

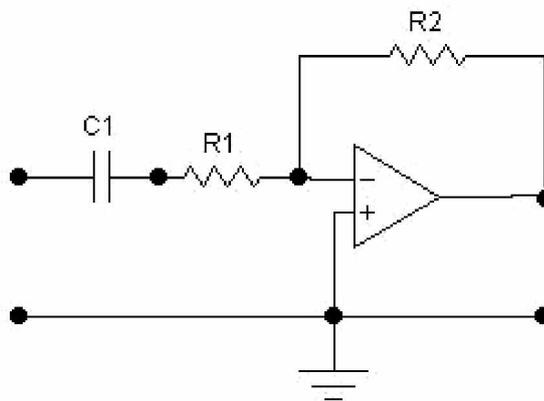
KODE MODUL

EL.006



SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA
PROGRAM KEAHLIAN TEKNIK AUDIO VIDEO

Elektronika Analog



BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2003

KATA PENGANTAR

Modul ELEKTRONIKA ANALOG digunakan sebagai panduan kegiatan belajar untuk membentuk salah satu kompetensi, yaitu merawat peralatan Elektronik Audio-Video Game Komersial, Elektronika Industri, Elektronika Komunikasi, Bidang Keahlian Teknik Elektro.

Modul ini menekankan pada pemahaman berbagai macam komponen elektronika analog pada rangkaian penyearah, penguat, filter dan osilator dalam rangka penguasaan kompetensi merawat peralatan Elektronik Audio-Video, Elektronika Industri, dan Elektronika Komunikasi.

Modul ini terkait dengan modul lain yang membahas tentang komponen elektronika, catu daya, dan alat ukur elektronik.

Yogyakarta, Desember 2003

Penyusun.

Tim Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN DEPAN (COVER)	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL.....	vi
PERISTILAHAN / GLOSSARY	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. DESKRIPSI	1
B. PRASARAT	1
C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	2
1. Petunjuk bagi Peserta Diklat	2
2. Petunjuk bagi Guru	2
D. TUJUAN AKHIR	3
E. KOMPETENSI	4
F. CEK KEMAMPUAN	4
BAB II. PEMBELAJARAN	
A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT	5
B. KEGIATAN BELAJAR	
1. Kegiatan Belajar 1	6
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 1	6
b. Uraian materi 1	6
c. Rangkuman 1	15
d. Tugas 1	15
e. Tes formatif 1	15

f. Kunci jawaban formatif 1	16
2. Kegiatan Belajar 2	17
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 2	17
b. Uraian materi 2	17
c. Rangkuman 2	26
d. Tugas 2	27
e. Tes formatif 2	27
f. Kunci jawaban formatif 2	28
g. Lembar kerja 2	29
3. Kegiatan Belajar 3	
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 3	38
b. Uraian materi 3	38
c. Rangkuman 3	38
d. Tugas 3	48
e. Tes formatif 3	48
f. Kunci jawaban formatif 3	49
g. Lembar kerja 3	50
4. Kegiatan Belajar 4	
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 4	55
b. Uraian materi 4	55
c. Rangkuman 4.....	71
d. Tugas 4	71
e. Tes formatif 4	71
f. Kunci jawaban formatif 4	72
g. Lembar kerja 4	73
5. Kegiatan Belajar 5	
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 5	75
b. Uraian materi 5	76
c. Rangkuman 5	93

d. Tugas 5	94
e. Tes formatif 5	94
f. Kunci jawaban formatif 5	96
g. Lembar kerja 5	97

BAB III. LEMBAR EVALUASI

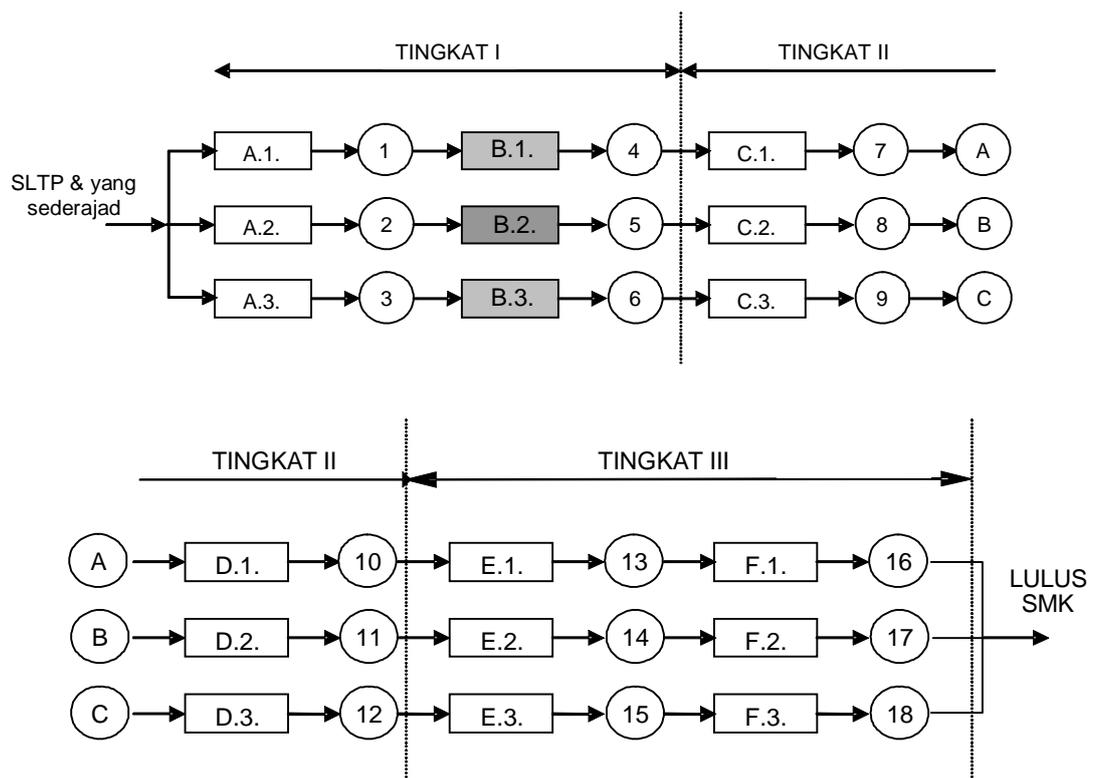
A. PERTANYAAN	101
B. KUNCI JAWABAN LEMBAR EVALUASI	101
C. KRITERIA KELULUSAN	102

BAB IV. PENUTUP	103
DAFTAR PUSTAKA	104

PETA KEDUDUKAN MODUL

A. Diagram Pencapaian Kompetensi

Diagram di bawah ini menunjukkan urutan atau tahapan pencapaian kompetensi yang dilatihkan pada peserta diklat dalam kurun waktu tiga tahun. Modul Elektronika Analog merupakan salah satu dari 11 modul untuk membentuk kompetensi merawat peralatan elektronik Audio-Video, Game Komersial (blok B1, B2, B3).



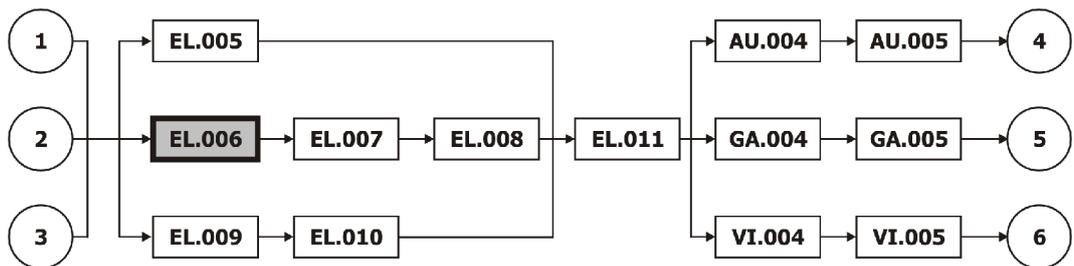
Keterangan :

- A.1. Mengopersikan Peralatan elektronik Audio
- A.2. Mengopersikan Peralatan elektronik Video
- A.3. Mengopersikan Peralatan elektronik Game Komersial
- B.1. Merawat Peralatan Elektronik Audio
- B.2. Merawat Peralatan Elektronik Video
- B.3. Merawat Peralatan Elektronik Game Komersial
- C.1. Menginstalasi Peralatan Elektronik Audio

- C.2. Menginstalasi Peralatan Elektronik Video
- C.3. Menginstalasi Peralatan Elektronik Game Komersial
- D.1. Menerapkan Peralatan Elektronik Audio
- D.2. Menerapkan Peralatan Elektronik Video
- D.3. Menerapkan Peralatan Elektronik Game Komersial
- E.1. Melakukan Troubleshooting Peralatan Elektronik Audio
- E.2. Melakukan Troubleshooting Peralatan Elektronik Video
- E.3. Melakukan Troubleshooting Peralatan Elektronik Game Komersial
- F.1. Memperbaiki Kerusakan atau Gangguan Peralatan Elektronik Audio
- F.2. Memperbaiki Peralatan Elektronik Video
- F.3. Memperbaiki Peralatan Elektronik Game Komersial

B. Kedudukan Modul

Modul kode EL.006 merupakan prasyarat untuk menempuh modul EL.007.



Keterangan :

- EL.005 Sistem Kelistrikan Dasar
- EL.006 Elektronika Analog
- EL.007 Sensor Dan Transduser
- EL.008 Elektronika Digital
- EL.009 Alat Ukut Listrik Dan Elektronika
- EL.010 Teknik Pengukuran Listrik-Elektronika
- EL.011 Penggunaan Alat Perawatan
- GA.004 Lingkup Pekerjaan Perawatan Game Komersial
- GA.005 Perawatan Pesawat Game Komersial
- VI.004 Lingkup Pekerjaan Perawatan Game Ekomersial
- VI.005 Perawatan Pesawat Audio

PERISTILAHAN / GLOSSARY

Common Emitter	: penggunaan kaki emitor pada transistor secara bersama bagi masukan dan keluaran.
Common Collector	: penggunaan kaki kolektor pada transistor secara bersama bagi masukan dan keluaran.
Common Base	: penggunaan kaki basis pada transistor secara bersama bagi masukan dan keluaran.
Emitter Follower	: pengikut emitor, keluaran diambil dari emitor.
Inverting Amplifier	: masukan melalui input membalik (pada penguat operasional), keluaran berlawanan fasa dengan masukan.
Non Inverting Amplifier	: masukan melalui input tak membalik (pada penguat operasional), keluaran sefasa dengan masukan.
Magnitude	: nilai besar.
Band pass	: jenis filter.
Low pass	: jenis filter yang meloloskan sinyal frekuensi rendah dan menahan sinyal frekuensi tinggi.
High pass	: jenis filter yang meloloskan sinyal frekuensi tinggi dan menahan sinyal frekuensi rendah.
Band pass	: jenis filter yang meloloskan sinyal pada pita frekuensi tertentu dan menahan sinyal pada frekuensi lainnya.
Pass band	: pita (bagian) yang meloloskan frekuensi.
Stop band	: pita (bagian) yang menahan frekuensi.
Transition band	: pita (bagian) transisi antara yang meloloskan dan menahan frekuensi.

