

MODUL PEMBELAJARAN

KODE : LIS.PTL.047 (P) (40 Jam)

ELEKTRONIKA 1

**BIDANG KEAHLIAN : KETENAGALISTRIKAN
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK PEMANFAATAN ENERGI**



**PROYEK PENGEMBANGAN PENDIDIKAN BERORIENTASI KETERAMPILAN HIDUP
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2003**

KATA PENGANTAR

Bahan ajar ini disusun dalam bentuk modul/paket pembelajaran yang berisi uraian materi untuk mendukung penguasaan kompetensi tertentu yang ditulis secara sequensial, sistematis dan sesuai dengan prinsip pembelajaran dengan pendekatan kompetensi (*Competency Based Training*). Untuk itu modul ini sangat sesuai dan mudah untuk dipelajari secara mandiri dan individual. Oleh karena itu walaupun modul ini dipersiapkan untuk peserta diklat/siswa SMK dapat digunakan juga untuk diklat lain yang sejenis.

Dalam penggunaannya, bahan ajar ini tetap mengharapkan asas keluwesan dan keterlaksanaannya, yang menyesuaikan dengan karakteristik peserta, kondisi fasilitas dan tujuan kurikulum/program diklat, guna merealisasikan penyelenggaraan pembelajaran di SMK. Penyusunan Bahan Ajar Modul bertujuan untuk menyediakan bahan ajar berupa modul produktif sesuai tuntutan penguasaan kompetensi tamatan SMK sesuai program keahlian dan tamatan SMK.

Demikian, mudah-mudahan modul ini dapat bermanfaat dalam mendukung pengembangan pendidikan kejuruan, khususnya dalam pembekalan kompetensi kejuruan peserta diklat.

Jakarta, 01 Desember 2003
Direktur Dikmenjur,

Dr. Ir. Gator Priowirjanto
NIP 130675814

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
REKOMENDASI	ii
DAFTAR ISI	iv
PETA KEDUDUKAN MODUL	v
GLOSARRY/PERISTILAHAN	
I PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul	2
D. Tujuan Akhir.....	3
E. STANDAR KOMPETENSI.....	4
F. Cek Kemampuan	6
II PEMBELAJARAN	7
A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT.....	7
B. KEGIATAN BELAJAR.	8
Kegiatan Belajar 1	8
A. Tujuan Kegiatan	8
B. Uraian Materi	8
C. Rangkuman 1	18
D. Tugas 1	20
E. Formatif 1	21
F. Jawaban Test Formatif 1	25
Kegiatan Belajar 2	26
A. Tujuan Kegiatan	26
B. Uraian Materi	26
C. Rangkuman 2	48
D. Tugas 2	50

I. PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Modul ini berjudul Elektronika - 1 merupakan bagian dari Kompetensi Mengoperasikan Mesin Produksi dengan Kendali Elektronik (PTL. OPS 005 ()A dipersiapkan bagi anda siswa Sekolah Menengah Kejuruan Kelompok Rekayasa Teknologi Program Keahlian Pemanfaatan Energi tingkat III (semester 5) dengan alokasi waktu selama 40 jam.

Modul ini berisikan tentang dasar-dasar elektronika mulai dari teori atom, bahan semikonduktor, macam-macam Dioda, Transistor Bipolar serta pemanfaatannya.

Modul ini **tidak** ada kaitan secara langsung dengan modul lainnya, jadi dapat dipelajari tersendiri.

Setelah modul ini dapat anda kuasai, maka hasil belajar yang akan anda capai adalah adanya pemahaman terhadap ilmu elektronika, khususnya mampu dalam mengidentifikasi komponen elektronik serta menganalisis sifat-sifatnya.

Dengan pengetahuan dasar ini akan membimbing anda ke arah pekerjaan dan kemampuan yang dimiliki khususnya bidang keahlian yang berkaitan dengan dunia elektronik dan bidang keahlian pemanfaatan energi pada umumnya.

B. PRASYARAT

Untuk mempelajari modul ini tidak diperlukan prasyarat khusus, tetapi dikarenakan modul ini dilengkapi dengan Lembar Kerja, maka sudah tentu diperlukan penguasaan anda terhadap alat-alat ukur besaran listrik dan yang paling penting adalah pengetahuan dan kepedulian anda terhadap Keselamatan Kerja dan Bahaya Listrik.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Modul ini dapat anda pelajari secara klasikal ataupun individual, dimana setiap kompetensi dapat diukur setelah menyelesaikan tugas-tugas yang terdapat

dalam topik-topik pembelajaran modul ini secara tuntas (Mastery Learning) baik ranah pengetahuan, sikap dan khususnya ranah keterampilan.

2. Jika anda sudah merasa mampu untuk menyelesaikan salah satu topik dari modul ini, maka anda **diperkenankan** untuk meminta kepada guru pembimbing anda guna **diuji** kompetensinya.
3. Jika anda sudah dinyatakan kompeten untuk satu topik pertama dengan **melewati** uji kompetensi tersebut di atas, maka anda **diperkenankan** untuk melanjutkan ke topik (pembelajaran) berikutnya.
Tapi jika dianggap belum kompeten, maka sebaiknya anda tidak segan untuk **mengulang** kembali dengan arahan guru pembimbing.
4. Dalam pembelajaran modul ini diperlukan persiapan beberapa peralatan ukur dan piranti-piranti elektronik baik aktif maupun pasif serta sumber daya searah dan bolak-balik yang tetap maupun variabel.

D. TUJUAN AKHIR

Karena modul ini mengacu pada Kurikulum 2004 (Standar Kompetensi Nasional) , maka setelah anda menyelesaikan kegiatan belajar ini ada beberapa kinerja yang diharapkan untuk anda kuasai dan telah memenuhi persyaratan dari dunia kerja seperti berikut :

1. Mampu mengidentifikasi komponen elektronik
2. Mampu melakukan troubleshooting rangkaian elektronik
3. Mampu melakukan perbaikan pesawat elektronik

E. STANDAR KOMPETENSI

KODE KOMPETENSI	:	PTL OPS 005() A
Kompetensi	:	Memelihara rangkaian elektronik
Sub Kompetensi 1	:	Memahami teori atom dan semikonduktor
Kriteria Unjuk Kerja	:	<ul style="list-style-type: none">- Teori atom dan sifatnya difahami sebagai dasar pengetahuan elektronik- Bahan semikonduktor dijelaskan sesuai dengan sifat-sifatnya- Terjadinya bahan semikonduktor tipe P dan N dijelaskan sesuai dengan kejadian dan sifatnya- Sifat PN junction dijelaskan- Sifat macam macam dioda dijelaskan sesuai dengan karakteristik dan penggunaannya- Dioda diidentifikasi sesuai dengan sifatnya dengan alat ukur yang sesuai- Dioda diuji sesuai dengan karakteristiknya dengan rangkaian uji yang ditetapkan
Pengetahuan	:	<ul style="list-style-type: none">- Menjelaskan teori atom- Menjelaskan sifat unsur bahan semikonduktor- Menjelaskan terjadinya bahan sk. Tipe P dan N dan sifatnya- Menjelaskan sifat PN junction- Menjelaskan sifat macam-macam dioda dan penggunaannya
Ketrampilan	:	<ul style="list-style-type: none">- Melakukan percobaan karakteristik dioda.- Melakukan percobaan Dioda sebagai penyearah arus- Melakukan percobaan dioda zener sebagai stabilisator tegangan searah
Sikap	:	Mematuhi langkah kerja dan keselamatan kerja yang telah ditetapkan
Sub Kompetensi 2	:	Memahami sifat dan karakteristik transistor bipolar
Kriteria Unjuk Kerja	:	<ul style="list-style-type: none">- Terjadinya lapisan PNP dan NPN dijelaskan sesuai dengan kejadiannya- Sifat transistor NPN dan PNP dijelaskan sesuai dengan sifat atau karakteristiknya- Transistor Bipolar diidentifikasi dengan alat ukur yang sesuai.- Fungsi transistor dijelaskan sesuai dengan fungsinya

- Penguatan dan konfigurasi penguat transistor dijelaskan sesuai dengan rangkaian sambungannya
- Pengetahuan : - Menjelaskan terjadinya lapisan PNP dan NPN
- Menjelaskan sifat dan karakteristik transistor bipolar
- Menjelaskan cara mengidentifikasi transistor bipolar
- Menjelaskan fungsi transistor sebagai penguat, saklar elektronik
- Menjelaskan konfigurasi, CB,CE dan CC
- Ketrampilan : - Melakukan identifikasi transistor dengan alat ukur
- Melakukan percobaan transistor sebagai saklar elektronik
- Sikap : Mematuhi langkah kerja dan keselamatan kerja
- Ruang Lingkup Belajar : Kompetensi ini berkaitan dengan pemahaman tentang komponen-komponen elektronik yang umumnya digunakan dalam peralatan kendali di industri
- Kode Modul : LIS PTL 47 (P)

F. CEK KEMAMPUAN

KONDISI	PENGUASAAN		REMARK
	YA	BELUM	
1. Penguasaan terhadap peralatan ukur Analog			
2. Penguasaan terhadap peralatan ukur Digital			
3. Penguasaan terhadap peralatan ukur elektronik (osiloskop)			
4. Penguasaan terhadap peralatan perbaikan (alat tangan)			
5. Penguasaan terhadap prosedur perbaikan dan perawatan elektronik			
6. Penguasaan terhadap karakter komponen elektronik			

Catatan Pembimbing :

II. PEMBELAJARAN

RENCANA

PEMBELAJARAN SISWA

No.	Kegiatan	Tanggal	Waktu (menit)	Tempat Belajar	Paraf Guru
01.					
02.					
03.					
04.					
05.					
06.					
07.					
08.					
09.					
10.					
11.					
12.					
13.					
14.					
15.					
16.					
17.					
18.					
19.					
20.					
TOTAL WAKTU			2400		

Kegiatan Belajar -1

TEORI ATOM DAN DIODA SEMIKONDUKTOR

TUJUAN :

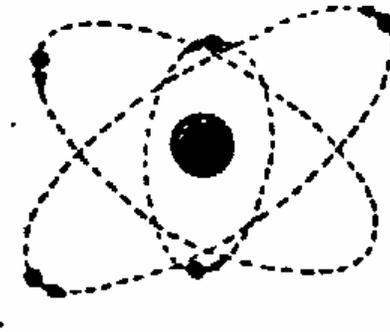
Setelah mempelajari topik ini, maka diharapkan anda dapat :

- ✍ *Memahami karakteristik atom suatu unsur*
- ✍ *Membedakan antara sifat bahan penghantar, penyekat dan setengah Penghantar*
- ✍ *Memahami terbentuknya bahan semikonduktor P dan N*
- ✍ *Menganalisis karakteristik Dioda Semikonduktor*
- ✍ *Menganalisis karakteristik Dioda Zener*
- ✍ *Mengaplikasikasikan dioda sebagai penyearah (rectifier), pelipat (multiplier) dan penstabil tegangan (voltage stabilizer)*

A. Karakteristik Atom

Atom adalah partikel terkecil dari sebuah molekul yang sifatnya tidak dapat dibagi lagi dan hal ini sesuai dengan nama asal atom dari bahasa Yunani *ATOMOS*, yang berarti tidak dapat dibagi lagi.

Secara tiga dimensi bentuk atom suatu unsur digambarkan seperti terlihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Atom dan lintasan elektronnya

Atom terdiri dari proton, neutron dan elektron, dimana proton bermuatan positif terhadap elektron atau elektron bermuatan negatif sedangkan dalam keadaan normal inti (neutron) tidak bermuatan.

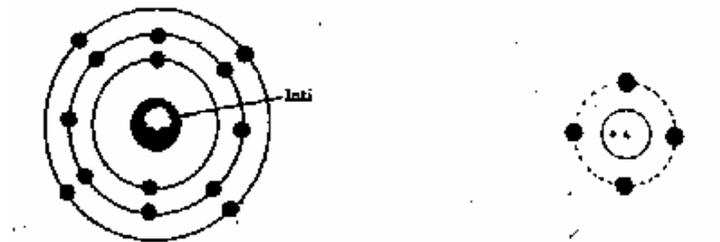
Karakteristik suatu atom adalah :

1. Setiap inti mempunyai medan gaya tarik dengan elektronnya dan dikenal sebagai muatan,
2. Inti bermuatan positif terhadap elektron, sebaliknya elektron bermuatan negatif terhadap intinya,
3. Kedua muatan tersebut dapat saling tarik menarik atau tolak menolak, dan juga bisa bermuatan netral jika jumlah muatan positif dan negatifnya seimbang.

B. Susunan Atom

Susunan setiap atom terdiri dari lapisan-lapisan tertentu yang menjadi tempat beredarnya elektron, lapisan ini disebut *lintasan* atau *orbit*. Banyaknya elektron yang melintas ditentukan oleh berat unsur kimia, dimana semakin besar berat unsurnya suatu unsur akan semakin banyak jumlah elektron yang mengelilingi intinya.

Gambar 1.2. Memperlihatkan susunan lapisan suatu atom unsur Silikon (Si) yang mempunyai nomor atom 14 atau mempunyai 14 buah elektron yang mengelilingi intinya.



Gambar 1.2. Lapisan atom unsur silikon dan penyederhanaannya

Jumlah elektron yang melintas pada setiap lapisan dapat ditentukan dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\boxed{? e = 2 n^2} \quad (1.1)$$

dimana :

? e = banyak elektron yang melintas

n = 1,2,3,4,..... (nomor lintasan, dimana angka terkecil menyatakan nomor lintasan yang paling dekat ke intinya).

Dengan demikian banyaknya elektron yang melintas pada setiap lintasan untuk unsur silikon seperti gambar 1.2. adalah :

- Lintasan pertama $(1) = 2 \cdot 1^2 = 2$ buah elektron

- Lintasan kedua $(2) = 2 \cdot 2^2 = 8$ buah elektron
- Lintasan ketiga $(3) = 4$ buah elektron (sis).

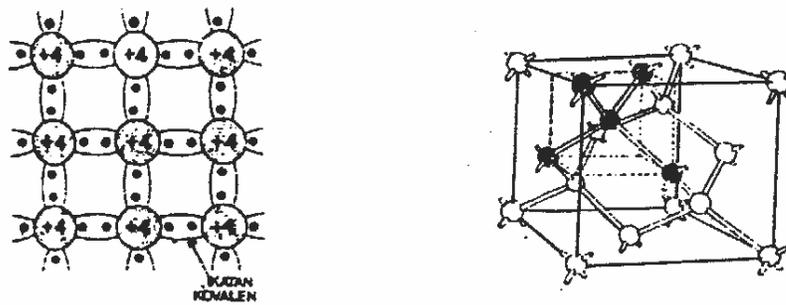
Pada lintasan ketiga hanya melintas empat buah elektron , hal ini dikarenakan merupakan sisa dari $14 - (2 + 8) = 4$ buah elektron.

Elektron-elektron yang melintas pada lapisan terdalam (berdekatan dengan inti) akan terikat kuat oleh muatan intinya dan sulit untuk melepaskan diri dari susunannya. Sedang bagi elektron-elektron yang menempati lapisan terluar akan mudah dipengaruhi oleh sejumlah tenaga dari luar dan mereka dapat keluar sebagai *elektron bebas*.

Elektron yang menempati lapisan terluar tersebut sangat memegang peranan penting dalam penentuan sifat kimia dan kelistrikan unsur dan sering disebut sebagai *elektron martabat* (Valensi).

Setiap elektron mempunyai kemampuan untuk mengikat satu elektron lain dari atom lainnya yang berada disekitarnya.

Misalkan ada beberapa atom silikon yang saling berdekatan seperti gambar 1.3, maka elektron-elektron yang saling berdekatan akan menjalin ikatan yang dikenal sebagai *Ikatan Kovalen* (Covalent-Bond).



