rangkaian clipper paralel adalah sebagai berikut:

1. Perhatikan arah dioda.
  - bila arah dioda ke bawah, maka bagian positif dari sinyal input akan dipotong (berarti clipper positif)
  - bila arah dioda ke atas, maka bagian negatif dari sinyal input akan dipotong (berarti clipper negatif)
2. Perhatikan polaritas baterai (bila ada).
3. Gambarlah sinyal output dengan sumbu nol **sesuai dengan input**.
4. Batas pemotongan sinyal adalah **pada level baterai**.

Rangkaian clipper paralel positif adalah seperti Gambar 19 dan rangkaian clipper paralel negatif adalah Gambar 20.



Gambar 19. Rangkaian Clipper Paralel Positif

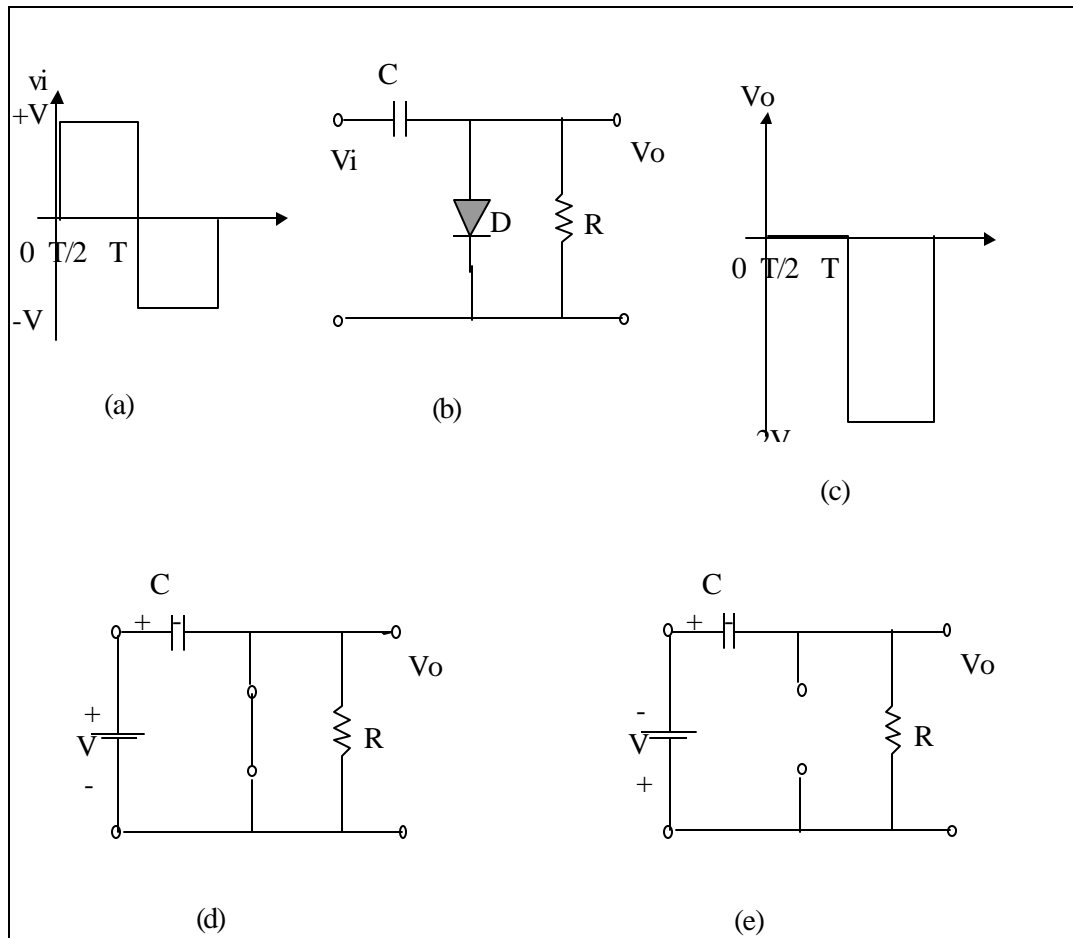


Gambar 20. Rangkaian Clipper Paralel Negatif

### 5. Dioda Semikonduktor Sebagai Penggeser (clamper)

Rangkaian Clamper (penggeser) digunakan untuk menggeser suatu sinyal ke level dc yang lain. Rangkaian Clamper paling tidak harus mempunyai sebuah kapasitor, dioda, dan resistor, disamping itu bisa pula ditambahkan sebuah baterai. Harga R dan C harus dipilih sedemikian rupa sehingga konstanta waktu RC cukup besar agar tidak terjadi pengosongan muatan yang cukup berarti saat dioda tidak menghantar. Dalam analisa ini dianggap didodanya adalah ideal.