Frekuensi : Jumlah gelombang tiap detik (Hertz).

Periode : waktu untuk satu gelombang setiap detik.

BAB I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI JUDUL

Modul “ELEKTRONIKA ANALOG” merupakan modul yang berisi penerapan komponen elektronika analog dalam sistem penyearah, penguat, filter dan pembangkit gelombang.

Dalam modul ini terdapat 5 (lima) kegiatan belajar berkaitan teori atom dan molekul, komponen pasif, komponen aktif, dasar penyearah dan penguat, op-amp, filter dan osilator. Setelah menyelesaikan modul ini peserta diklat memiliki sub kompetensi menguasai elektronika analog dalam rangka penguasaan kompetensi merawat peralatan elektronik Audio Video.

B. PRASYARAT

Untuk menempuh modul ELEKTRONIKA ANALOG memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu:

1. Peserta diklat telah memahami dasar-dasar fisika dan matematika.
2. Peserta diklat telah mengetahui dan memahami catu daya (power supply).
3. Peserta diklat telah memahami gambar rangkaian elektronika.
4. Peserta diklat telah mengenal berbagai alat ukur seperti multimeter, dan mengoperasikan oscilloscope.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Petunjuk bagi Peserta Diklat

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini :

- a. Persiapkan dan periksalah kondisi alat dan bahan yang akan digunakan dalam setiap kegiatan belajar!.
- b. Bacalah lembar informasi pada setiap kegiatan belajar dengan seksama sebelum mengerjakan lembar kerja yang ada dalam modul!
- c. Lakukan langkah kerja sesuai dengan urutan yang telah ditentukan!.
- d. Konsultasikan rangkaian yang akan diuji kepada instruktur sebelum dihubungkan ke sumber tegangan!.
- e. Mengerjakan soal-soal baik yang ada dalam lembar latihan pada setiap kegiatan belajar!.

2. Petunjuk bagi Guru

- a. Membantu siswa dalam merencanakan proses belajar.
- b. Membimbing siswa melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu siswa dalam memahami konsep, praktik baru, dan menjawab pertanyaan siswa mengenai proses belajar siswa.
- d. Membantu siswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar.
- e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan

- f. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan.

D. TUJUAN AKHIR

Setelah menyelesaikan modul ini, diharapkan peserta diklat kompeten dalam merawat peralatan elektronik audio-video dan game komersial berkaitan dengan komponen aktif, pasif, sistim penyearah, penguat, filter aktif dan pembangkit gelombang atau osilator.

E. KOMPETENSI

Kompetensi/ Sub Kompetensi	Kriteria Unjuk Kerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Ketrampilan
B.1.4. Menguasai Elektronika Analog	Komponen pasif, komponen aktif, IC, penyearah, penguat, filter, osilator dan op-amp dapat digunakan dalam rangkaian elektronika analog dengan tepat.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Komponen pasif ✓ Komponen aktif ✓ IC analog ✓ Dasar penyearah ✓ Penguat, Filter, Osilator, Op-Amp 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Teori atom dan molekul ✓ Komponen pasif ✓ Komponen aktif ✓ Dasar penyearah ✓ Penguat, Filter, Osilator, Op-Amp 	Penggunaan Komponen pasif, komponen aktif, IC, penyearah, penguat, filter, osilator dan op-amp dapat digunakan dalam rangkaian elektronika analog

F. CEK KEMAMPUAN

Untuk mengetahui kemampuan awal yang telah anda miliki, maka isilah cek list (ü) seperti pada tabel dibawah ini dengan sikap jujur dan dapat dipertanggungjawabkan.

Sub-kompetensi	Pernyataan	Saya dapat melakukan pekerjaan ini dengan kompeten		Bila Jawaban “Ya” Kerjakan
		Ya	Tidak	
Menguasai Elektronika Analog	1. Menguasai teori atom dan molekul			Test formatif 1
	2. Menguasai Elektronika Analog berupa komponen pasif			Test formatif 2
	3. Menguasai Elektronika Analog berupa komponen aktif			Test formatif 3
	4. Menguasai Elektronika Analog berupa Dasar Penyearah			Test formatif 4
	5. Menguasai penguat, op-amp, filter dan osilator.			Test formatif 5

Apabila anda menjawab **TIDAK** pada salah satu pernyataan di atas, maka pelajarilah modul ini.

BAB II PEMBELAJARAN

A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT

Kompetensi : Mengoperasikan Peralatan Elektronik Video

Sub Kompetensi : Menguasai Elektronika Analog

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru
TEORI ATOM DAN MOLEKUL					
KOMPONEN PASIF					
KOMPONEN AKTIF					
DASAR PENYEARAH					
PENGUAT, OP-AMP, FILTER DAN OSILATOR.					

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1 :

Teori Atom dan Molekul

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 1

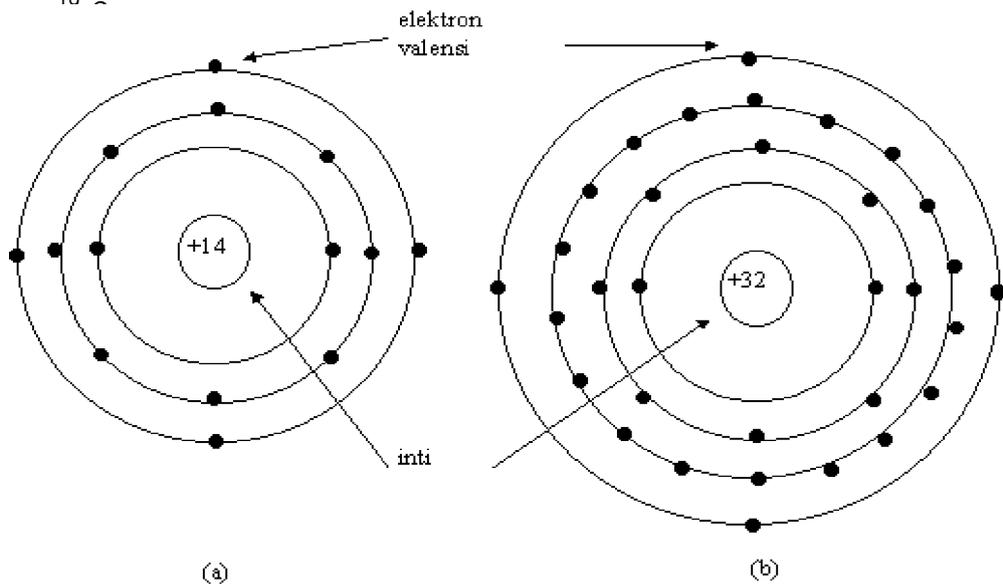
- 1) Peserta diklat mampu memahami dan menjelaskan struktur atom semikonduktor.
- 2) Peserta diklat mampu memahami dan menjelaskan semikonduktor tipe N dan tipe P.

b. Uraian materi 1

Operasi komponen elektronika benda padat seperti dioda, LED, Transistor Bipolar dan FET serta Op-Amp atau rangkaian terpadu lainnya didasarkan atas sifat-sifat semikonduktor. 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.

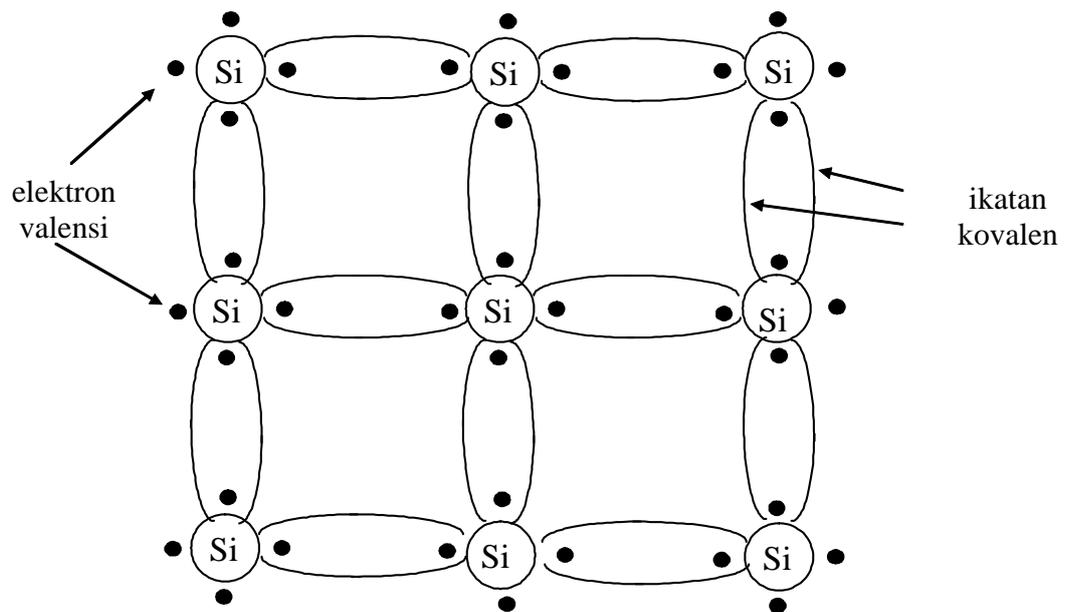
Elemen terkecil dari suatu bahan yang masih memiliki sifat-sifat kimia dan fisika yang sama adalah atom. Suatu atom terdiri atas tiga partikel dasar, yaitu: neutron, proton, dan elektron. Dalam struktur atom, proton dan neutron membentuk inti atom yang bermuatan positif, sedangkan elektron-elektron yang 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.