Gambar 1.3. Ikatan Kovalen

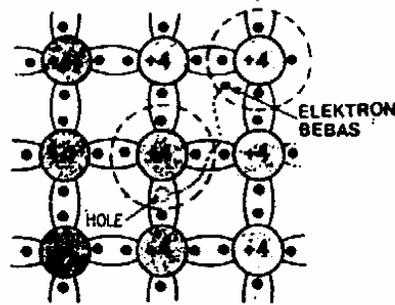
 **Catatan :**

C. Elektron Bebas dan Hole

Suatu *efek agitasi* seperti kenaikan temperatur akan menghasilkan getaran pada inti atom sehingga berakibat ikatan kovalen akan pecah dan diikuti oleh lepasnya elektron-elektron.

Elektron yang lepas dari ikatannya ini dikenal sebagai *Elektron Bebas* yang bermuatan *negatif*, sedangkan tempat yang ditinggalkan oleh elektron akan membentuk suatu muatan *positif*, dimana tempat tadi disebut sebagai *kekosongan* atau dikenal dengan nama lain *Hole*.

Gambar 1.4. memperlihatkan elektron bebas dan hole pada susunan atom unsur silikon.



Gambar 1.4. Elektron Bebas dan Hole

Pada temperatur kamar ($\approx 27^{\circ}\text{C}$), energi panas sudah mampu untuk membebaskan elektron dari ikatan kovalen, sehingga dengan perkataan lain dengan temperatur kamar sifat silikon yang pada kondisi semula bersifat sebagai penyekat sempurna dapat berubah menjadi penghantar arus listrik.

Dikarenakan daya hantar jenis bahan semikonduktor murni sangat rendah, maka guna memperbesar daya hantar tersebut dapat dilakukan dengan proses pencampuran dengan unsur lain dengan maksud untuk memperbanyak terjadinya elektron-elektron bebas dan hole. Istilah pencampuran ini dikenal dengan nama *pengotoran (Impurity)* atau *Doping*. Elektron bebas dan hole yang terjadi disebut juga sebagai *pembawa muatan (Charge-Carrier)*.

D. Bahan Penghantar, penyekat dan Setengah-Penghantar

Pada umumnya bahan kelistrikan yang anda kenal ada dua, yaitu penghantar (konduktor) dan penyekat (isolator). Suatu bahan konduktor dikatakan baik, jika mempunyai nilai tahanan jenis yang rendah yaitu berkisar antara 10^{-8} sampai 10^{-7} ohm-meter. Sedangkan suatu bahan isolator dikatakan baik jika mempunyai nilai tahanan jenis yang tinggi, yaitu berkisar antara 10^4 sampai 10^{16} ohm-meter.

Selain kedua jenis bahan di atas, ada suatu bahan yang mempunyai tahanan jenis yang berubah-ubah seiring dengan perubahan temperatur.

Bahan ini digolongkan pada bahan *setengah-penghantar (semiconductor)*, dimana pada temperatur absolut ($0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$) dalam keadaan murni bersifat sebagai isolator,

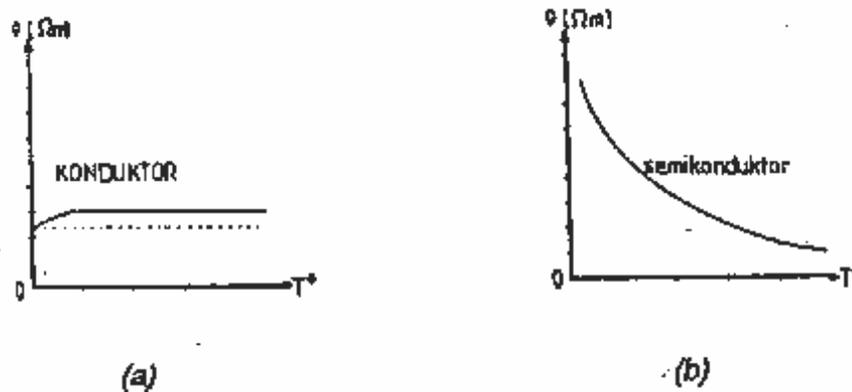
sedangkan jika ada kenaikan temperatur sifatnya akan berubah menjadi konduktor. Nilai tahanan jenis bahan semikonduktor ini berkisar antara 10^{-1} sampai 10^{-15} ohm-meter. Berikut ini diperlihatkan contoh perbedaan tahanan jenis bahan pada temperatur kamar (27°C).

TABEL-1
CONTOH BEDA TAHANAN JENIS PADA TEMPERATUR KAMAR

KONDUKTOR	SEMI-KONDUKTOR	ISOLATOR
$\rho_{\text{Cu}} \approx 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$	$\rho_{\text{Ge}} \approx 50 \times 10^{-2} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$	$\rho_{\text{mika}} \approx 10^{10} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$
	$\rho_{\text{Si}} \approx 50 \times 10^{-1} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$	

Tahanan jenis bahan konduktor hanya akan bertambah sedikit naik dan berbanding lurus dengan kenaikan dari temperatur, sebaliknya tahanan jenis bahan semikonduktor akan turun secara eksponensial jika temperaturnya anda naikkan. Oleh karena itu bahan semikonduktor akan lebih baik menghantarkan arus listrik saat panas daripada saat dingin.

Gambar 1.5. memperlihatkan kurva pengaruh panas terhadap tahanan jenis.



Gambar 1.5. Pengaruh panas terhadap tahanan jenis bahan

 **Catatan :**

E. Terbentuknya Bahan Semikonduktor tipe P dan N

Bahan dasar yang banyak dan sering digunakan dalam membuat piranti elektronik adalah bahan Germanium dan Silikon, dimana kedua bahan tersebut mempunyai elektron valensi yang sama yaitu empat buah. Tabel 2 berikut memperlihatkan tabel periodik golongan atom bahan semikonduktor.

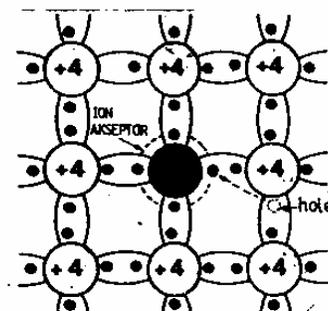
TABEL -2. GOLONGAN ATOM SEMIKONDUKTOR

III A	IV A	V A
		
5 B BORON 10,82	6 C CARBON 12,01	7 N NITROGEN 14,008
13 Al ALUMINIUM 26,97	14 Si SILICON 28,09	15 P PHOSPHORUS 31,02
31 Ga GALUM 69,97	32 Ge GERMANIUM 72,60	33 As ARSENIC 74,91
49 In INDIUM 114,8	50 Sn TIN 118,7	51 Sb ANTIMONY 121,8

Pada pembahasan terdahulu disebutkan bahwa elektron-elektron bebas akan mengalir dalam bahan semikonduktor pada temperatur diatas nol-mutlak. Atau dengan kata lain harus adanya pemaksaan panas (agitasi thermis).

Selain itu juga disebutkan adanya metoda impurity, dimana unsur murni bahan semikonduktor tersebut dicampur dengan unsur lainnya (agitasi chemis).

Guna mendapat muatan positip pada atom silikon atau germanium yang mempunyai valensi empat, maka atom tersebut harus dicampur dengan atom unsur lain yang bervalensi tiga, misal unsur Indium (In) dan Galium (Ga). Dikarenakan unsur silikon bervalensi empat, maka unsur indium yang bervalensi tiga akan *menerima* empat buah elektron.



Gambar 1.6. Kristal Silikon tipe P

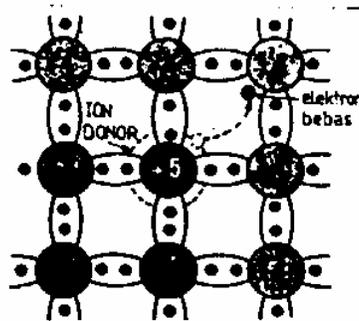
Sebagai paduan bersama, maka akan terbentuk bahan baru yang disebut silikon atau germanium tipe P, dimana hurup P ini menunjukkan muatan terbanyak positif atau hole. Dikarenakan atom indium menerima elektron dari silikon atau germanium, maka indium disebut sebagai penerima (akseptor).

Gambar 1.6. memperlihatkan susunan kristal silikon-P dan jika anda perhatikan lebih seksama akan tampak pada ikatan kovalennya terjadi kekurangan elektron yang menghasilkan muatan positif (hole).

Jika hasil pencampuran antara atom unsur semikonduktor yang bervalensi empat dengan unsur yang bervalensi tiga akan menghasilkan campuran yang bermuatan positif dan untuk memperoleh campuran yang bermuatan negatif kita harus campurkan bahan silikon atau germanium dengan unsur lain yang bervalensi lima misalnya unsur Arsenikum, Antimon atau Phospor. Campuran ini akan membentuk campuran bermuatan negatif dikarenakan kelebihan elektron.

Unsur pencampur tersebut dinamakan unsur pemberi (donor) sedangkan hasil campurannya disebut Silikon atau Germanium tipe N.

Gambar 1.7. memperlihatkan susunan kristal silikon atau germanium N.



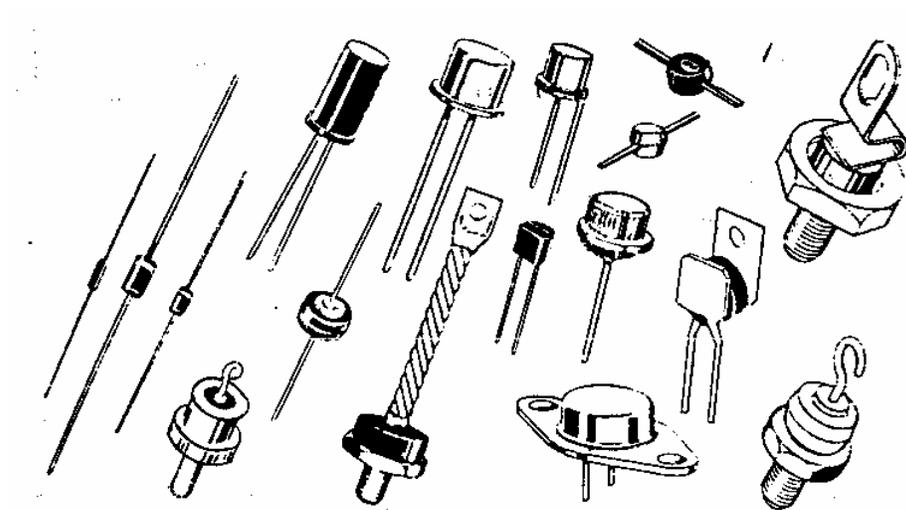
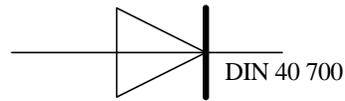
Gambar 1.7. Kristal Silikon –N

F. Dioda PN

Sambungan bahan semikonduktor tipe P dan N mendasari terbentuknya suatu piranti elektronik aktif yang dikenal sebagai **Dioda**.

Dioda ini berasal dari dua kata *Duo* dan *Electrode* yang berarti dua elektroda, yaitu Anoda yang berpolaritas positif dan Katoda yang berpolaritas negatif.

Secara umum dioda disimbolkan dan bentuk fisiknya seperti terlihat pada gambar 1.8. Salah satu aplikasi penggunaan dioda dalam ilmu kelistrikan adalah sebagai penyearah arus (rectifier) dari arus bolak-balik ke arus searah.

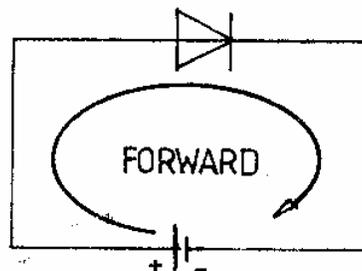


Gambar 1.8. Simbol dan bentuk fisik Dioda

1. Sifat Dioda

1.1. Bias Maju

Jika anoda dihubungkan dengan kutub positif sumber searah dan katodanya dihubungkan dengan kutub negatifnya seperti terlihat pada gambar 1.9., maka rangkaian tersebut dikenal sebagai rangkaian **bias maju** (Forward-Bias).

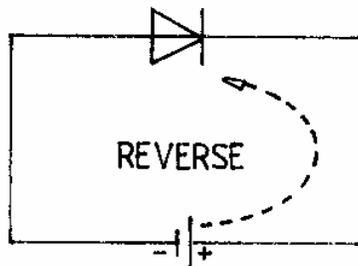


Gambar 1.9. Bias maju (Forward-Bias)

Pada kondisi seperti ini arus akan mengalir dari anoda menuju katoda. Tegangan dimana dioda mulai mengalirkan arus disebut sebagai tegangan kerja dioda (U_d). Untuk dioda silikon $U_d \approx 0,7$ volt sedangkan untuk dioda germanium $U_d \approx 0,3$ volt.

1.2. Bias Mundur

Jika kedua elektroda dioda tersebut kita hubungkan secara terbalik (berlawanan polaritas), yaitu anoda dihubungkan dengan sumber negatif sumber searah sedangkan katoda dihubungkan dengan sumber positifnya, maka bias demikian disebut **bias mundur** (Reverse-Bias) seperti diperlihatkan pada gambar 1.10.



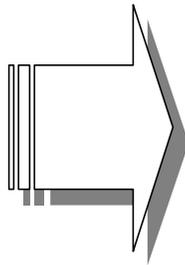
Gambar 1.10. Bias Mundur (Reverse-Bias)

Pada saat reverse ini dioda akan mempunyai nilai hambatan yang besar, sehingga arus tidak akan atau sedikit mengalir dalam orde mikroamper.

Jika tegangan sumber dinaikkan lebih besar lagi, maka suatu saat tertentu secara tiba-tiba arus akan naik secara linear. Tegangan saat arus mengalir secara linear ini dikenal sebagai tegangan patahan (Breakdown Voltage). Tegangan ini jika terus diperbesar akan mengakibatkan kerusakan pada dioda dan untuk itu tegangan ini dibatasi hingga tegangan nominal yang dikenal dengan nama Peak Inverse Voltage disingkat PIV.

RANGKUMAN - 1

1. Atom adalah bagian terkecil dari benda yang tidak dapat dibagi lagi, dimana atom terdiri dari Inti, Proton dan Elektron.
2. Inti dan proton dianggap bermuatan sama (positip), sedangkan elektron bermuatan negatip dan kedua muatan tersebut dapat saling tarik menarik atau tolak menolak bahkan bisa bermuatan netral, jika muatannya seimbang .
3. Jumlah lapisan (orbit) elektron dari suatu unsur dapat dihitung dengan rumus pendekatan $n = 2 n^2$
4. Setiap elektron yang berdekatan dari atom yang berbeda dapat membuat suatu ikatan yang dikenal sebagai ikatan kovalen (Covalent-Bond).
5. Elektron yang melepaskan diri dari ikatannya disebut Elektron-bebas, sedangkan tempat yang ditinggalkannya membentuk muatan positip yang diberi nama Hole.
6. Dalam keadaan murni dan pada temperatur -273^0 C (0^0 K), bahan semikonduktor bersifat sebagai penyekat, sedangkan pada temperatur kamar (27^0 C) berubah menjadi penghantar.
7. Pencampuran antara bahan semikonduktor bervalensi berbeda misal Silikon yang bervalensi 4 dengan bahan Indium yang bervalensi 3 akan menghasilkan tipe semikonduktor P (positip), sedangkan pencampuran Silikon dengan Arsenikum yang bervalensi 5 akan menghasilkan tipe N (negatip).
8. Sifat dioda PN adalah menghantarkan arus saat bias maju (forward) dan menghambat arus saat bias mundur (reverse).-



LEMBAR LATIHAN - 1

1. Apa yang dimaksud dengan Elektron Bebas dan Hole ? Sebutkan juga kejadiannya !
2. Unsur Indium (In) yang mempunyai nomor atom 49 dan Phospor (P) yang bernomor atom 15.
 - a. Hitung / gambarkan jumlah lintasan dan jumlah elektron setiap lintasannya !
 - b. Valensi In = ; valensi P =
3. Apa yang dimaksud dengan metoda Impurity (DOPING) dan sebutkan apa tujuan / alasannya ?
4. Sebutkan ciri-ciri (sifat) dioda untuk bias maju dan mundur !