Sebuah rangkaian clamper sederhana (tanpa baterai) terdiri atas sebuah R, D, dan C terlihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Rangkaian Clamper Sederhana

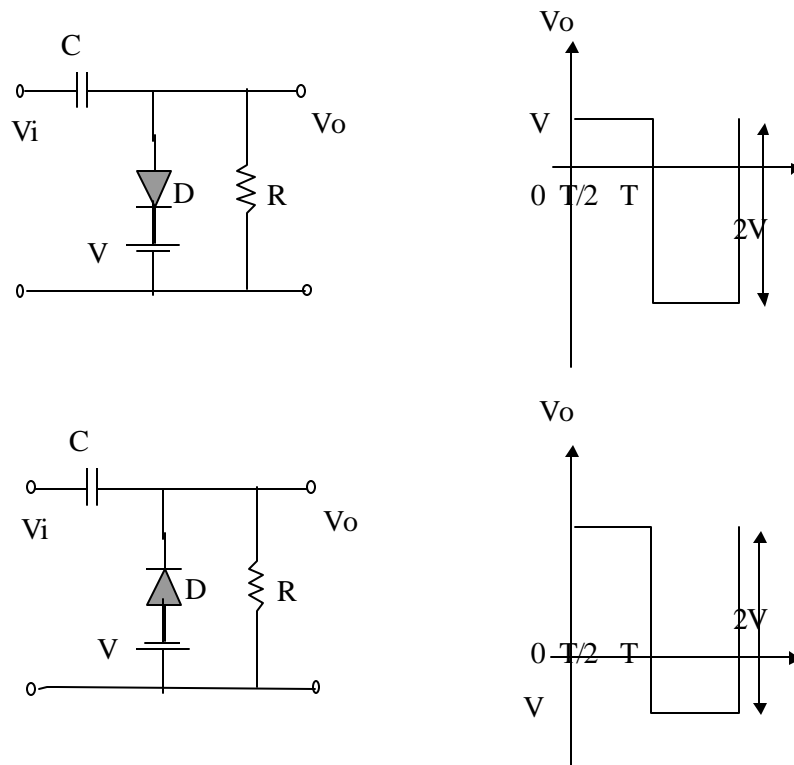
Gambar 21 (a) adalah gelombang kotak yang menjadi sinyal input rangkaian clamper (b). Pada saat  $0 - T/2$  sinyal input adalah positif sebesar  $+V$ , sehingga Dioda menghantar (ON). Kapasitor mengisi muatan dengan cepat melalui tahanan dioda yang rendah (seperti hubung singkat, karena dioda ideal). Pada saat ini sinyal output pada R adalah nol (Gambar d).

Kemudian saat  $T/2 - T$  sinyal input berubah ke negatif, sehingga dioda tidak menghantar (OFF) (Gambar e). Kapasitor membuang muatan sangat lambat, karena RC dibuat cukup lama. Sehingga pengosongan tegangan ini tidak berarti dibanding dengan sinyal output. Sinyal output



merupakan penjumlahan tegangan input  $-V$  dan tegangan pada kapasitor  $-V$ , yaitu sebesar  $-2V$  (Gambar c).