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1 atom silikon mempunyai elektron yang mengorbit (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: $- 1.602 \cdot 10^{-19}$ C dan muatan sebuah proton adalah: $+ 1.602 \cdot 10^{-19}$ C



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

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

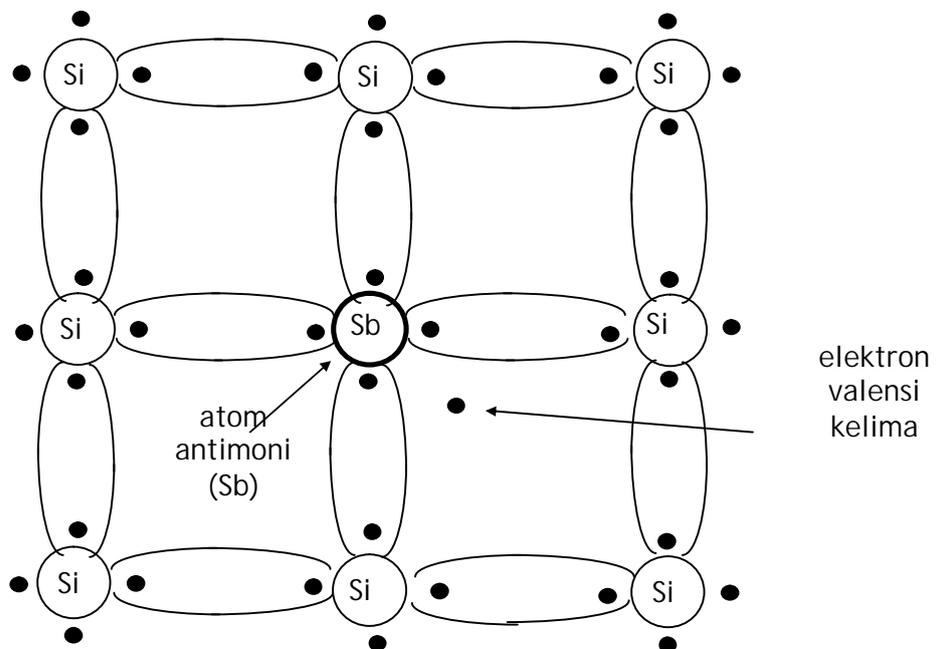
Meskipun terikat dengan kuat dalam struktur kristal, namun bisa saja elektron valensi tersebut keluar dari ikatan kovalen menuju daerah konduksi apabila diberikan energi panas. Bila energi panas tersebut cukup kuat untuk memisahkan elektron dari ikatan kovalen maka elektron tersebut menjadi bebas atau disebut dengan elektron bebas. Pada suhu ruang terdapat kurang lebih 1.5×10^{10} elektron bebas dalam 1 cm^3 bahan silikon murni (intrinsik) dan 2.5×10^{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.

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 hopenya 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 tipe n dapat dilihat pada Gambar 3.



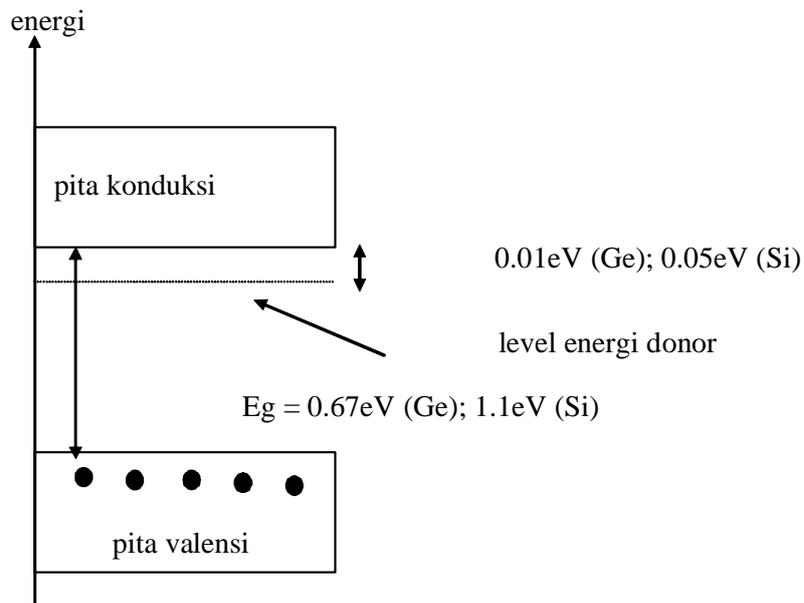
Gambar 3. Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe N

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 inipun dapat dikontrol jumlahnya atau konsentrasinya.

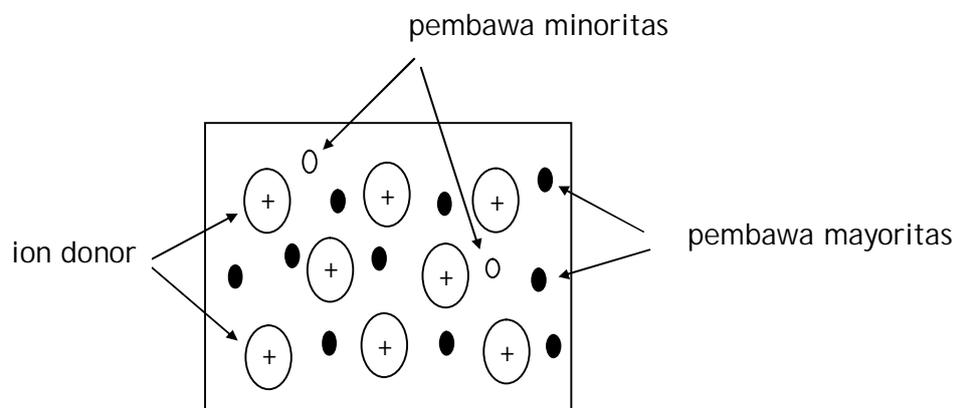
Meskipun bahan silikon type n ini mengandung elektron bebas (pembawa mayoritas) cukup banyak, namun secara keseluruhan kristal ini tetap netral karena jumlah muatan positif pada inti atom masih sama dengan jumlah keseluruhan elektronnya. Pada bahan type n disamping jumlah elektron bebasnya (pembawa mayoritas) meningkat, ternyata jumlah holenya (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 holenya 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 tipe 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.



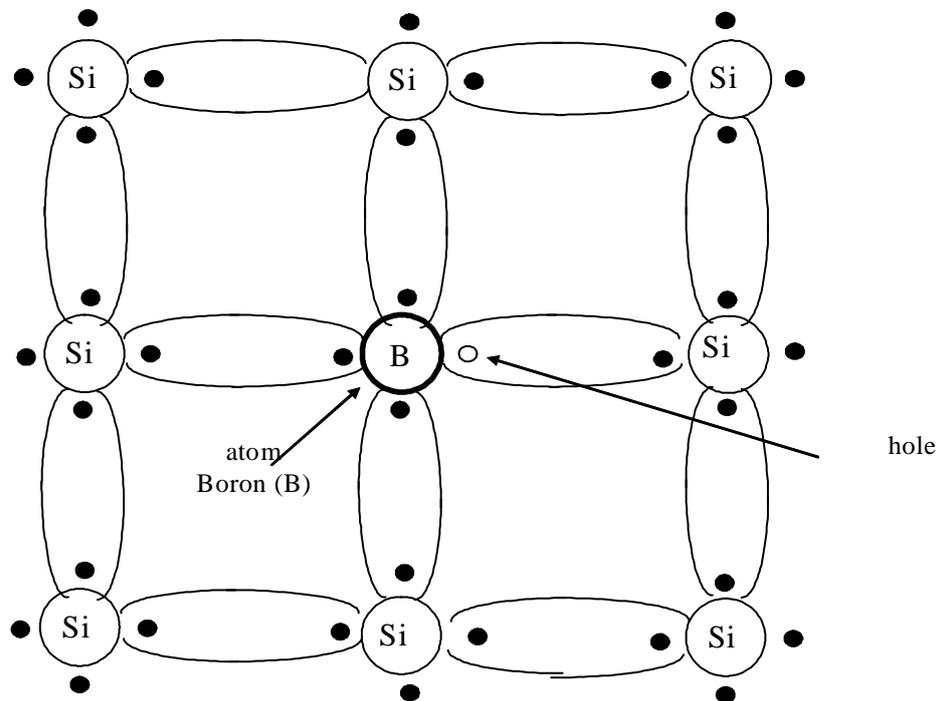
Gambar 5. Bahan Semikonduktor Tipe N

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.

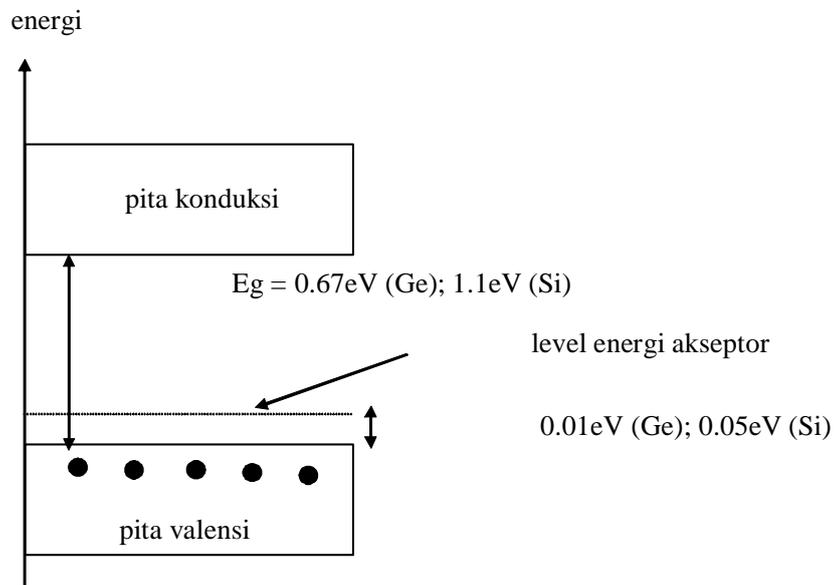
Seperti halnya pada semikonduktor type n, secara keseluruhan kristal semikonduktor type n ini adalah netral. Karena jumlah hole dan elektronnya sama. Pada bahan type p, hole merupakan pembawa muatan mayoritas. Karena dengan penambahan atom dopan akan meningkatkan jumlah hole sebagai pembawa muatan. Sedangkan pembawa minoritasnya adalah elektron.