JAWABAN LATIHAN - 1

1. Elektron bebas dan hole adalah pembawa muatan negatif dan positif, dimana kejadiannya adalah saat elektron tersebut lepas dari ikatannya akibat adanya pengaruh agitasi termis ataupun kimia. Sedangkan atom yang ditinggalkan oleh elektron akan kehilangan muatan negatif sehingga atom tersebut akan lebih negatif. Kehilangan elektron tersebut mengakibatkan "lubang" (hole) yang bermuatan positif.
2. Unsur Indium yang mempunyai nomor atom 49, jika diuraikan jumlah elektron dalam setiap orbitnya adalah sebagai berikut :
Orbit 1 = $2 \times 1^2 = 2$
Orbit 2 = $2 \times 2^2 = 8$
Orbit 3 = $2 \times 3^2 = 18$
Orbit 4 = $2 \times 4^2 = 18$ *
Orbit 5 = 3 elektron
Sedangkan untuk Fosfor yang mempunyai nomor atom 15, jika diuraikan jumlah elektron dalam setiap orbitnya adalah :
Orbit 1 = $2 \times 1^2 = 2$
Orbit 2 = $2 \times 2^2 = 8$
Orbit 3 = 5 elektron
Dengan demikian Elektron valensi untuk unsur Indium adalah = 5, sedangkan unsur Fosfor = 3.
2. Metoda impurity (doping) adalah metoda untuk memperoleh bahan (unsur) yang mempunyai polaritas tertentu (positif atau negatif). Metoda ini disebut metoda pengotoran (doping), dimana unsur murni dicampur dengan unsur lain sehingga berubah sifat, misalnya unsur silikon murni dicampur dengan indium akan menghasilkan bahan silikon dengan polaritas positif.
3. Jika dioda diberi bias maju, maka dia akan menghantarkan arus listrik. Sedangkan jika dibias mundur, maka dia akan menghambat arus.

LEMBAR KERJA 1

KARAKTERISTIK DIODA

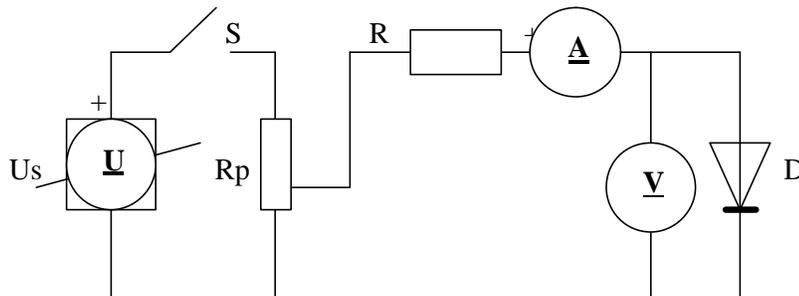
≠ TUJUAN

Setelah selesai mengerjakan lembar kerja – 1 ini diharapkan anda :

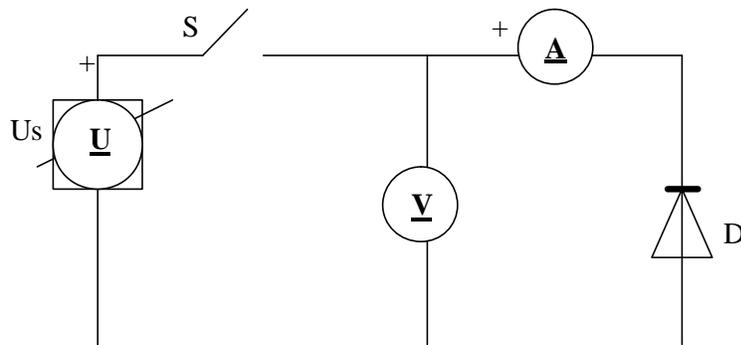
1. Dapat menggambarkan karakteristik listrik dioda arah maju dan mundur,
2. Dapat membuktikan sifat-sifat dioda secara umum.

≠ RANGKAIAN PERCOBAAN

A) ARAH MAJU



B) ARAH MUNDUR



☞ DAFTAR ALAT DAN BAHAN

1. Regulated DC Power Supply 0 –20 volt
2. mA meter dc,
3. ? A meter dc,
4. Saklar ON-OFF
5. V meter dc
6. Proto Board Trainer
7. Multimeter
8. Potensiometer limear 1 k?
9. Dioda Rectifier 1N4005
10. Resistor = 100 ? / 1 W
11. Kabel secukupnya.

☞ LANGKAH KERJA –1

1. Buat rangkaian seperti gambar 1 di atas, dimana semua posisi saklar pada posisi OFF,
catatan : Dalam rangkaian ini sebagai pengukur arus digunakan mA meter.
2. Periksaan rangkaian tersebut kepada instruktur sebelum mulai percobaan.
3. Nyalakan Power Supply dan atur tegangan sebesar 1 volt,
4. Posisikan mA meter pada batas ukur 100 mA,
5. Posisikan V meter pada batas ukur 1 volt,
6. Hidupkan saklar (ON),
7. Atur tegangan melalui potensiometer secara bertahap setiap 0,1 volt,
8. Amati kedua meter dan catat hasil penunjukannya pada tabel - 1 yang disediakan.
9. Hentikan percobaan jika pembacaan meter sulit dibaca !

TABEL – 1

U (volt)	I (mA)	R (ohm)
0		
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1,0		

$$R = U / I$$

☞ LANGKAH KERJA - 2

1. Buat rangkaian seperti gambar 2, posisi saklar pada posisi OFF.
Catatan : Pengukur arus adalah ? A-meter
2. Periksa kebenaran rangkaian pada instruktur anda,
3. Hidupkan saklar dan atur tegangan dari nol, kemudian naikkan bertahap setiap 2 volt dan amati penunjukkan ? A-meter,
4. Masukkan hasil pengamatan anda pada Tabel –2 di bawah,
5. Hentikan percobaan, jika batas tegangan Power Supply telah mencapai 20 volt.

Catatan : Untuk percobaan ke 2 ini batas ukur ?A meter diatur pada batas terendah, sedangkan batas ukur V meter hingga diatas 20 volt.

TABEL – 2

U (volt)	I (? A)	R (ohm)
0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		

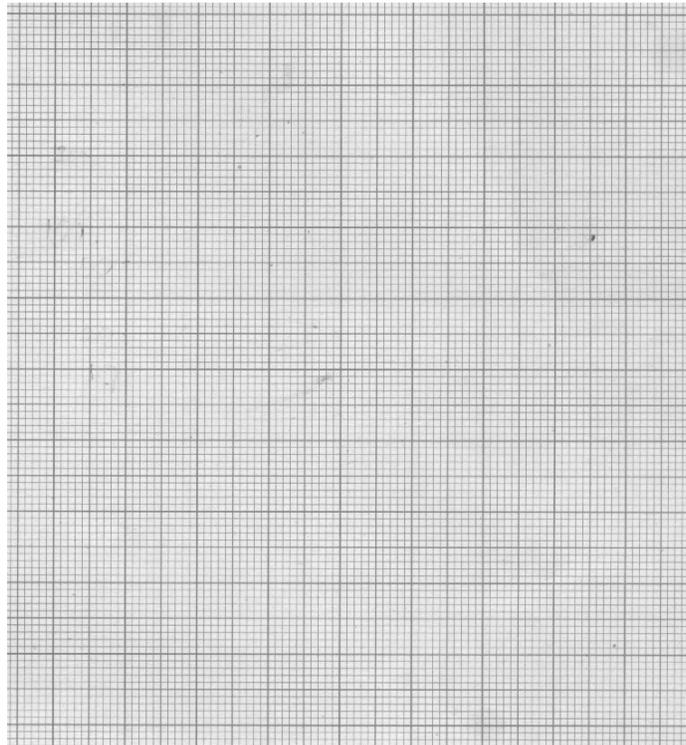
☞ KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

1. Perhatikan polaritas dioda dan meter pengukur dc !
2. Perhatikan juga batas ukur meter yang digunakan !
3. Kembalikan alat dan bahan pada tempat semula.

☞ TUGAS

Buat gambar karakteristik dioda arah maju dan mundur dari data tabel 1 dan 2 hasil pengukuran anda pada pola di bawah ini dengan skala :

- a. Untuk arah maju 5 mm ? 0,1 volt dan 5 mm ? 10 mA.
- b. Untuk arah mundur 20 mm ? 2 volt dan 5 mm ? 1 ? A.



☞ EVALUASI

1. Berapa titik konduk dioda yang anda amati ?

$U_d = ? \dots\dots\dots$ volt

2. Berapa titik Breakdown-nya ?

$U_{bd} = ? \dots\dots\dots$ volt

3. Kenapa rangkaian percobaan 1 dan 2 dibedakan atas posisi alat ukurnya ?

.....
.....
.....
.....

4. Kenapa pada rangkaian percobaan – 2 tidak digunakan hambatan R ?

.....
.....
.....

2. Dioda Sebagai Penyearah Arus (Rectifier)

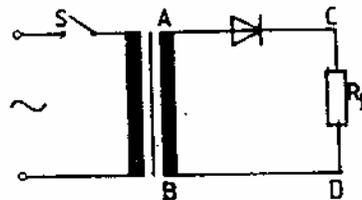
Berdasarkan sifat-sifat dioda , maka dioda dapat dimanfaatkan sebagai alat penyearah arus bolak-balik (rectifier).

Ada dua macam penyearah yang dikenal, yaitu :

- ⚡ Penyearah Setengah Gelombang (Half-Wave Rectifier),
- ⚡ Penyearah Gelombang Penuh (Full-Wave Rectifier).

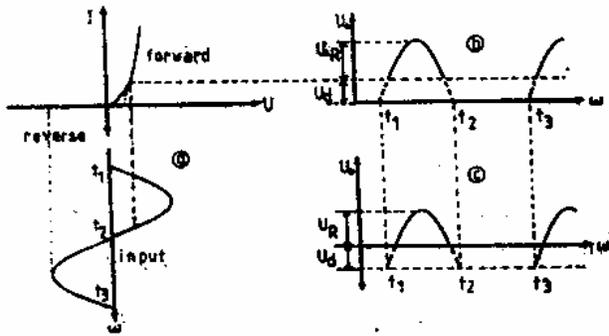
2.1. Penyearah Setengah Gelombang

Rangkaian dasar penyearah setengah gelombang diperlihatkan pada gambar 1.11. dimana sisi primer transformator tersambung dengan sumber bolak-balik (ac) sedangkan sisi sekunder dihubungkan seri dengan sebuah dioda dan tahanan beban (R_L).



Gambar 1.11. Rangkaian Penyearah setengah gelombang

Jika saklar S ditutup, maka saat $t_1 - t_2$ keadaan di titik A misal berpolaritas positif, maka pada setengah periode ini dioda ada dalam kondisi menghantar sehingga arus I_{RL} mengalir. Arus tersebut akan melewati tahanan R_L sehingga antara titik C dan D terbangkit tegangan yang sebanding dengan besarnya arus yang mengalir.



Gambar 1.12. Proses penyearahan setengah gelombang

Pada saat $t_2 - t_3$ titik B sedang dalam polaritas negatif dan dioda dalam kondisi menghambat, sehingga R_L dialiri arus reverse yang relatif kecil dan sering diabaikan.

Jika titik A kembali positif pada saat $t_3 - t_4$, maka proses serupa akan terulang sehingga pada R_L akan terdapat pulsa positif saja.

Proses perubahan tegangan bolak-balik menjadi pulsa searah ini disebut *penyearahan* dan dikarenakan hanya setengah periode saja yang dapat dimanfaatkan, maka penyearah seperti ini dikenal sebagai Penyearah Setengah Gelombang.

Guna menghitung besar harga rata-rata signal yang disearahkan dapat digunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$U_{dc} = \frac{U_m}{\pi} = 0,318 U_m \quad (1.2)$$

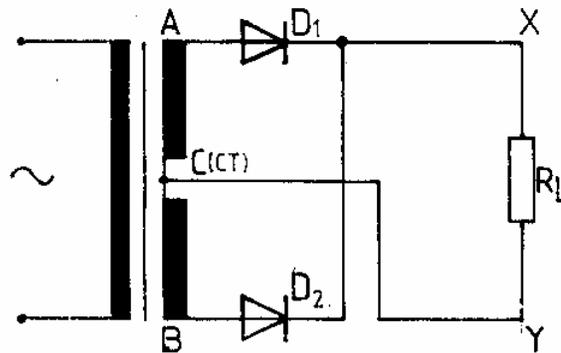
Dimana : U_m = harga maksimum tegangan ac

U_{dc} = harga rata-rata tegangan dc

2.2. Penyearah Gelombang Penuh

Ada dua macam penyearah gelombang penuh, yaitu sistem Titik-Tengah (centre-tap) dan Sistem Jembatan (bridge).

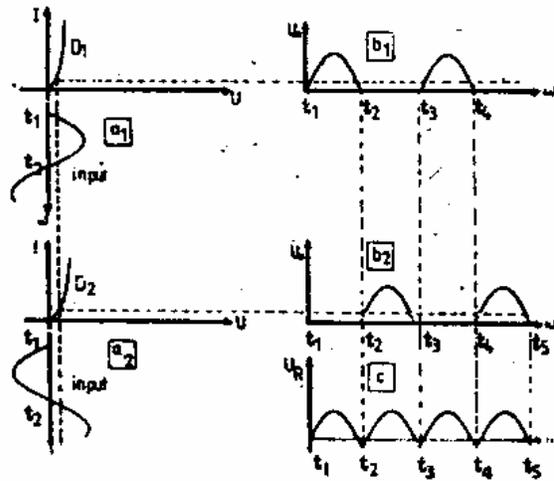
Penyearah sistem titik-tengah menggunakan transformator centre-tap, dimana jumlah lilitan antara titik AC sama dengan jumlah lilitan pada titik CB.



Gambar 1.13. Sistem Centre-tap

Ujung A dihubungkan pada dioda D_1 dan ujung B pada dioda D_2 . Ujung lain dari dioda ini dihubungkan pada titik yang sama dari ujung tahanan R_L di titik X dan ujung titik Y disambungkan ke titik tengah transformator C.

Kerja penyearah ini dapat dilihat pada gambar 1.14. dimana kurva a1 dan a2 menunjukkan tegangan yang masuk pada dioda D_1 dan D_2 yang selalu berlawanan fasa dan sama besarnya.



Gambar 1.14. Proses Penyearahan Gelombang Penuh

Pada saat $t_1 - t_2$ ujung A sedang berpolaritas positif, sedangkan ujung B negatif sehingga pada saat ini dioda D_1 yang sedang menghantar (kurva b_1 saat $t_1 - t_2$), sedangkan D_2 tidak menghantar (kurva b_2 saat $t_1 - t_2$).

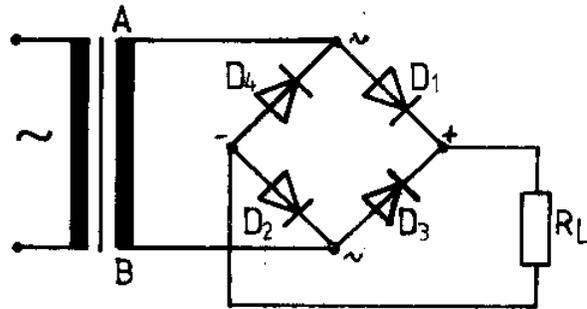
Pada saat $t_2 - t_3$ ujung A berpolaritas negatif sedang ujung B positif sehingga pada saat ini dioda D_2 yang menghantar (kurva b_2 saat $t_2 - t_3$) sedang D_1 tidak menghantar (kurva b_1 saat $t_2 - t_3$).