Terlihat pada Gambar 21 c bahwa sinyal output merupakan bentuk gelombang kotak (seperti gelombang input) yang level dc nya sudah bergeser kearah negatif sebesar  $-V$ . Besarnya penggeseran ini bisa divariasikan dengan menambahkan sebuah baterai secara seri dengan dioda. Disamping itu arah penggeseran juga bisa diubah kearah positif dengan cara membalik arah dioda. Beberapa rangkaian clamber negatif dan positif dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Rangkaian Clamber Negatip dan Positip

## Lembar Kerja

### Alat dan Bahan

1. Multimeter.....	1 unit
2. Osiloskop.....	1 unit
3. Dioda IN 4002.....	1 buah
4. Trafo step down.....	1 buah
5. Resistor 1 K $\Omega$ .....	1 buah

### Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Periksalah terlebih dahulu semua komponen aktif maupun pasif sebelum digunakan !.
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada lembar kegiatan belajar!.
3. Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!.

### Langkah Kerja

1. Buatlah rangkaian penyearah setengah gelombang seperti Gambar 13a.
2. Setelah dinilai benar hubungkan dengan sumber tegangan AC 220 Volt.
3. Amatilah tegangan skuder trafo dengan CRO dan catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel 2.
4. Lakukanlah pengamatan pada simpul pengukuran yang ada serta catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel 2!
5. Untuk pengukuran tegangan dengan CRO, simpul pengukuran yang diamati adalah:
  - ❖ Simpul No. 1 (untuk DC) s/d No. 0 (untuk ground)
  - ❖ Simpul No. 2 (untuk DC) s/d No. 0 (untuk ground)Sedangkan pengukuran tegangan dengan Voltmeter, simpul pengukuran yang diamati adalah:
  - ❖ Simpul No. 1 s/d No.0

❖ Simpul No. 2 s/d No.0

6. Percobaan tentang penyearahan setengah gelombang telah selesai maka lepaskanlah semua rangkaian.
7. Buatlah rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan seperti Gambar 16a.
8. Ulangi langkah-langkah 3-5.
9. Percobaan tentang penyearah gelombang penuh telah selesai maka lepaskanlah semua rangkaian.

Tabel 2. Penyearahan Gelombang

Penyearahan	Komponen yang diamati	V1 (Volt) (1-0)	V2 (Volt) (2-0)	Hasil Keluaran CRO
Penyearahan 1/2 Gelombang	Transformator			
	Beban Resistor			
Penyearahan Gelombang Penuh	Transformator			
	Beban Resistor			

**Lembar Latihan**

1. Sebutkan macam-macam penggunaan dioda semikonduktor!
2. Jelaskan prinsip kerja penyearah setengah gelombang!
3. Jelaskan prinsip kerja penyearah gelombang penuh dengan trafo CT!
4. Jelaskan prinsip kerja penyearah gelombang penuh system jembatan!