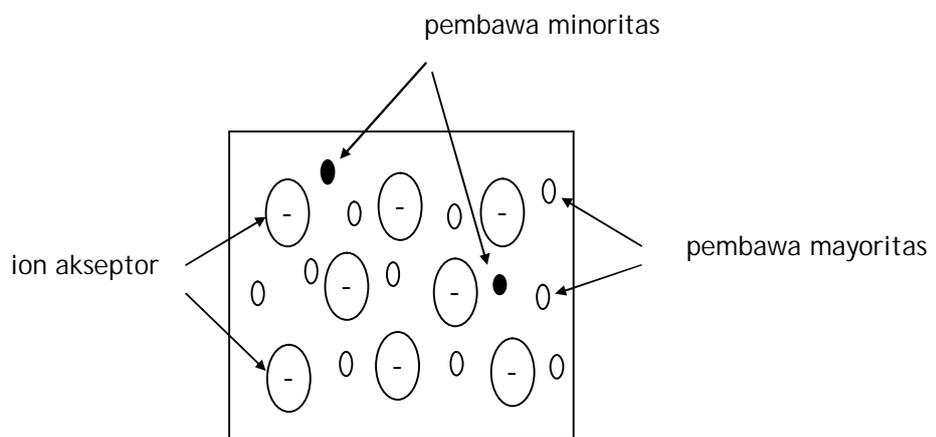
Gambar 6. Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe P

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

c. Rangkuman 1

- ü Suatu atom terdiri atas tiga partikel dasar, yaitu: neutron, proton, dan elektron. Pada atom yang seimbang (netral) jumlah elektron dalam orbit sama dengan jumlah proton dalam inti.
- ü Muatan listrik sebuah elektron adalah: $- 1.602^{-19}$ C dan muatan sebuah proton adalah: $+ 1.602^{-19}$ C.
- ü Bahan silikon yang didoping dengan bahan ketidak murnian (impuritas) bervalensi lima (penta-valens) menghasilkan semikonduktor tipe n. Apabila bahan semikonduktor murni (intrinsik) didoping dengan bahan impuritas (ketidak-murnian) bervalensi tiga, maka diperoleh semikonduktor type p

d. Tugas 1

Carilah unsur-unsur kimia yang termasuk ke dalam kategori semikonduktor ! (Cari dalam tabel periodik unsur-unsur kimia)

e. Tes formatif 1

- 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!

f. Kunci jawaban 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.

2. Kegiatan Belajar 2 :

Komponen Pasif

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 2

- 1) Peserta diklat memahami jenis-jenis resistor dengan benar.
- 2) Peserta diklat menguasai tentang kode warna dan angka resistor dengan benar.
- 3) Peserta diklat memahami kode warna pada kapasitor dengan benar.
- 4) Peserta diklat menjelaskan kode angka dan huruf kapasitor dengan benar.
- 5) Peserta diklat menghitung induktor dengan benar.

b. Uraian materi 2

Yang termasuk komponen pasif adalah resistor, kapasitor, induktor.

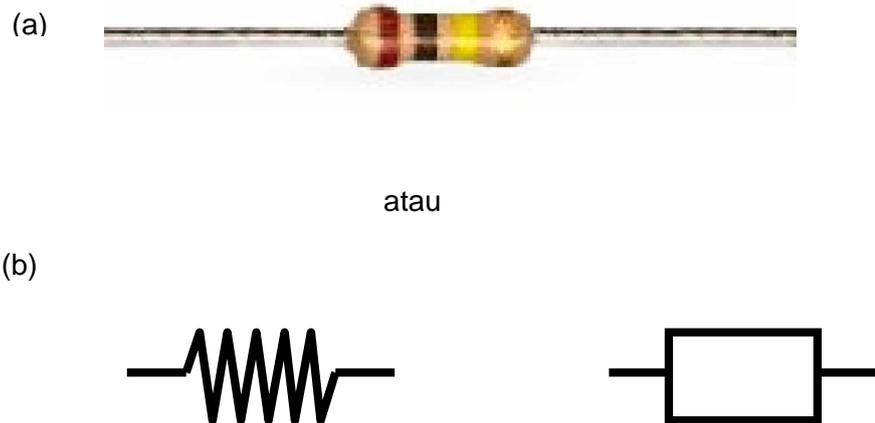
Resistor

Resistor disebut juga dengan tahanan atau hambatan, berfungsi untuk menghambat arus listrik yang melewatinya. Satuan harga resistor adalah Ohm. (1 MW (mega ohm) = 1000 KW (kilo ohm) = 10^6 W (ohm)).

Resistor terbagi menjadi dua macam, yaitu :

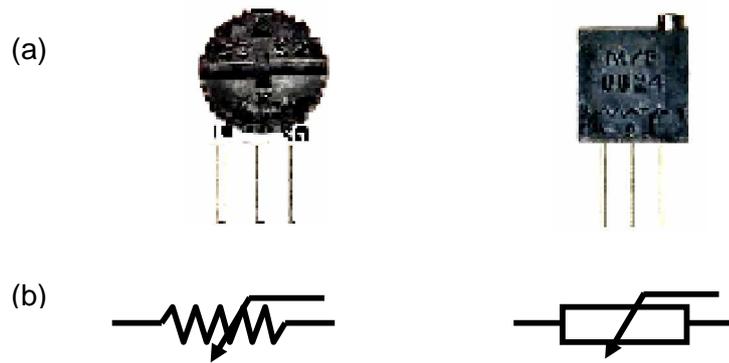
- ü Resistor tetap yaitu resistor yang nilai hambatannya relatif tetap, biasanya terbuat dari karbon, kawat atau paduan logam. Nilainya hambatannya ditentukan oleh tebalnya dan panjangnya lintasan karbon. Panjang lintasan karbon

tergantung dari kisarnya alur yang berbentuk spiral. Gambar simbol dan bentuk resistor tetap dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. (a) Resistor tetap; (b) Simbol resistor tetap

- Resistor variabel atau potensiometer, yaitu resistor yang besarnya hambatan dapat diubah-ubah. Yang termasuk kedalam potensiometer ini antara lain : Resistor KSN (koefisien suhu negatif), Resistor LDR (light dependent resistor) dan Resistor VDR (Voltage Dependent Resistor). Gambar simbol dan bentuk resistor variabel dapat dilihat pada gambar 9.

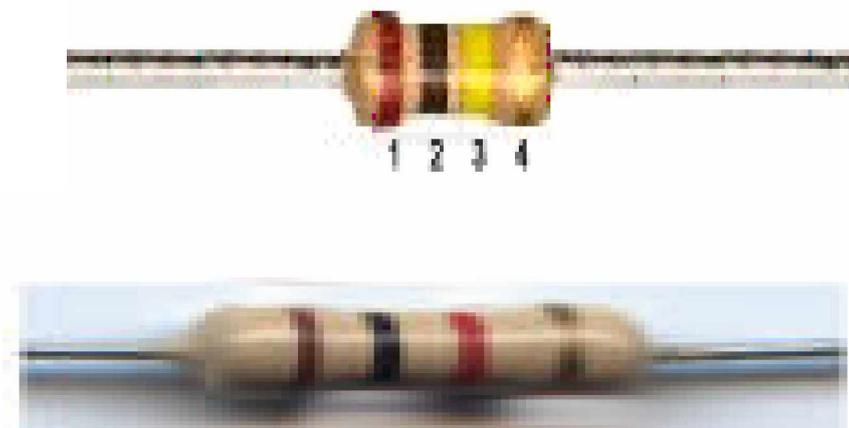


Gambar 9. (a) Resistor Variabel / Potensiometer;
(b) Simbol resistor variabel/potensiometer

Menentukan Kode Warna pada Resistor

Kode warna pada resistor menyatakan harga resistansi dan toleransinya. Semakin kecil harga toleransi suatu resistor adalah semakin baik, karena harga sebenarnya adalah harga yang tertera \pm harga toleransinya.

Terdapat resistor yang mempunyai 4 gelang warna dan 5 gelang warna seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 10. Resistor dengan 4 Gelang dan 5 Gelang Warna.

Tabel 1. Kode Warna pada Resistor 4 Gelang

Warna	Gelang 1 (Angka pertama)	Gelang 2 (Angka kedua)	Gelang 3 (Faktor pengali)	Gelang 4 (Toleransi/ %)
Hitam	-	0	1	-
Coklat	1	1	10	1
Merah	2	2	10 ²	2
Oranye	3	3	10 ³	3
Kuning	4	4	10 ⁴	4
Hijau	5	5	10 ⁵	5
Biru	6	6	10 ⁶	6
Ungu	7	7	10 ⁷	7
Abu-abu	8	8	10 ⁸	8
Putih	9	9	10 ⁹	9
Emas	-	-	10 ⁻¹	5
Perak	-	-	10 ⁻²	10
Tanpa warna	-	-	10 ⁻³	20

Contoh :

Sebuah resistor dengan 4 gelang. Gelang pertama coklat, gelang kedua coklat, gelang ketiga orange dan gelang keempat emas. Tentukan nilai tahanan resistor !

Nilai Resistor tersebut :

Gelang 1 (cokelat) =1; Gelang 2(cokelat)=0; Gelang 3(orange)=
10³ ; Gelang 4 (emas) = 5 %

Sehingga nilai tahanan resistor adalah 10 x 10³ W ± 5 % atau
10 K W dengan toleransi 5 %

Kode Huruf Resistor

Resistor yang mempunyai kode angka dan huruf biasanya adalah resistor lilitan kawat yang diselubungi dengan keramik/porselin, seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 11. Resistor dengan Kode Angka dan Huruf

Arti kode angka dan huruf pada resistor dengan kode 5 W 22 R J adalah sebagai berikut :