Dengan demikian kedua dioda tersebut secara bergantian setiap setengah periode dan tahanan R_L sertiap saat selalu dilewati arus (kuva c) yang berbentuk pulsa positif. Dikarenakan satu gelombang penuh tegangan bolak-balik telah dimanfaatkan, maka rangkaian ini dinamakan penyearah gelombang penuh.

Kelebihan penyearah gelombang penuh dari penyearah setengah gelombang adalah menghasilkan tegangan rata-rata (U_{dc}) duakali lipat atau dituliskan sebagai berikut :

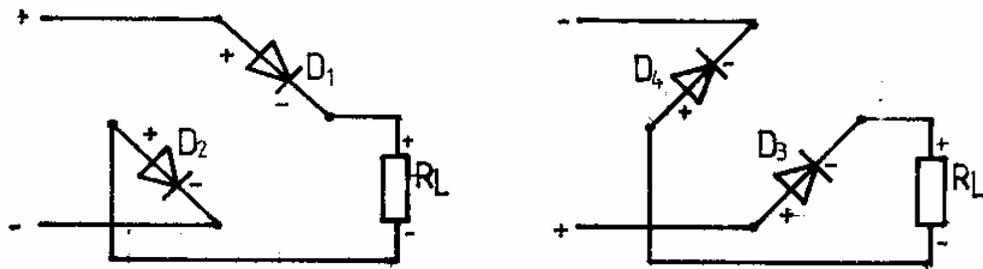
$$\begin{aligned}
 U_{dc} &= 2 \times 0,318 U_m \\
 &= 0,636 U_m
 \end{aligned}
 \tag{ 1.3}$$

Untuk penyearah gelombang penuh Sistem Jembatan diperlukan empat buah dioda yang dipasang sedemikian rupa seperti diperlihatkan pada gambar 1.15.



Gambar 1.15. Penyearah sistem Jembatan

Ketika titik A sedang positif, dioda D_1 dan D_2 berada dalam kondisi menghantar, sedang dioda D_3 dan D_4 tidak menghantar. Guna memudahkan anda mengetahui bagaimana sistem ini bekerja, maka ikuti gambar 1.16., dimana ketika titik A sedang negatif, dioda yang menghantar adalah dioda D_3 dan D_4 ,sedang D_1 dan D_2 tidak menghantar.



Gambar 1.16. Proses kerja Sistem Jembatan

Dengan demikian pada setiap setengah periode tegangan bolak-balik ada dua buah dioda yang bekerja secara serempak sedangkan dua buah lainnya tidak bekerja. Adapun hasil penyearahan dari sistem ini adalah mirip dengan sistem Titik-Tengah.

3. Dioda sebagai pelipat tegangan (Voltage Multiplier)

Guna melipat tegangan dari suatu sumber tegangan searah, maka dapat dibuat rangkaian pelipat yang dasarnya adalah merupakan rangkaian penyearah tegangan. Besar tegangan yang dilipatkan dapat diatur mulai dari duakali lipat, tigakali lipat atau seterusnya. Sebagai contoh jika anda menghendaki kelipatan dua dari tegangan output suatu penyearah sebagai berikut :

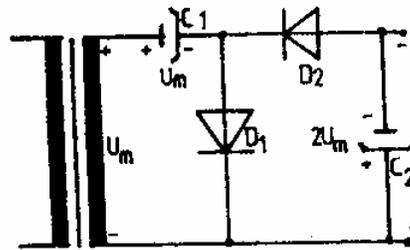
Jika diketahui tegangan efektif (rms) suatu sumber ac adalah 4,5 volt, maka tegangan maksimum (U_m) adalah $4,5 \times \sqrt{2} = 6,3$ volt.

Jika tegangan tersebut dilewatkan pada rangkaian pelipat dua, maka tegangan output yang dihasilkan adalah $U_o = 2 \times 6,3 \text{ volt} = 12,6 \text{ volt}$.

Rangkaian pelipat dua disebut *Doubler*, pelipat tiga disebut *Tripler* dan pelipat empat disebut *Quadrupler* atau secara umum pelipat ini disebut sebagai **Multiplier**.

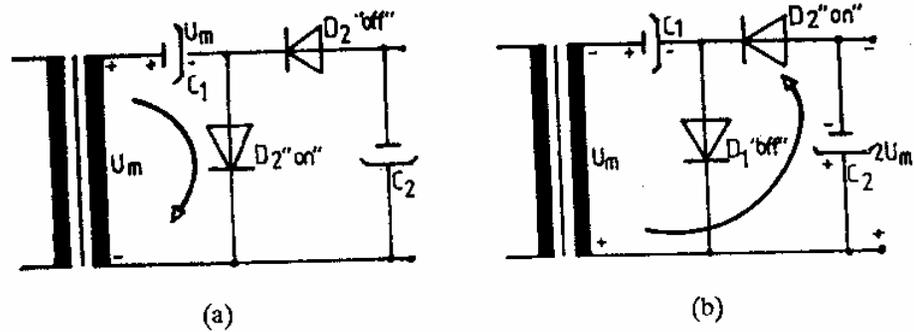
3.1. Pelipat Dua (Doubler)

Ada dua macam rangkaian pelipat dua ini, yaitu untuk setengah gelombang dan gelombang penuh. Rangkaian doubler setengah gelombang seperti terlihat pada gambar 1.17. dan rangkaian ini dikenal sebagai *Rangkaian Villard* atau *Cascade*.



Gambar 1.17. Doubler setengah gelombang

Agar anda mudah memahami prinsip kerja rangkaian tersebut, maka ikuti gambar 1.18. berikut :



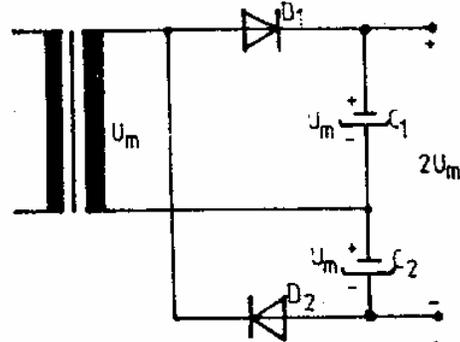
Gambar 1.18. Prinsip Kerja Doubler setengah gelombang

Ketika setengah perioda tegangan trafo sisi sekunder sedang positif, maka dioda D_1 menghantar sedangkan dioda D_2 –off. Kapasitor C_1 mengisi muatan hingga mencapai tegangan maksimumnya (U_m). Secara ideal D_1 terhubung singkat selama setengah periode tersebut dan tegangan input mengisi kapasitor C_1 hingga U_m dengan polaritas seperti pada gambar 1.18.(a). Pada setengah perioda berikutnya sedang negatif, dioda D_1 off dan dioda D_2 menghantar dan C_2 mengisi muatannya. Pada saat D_2 terhubung singkat selama setengah perioda negatif dan D_1 membuka kembali, kita dapat menjumlahkan tegangan yang ada pada jaringan sehingga akan ditemukan bahwa $U_{C_2} = 2 U_m$.

Jika paralel dengan kapasitor C_2 tidak dibebani, maka kedua kapasitor tersebut akan tetap bermuatan, yaitu $U_{C_1} = U_m$ dan $U_{C_2} = 2 U_m$.

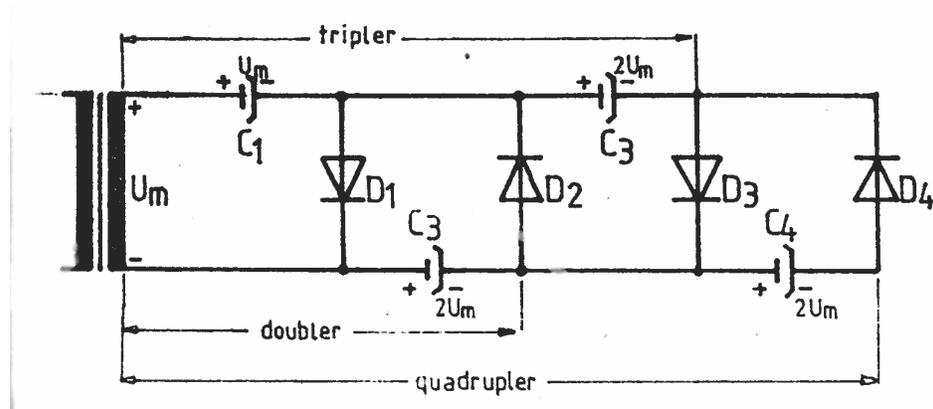
Jika output doubler ini dihubungkan dengan sebuah beban, misalnya resistor, maka tegangan U_{C_2} akan turun selama setengah perioda positif dan kapasitor tersebut akan mengisi kembali hingga $2 U_m$ pada setengah periode negatifnya.

Gambar 1.19. berikut memperlihatkan rangkaian doubler gelombang penuh yang dikenal dengan nama *Rangkaian Delon*.



Gambar 1.19. Rangkaian Doubler Gelombang Penuh

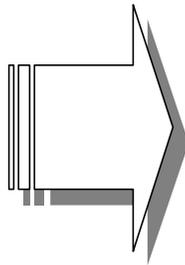
Rangkaian pelipat lain dengan kemampuan lebih besar diperlihatkan seperti gambar 1.20.



Gambar 1.20. Rangkaian Multiplier

RANGKUMAN - 2

1. Dioda dapat digunakan sebagai penyearah arus dari arus bolak-balik ke arus searah
2. Penyearah arus ada dua macam, yaitu penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh
3. Hasil penyearahan setengah gelombang adalah $0,318 U_m$, sedangkan hasil penyearahan gelombang penuh adalah $2 \times 0,318 U_m = 0,636 U_m$
4. Penyearah gelombang penuh ada dua tipe, yaitu dengan menggunakan transformator titik tengah (centre-tap) dan tipe jembatan (bridge).
5. Dengan bantuan kapasitor, penyearah dapat dibentuk sebagai rangkaian pelipat (multiplier) tegangan.

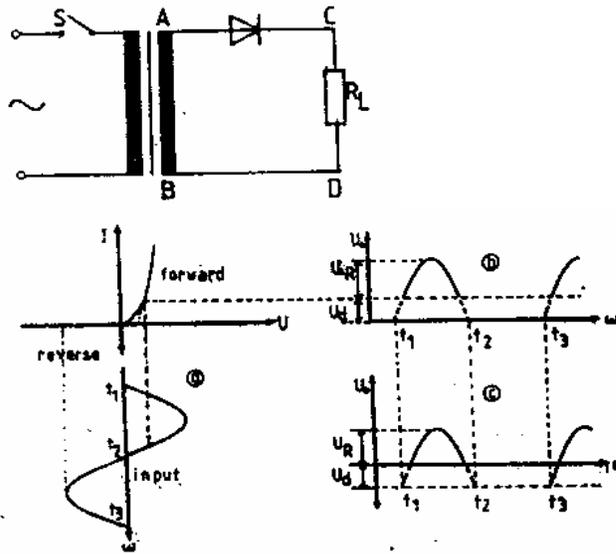


LEMBAR LATIHAN - 2

1. Ceriterakan prinsip penyearahan signal ac menjadi dc dengan system penyearah setengah gelombang lengkap dengan gambarnya.
2. Jika diketahui sebuah penyearah gelombang penuh sistem jembatan dengan input ac = 12 volt, maka hitunglah :
 - a. Tegangan maksimum (U_m)
 - b. Tegangan searah (dc)
3. Menurut analisa anda, kenapa tegangan dc output lebih rendah dari tegangan input ac ?

JAWABAN LATIHAN - 2

1. Prinsip penyearahan setengah gelombang



Jika saklar S ditutup, maka saat $t_1 - t_2$ keadaan di titik A misal berpolaritas positif, maka pada setengah periode ini dioda ada dalam kondisi menghantar sehingga arus I_{RL} mengalir. Arus tersebut akan melewati tahanan R_L sehingga antara titik C dan D terbangkit tegangan yang sebanding dengan besarnya arus yang mengalir. Pada saat $t_2 - t_3$ titik B sedang dalam polaritas negatif dan dioda dalam kondisi menghambat, sehingga R_L dialiri arus reverse yang relatif kecil dan sering diabaikan.

Jika titik A kembali positif pada saat $t_3 - t_4$, maka proses serupa akan terulang sehingga pada R_L akan terdapat pulsa positif saja.

2. Diketahui $U_{in} = 12$ volt efektif

Ditanya : a) U maksimum (U_m)

b) U_{dc}

Jawab : a) $U_m = 16,97$ volt

b) $U_{dc} = 5,40$ volt

3. Karena yang dilewatkan hanya setengah periode sedangkan setengah lainnya dihambat, maka tegangan dc yang dihasilkan oleh penyearah setengah gelombang akan lebih rendah dari tegangan inputnya (U_{ef} ataupun U_{mak} nya)

LEMBAR KERJA 2

DIODA SEBAGAI PENYEARAH ARUS

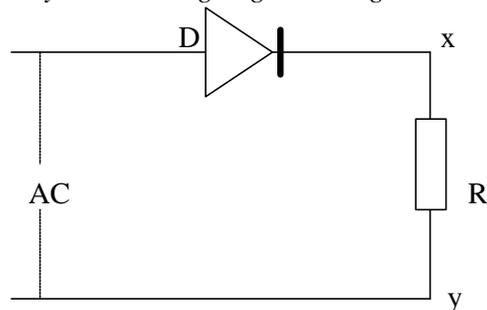
☞ TUJUAN

Setelah menyelesaikan lembar kerja – 2 , diharapkan anda mampu :

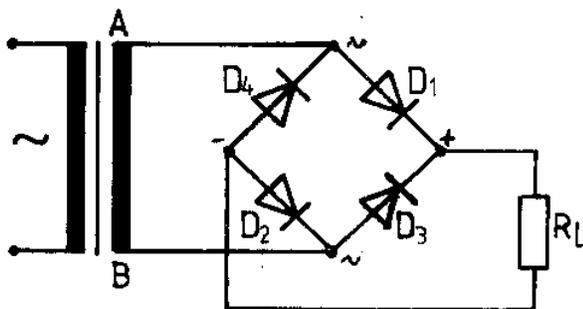
1. membuktikan dioda sebagai penyearah arus setengah gelombang,
2. membuktikan dioda sebagai penyearah gelombang penuh
3. menganalisis bentuk gelombang searah.

☞ RANGKAIAN PERCOBAAN

A. *Penyearah setengah gelombang*



B. *Penyearah Sistem Jembatan*



⌘ ALAT DAN BAHAN

1. AC Regulated Power Supply 0 – 220 volt
2. Dioda rectifier IN4005 dan Bridge Diode
3. R = 100 ohm/5 W
4. V meter dc
5. V meter ac
6. Oscilloscope Dual-Trace

⌘ LANGKAH KERJA

1. Buat rangkaian seperti gambar A
2. Periksa sambungan dan perhatikan polaritas
3. Atur sumber ac sesuai dengan Tabel 1. di bawah,
4. Ukurlah dengan menggunakan V meter dc tegangan output antara titik x dan y,
5. Lakukan langkah 4 dengan menggunakan Oscilloscope
6. Masukkan hasil pengamatan anda pada Tabel – 1
7. Jika anda telah menyelesaikan perintah 1 s/d 6, buat rangkaian seperti gambar 2.
8. Ikuti petunjuk yang sama dan masukkan hasil pengamatan anda pada tabel – 2.
9. Buat kesimpulan hasil pengamatan anda

⌘ KESELAMATAN KERJA

1. Periksakan rangkaian anda kepada instruktur sebelum melakukan pengamatan atau menghidupkan sumber daya !
2. Periksa polaritas dan jenis alat ukur (meter) dengan benar !
3. Kembalikan semua alat dan bahan ke tempat semula.