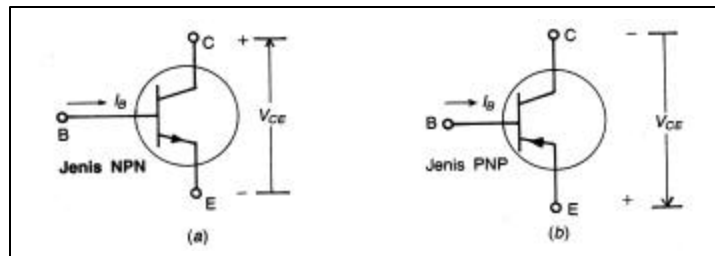
## KEGIATAN BELAJAR 4

### TRANSISTOR DAN PENGGUNAANNYA

#### Lembar Informasi

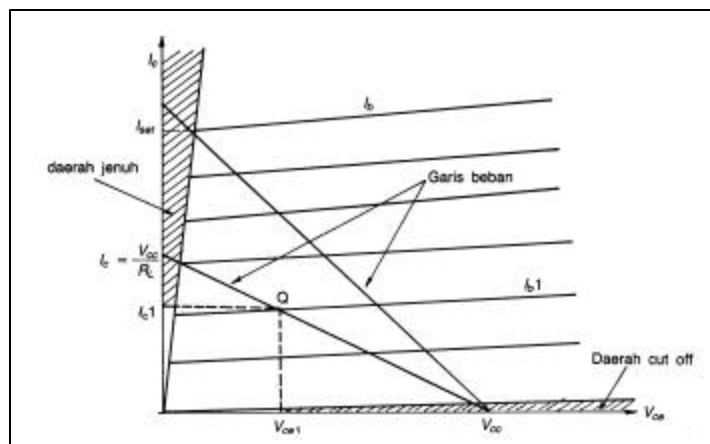
Transistor merupakan peralatan yang mempunyai 3 lapis N-P-N atau P-N-P. Dalam rentang operasi, arus kolektor  $I_C$  merupakan fungsi dari arus basis  $I_B$ . Perubahan pada arus basis  $I_B$  memberikan perubahan yang diperkuat pada arus kolektor untuk tegangan emitor-kolektor  $V_{CE}$  yang diberikan. Perbandingan kedua arus ini dalam orde 15 sampai 100.

Simbol untuk transistor dapat dilihat pada Gambar 23a dan Gambar 23b. berikut ini.



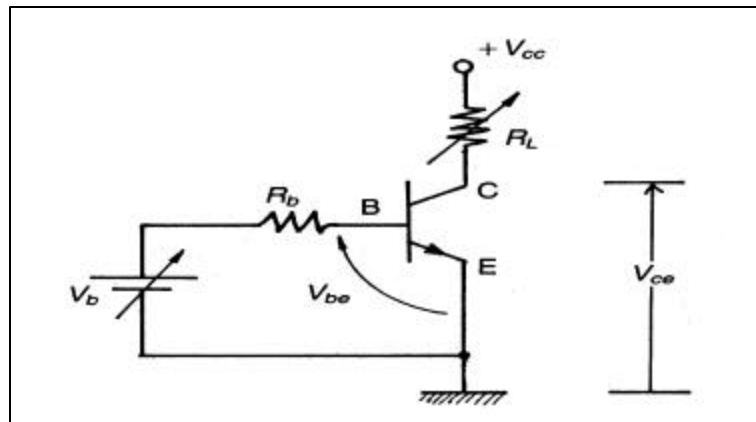
Gambar 23a. dan 23b. Simbol Transistor Daya

Sedangkan karakteristik transistor dapat digambarkan seperti Gambar berikut ini.



Gambar 24. Karakteristik Transistor Daya

Salah satu cara pemberian tegangan kerja dari transistor dapat dilakukan seperti pada Gambar 25. Jika digunakan untuk jenis NPN, maka tegangan  $V_{cc}$ -nya positif, sedangkan untuk jenis PNP tegangannya negatif.



Gambar 25. Rangkaian Transistor

Arus  $I_b$  (misalnya  $I_{b1}$ ) yang diberikan dengan mengatur  $V_b$  akan memberikan titik kerja pada transistor. Pada saat itu transistor akan menghasilkan arus collector ( $I_c$ ) sebesar  $I_c$  dan tegangan  $V_{ce}$  sebesar  $V_{ce1}$ . Titik Q (titik kerja transistor) dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$\text{Persamaan garis beban} = Y = V_{ce} = V_{cc} - I_c \times R_L$$