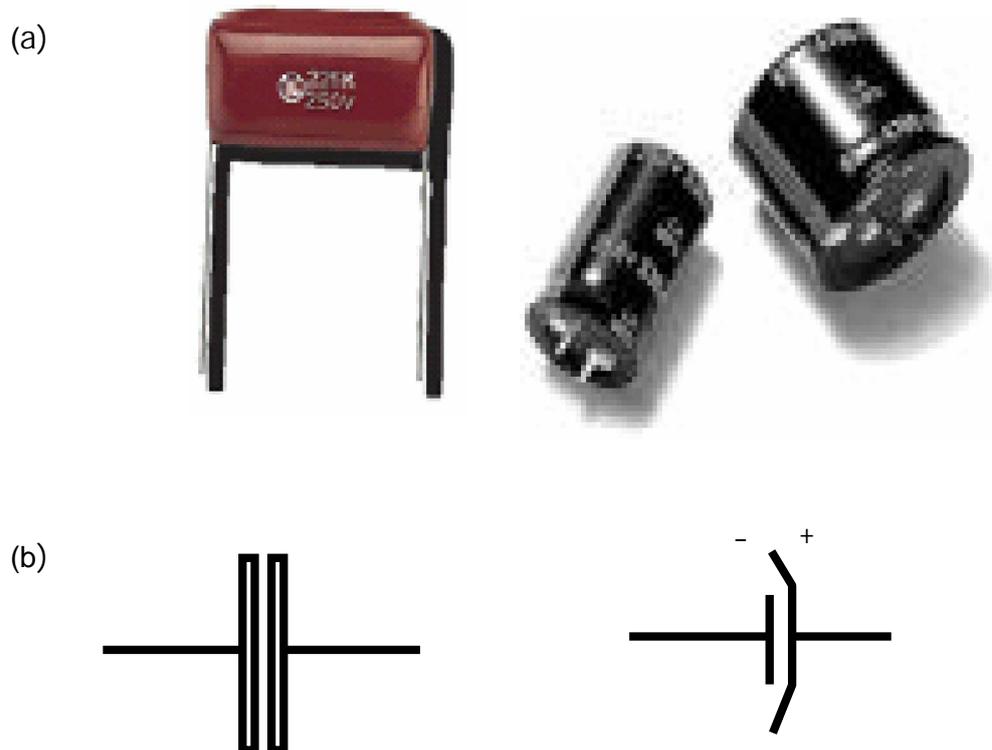
5 W berarti kemampuan daya resistor besarnya 5 watt

22 R berarti besarnya resistansi 22 W

Dengan besarnya toleransi 5%

Kapasitor

Kapasitor atau kondensator adalah suatu komponen listrik yang dapat menyimpan muatan listrik. Kapasitas kapasitor diukur dalam F (Farad) = 10^{-6} mF (mikro Farad) = 10^{-9} nF (nano Farad) = 10^{-12} pF (piko Farad). Kapasitor elektrolit mempunyai dua kutub positif dan kutub negatif (bipolar), sedangkan kapasitor kering misal kapasitor mika, kapasitor kertas tidak membedakan kutub positif dan kutub negatif (non polar). Bentuk dan simbol kapasitor dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 12. (a) Kapasitor; (b) Simbol kapasitor



Gambar 13. Kode Warna pada Kapasitor

Arti kode angka dan huruf pada kapasitor dapat dilihat pada tabel di bawah 2.

Tabel 2. Kode Warna pada Kapasitor

Warna	Gelang 1 (Angka)	Gelang 2 (Angka)	Gelang 3 (Pengali)	Gelang 4 (Toleransi)	Gelang 5 (Tegangan Kerja)	
Hitam	-	0	1	-	-	-
Coklat	1	1	10	1	-	-
Merah	2	2	10 ²	2	250 V	160 V
Jingga	3	3	10 ³	3	-	-
Kuning	4	4	10 ⁴	4	400 V	200 V
Hijau	5	5	10 ⁵	5	-	-
Biru	6	6	10 ⁶	6	630 V	220 V
Ungu	7	7	10 ⁷	7	-	-
Abu-abu	8	8	10 ⁸	8	-	-
Putih	9	9	10 ⁹	9	-	-

Tabel 3. Kode Angka dan Huruf pada Kapasitor

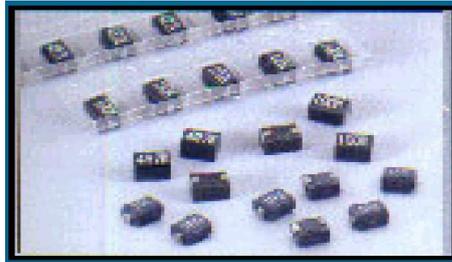
Kode angka	Gelang 1 (Angka pertama)	Gelang 2 (Angka kedua)	Gelang 3 (Faktor pengali)	Kode huruf (Toleransi %)
0	-	0	1	B
1	1	1	10	C
2	2	2	10 ²	D
3	3	3	10 ³	F = 1
4	4	4	10 ⁴	G = 2
5	5	5	10 ⁵	H = 3
6	6	6	10 ⁶	J = 5
7	7	7	10 ⁷	K = 10
8	8	8	10 ⁸	M = 20
9	9	9	10 ⁹	

Contoh : - kode kapasitor = 562 J 100 V artinya : besarnya kapasitas = $56 \times 10^2 \text{ pF} = 5600 \text{ pF}$; besarnya toleransi = 5%; kemampuan tegangan kerja = 100 Volt.

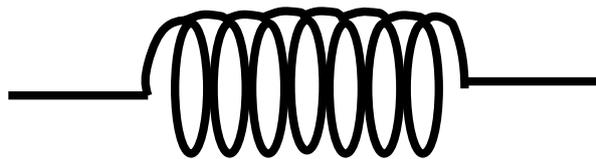
Induktor

Induktor adalah komponen listrik yang digunakan sebagai beban induktif. Simbol induktor seperti pada gambar di bawah ini :

(a)



(b)



Gambar 14. (a) Induktor ; (b) Simbol Induktor

Kapasitas induktor dinyatakan dalam satuan H (Henry) = 1000mH (mili Henry). Kapasitas induktor diberi lambang L, sedangkan reaktansi induktif diberi lambang X_L .

$$X_L = 2 \rho \cdot f \cdot L \text{ (ohm)}. \dots\dots\dots (1)$$

dimana : X_L = reaktansi induktif (W)

$$\rho = 3,14$$

f = frekuensi (Hz)

L = kapasitas induktor (Henry)

Pada induktor terdapat unsur resistansi (R) dan induktif (X_L) jika digunakan sebagai beban sumber tegangan AC. Jika digunakan sebagai beban sumber tegangan DC, maka hanya terdapat unsur R saja. Dalam sumber tegangan AC berlaku rumus :

$$Z = V / I \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

$$X_L^2 = Z^2 - R^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

Z = Impedansi (W)

R = Tahanan (W)

V = Tegangan AC (Volt)

X_L = Reaktansi induktif (W)

I = Arus (Ampere)

Dari persamaan (2) jika sumber tegangan AC (V) dan arus (I) diketahui, maka Z dapat dihitung. Dari persamaan (3), jika R diketahui, maka X_L dapat dihitung. Dari persamaan (1) jika f diketahui, maka L dapat dihitung.

c. Rangkuman 2

- ü Resistor, Kapasitor dan Induktor termasuk ke dalam komponen pasif.
- ü Nilai resistor dan kapasitor dapat diketahui dengan melihat kode warna dan angka yang terdapat pada resistor dan kapasitor.

ü Induktor memiliki unsur resistansi dan induktansi jika digunakan sebagai beban dalam sumber tegangan AC, sedangkan bila digunakan sebagai beban pada sumber tegangan DC hanya akan menghasilkan unsur resistansi.

d. Tugas 2

- 1) Sebutkan kisaran kuat terkecil sampai terbesar resistor yang ada !
- 2) Sebutkan tipe kapasitor dan bahan pembuat kapasitor !
- 3) Sebutkan contoh-contoh penggunaan induktor !

e. Tes formatif 2

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud :
 - a) Resistor
 - b) Kapasitor
 - c) Induktor
- 2) Apa arti kode 82 k W 5% 9132 W pada resistor ?
- 3) Apa arti kode 5 W 22 R J pada resistor ?
- 4) Apakah arti kode warna pada kapasitor berikut Coklat; hitam; jingga; putih; merah
- 5) Apa arti kode pada kapasitor : 562 J 100 V?
- 6) Suatu induktor diberi sumber tegangan AC 100 Volt, arus yang mengalir 1 Ampere, jika diukur dengan Ohmmeter, induktor tersebut berharga 99 W. Jika frekuensi sumber 50 Hz, berapakah kapasitas induktansi L ?

f. Kunci jawaban 2

- 1). a). Resistor adalah suatu komponen listrik yang berguna untuk menghambat arus listrik.
b). Kapasitor adalah suatu komponen listrik
- 2). 82 k W 5% 9132 W artinya besarnya resistansi = 82 k W; besarnya toleransi = 5%; nomor serinya = 9132 W.
- 3). 5 W 22 R J artinya besarnya kemampuan = 5 watt; besarnya resistansi = 22 W; besarnya toleransi = 5%.
- 4). Coklat = 1; hitam = 0; jingga = 10^3 ; putih = toleransi 10 %; merah = tegangan kerja 250 V untuk DC dan 160 V untuk AC
- 5). Besarnya kapasitas = 5600 pF, toleransi 5 %, tegangan kerja 100volt.

6). Diketahui :

$$\begin{aligned}V &= 100 \text{ Volt} \\I &= 1 \text{ A} \\R &= 99 \text{ W} \\f &= 50 \text{ Hz} \\Z &= V / I = 100 / 1 \text{ W} = 100 \text{ W}\end{aligned}$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{100^2 - 99^2} = 14,1 \text{ W}$$

$$X_L = 2 \cdot \rho \cdot f \cdot L$$

$$L = X_L / 2 \cdot \rho \cdot f$$

$$= (14,1 / 2 \cdot 3,14 \cdot 50) \cdot 100 \text{ mH}$$

$$= 44,9 \text{ mH}$$

g. Lembar Kerja 2

LEMBAR KERJA I: RESISTOR

Alat dan Bahan

- 1) Ohmmeter 1 buah
- 2) Resistor 4 gelang..... 5 macam
- 3) Resistor 5 gelang..... 5 macam
- 4) Resistor dari bahan porselin 10 macam

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- 1) Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
- 2) Dalam menggunakan meter kumparan putar (volt meter, amper meter dan ohm meter), mulailah dari batas ukur yang besar!
- 3) Jangan meletakkan alat dan bahan ditepi meja!

Langkah Kerja

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!
- 2) Amatilah kode warna pada masing resistor 4 gelang dan 5 gelang!
- 3) Ukurlah resistansi resistor satu-persatu dengan Ohmmeter !
- 4) Catatlah harga resistor tersebut pada Tabel 4 di bawah ini!
- 5) Ulangilah langkah no. 2 dan 3 untuk huruf masing-masing resistor yang mempunyai kode angka dan huruf!
- 6) Catatlah harga resistor tersebut pada Tabel 6 di bawah ini!
- 7) Bandingkan hasil pengamatan dengan hasil pengukuran!
- 8) Buatlah kesimpulan !
- 9) Kembalikan semua alat dan bahan!

Tabel 4. Data Hasil Pengamatan Kode Warna pada Resistor

Resistor	Gelang 1	Gelang 2	Gelang 3	Gelang 4	Gelang 5	Harga pengamatan (W)	Harga pengukuran (W)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Tabel 5. Hasil Pengamatan Resistor dengan Kode Angka dan Huruf

Resistor	Kode	Harga pengamatan (W)	Harga pengukuran (W)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Latihan :

- 1) Apa perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil pengamatan pada resistor ! mengapa itu bisa terjadi ?
- 2) Dari besarnya nilai resistansi yang tertera pada resistor buat kesimpulan tentang kedua jenis resistor !