✍ TABEL PENGAMATAN

TABEL – 1

	V METER	OSCILLOSCOPE
U	U _{xy}	U _{xy}
6		
8		
10		

TABEL - 2

	V METER	OSCILLOSCOPE
U	U _{xy}	U _{xy}
6		
8		
10		

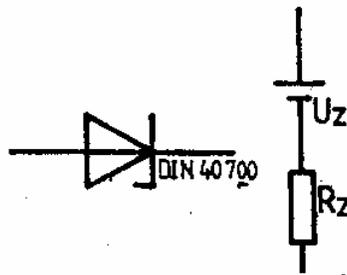
KESIMPULAN :

4. Dioda Zener

Dioda zener adalah merupakan dioda yang terbuat dari bahan silikon dan dikenal sebagai *Voltage Regulation Diode* yang bekerja pada daerah reverse bias (kuadran III) di daerah breakdownnya.

Kemampuan dioda zener berkisar mulai 2,4 volt sampai 200 volt dengan disipasi daya $\frac{1}{4}$ sampai 500 W.

Simbol dan rangkaian ekuivalennya diperlihatkan seperti gambar 1.21.



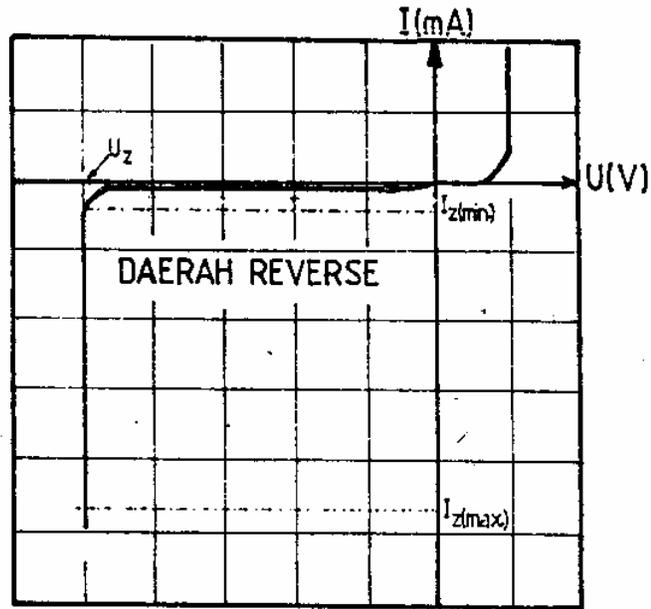
Gambar 1.21. Simbol dan rangkaian ekuivalen dioda zener

Rangkaian ekuivalen dioda zener merupakan suatu hambatan dinamis yang bernilai relatif kecil dan seri dengan sebuah batere searah yang besarnya sebanding dengan potensial zener tersebut.

4.1. Karakteristik dioda zener

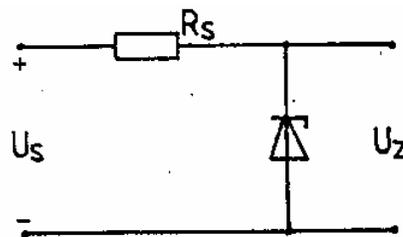
Gambar 1.22. memperlihatkan karakteristik listrik dioda zener yang mirip dengan karakteristik dioda pada umumnya. Notasi U_z adalah tegangan reverse dioda, dimana terjadi patahan (breakdown).

Jika tegangan sumber yang diberikan pada zener lebih kecil dari U_z , maka tahanan dioda zener sekitar 1 Mega ohm bahkan lebih, sedangkan jika tegangan sumber sedikit diatas U_z , arus reverse akan naik dengan cepat.



Gambar 1.22. Karakteristik listrik dioda zener

Dari karakteristik terlihat bahwa setelah terjadi tegangan patahan, arus naik sedemikian rupa sedangkan tegangan zener U_z akan tetap tidak berubah. Kenaikan arus zener ini mempunyai batas maksimal yang diberi notasi $I_z \text{ max}$. dan jika terlampaui akan mengakibatkan kerusakan. Oleh karena itu dalam prakteknya dioda zener selalu dipasang serikan dengan sebuah resistor.



Gambar 1.23. Rangkaian dioda zener

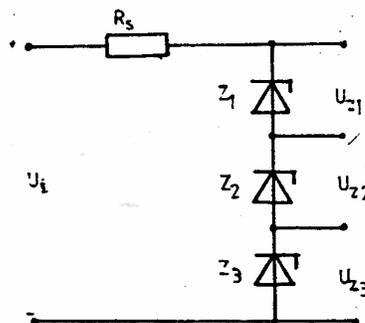
Guna menentukan nilai tahanan seri (R_s) agar dioda terhindar dari arus lebih digunakan rumus sebagai berikut :

$$R_s \geq \frac{(U_s - U_z)}{I_z(\max)} \quad (1.4)$$

Persamaan diatas akan menghasilkan nilai R_s minimal yang dapat dipasang, sedangkan nilai R_s maksimalnya dengan memperhitungkan I_z minimal dari zener.

4.2. Zener sebagai penstabil tegangan

Dikarenakan karakteristiknya, maka zener dioda banyak digunakan sebagai penstabil tegangan searah. Gambar-gambar zener sebagai penstabil tegangan dapat dilihat pada gambar berikut.

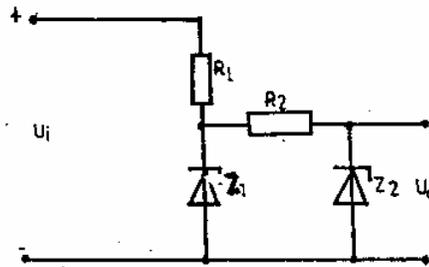


Gambar 1.24. Variasi stabilisator tegangan dengan zener

Untuk penstabil seperti yang diperlihatkan pada gambar 1.24, kita dapat memperoleh enam tegangan yang stabil dan berbeda-beda, yaitu U_{z1} s/d U_{z3} kemudian variasi $U_{z1}+U_{z2}$, $U_{z2}+U_{z3}$ dan $(U_{z1}+U_{z2}+U_{z3})$.

Syarat yang perlu diperhatikan dalam penggunaan rangkaian ini adalah *arus yang melewati ketiga zener tidak boleh lebih rendah dari I_z minimum dan tidak boleh melewati I_z maksimum.*

Untuk memperoleh tegangan yang lebih stabil dan menghilangkan faktor kerut dari tegangan input, maka digunakan rangkaian seperti gambar 1.25. Adapun syaratnya U_{z1} harus lebih besar daripada U_{z2} .



Gambar 1.25. Rangkaian stabilisator parallel

Dengan mengubah R_2 dengan sebuah potensiometer, maka tegangan output rangkaian tersebut dapat diatur dari U_{z2} hingga U_{z1} .

5. Dioda Emisi Cahaya (LED)

Dioda Emisi Cahaya (Light Emitting Diode= disingkat LED) dikenal dengan istilah lain *Solid State Lamp* adalah piranti elektronik gabungan elektronik dengan optic (lensa) dan akhirnya dikenal juga sebagai keluarga *Opto-Electronic*. Simbol dan bentuk fisiknya diperlihatkan seperti gambar 1.26.



Gambar 1.26. Konstruksi dan simbol LED

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan LED adalah Galium Arsenida (GaAs) atau Galium Arsenida Phospida (GaAsP) atau juga Galium Phospida (GaP) yang dapat memancarkan cahaya dengan warna yang berbeda.

Bahan GaS memancarkan warna infra-merah, Bahan GaAsP warna merah atau kuning sedangkan bahan GaP dengan warna merah atau hijau.

5.1. Batasan kemampuan LED

LED mempunyai batas kemampuan arus maupun tegangan yang dibedakan berdasarkan warna seperti diperlihatkan pada tabel 3 berikut.

WARNA	TEGANGAN MAJU
Merah	1,8 volt
Orange	2,0 volt
Kuning	2,1 volt
Hijau	2,2 volt

Tabel 3. Tegangan Maju LED

Standar arus maju LED standar adalah 20 mA.

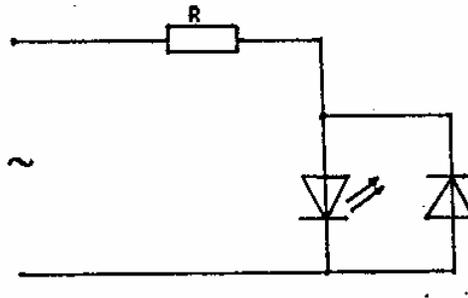
Oleh karena itu dalam penggunaan LED biasanya dihubung seri dengan sebuah hambatan (R).

5.2. Penggunaan LED

Penggunaan LED dalam rangkaian elektronik dibagi dalam tiga kategori umum, yaitu

- a. Sebagai lampu indicator,
- b. Untuk transmisi signal cahaya yang dimodulasikan dalam suatu jarak tertentu,
- c. Sebagai penggandeng rangkaian elektronik yang masing-masing *terisolir* secara total.

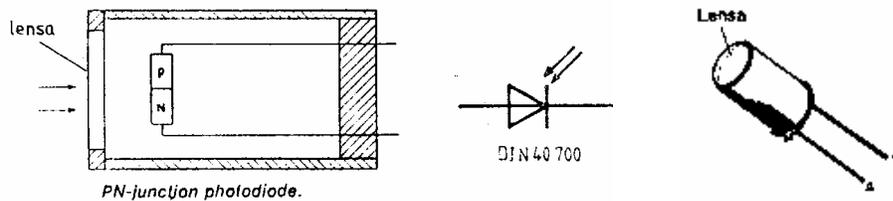
Jika LED digunakan sebagai indikator cahaya dalam suatu rangkaian arus bolak-balik, biasanya dihubungkan parallel dengan sebuah dioda penyearah secara terbalik (anti-parallel) seperti terlihat pada gambar 1.27.



Gambar 1.27. LED sebagai indikator sumber ac

6. Photo Dioda

Secara umum dioda-cahaya ini mirip dengan PN-Junction, perbedaannya terletak pada persambungan yang diberi celah agar cahaya dapat masuk padanya. Konstruksi simbol dan bentuk fisiknya dapat dilihat pada gambar 1.27.



Gambar 1.27. Konstruksi, bentuk fisik dan simbol dioda cahaya

Dioda cahaya ini bekerja pada daerah reverse, jadi hanya arus bocor saja yang melewatinya. Dalam keadaan gelap, arus yang mengalir sekitar 10 μ A untuk dioda cahaya dengan bahan dasar germanium dan 1 μ A untuk bahan silikon.

Kuat cahaya dan temperature keliling dapat menaikkan arus bocor tersebut karena dapat mengubah nilai resistansinya dimana semakin kuat cahaya yang menyinari semakin kecil nilai resistansi dioda cahaya tersebut.

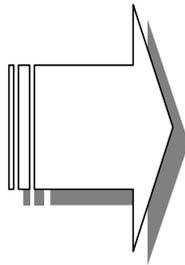
Penggunaan dioda cahaya diantaranya adalah sebagai sensor dalam pembacaan pita data berlubang (Punch Tape), dimana pita berlubang tersebut terletak diantara sumber cahaya dan dioda cahaya. Jika setiap lubang pita itu melewati celah antara tadi, maka cahaya yang memasuki lubang tersebut akan diterima oleh dioda cahaya dan diubah dalam bentuk signal listrik.

Sedangkan penggunaan lainnya adalah dalam alat pengukur kuat cahaya (Lux-Meter), dimana dalam keadaan gelap resistansi dioda cahaya ini tinggi, sedangkan jika disinari cahaya resistansinya akan berubah rendah.

Dioda cahaya ini banyak juga digunakan sebagai sensor sistem pengaman (security), misal dalam penggunaan alarm.

RANGKUMAN - 3

1. Dioda zener terbuat dari bahan dasar silicon dengan konsentrasi campuran lebih tinggi dari dioda rectifier.
2. Dioda zener bekerja di daerah reverse bias (kuadran III)
3. Dioda zener sering digunakan sebagai penstabil tegangan (voltage Stabilisator) sumber arus searah.
4. Mengingat keterbatasan dioda zener, maka dalam prakteknya harus dihubung seri dengan sebuah tahanan.
5. Dioda Emisi Cahaya (LED) banyak digunakan sebagai indikator cahaya elektronik
6. Kemampuan tegangan setiap LED tergantung dari jenis bahan dasar dan warna cahaya yang dikeluarkannya
7. Dioda cahaya juga bekerja didaerah reverse bias.
8. Dioda cahaya banyak digunakan sebagai piranti sensor system pengaman dan peraba data dari pita berlubang (Punch Tape).



LEMBAR LATIHAN - 3

1. Dengan alasan apa dioda zener terbuat dari bahan dasar unsur silikon ?
2. Apa yang dimaksud dengan “dioda zener bekerja pada kuadran ke III” ?
3. Dengan alasan apa, dioda zener harus diserikan dengan sebuah resistor ?
4. Sumber tegangan searah (dc) sebesar 15 volt akan distabilkan oleh sebuah dioda zener sehingga outputnya = 8 volt dc. Identitas dioda zener adalah sebagai berikut $U_z = 8$ volt, $I_z (\text{max.}) = 140$ mA; $I_z (\text{min}) = 1,5$ mA.
Hitung nilai tahanan seri (R_s) minimal dan maksimalnya yang diizinkan dipasang.
5. Dapatkah sebuah LED digunakan sebagai penyearah ? Sebutkan alasan anda.

JAWABAN LATIHAN - 3

1. Silikon lebih tahan terhadap panas dibandingkan bahan semikonduktor lainnya .
2. Maksud dioda zener bekerja pada kuadran ketiga adalah, karena dia bekerja pada daerah reverse bias.
3. Dalam kerjanya dioda zener harus terhubung seri dengan sebuah resistor dengan alasan guna menghindari arus / tegangan lebih.
4. $R_{\min} = \frac{U_s - U_z}{I_z(\max)} = \frac{(15 - 8)V}{140 \times 10^{-3} A} = 50?$
 $R_{\max} = \frac{U_s - U_z}{I_z(\min)} = \frac{(15 - 8)V}{1,5 \times 10^{-3} A} = 4666,66?$
5. LED tidak dapat digunakan sebagai dioda penyearah, karena LED mempunyai keterbatasan kemampuan elektrik seperti tegangan dan arus yang relatif kecil.

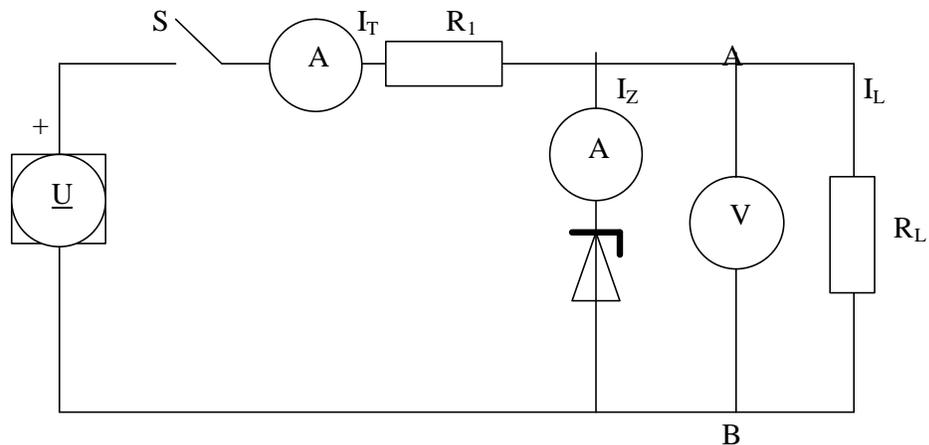
LEMBAR KERJA - 3

**ZENER DIODA
SEBAGAI PENSTABIL TEGANGAN SEARAH**

✍️ TUJUAN

Dapat membuktikan dioda zener sebagai penstabil tegangan

✍️ RANGKAIAN PERCOBAAN



✍️ ALAT DAN BAHAN

- $R_1 = 100 \text{ ohm}$
- $R_L = 500 - 3000 \text{ ohm (variativ)}$
- $Z = 1N 4744 / 60 \text{ mA}$ atau yang sejenis
- $U_s = 0-20 \text{ volt dc variable}$
- $A = \text{mA meter dc}$
- $V = \text{volt meter dc}$

✍️ LANGKAH KERJA

A. Tegangan sumber berubah, beban tetap

1. Tetapkan $R_L = 1000 \text{ ohm}$
2. Naikkan tegangan U_s hingga $I_Z = 5 \text{ mA}$
3. Ukur dan catat hasil pengamatan anda untuk besaran U_{AB} , I_T dan U_s

- Atur I_z sesuai tabel A dan catat setiap penunjukkan alat ukur pada tabel A yang tersedia.