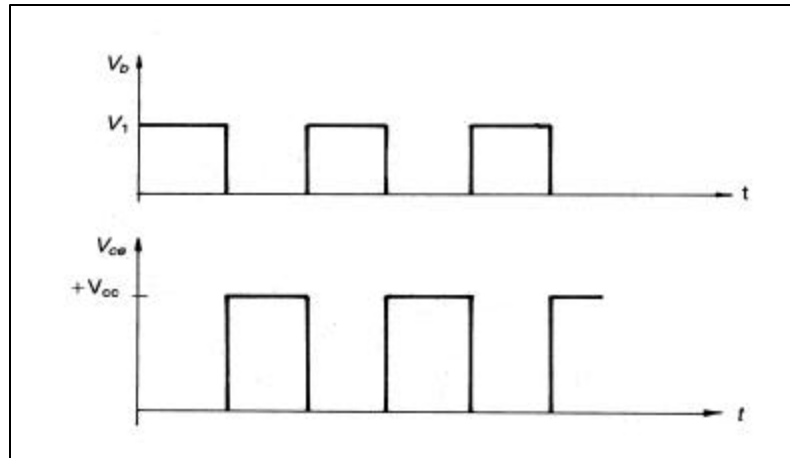
Jadi untuk  $I_c = 0$ , maka  $V_{ce} = V_{cc}$  dan

untuk  $V_{ce} = 0$ , maka diperoleh  $I_c = V_{cc}/R_L$

Apabila harga-harga untuk  $I_c$  dan  $I_{ce}$  sudah diperoleh, maka dengan menggunakan karakteristik transistor yang bersangkutan, akan diperoleh titik kerja transistor atau titik Q.

Pada umumnya transistor berfungsi sebagai suatu *switching* (kontak *on-off*). Adapun kerja transistor yang berfungsi sebagai *switching* ini, selalu berada pada daerah jenuh (saturasi) dan daerah *cut off* (bagian yang diarsir pada Gambar 24). Transistor dapat bekerja pada daerah

jenuh dan daerah *cut off*-nya, dengan cara melakukan pengaturan tegangan  $V_b$  dan rangkaian pada basisnya (tahanan  $R_b$ ) dan juga tahanan bebannya ( $R_L$ ). Untuk mendapatkan *on-off* yang bergantian dengan periode tertentu, dapat dilakukan dengan memberikan tegangan  $V_b$  yang berupa pulsa, seperti pada Gambar 26.



Gambar 26. Pulsa Trigger dan Tegangan Output  $V_{ce}$

Apabila  $V_b = 0$ , maka transistor *off* (*cut off*), sedangkan apabila  $V_b = V_1$  dan dengan mengatur  $R_b$  dan  $R_1$  sedemikian rupa, sehingga menghasilkan arus  $I_b$  yang akan menyebabkan transistor dalam keadaan jenuh. Pada keadaan ini  $V_{ce}$  adalah kira-kira sama dengan nol ( $V_{sat} = 0.2$  volt). Bentuk output  $V_{ce}$  yang terjadi pada Gambar 26. apabila dijelaskan adalah sebagai berikut (lihat Gambar 25 dan Gambar 26) :

1. Pada kondisi  $V_b = 0$ , harga  $I_c = 0$ , dan berdasarkan persamaan loop :  
 $V_{cc} + I_c R_1 + V_{ce} = 0$ , dihasilkan  $V_{ce} = +V_{cc}$
2. Pada kondisi  $V_b = V_1$ , harga  $V_{ce} = 0$  dan  $I_v = I$  saturasi

Untuk mendapatkan arus  $I_c$ , ( $I$  saturasi) yang cukup besar pada rangkaian *switching* ini, umumnya  $R_L$  didisain sedemikian rupa sehingga  $R_L$  mempunyai tahanan yang kecil.