LEMBAR KERJA II: KAPASITOR

Alat dan Bahan

- 1) Alat tulis dan kertas secukupnya
- 2) Kapasitor 10 macam

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- 1) Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
- 2) Dalam menggunakan meter kumparan putar (volt meter, amper meter dan ohm meter), mulailah dari batas ukur yang besar!
- 3) Jangan meletakkan alat dan bahan ditepi meja!

Langkah Kerja

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!
- 2) Amatilah kode kapasitor berupa angka/huruf dan warna kapasitor satu persatu dan catatlah hasil pengamatan pada Tabel 6 dan 7 di bawah ini!
- 3) Kembalikan alat dan bahan!

Tabel 6. Data Pengamatan Kode Angka dan Huruf pada Kapasitor

No.	Kode kapasitor	Kapasitas (pF)	Toleransi (%)	Tegangan kerja (volt)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Tabel 7. Data Hasil Pengamatan Kode Warna pada Kapasitor

No.	Gelang 1	Gelang 2	Gelang 3	Gelang 4	Gelang 5	Kapasitas (pF)	Toleransi (%)	Teg. kerja (volt)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10.								

Latihan

- 1) Mengapa dalam kapasitor tercantum tegangan kerja yang digunakan ? adakah pengaruhnya terhadap penggunaan kapasitor tersebut ?
- 2) Adakah perbedaan ketepatan antara hasil pengamatan dan hasil pengukuran antara kapasitor kode angka dan huruf dengan kapasitor kode warna ? buat hasil kesimpulannya !

LEMBAR KERJA III INDUKTOR

Alat dan Bahan

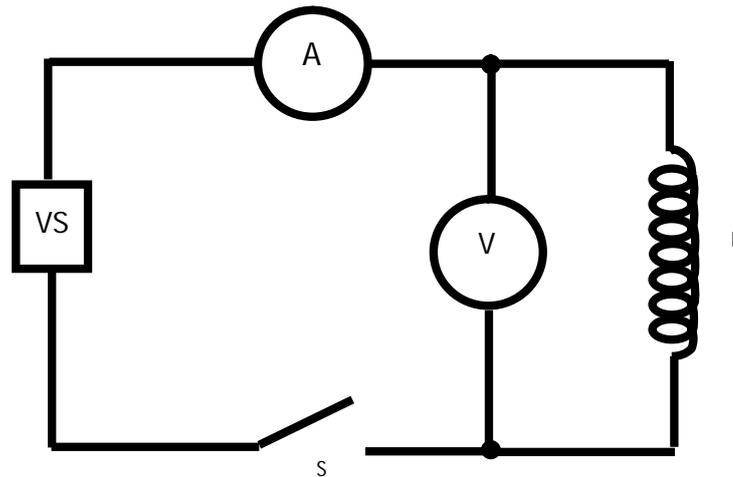
- | | |
|--------------------------------------|------------|
| 1) Ohmmeter | 1 buah |
| 2) Voltmeter | 1 buah |
| 3) Amperemeter | 1 buah |
| 4) Sumber tegangan AC variabel | 1 buah |
| 5) Induktor Dekade 1-100 mH..... | 1 buah |
| 6) Saklar kutub tunggal..... | 1 buah |
| 7) Kabel penghubung..... | secukupnya |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- 1) Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
- 2) Dalam menggunakan meter kumparan putar (volt meter, amper meter dan ohm meter), mulailah dari batas ukur yang besar!
- 3) Jangan meletakkan alat dan bahan ditepi meja!

Langkah Kerja

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!
- 2) Buatlah rangkaian seperti gambar di bawah ini!



Gambar 15. Rangkaian Induktor Dengan Sumber Tegangan AC

- 3) Aturlah sumber tegangan pada 0 volt dan saklar dibuka, induktor dekade diatur seperti Tabel 8 !
- 4) Tutuplah saklar S dan aturlah sumber tegangan sehingga amperemeter menunjukkan harga seperti pada Tabel 8!
- 5) Catatlah harga penunjukkan Voltmeter dalam tabel pengamatan!
- 6) Bukalah saklar S!
- 7) Ukurlah resistansi (R) induktor dengan ohmmeter !
- 8) Catatlah hasilnya dalam Tabel 8 di bawah ini!
- 9) Ulangilah langkah kerja no. 4 s/d 8 untuk harga induktor seperti pada Tabel 8!
- 10) Kembalikan semua alat dan bahan!

Tabel 8. Data Hasil Pengamatan Kode Warna pada Kapasitor

No	Induktor (mH) L	Harga Pengukuran			Harga Perhitungan		
		Tahanan (W) R	Tegangan (volt) V	Arus (mA) I	Impedansi (W) Z	X_L (W)	L (H)
1	10			1			
2	20			2			
3	30			3			
4	40			4			
5	50			5			

Harga frekuensi (f) = 50 Hz

Latihan

- 1) Apa yang akan terjadi pada harga impedansi jika dari kelima induktor diatas diberikan arus yang sama !
- 2) Jelaskan pengaruh besar tahanan dan tegangan terhadap harga impedansi yang diperoleh !

3. Kegiatan Belajar 3 : Komponen Aktif

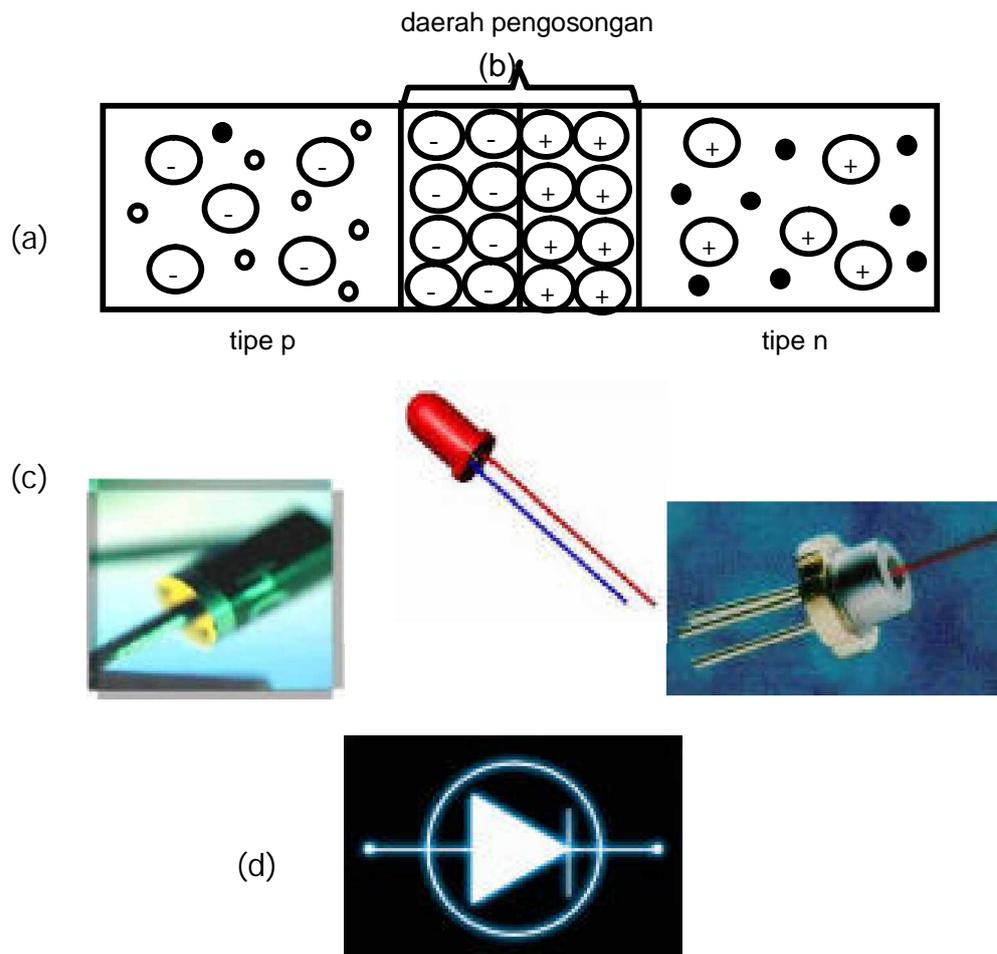
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 3

- 1) Peserta Diklat mampu memahami dan menjelaskan kurva karakteristik dioda semikonduktor.
- 2) Peserta Diklat mampu mengetahui prinsip kerja transistor sebagai saklar.

b. Uraian materi 3

DIODA SEMIKONDUKTOR

Dioda semikonduktor dibentuk dengan cara menyambungkan semi-konduktor tipe p dan semikonduktor 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).

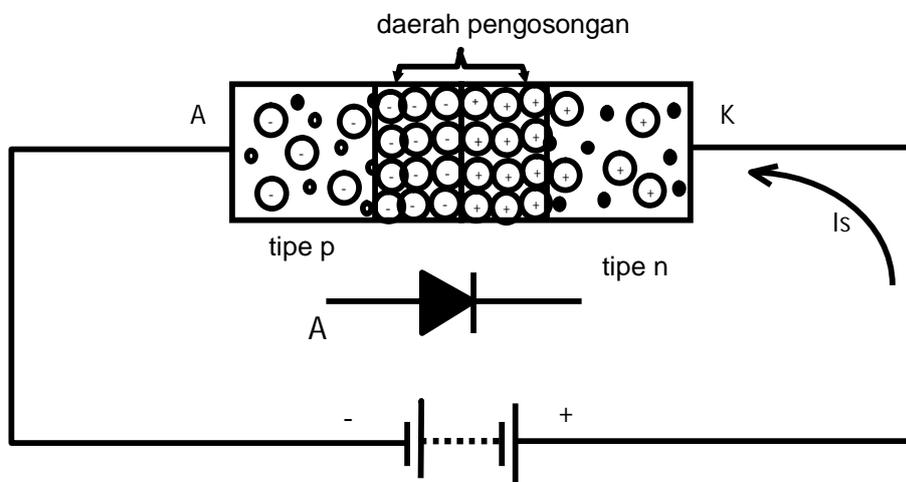


Gambar 16. (a) Pembentukan Sambungan; (b) Daerah Pengosongan; (c) Dioda Semikonduktor ; (d) Simbol Dioda