B. Variasi beban R_L

- Atur $I_z = 5 \text{ mA}$ dengan $R_L = 500 \text{ ohm}$, ukur dan catat penunjukkan meter.
- Ubah R_L dari 500 ohm sampai 3000 ohm secara bertahap tanpa mengubah nilai U_s .
- Pada setiap perubahan R_L tersebut perhatikan penunjukkan alat ukur dan catat hasil pengamatan anda pada tabel B yang tersedia.

☞ KESELAMATAN & KESEHATAN KERJA

- Periksakan rangkaian anda pada instruktur sebelum memulai percobaan.
- Perhatikan polaritas zener dan alat ukur agar tidak terbalik !
- Perhatikan penunjukkan A-meter (I_z) !
- Hentikan pengukuran (percobaan) jika I_z menuju nilai maksimal (60 mA) !
- Kembalikan alat dan bahan pada tempat semula !

☞ TABEL PENGUKURAN

TABEL A $R_L = 1000 \text{ ohm}$

U_{AB}	I_z	I_L	I_T	U_s
	5			
	10			
	15			
	20			
	25			
	30			
	40			
	50			
	60			

TABEL B

R_L	I_z	I_T	U_{AB}	U_S
500				
1000				
1500				
2000				
2500				
3000				

✍ KOMENTAR DAN KESIMPULAN

KEGIATAN BELAJAR - 2

TRANSISTOR BIPOLAR

TUJUAN

Setelah mempelajari topik ini, maka diharapkan anda dapat :

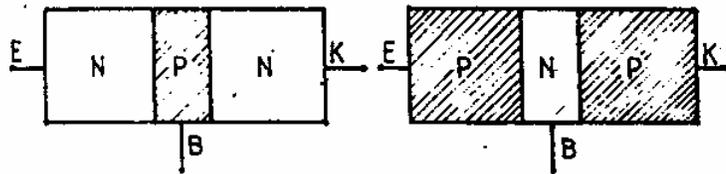
- ✍ Memahami prinsip kerja transistor bipolar
- ✍ Mengidentifikasi transistor bipolar
- ✍ Menguji transistor bipolar
- ✍ Menggunakan transistor bipolar dalam rangkaian elektronik

1. PENDAHULUAN

Transistor adalah piranti elektronik yang menggantikan fungsi tabung elektron-*trioda*, dimana transistor ini mempunyai tiga elektroda , yaitu *Emiter*, *Kolektor* dan *Basis*.

Fungsi utama atau tujuan utama pembuatan transistor adalah sebagai penguat (amplifier), namun dikarenakan sifatnya, transistor ini dapat digunakan sebagai saklar elektronis.

Susunan fisik transistor adalah merupakan gandingan dari bahan semikonduktor tipe P dan N seperti digambarkan pada gambar 2.1.



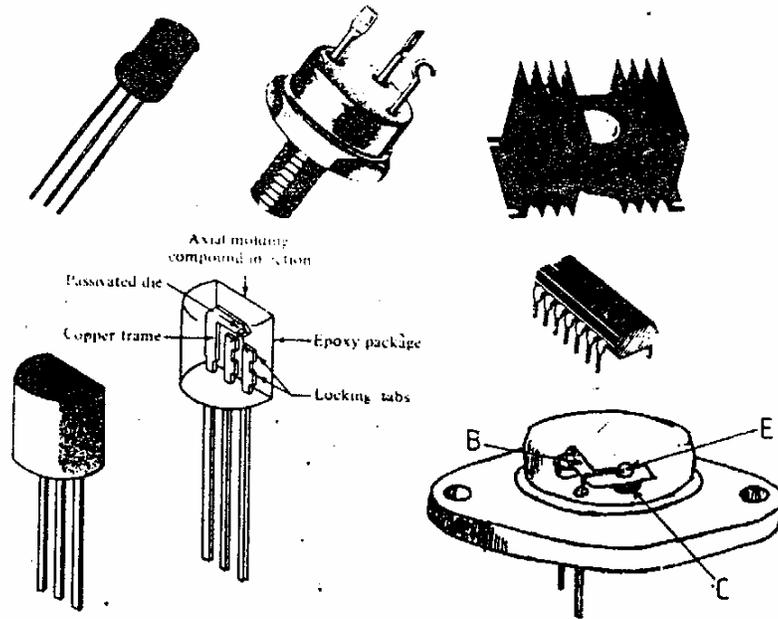
Gambar 2.1. Susunan fisik lapis transistor

Sedangkan gambar rangkaian penggantinya sama dengan dua buah dioda yang dipasang saling bertolak seperti terlihat pada gambar 2.2.

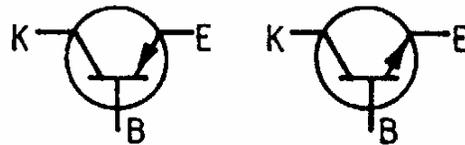


Gambar 2.2. Rangkaian pengganti transistor

Gambar 2.3. berikut memperlihatkan beberapa bangun fisik dan konstruksi transistor bipolar, dikatakan bipolar karena terdapat dua pembawa muatan , yaitu elektron bebas dan hole. Sedangkan jenisnya ada dua macam, yaitu jenis PNP dan NPN yang simbolnya diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.3. Bangun fisik dan konstruksi transistor bipolar



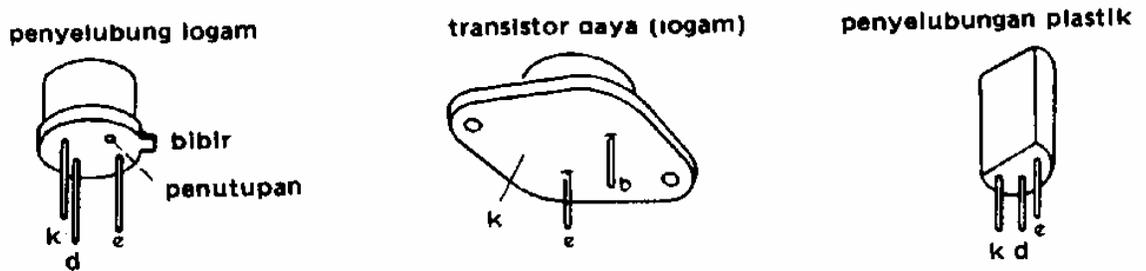
Gambar 2.4. Simbol transistor

Kedua jenis PNP dan NPN tidak ada bedanya, kecuali hanya pada cara pemberian biasnya saja.

Bentuk fisik transistor ini bermacam-macam kemasan, namun pada dasarnya karena transistor ini tidak tahan terhadap temperatur, maka tabungnya biasanya terbuat dari bahan logam sebagai peredam panas bahkan sering dibantu dengan pelindung (peredam) panas (heat-sink).

2. PENENTUAN ELEKTRODA TRANSISTOR

Spesifikasi transistor yang lengkap dapat anda peroleh dari buku petunjuk transistor, dimana dalam buku tersebut akan anda peroleh karakteristik fisik dan listrik suatu jenis transistor bahkan dilengkapi dengan transistor ekuivalennya. Berikut ini adalah gambaran spesifikasi transistor yang banyak digunakan khususnya dalam penentuan elektroda dari transistor tersebut.



Gambar 2.5. Elektroda transistor

3. PENGKODEAN TRANSISTOR

Hampir sama dengan pengkodean pada dioda, maka huruf pertama menyatakan bahan dasar transistor tersebut, A = Germanium dan B = Silikon, sedangkan huruf kedua menyatakan penerapannya.

Berikut ini adalah huruf-huruf kedua yang dimaksud :

C = transistor frekuensi rendah

D = transistor daya untuk frekuensi rendah

F = transistor frekuensi tinggi

L = transistor daya frekuensi tinggi

Contoh penerapan kode ini diantaranya adalah BF 121, AD 101, BC 108 dan ASY 12.

4. PENGUJIAN TRANSISTOR

Dengan menganggap transistor adalah gabungan dua buah dioda, maka anda dapat menguji kemungkinan kerusakan suatu transistor dengan menggunakan ohmmeter dari suatu multimeter.

Kemungkinan terjadinya kerusakan transistor ada tiga penyebab yaitu :

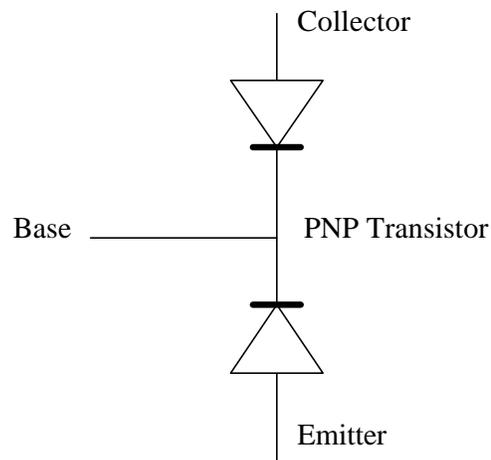
- a. Salah pemasangan pada rangkaian
- b. Penanganan yang tidak tepat saat pemasangan
- c. Pengujian yang tidak professional

Sedangkan kemungkinan kerusakan transistor juga ada tiga jenis, yaitu :

- a. Pemutusan
- b. Hubung singkat
- c. Kebocoran

Pada pengujian transistor kita tidak hanya menguji antara kedua dioda tersebut, tapi kita juga harus melakukan pengujian pada elektroda kolektor dan emiternya.

Gambar 3.6. memperlihatkan kembali rangkaian dioda transistor PNP yang akan dijadikan referensi pengujian transistor.



Gambar 2.6. Dioda Transistor

Guna mempermudah cara pengujian, berikut ini diberikan contoh hasil pengujian transistor ASY 12 dan BC 108 dengan menggunakan ohmmeter.

ELEKTRODA	ARAH	ASY 12	BC 108	RANGE OHMMETER
C – B	REVERSE	2,5 M?	?	x 1 k?
	FORWARD	50 ?	15 ?	x 10 ?
E – B	REVERSE	3 M?	?	x 1k?
	FORWARD	55 ?	18 ?	x 10 ?
C – E	REVERSE	200 k?	5 M?	x 1 k?
	FORWARD	8 k?	4 M?	x 1 k?

Dari tabel pengujian ternyata terdapat perbedaan besar antara nilai hambatan untuk arah forward dan hambatan untuk arah reverse.

Pada pengukuran elektroda C dan B untuk transistor BC 108 (silicon) dengan arah reverse diperoleh nilai hambatan yang besar (?) dan jika pada pengukuran ini ternyata nilai tersebut rendah, maka dapat kita nyatakan adanya *kebocoran transistor* antara kaki kolektor dan basisnya.

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pengujian transistor dengan ohmmeter adalah posisi RANGE ohmmeter tersebut, karena kesalahan range akan menimbulkan kerusakan pada transistor yang diuji.

Cara pengujian lain transistor adalah dengan menggunakan alat elektronik yang dikenal sebagai **Transistor Checker**.

Kondisi transistor dapat juga anda uji ketika transistor tersebut sedang bekerja dalam suatu rangkaian, yaitu dengan mengukur tegangan antara basis dan emitter. Tegangan antara basis dan emitter ini normalnya untuk transistor germanium adalah 0,3 volt sedangkan tegangan basis emitter untuk jenis silicon sekitar 0,6 volt. Jika jauh lebih rendah atau lebih tinggi dari harga tersebut, maka transistor tersebut sedang dalam kondisi tidak normal atau rusak.

5. NILAI BATAS SUATU TRANSISTOR

Sebagaimana telah disebutkan bahwa bahan semikonduktor akan berubah sifat jika menerima panas yang berlebihan. Suhu maksimal satu transistor Germanium adalah sekitar 75°C sedangkan jenis Silikon sekitar 150°C .

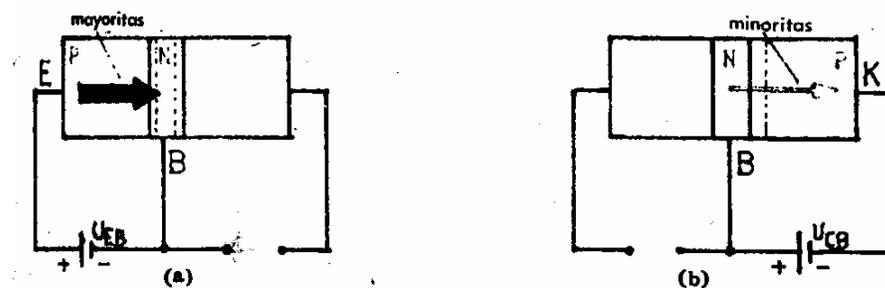
Daya yang disalurkan pada sebuah transistor harus sedemikian rupa sehingga suhu maksimalnya tidak dilampaui dan untuk itu diperlukan bantuan pendingin baik dengan *Heat Sink* atau dengan kipas kecil (Fan).

Pada saat penyolderan kaki-kaki transistor, harus dipertimbangkan juga temperatur solder dan selain itu biasanya digunakan alat pembantu dengan jepitan (tang) guna pengalihan penyaluran panas.

Peralihan panas transistor ke pendingin yang baik adalah dengan bantuan *Pasta Silikon* yang disapukan antara transistor dengan badan pendinginnya. Selain itu ada juga biasanya pendingin tersebut diberi cat warna hitam guna memudahkan penyaluran panas.

6. PRINSIP KERJA TRANSISTOR

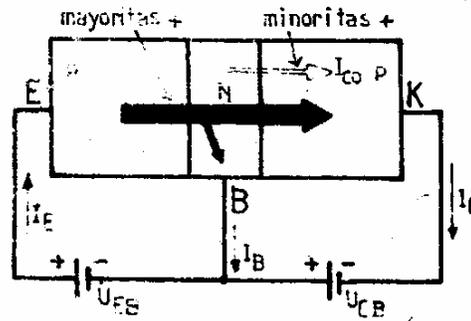
Untuk memberi gambaran bagaimana suatu transistor bekerja, pada gambar 2.7 diperlihatkan operasi dasar sederhana transistor jenis PNP.



Gambar 2.7. Operasi dasar transistor

Pada gambar (a) diperlihatkan bias basis dan kolektor tidak tersambung, sehingga dalam keadaan ini yang bekerja hanya basis dan emiter saja dalam hubungan arah maju. Dalam kondisi ini daerah deplesi akan menyempit sehingga muatan mayoritas hole dari P akan mengalir menuju lapisan N dengan deras.

Gambar (b) memperlihatkan basis dan kolektor diberi bias mundur dan dalam kondisi ini daerah deplesi akan melebar sehingga yang mengalir hanya muatan minoritas dari N menuju P. Jika sekarang kedua potensial secara bersama dipasang seperti gambar 2.8, maka akan tampak kedua aliran mayoritas dan minoritasnya.