## Lembar Kerja

### Alat dan Bahan :

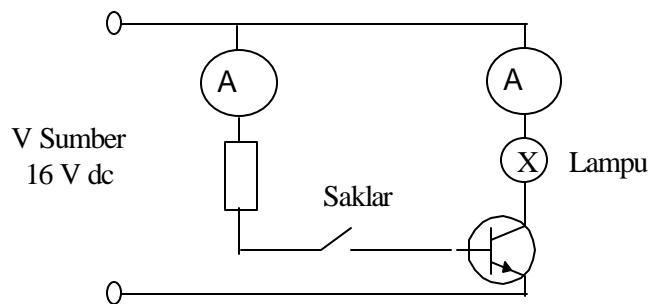
1. Catu daya 16 V AC ..... 1 unit
2. Osiloskop dua kanal (*dual trace*) ..... 1 unit
3. Ampermeter ..... 1 buah
4. Multimeter ..... 1 buah
5. Transistor BC 547 ..... 1 buah
6. Resistor 200  $\Omega$  2 A ..... 1 buah
7. Kabel penghubung ..... secukupnya

### Kesehatan dan Keselamatan Kerja:

1. Hati-hatilah dalam pemakaian alat ukur !
2. Jangan menghidupkan catu daya sebelum rangkaian diperiksa secara cermat.
3. Segera kembalikan saklar pemilih alat ukur Multimeter dari posisi Ohm ke posisi Vac setelah melakukan pengukuran dengan besaran Ohmmeter.

### Langkah Kerja:

1. Periksalah dan uji transistor dan resistor dengan Ohmmeter sebelum digunakan !
2. Rakitlah rangkaian transistor sebagai sakelar seperti pada Gambar diagram di bawah ini !



3. Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah saklar dan catu daya !
4. Aturilah tegangan dari generator fungsi hingga tegangan keluaran adalah 2 Vpp dan frekuensi = 5 KHz !
5. Ukurlah besaran arus kolektor dan arus basis, catatlah hasil pengukuran tersebut ke Tabel 3!
6. Amatilah pada layar *oscilloscope* bentuk gelombang kotak dari FG dan ukurlah tegangan kolektor-emitor saat sakelar terbuka dan catatlah data tersebut kedalam Tabel 3!
7. Gambarkanlah bentuk kedua gelombang tersebut !
8. Lakukanlah langkah-langkah percobaan tersebut di atas dengan menaikkan tegangan keluaran generator fungsi hingga 4 Vpp !
9. Selesai percobaan, kembalikanlah alat dan bahan ke tempatnya semula!

Tabel 3. Pengaturan Tegangan

Posisi Saklar	Kondisi yang diamati	A <sub>1</sub> (ampere)	A <sub>2</sub> (ampere)	kondisi lampu
Saklar Tertutup	Tegangan keluaran 2 Vpp			
	Tegangan keluaran 4 Vpp			
Saklar Terbuka	Tegangan keluaran 2 Vpp			
	Tegangan keluaran 4 Vpp			

#### Lembar Latihan

1. Jelaskanlah prinsip kerja rangkaian di atas?
2. Gambarkan bentuk gelombang keluaran dari frekuensi generator pada osiloskop ?



## LEMBAR EVALUASI

### A. Pertanyaan

1. Apa yang dimaksud dengan semikonduktor intrinsik?
2. Bagaimana untuk memperoleh semikonduktor tipe N?
3. Bagaimana untuk memperoleh semikonduktor tipe P?
4. Jelaskan yang dimaksud dioda diberi bias mundur!
5. Jelaskan yang dimaksud dioda diberi bias maju!
6. Apa yang dimaksud dengan tegangan patah?
7. Jelaskan prinsip kerja rangkaian pemotong (clipper)!
8. Jelaskan prinsip kerja rangkaian penggeser (clamper)!