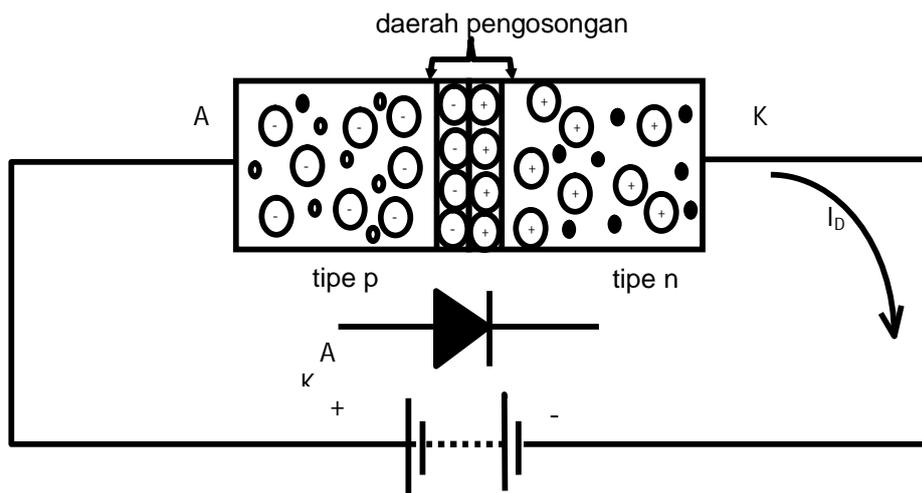
Oleh karena itu pada sisi p tinggal ion-ion akseptor yang bermuatan negatif dan pada sisi n tinggal ion-ion donor yang bermuatan positif. Namun proses ini tidak berlangsung terus, karena potensial dari ion-ion positif dan negatif ini akan menghalanginya. Tegangan atau potensial ekuivalen pada daerah pengosongan ini disebut dengan tegangan penghalang (barrier potential). Besarnya tegangan penghalang ini adalah 0.2 untuk germanium dan 0.6 untuk silikon. Lihat Gambar 16.

Suatu dioda bisa diberi bias mundur (reverse bias) atau diberi bias maju (forward bias) untuk mendapatkan karakteristik yang

diinginkan. 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 ($V_{A-K} < 0$). Apabila tegangan positif baterai dihubungkan ke terminal Anoda (A) dan negatifnya ke terminal katoda (K), maka dioda disebut mendapatkan bias maju (forward bias). Lihat pada gambar 17.



Gambar 17. Dioda Diberi Bias Mundur

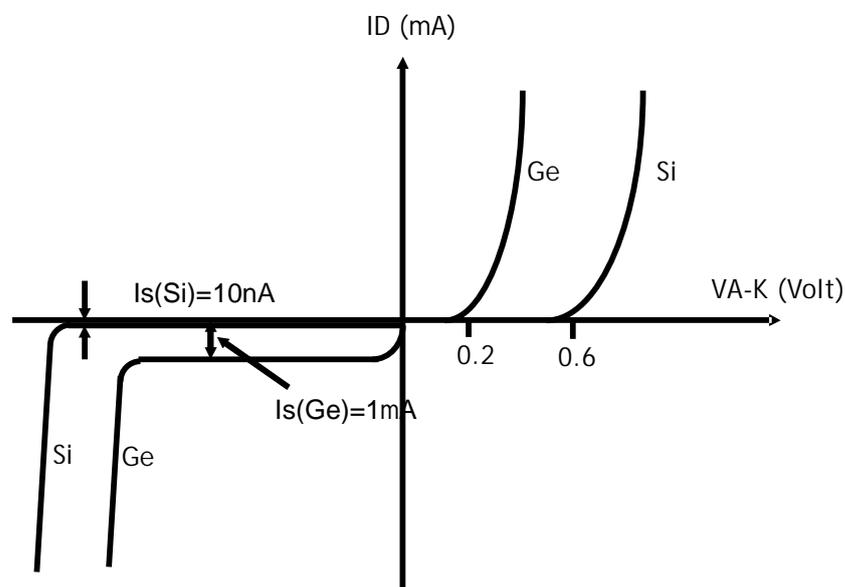


Gambar 18. Dioda Diberi Bias Maju

Kurva Karakteristik Dioda

Hubungan antara besarnya arus yang mengalir melalui dioda dengan tegangan VA-K dapat dilihat pada kurva karakteristik dioda (Gambar 19).

Gambar 19 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_g). Tegangan cut-in (V_g) 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 19. Kurva Karakteristik Dioda

Bagian kiri bawah dari grafik pada Gambar 19 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 mA. Sedangkan untuk dioda silikon I_s adalah dalam orde nano amper dalam hal ini adalah 10 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:

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

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 $\gg 2$ untuk Si

V_T = tegangan ekivalen 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, 1.381×10^{-23} J/K

(J/K artinya joule per derajat kelvin)

T = temperatur mutlak (kelvin)

q = muatan sebuah elektron, 1.602×10^{-19} C

Pada temperatur ruang, 25°C atau $273 + 25 = 298$ K, dapat dihitung besarnya V_T yaitu:

$$\begin{aligned} V_T &= \frac{(1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K})(298\text{K})}{1.602 \times 10^{-19} \text{ C}} \\ &= 0.02569 \text{ J/C} \quad @ 26 \text{ mV} \end{aligned}$$

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

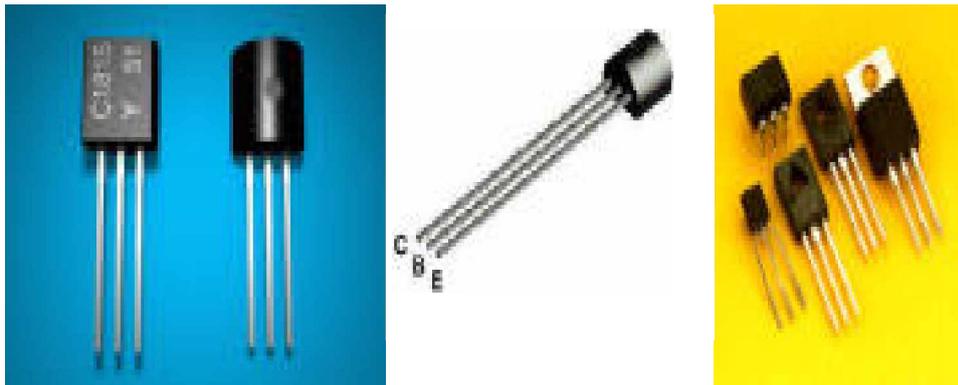
Sebagaimana telah disebutkan bahwa arus jenuh mundur, I_s , dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: doping, persambungan, dan temperatur. Namun karena dalam pemakaian suatu komponen dioda, faktor doping dan persambungan adalah tetap, maka yang perlu mendapat perhatian serius adalah pengaruh temperatur.

TRANSISTOR

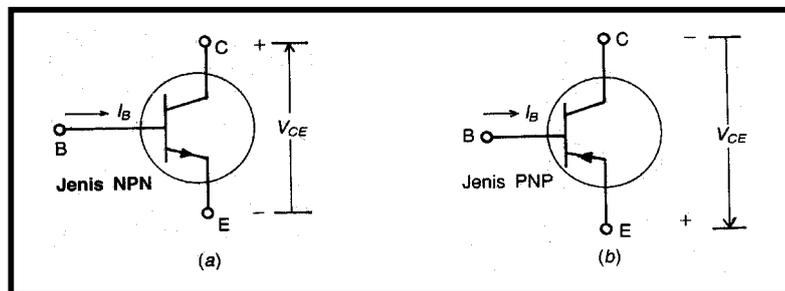
Transistor merupakan peralatan yang mempunyai 3 lapis N-P-N atau P-N-P. Dalam rentang operasi, arus kolektor I_C merupakan fungsi dari arus basis I_B . Perubahan pada arus basis I_B memberikan perubahan yang diperkuat pada arus kolektor untuk tegangan emitor-kolektor V_{CE} yang diberikan. Perbandingan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

Simbol untuk transistor dapat dilihat pada Gambar 20a dan Gambar 20b. berikut ini. Sedangkan karakteristik transistor dapat digambarkan seperti 21.

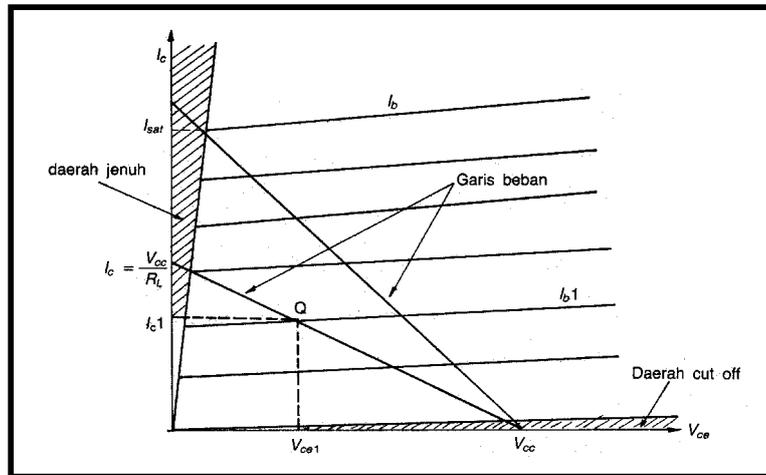
(a)



(b)

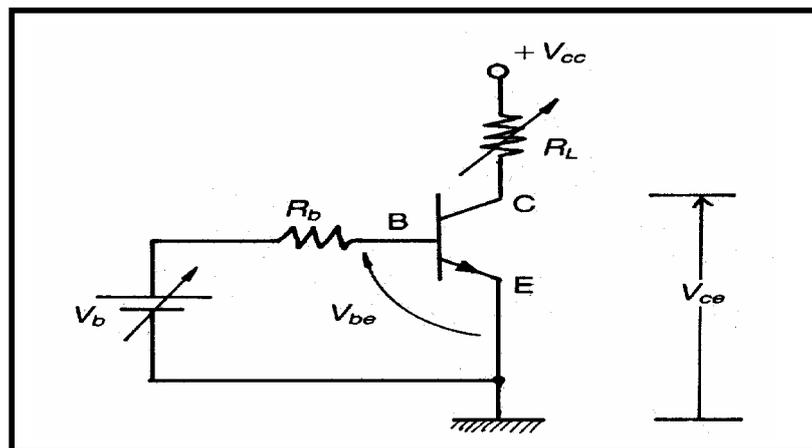


Gambar 20. (a) Transistor ; (b). Simbol Transistor



Gambar 21. Karakteristik transistor

Salah satu cara pemberian tegangan kerja dari transistor dapat dilakukan seperti pada Gambar 22. Jika digunakan untuk jenis NPN, maka tegangan V_{cc} -nya positif, sedangkan untuk jenis PNP tegangannya negatif.