Gambar 2.8. Aliran mayoritas dan minoritas

Pada gambar terlihat sejumlah besar muatan mayoritas menyebrang dari P menuju N sebagai arus basis (I_B) dan juga langsung menuju P (kolektor) sebagai arus kolektor (I_C). Karena potensial kolektor lebih negatif dibandingkan dengan basis, maka muatan mayoritas ini sebagian besar akan menuju lapisan P (kolektor) sedangkan sisanya akan menuju ke basis.

Jika kita gunakan hukum Kirchhoff, maka

$$I_E = I_C + I_B$$

Jika besar tegangan antara kolektor dan basis (U_{CB}) konstan, maka perbandingan perubahan arus kolektor I_C dengan perubahan arus emitter I_E disebut *faktor penguatan basis bersama* dan diberi simbol α (alpha) dan besarnya berkisar dari 0 sampai 0,998. Secara pendekatan rumus alpha ini adalah

$$\alpha \approx \frac{I_C}{I_E}$$

Harga α lebih besar dari nol tapi lebih kecil dari satu sehingga sering ditulis sebagai

$$0 < \alpha < 1$$

7. KONFIGURASI PENGUAT TRANSISTOR

Transistor adalah piranti aktif, dimana outputnya adalah merupakan hasil perubahan dari inputnya. Dengan membandingkan antara output dengan inputnya, maka akan diperoleh *factor penguatan* (amplification). Dengan demikian, maka transistor ini dibuat atau dipersiapkan sebagai piranti penguat.

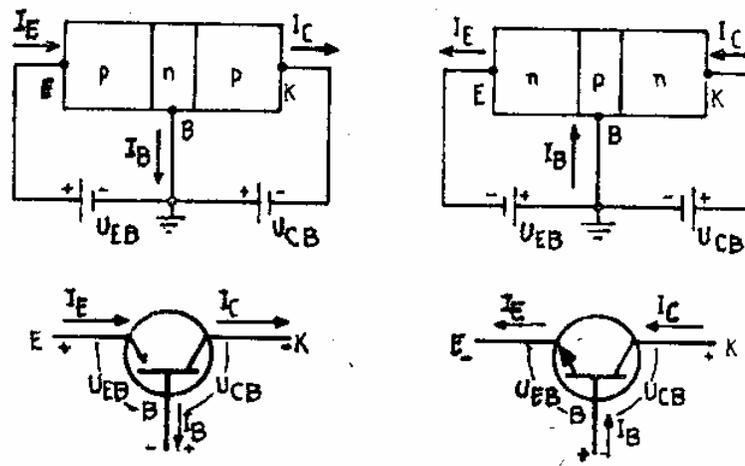
Sebagai piranti elektronik, transistor mempunyai tiga elektroda yang tersusun sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai sebuah penguat.

Ada tiga system sambungan (konfigurasi) dari penguat transistor, yaitu konfigurasi *Basis Bersama* (*Common Base*), *Emiter Bersama* (*Common Emitter*) dan *Kolektor Bersama* (*Common Collector*).

7.1. Konfigurasi Basis Bersama

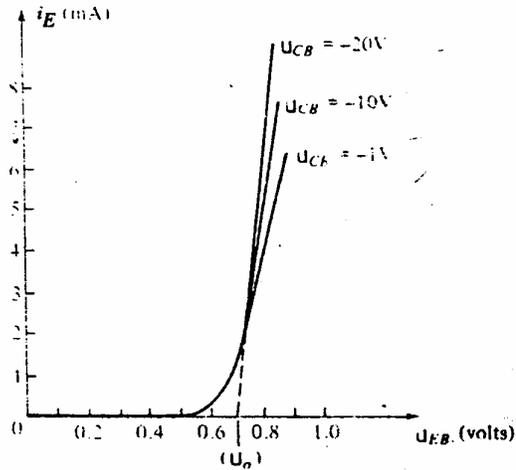
Rangkaian pada gambar 2.9. memperlihatkan rangkaian konfigurasi Basis Bersama (CB) dengan potensial U_{EB} dan U_{CB} untuk kedua jenis transistor PNP dan NPN.

Untuk jenis PNP, emiter positif terhadap basis sedangkan kolektornya negatif. Sedangkan untuk jenis NPN sebaliknya emiter negatif terhadap basis dan kolektornya positif.



Gambar 2.9. Konfigurasi Basis Bersama

Karakteristik input atau karakteristik emitter konfigurasi basis bersama diplihatkan pada gambar 2.10.

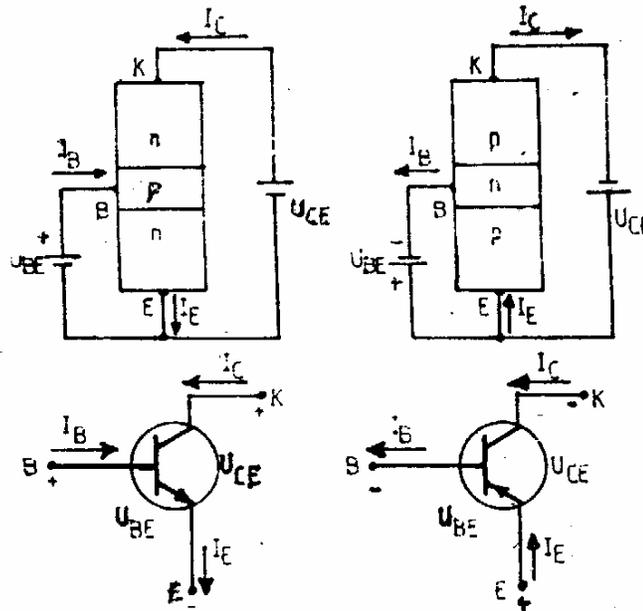


Gambar 2.10. Karakteristik input konfigurasi basis bersama (CB)

Dari karakteristik terlihat bahwa dalam mode arus searah, tegangan hantar untuk sambungan basis ke emiter sekitar 0,6 s/d 0,7 volt, ini menandakan berlaku bagi bahan dasar silikon, sedangkan untuk bahan dasar germanium sekitar 0,3 volt.

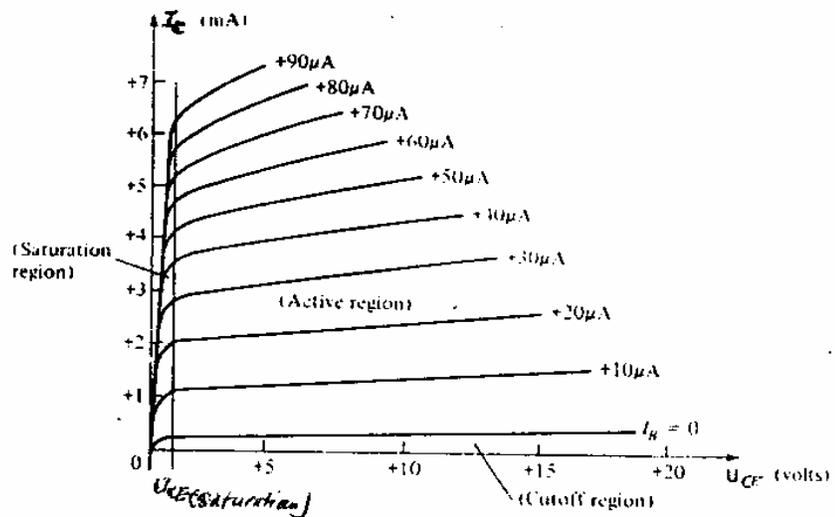
7.2. Konfigurasi Emiter Bersama

Konfigurasi emitter bersama (CE) sambungannya diplihatkan pada gambar 2.11. tampak bahwa emitter digandeng bersama baik dengan kolektor maupun basisnya.



Gambar 2.11. Konfigurasi Emiter Bersama (CE)

Karakteristik kolektor tipe NPN atau karakteristik outputnya diperlihatkan pada gambar 2.12. Karakteristik output ini melukiskan arus output I_C yang merupakan fungsi dari tegangan output U_{CE} untuk harga arus input I_B yang bervariasi.



Gambar 2.12. Karakteristik Output Emiter Bersama

Perbandingan arus kolektor dengan arus basis dengan tegangan kolektor-emiter konstan disebutkan sebagai *faktor penguatan arus maju emiter bersama* disimbolkan dengan huruf Yunani β (betha).

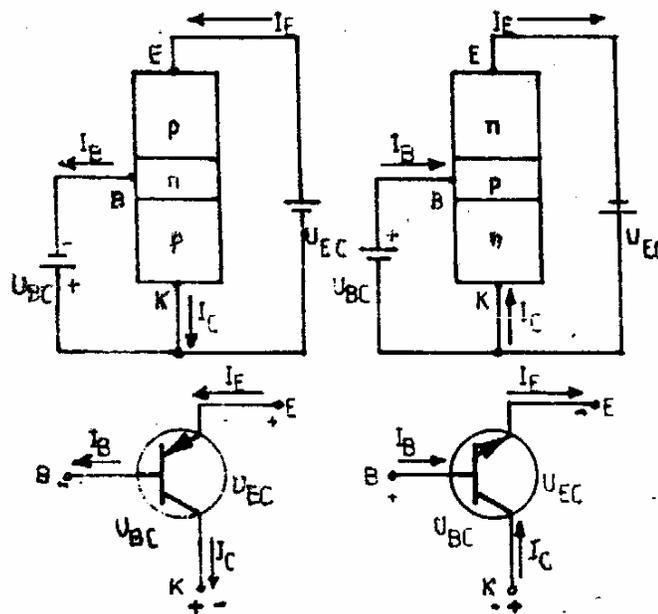
Hubungan faktor penguatan β dengan β dituliskan sebagai

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{atau}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B - I_C}$$

7.3. Konfigurasi Kolektor Bersama

Konfigurasi kolektor bersama (CC) sambungannya diperlihatkan seperti gambar 2.13. Konfigurasi ini sering digunakan sebagai *penyama-impedansi* (matching-impedance), dimana dengan impedansi input tinggi dan outputnya rendah.



Gambar 2.13. Konfigurasi Kolektor Bersama (CC)

Karakteristik output konfigurasi CC serupa dengan karakteristik output CE.

8. PENGGUNAAN TRANSISTOR

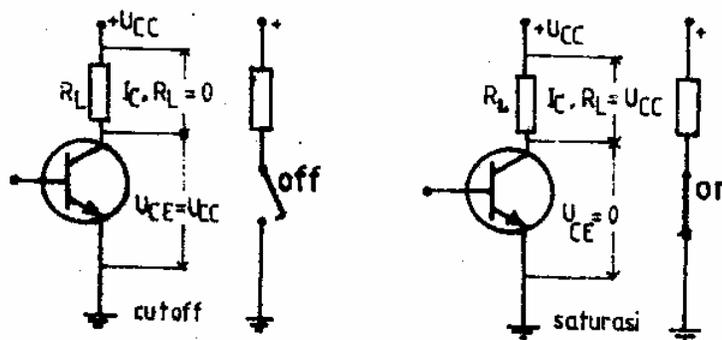
Sebagaimana tujuan dari pembuatan transistor, maka transistor awalnya dibuat untuk menguatkan signal-signal, daya, arus, tegangan dan sebagainya. Namun dikarenakan karakteristik listriknya, penggunaan transistor jauh lebih luas dimana transistor ini banyak digunakan juga sebagai saklar elektronik dan juga penstabil tegangan.

8.1. Transistor sebagai saklar

Dengan memanfaatkan sifat hantar transistor yang tergantung dari tegangan antara elektroda basis dan emitter (U_{be}), maka kita dapat menggunakan transistor ini sebagai sebuah saklar elektronik, dimana saklar elektronik ini mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan saklar mekanik, seperti :

- Fisik relative jauh lebih kecil,
- Tidak menimbulkan suara dan percikan api saat pengontakan.
- Lebih ekonomis.

Prinsip saklar elektronik dengan transistor diperlihatkan seperti gambar 2.14., dimana dalam gambar tersebut diperlihatkan kondisi ON dan OFF nya.

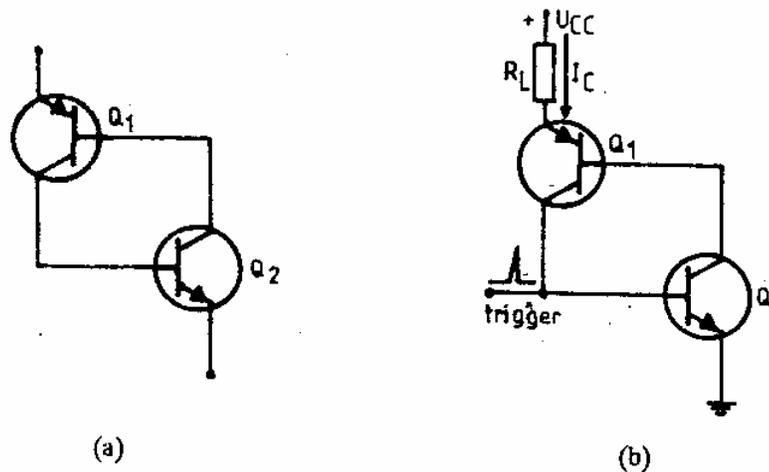


Gambar 2.14. Prinsip Saklar Transistor

Kondisi OFF terjadi jika $I_C \cdot R_L = 0$, dimana dalam kondisi ini tegangan U_{BE} lebih kecil dari tegangan konduk transistor, sehingga tegangan $U_{CE} = U_{CC}$.

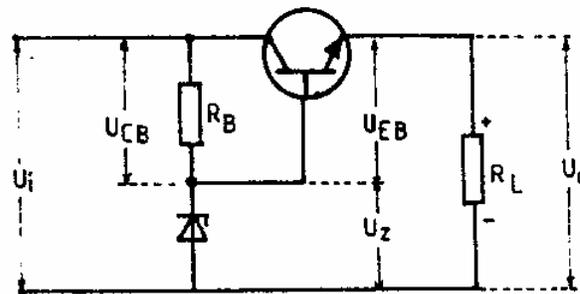
Sedangkan kondisi ON atau disebut juga *kondisi saturasi* akan terjadi jika $I_C \cdot R_L = U_{CC}$, dimana dalam kondisi ini U_{BE} sudah mencapai tegangan konduk transistor sehingga $U_{CE} = 0$.

Selain itu prinsip switching ini juga diterapkan dalam *rangkaian kaskade*, yaitu rangkaian yang terdiri dari dua buah transistor dengan pengutuban berbeda PNP dan NPN yang dihubung seri seperti gambar 2.15., dimana saklar ini akan terbuka jika persambungan antara Kolektor transistor -1 (Q1) dan Basis transistor-2 (Q2) diberikan *signal penyulut* (trigger).



Gambar 2.15. Rangkaian Kaskade Transistor

8.2. Transistor sebagai pengatur tegangan (Voltage-Regulator)



Gambar 2.16. Regulator Tegangan dengan Transistor

Jika terjadi fluktuasi tegangan jala-jala pada sisi input atau jika ada perubahan beban R_L , maka tegangan U_{CB} akan berubah dengan jumlah yang sama, karena U_Z tetap konstan sedangkan $U_i = U_{CB} + U_Z$.

Pada saat terjadi perubahan tegangan ini, U_o akan konstan karena U_{BE} praktis tidak terpengaruh oleh perubahan U_{CB} .