### B. Kriteria Kelulusan

No	Kriteria	Skor (1-10)	Bobot	Nilai	Ket.
1	Aspek Kognitif		3		Syarat lulus : Nilai minimal 70
2	Kebenaran rangkaian		2		
3	Langkah kerja dan kecepatan kerja		1		
4	Perolehan data, analisis data dan interpretasi		3		
5	Keselamatan Kerja		1		

## LEMBAR KUNCI JAWABAN

### **A. KEGIATAN BELAJAR 1.**

1. Semikonduktor adalah bahan yang sifat-sifat kelistrikannya terletak antara sifat-sifat konduktor dan isolator. Sifat-sifat kelistrikan konduktor maupun isolator tidak mudah berubah oleh pengaruh temperatur, cahaya atau medan magnet, tetapi pada semikonduktor sifat-sifat tersebut sangat sensitif.
2. Elektron valensi adalah jumlah elektron yang menempati orbit terluar dari struktur atom suatu bahan.
3. Semikonduktor intrinsik adalah bahan semikonduktor murni (belum diberi campuran/pengotoran) dimana jumlah elektron bebas dan hole-nya adalah sama. Konduktivitas semikonduktor intrinsik sangat rendah, karena terbatasnya jumlah pembawa muatan hole maupun elektron bebas.
4. Bahan semikonduktor yang bervalensi tiga misalnya boron, galium, dan indium.

### **B. KEGIATAN BELAJAR 2.**

1. Dioda semikonduktor dibentuk dengan cara menyambungkan semikonduktor tipe p dan tipe n. Pada saat terjadinya sambungan (junction) p dan n, hole-hole pada bahan p dan elektron-elektron pada bahan n disekitar sambungan cenderung untuk berkombinasi. Hole dan elektron yang berkombinasi ini saling meniadakan, sehingga pada daerah sekitar sambungan ini kosong dari pembawa muatan dan terbentuk daerah pengosongan (depletion region).
2. Arus pada dioda yang diberi bias mundur adalah kecil sekali atau yang disebut dengan arus bocor.
3. Arus pada dioda yang diberi bias maju adalah besar karena disebabkan oleh pembawa muatan mayoritas.

### C. KEGIATAN BELAJAR 3.

1. Beberapa penggunaan dioda semikonduktor yang penting adalah sebagai penyearah, pemotong (clipper), dan penggeser (clamper).
2. Prinsip kerja penyearah setengah gelombang adalah bahwa pada saat sinyal input berupa siklus positif maka dioda mendapat bias maju sehingga arus ( $i$ ) mengalir ke beban ( $R_L$ ), dan sebaliknya bila sinyal input berupa siklus negatif maka dioda mendapat bias mundur sehingga tidak mengalir arus.
3. Prinsip kerja rangkaian penyearahan gelombang penuh sistem dengan trafo CT dapat dijelaskan melalui Gambar 15. Terminal sekunder dari Trafo CT mengeluarkan dua buah tegangan keluaran yang sama tetapi fasanya berlawanan dengan titik CT sebagai titik tengahnya. Kedua keluaran ini masing-masing dihubungkan ke D1 dan D2, sehingga saat D1 mendapat sinyal siklus positif maka D1 mendapat sinyal siklus negatif, dan sebaliknya. Dengan demikian D1 dan D2 hidupnya bergantian. Namun karena arus  $i_1$  dan  $i_2$  melewati tahanan beban ( $R_L$ ) dengan arah yang sama, maka  $i_L$  menjadi satu arah.
4. Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan dapat dijelaskan melalui Gambar 16. Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal ac, maka (Gambar 16 b):
  - D1 dan D3 hidup (ON), karena mendapat bias maju
  - D2 dan D4 mati (OFF), karena mendapat bias mundurSehingga arus  $i_1$  mengalir melalui D1,  $R_L$ , dan D3.  
Sedangkan apabila jembatan memperoleh bagian siklus negatif, maka (Gambar 16 c):
  - D2 dan D4 hidup (ON), karena mendapat bias maju
  - D1 dan D3 mati (OFF), karena mendapat bias mundurSehingga arus  $i_2$  mengalir melalui D2,  $R_L$ , dan D4.