RANGKUMAN - 4

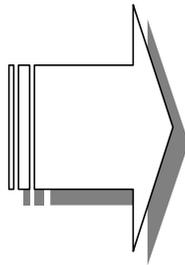
1. Transistor mempunyai tiga buah elektroda, yaitu Emiter, Basis dan Kolektor dan juga terdiri atas dua jenis pengutuban yaitu PNP dan NPN
2. Transistor dibuat untuk keperluan penguatan arus, tegangan, daya (Amplifier)
3. Karena karakteristik listriknya, transistor penggunaannya lebih luas diantaranya dapat digunakan sebagai saklar elektronik.
4. Kondisi transistor dapat diuji dengan sederhana dengan menggunakan alat ohmmeter dari sebuah multimeter pada tiga titik pengutuban dan dua arah (Forward dan Reverse),
5. Suhu maksimal untuk transistor jenis germanium sekitar 75 °C, sedangkan silicon sekitar 150 °C
6. Karena transistor tidak tahan terhadap temperature yang berlebihan, maka biasanya digunakan peralatan pendingin seperti Heat Sink, Fan atau Pasta Silikon guna menurunkan suhu tersebut agar terhindar dari kerusakan.
7. Ada tiga konfigurasi penguat transistor, yaitu konfigurasi basis bersama, emitter bersama dan kolektor bersama.
8. Penguatan arus konfigurasi basis bersama (CB) disimbolkan dengan huruf Yunani β berharga lebih kecil dari satu dan lebih besar dari nol atau dituliskan $0 < \beta < 1$.
9. Penguatan arus konfigurasi emitter bersama (CE) disimbolkan dengan huruf Yunani β bernilai lebih besar dari satu bahkan puluhan dan ratusan.
10. Hubungan antara β dan β dituliskan sebagai

$$\beta = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad \text{atau}$$

$$\beta = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Selain sebagai penguat (amplifier) sering digunakan sebagai saklar elektronis dengan pertimbangan tidak memercikan api saat pengontakan, lebih kecil dan ekonomis.

11. Penggunaan lainnya adalah sebagai pengatur arus (current regulator) pada penstabil arus searah.

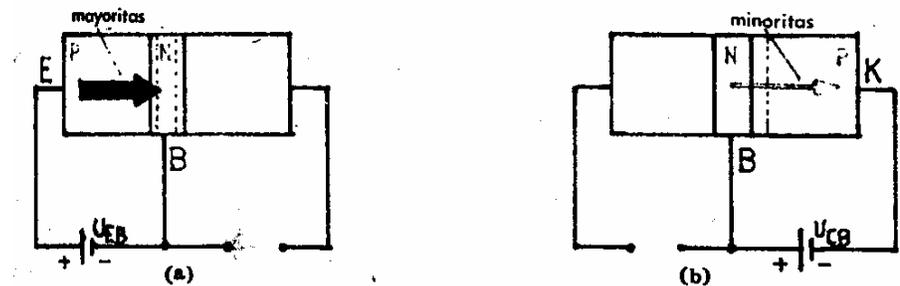


LEMBAR LATIHAN - 4

1. Sebutkan perbedaan antara transistor PNP dengan transistor NPN !
2. Ceriterakan prinsip kerja suatu transistor !
3. Apa yang dimaksud dengan $0 < \beta < 1$?
4. Apa yang dimaksud dengan istilah rangkaian kaskade dalam rangkaian transistor ?
5. Kenapa dalam penggunaan transistor sering dipasang alat pendingin ?
6. Jika diketahui nilai β suatu transistor = 0,995 berapakah nilai β -nya ?
7. Sebutkan kemungkinan kerusakan transistor dan penyebabnya !
8. Sebutkan keuntungan saklar elektronis dibandingkan dengan saklar mekanik !

JAWABAN LATIHAN - 4

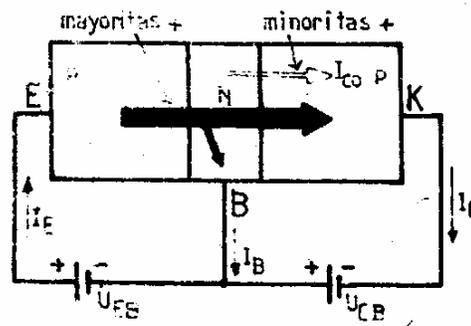
1. Perbedaan transistor PNP dan NPN selain konstruksinya adalah pada pemberian bias-nya saja.
2. Prinsip kerja transistor adalah



Pada gambar (a) diperlihatkan bias basis dan kolektor tidak tersambung, sehingga dalam keadaan ini yang bekerja hanya basis dan emiter saja dalam hubungan arah maju. Dalam kondisi ini daerah deplesi akan menyempit sehingga muatan mayoritas hole dari P akan mengalir menuju lapisan N dengan deras.

Gambar (b) memperlihatkan basis dan kolektor diberi bias mundur dan dalam kondisi ini daerah deplesi akan melebar sehingga yang mengalir hanya muatan minoritas dari N menuju P.

Jika pemberian biasnya sekarang adalah seperti gambar berikut, maka pada gambar terlihat sejumlah besar muatan mayoritas menyebrang dari P menuju N sebagai arus basis (I_B) dan juga langsung menuju P (kolektor) sebagai arus kolektor (I_C).

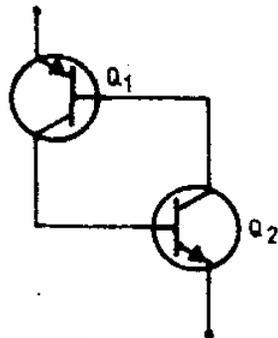


Karena potensial kolektor lebih negatif dibandingkan dengan basis, maka muatan mayoritas ini sebagian besar akan menuju lapisan P (kolektor) sedangkan sisanya akan menuju ke basis.

Jika kita gunakan hokum Kirchoff, maka

$$I_E = I_C + I_B$$

2. Yang dimaksud dengan $0 < \beta < 1$ adalah bahwa nilai β selalu berharga lebih kecil dari satu dan lebih besar dari nol.
3. Rangkaian kaskade adalah rangkaian yang terdiri dari dua buah transistor dengan pengutuban berbeda PNP dan NPN yang dihubung seri.



(a)

4. Karena transistor tidak tahan terhadap panas, maka diperlukan pendingin bantuan, misal menggunakan sirip-sirip heat-sink.
5. $\beta = 199$
7. Kemungkinan terjadinya kerusakan transistor ada tiga penyebab yaitu :

- a. Salah pemasangan pada rangkaian
 - b. Penanganan yang tidak tepat saat pemasangan
 - c. Pengujian yang tidak professional
- 8.
- a. Fisik relative jauh lebih kecil,
 - b. Tidak menimbulkan suara dan percikan api saat pengontakan.
 - c. Lebih ekonomis.

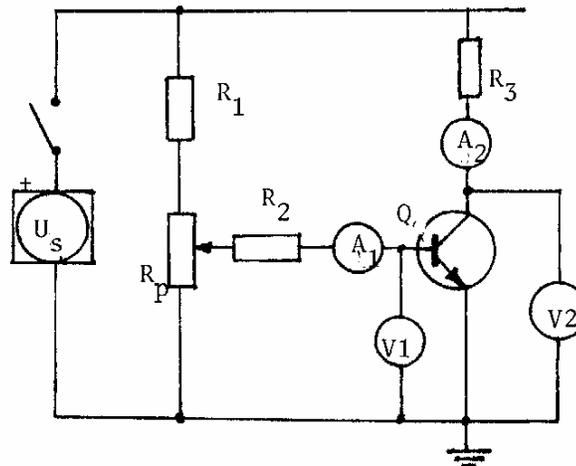
LEMBAR KERJA - 4

TRANSISTOR SEBAGAI SAKLAR

○ TUJUAN

Setelah menyelesaikan percobaan ini diharapkan anda :
Dapat membuktikan fungsi transistor sebagai saklar elektronik

○ RANGKAIAN PERCOBAAN



○ ALAT DAN BAHAN

Us = dc Power Suplly regulated 0- 10 volt

Q = transistor BC 108

A1 = ? A meter

A2 = mA meter

V1 dan V2 = V meter dc

Rp = Potensiometer linear minimal 50 ohm

R1 = 220 ohm

R2 = 100 ohm

R3 = 200 ohm

○ LANGKAH KERJA

1. Buat rangkaian seperti gambar
2. Hidupkan saklar
3. Atur potensiometer sehingga U_{BE} naik secara bertahap dari 0 sampai 1,0 volt
4. Pada setiap pengaturan langkag ke 4 di atas, perhatikan penunjukkan instrument ukur dan catat hasil pengamatan anda pada tabel yang tersedia
5. Buat grafik hubungan antara U_{BE} dengan U_{CE} : $U_{CE} = f(U_{BE})$
6. Beri kesimpulan dan komentar anda terhadap hasil percobaan tersebut !

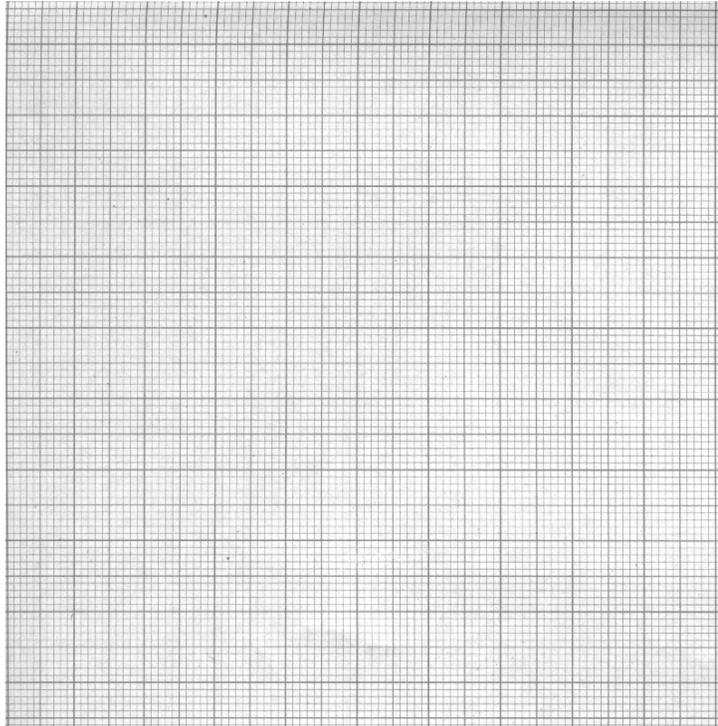
○ KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

1. Perhatikan pengkutuban sumber daya, alat ukur dan kaki transistor
2. Periksaan rangkaian anda ke instruktur
3. Ikuti prosedur dengan benar dan teliti
4. Kembalikan alat dan bahan jika selesai percobaan pada tempat semula

○ TABEL PENGUKURAN

U_{BE}	I_B	U_{CE}	I_C	$I_C \cdot R_3$
0				
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
1.0				

- GRAFIK $U_{CE} = f(U_{BE})$



- KOMENTAR DAN KESIMPULAN

III. EVALUASI

Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur kemampuan atau kompetensi anda setelah lengkap mengikuti atau mempelajari semua kegiatan belajar (Kegiatan Belajar 1 sampai 2), dimana evaluasi ini meliputi evaluasi terhadap Pengetahuan, Keterampilan dan Sikap diri anda.

Khusus untuk menilai sikap dapat dinilai dari perilaku kerja anda dalam pemahaman dan kepatuhan terhadap prosedur kerja yang telah ditentukan termasuk kepedulian anda terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

A. EVALUASI PENGETAHUAN

1. Kenapa bahan semikonduktor atau piranti elektronik tidak tahan terhadap kenaikan temperatur ?
2. Ceriterakan pengaruh pemberian bias terhadap PN Dioda baik arah mundur dan maju !
3. Bagaimana anda mengatasi nilai Peak Inverse Voltage (PIV) suatu dioda ?
4. Sebuah dioda zener dengan ciri $U_z = 8$ volt; $I_z (\text{max}) = 50$ mA dihubungkan dengan sebuah sumber tegangan searah $U_s = 12$ volt. Hitung nilai tahanan shunt (R_s) minimal agar dioda zener tersebut aman bekerja.
5. Sebutkan beda transistor PNP dengan NPN !
6. Untuk apa pendingin transistor dibuat ?

B. EVALUASI KETERAMPILAN

Untuk evaluasi keterampilan diberikan lembar kerja sebagai berikut :

Lakukan pengujian transistor Jenis germanium dan silikon dengan menggunakan multimeter (ohmmeter) dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Tentukan sendiri jenis transistornya PNP atau NPN
2. Perhatikan polaritas dan kaki-kakinya
3. Jangan gunakan range ohm, dimana skala tengahnya lebih kecil dari 100 ohm
4. Gunakan tabel pengujian di bawah ini.

ELEKTRODA	ARAH	R Germaium	R Silikon	RANGE OHMMETER
C – B	REVERSE			
	FORWARD			
E – B	REVERSE			
	FORWARD			
C – E	REVERSE			
	FORWARD			

5. Beri kesimpulan pengujian anda.

LEMBAR PENILAIAN

MODUL : ELEKTRONIKA - 1
 NAMA SISWA :
 NAMA ASSESOR :

Bubuhkan tanda thick (?) pada tabel berikut :

No.	Methoda Penilaian	KOMPETEN	BELUM KOMPETEN	KETERANGAN
1.	Tertulis			
2.	Praktik			

HASIL ;

KOMPETEN
 BELUM KOMPETEN

Catatan :

.....

....., 200...

Siswa,

Assesor,

.....

.....

DAFTAR PUSTAKA

- Boylested, Robert L. dan Louis Nashelky**, *Electronic Devices and Circuit Theory*, 1982, Prentice-Hall, New Jersey
- Dirksen, AJ**, *Pelajaran Elektronika Jilid 3*, terjemahan Haroen, 1982, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Erawan, Bambang. Drs.**, *Dasar Elektronika 1 dan 2*, PPPG Teknologi Bandung, 1992, Bandung
- Floyd, Thomas L**, *Electronic Devices*, Charles E. Merrill Publishing Company, 1984, Toronto-London-Sidney
- Maloney, J. Timothy**, *Industrial Solid State Electronics*, Prentice-Hall, 1979, New-Jersey
- Morris, Noel**, *Control Engineering*, Mc. Graw Hill Book Company (UK) Limited, 1974, London
- Villanucci et.al.**, *Electronic Techniques*, Prentice Hall, 1981, Wellington - New Zealand
- Zbar, Paul B.**, *Basic Electronics*, EIA-Mc. Graw Hill Co., 1976, USA

STORY BOARD

Judul Modul Pembelajaran : ELEKTRONIKA - 1
 Bidang Keahlian : LISTRIK
 Program Keahlian : PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK

No.	URUTAN PEMBELAJARAN	NARASI	SIMULASI PEMBELAJARAN SESUAI URUTAN TOPIK							KET. SIMULASI	
			Animasi	gambar	video	audio	Simulasi praktek	latihan	evaluasi		Skor
1.	DESKRIPSI MATERI	Berisi tentang penje lasan target pembe lajaran									
2.	PRASYARAT	Berisi tentang prasyarat yang diperlukan sebe lum mempelajari mo dul, khususnya tentang penguasaan terhadap peralatan ukur dan respek terhadap kesela matan kerja									

3.	PETA KEDUDUKAN MODUL	Peta ini menunjukkan posisi modul yang akan dipelajari, khususnya memperlihatkan arah tujuan pencapaian kompetensi atau peranan modul dalam mencapai kompetensi akhir		?						
4.	PERISTILAHAN	Berisikan terminologi-terminologi yang digunakan dalam ilmu elektronika atau teknologi pada umumnya.								
5.	KEGIATAN BELAJAR-1	Berjudul Teori Atom dan Dioda Semikonduktor, yang berisikan teori atom serta kejadian-kejadian pengutuban bahan semi konduktor , prinsip dioda PN, sifat, aplikasi dalam rangkaian. Selain itu dilengkapi dengan latihan dan lembar praktik.		?			?			

6.	KEGIATAN BELAJAR-2	Berjudul Transistor Bipolar, berisikan tentang prinsip kerja transistor, fisik, cara pengujian, aplikasi dalam rangkaian. Selain itu dilengkapi dengan latihan dan lembar praktik.		?			?			
7.	EVALUASI AKHIR	Terdiri atas dua metoda, yaitu teoritis dan praktik.		?			?			