Arah arus  $i_1$  dan  $i_2$  yang melewati RL sebagaimana terlihat pada Gambar 16 b dan c adalah sama, yaitu dari ujung atas RL menuju ground. Dengan demikian arus yang mengalir ke beban ( $i_L$ ) merupakan penjumlahan dari dua arus  $i_1$  dan  $i_2$ , dengan menempati paruh waktu masing-masing.

#### **D. KEGIATAN BELAJAR 4.**

1. Secara umum prinsip kerja dari rangkaian transistor sebagai saklar adalah sebagai berikut :

Pada saat saklar telah terhubung, pada transistor telah terjadi pemicuan arus pada basis yang mengakibatkan terjadi aliran arus pada kolektor ke emitor. Sedangkan jika saklar terbuka maka pada basis tidak diperoleh arus pemicuan tetapi masih ada arus yang melewati kolektor.

#### **PEMBAHASAN LEMBAR EVALUASI**

1. Semikonduktor intrinsik adalah bahan semikonduktor murni (belum diberi campuran/pengotoran) dimana jumlah elektron bebas dan holenya adalah sama. Konduktivitas semikonduktor intrinsik sangat rendah, karena terbatasnya jumlah pembawa muatan hole maupun elektron bebas.
2. Bahan semikonduktor tipe N diperoleh dengan cara memberi doping (pengotoran) bahan semikonduktor bervalensi lima kepada semikonduktor murni.
3. Bahan semikonduktor tipe P diperoleh dengan cara memberi doping (pengotoran) bahan semikonduktor bervalensi tiga kepada semikonduktor murni.
4. Diode mendapatkan bias mundur apabila pemberian tegangan negatif baterai ke terminal anoda (A) dan tegangan positif ke terminal katoda (K) dari suatu dioda. Dengan kata lain, tegangan anoda katoda  $V_{A-K}$  adalah negatif ( $V_{A-K} < 0$ ).

5. Dioda disebut mendapatkan bias maju (forward bias) apabila tegangan positif baterai dihubungkan ke terminal Anoda (A) dan negatifnya ke terminal katoda (K). Dengan demikian  $V_{A-K}$  adalah positif atau  $V_{A-K} > 0$ .
6. Tegangan patah terjadi apabila tegangan  $V_{A-K}$  yang berpolaritas negatif tersebut dinaikkan terus, maka suatu saat akan mencapai (*break-down*) dimana arus  $I_s$  akan naik dengan tiba-tiba.
7. Rangkaian clipper (pemotong) adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk memotong atau menghilangkan sebagian sinyal masukan yang berada di bawah atau di atas level tertentu. Contoh sederhana dari rangkaian clipper adalah penyearah setengah gelombang. Rangkaian ini memotong atau menghilangkan sebagian sinyal masukan di atas atau di bawah level nol.
8. Rangkaian Clamper (penggeser) adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk menggeser suatu sinyal ke level dc yang lain. Rangkaian Clamper paling tidak harus mempunyai sebuah kapasitor, dioda, dan resistor, disamping itu bisa pula ditambahkan sebuah baterai. Harga R dan C harus dipilih sedemikian rupa sehingga konstanta waktu RC cukup besar agar tidak terjadi pengosongan muatan yang cukup berarti saat dioda tidak menghantar.

## DAFTAR PUSTAKA

Boylestad and Nashelsky. (1992). *Electronic Devices and Circuit Theory*, 5th ed. Engelwood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Floyd, T. (1991). *Electric Circuits Fundamentals*. New York: Merrill Publishing Co.

Herman DS. (1996). *Elektronika: Teori dan Penerapan*. Yogyakarta: FPTK IKIP Yogyakarta.

Malvino, A.P. (1993). *Electronic Principles 5th Edition*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Milman & Halkias. (1972). *Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems*. Tokyo: McGraw-Hill, Inc.

Savant, Roden, and Carpenter. (1987). *Electronic Circuit Design: An Engineering Approach*. Menlo Park, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

Stephen, F. (1990). *Integrated devices: discrete and integrated*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.