Gambar 22. 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 :

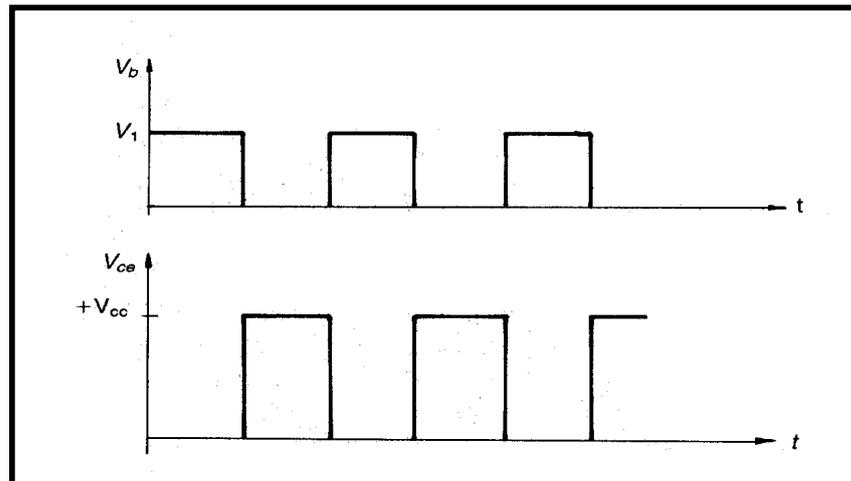
$$\text{Persamaan garis beban} = Y = V_{ce} = V_{cc} - I_c \times R_L$$

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 21). 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 23.



Gambar 23. 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 23. Apabila dijelaskan adalah sebagai berikut (lihat Gambar 22 dan Gambar 23) :

Pada kondisi $V_b = 0$, harga $I_c = 0$, dan berdasarkan persamaan loop :

$$V_{cc} + I_c R_1 + V_{ce} = 0, \text{ dihasilkan } V_{ce} = +V_{cc}$$

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.

c. Rangkuman 3

- ü Dioda semikonduktor dapat diberi bias maju (forward bias) atau bias mundur (reverse bias) untuk mendapatkan karakteristik tertentu.
- ü Transistor memiliki 3 lapisan NPN atau PNP dengan tiga terminal yaitu emitor, kolektor dan basis.
- ü Transistor dapat berfungsi sebagai saklar pada daerah jenuh (saturasi) dan daerah cut off.

d. Tugas 3

- 1) Sebutkan macam-macam diode yang ada di pasaran !
- 2) Carilah contoh penggunaan bias forward dan bias reverse !
- 3) Berikan contoh penggunaan transistor sebagai saklar !.

e. Tes formatif 3

- 1) Apa yang dimaksud dengan : dioda semikonduktor, reverse bias, forward bias
- 2) Jelaskan prinsip kerja transistor sebagai saklar !

f. Kunci jawaban 3

- 1) Diode semikonduktor adalah penyearah yang dibuat dari bahan semikonduktor dengan menggabungkan type p dan type n.

Reverse bias adalah pemberian tegangan negatif baterai ke terminal anoda (A) dan tegangan positif ke terminal katoda (K) dari suatu dioda. Sehingga tegangan anoda katoda V_{A-K} adalah negatif ($V_{A-K} < 0$).

Forwards bias adalah pemberian tegangan positif ke terminal Anoda (A) dan negatifnya ke terminal katoda (K) dari suatu dioda.

- 2) 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.

g. Lembar kerja 3

Lembar Kerja I : Dioda Semikonduktor

Alat dan Bahan:

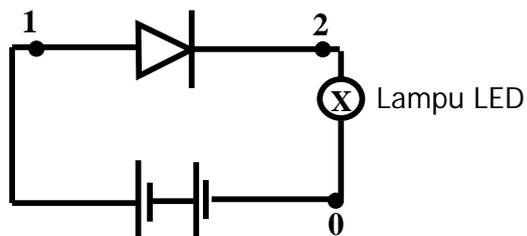
- | | |
|---------------------------------------|--------|
| 1) Diode 1N 4002 | 1 buah |
| 2) Sumber Daya 12 V DC | 1 Unit |
| 3) Lampu LED | 1 buah |
| 4) Voltmeter dan Amperemeter DC | 1 unit |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- 1) Periksa 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:

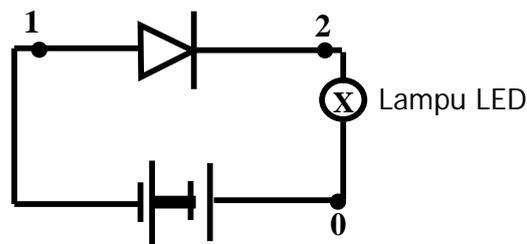
- 1) Siapkan Gambar rangkaian serta alat dan bahan yang diperlukan pada rangkaian dibawah ini !



Gambar 24. Rangkaian dioda 1

- 2) Rakitlah rangkaian seperti Gambar 24 di atas, usahakan agar komponen diode tidak terbalik anode dan katodenya dan periksalah hasil rangkaian pada instruktur !
- 3) Setelah dinilai benar hubungkan dengan sumber tegangan DC 3 Volt.

- 4) Lakukanlah pengamatan pada simpul pengukuran yang ada serta catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel 9!
- 5) Untuk pengukuran arus, simpul pengukuran yang diamati adalah:
- 6) Simpul No. 2. Sedangkan pengukuran tegangan, simpul pengukuran yang diamati adalah: Simpul No. 2 s/d No. 0
- 7) Lakukanlah kembali langkah No. 2 s/d No. 5 untuk rangkaian dibawah ini, serta masukkan data pengamatan pada Tabel 9!



Gambar 25. Rangkaian dioda 2

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

Tabel 9. Pengamatan Diode

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

Latihan

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

Lembar Kerja II : Transistor

Alat dan Bahan :

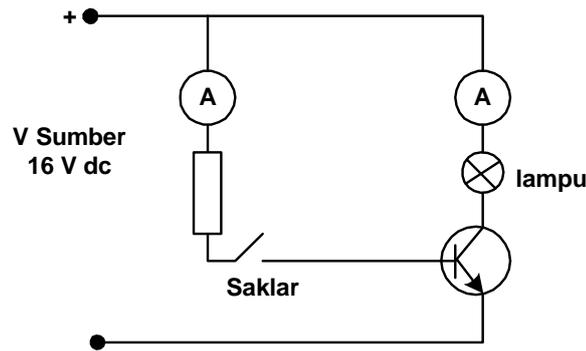
- | | |
|--|------------|
| 1) Catu daya 16 V AC | 1 unit |
| 2) Osiloskop dua kanal (dual trace)..... | 1 unit |
| 3) Ampermeter | 1 buah |
| 4) Multimeter | 1 buah |
| 5) Transistor BC 547..... | 1 buah |
| 6) Resistor 200 W 2 A | 1 buah |
| 7) Kabel penghubung | secukupnya |

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) Periksa dan uji transistor dan resistor dengan Ohmmeter sebelum digunakan !
- 2) Rakitlah rangkaian transistor sebagai sakelar seperti pada Gambar diagram di bawah ini !



Gambar 26. Rangkaian transistor sebagai saklar

- 3) Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah saklar dan catu daya !
- 4) Aturlah 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 10!
- 6) Amatilah pada layar oscilloscope bentuk gelombang kotak dari FG dan ukurlah tegangan kolektor-emitor saat sakelar terbuka dan catatlah data tersebut kedalam Tabel 10!
- 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 10. Pengaturan Tegangan

Posisi Saklar	Kondisi yang diamati	A ₁ (ampere)	A ₂ (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 ?

4. Kegiatan Belajar 4 : Dasar Penyearah

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 4

- 1) Peserta Diklat mampu mengetahui prinsip dari penyearahan setengah gelombang, gelombang penuh dengan trafo CT, dan gelombang penuh sistem jembatan.
- 2) Peserta Diklat mampu mengetahui prinsip kerja dari penggunaan dioda sebagai pemotong dan penggeser.

b. Uraian materi 4

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.

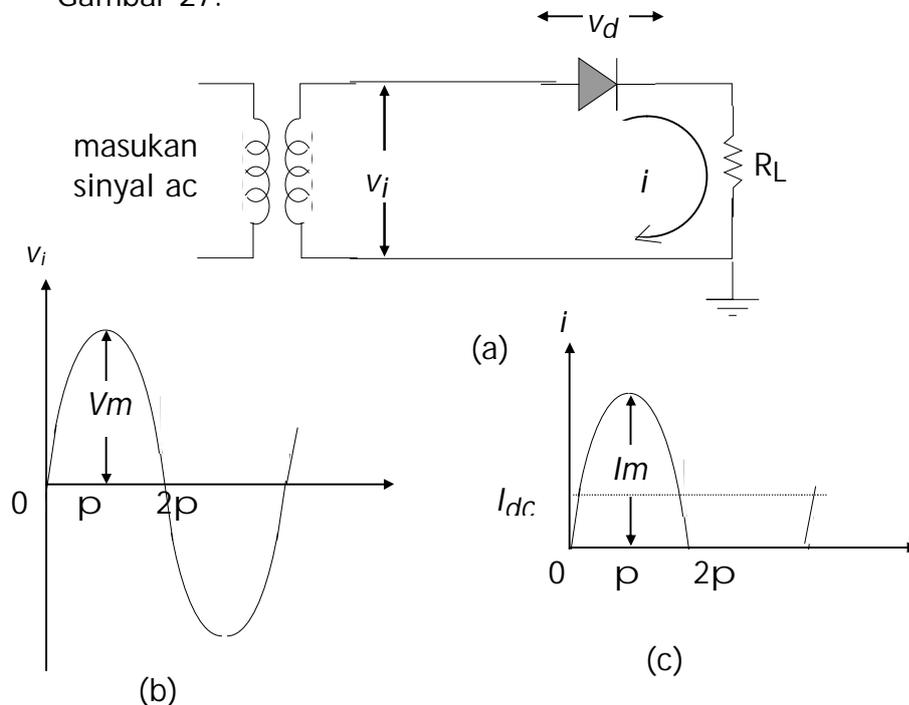
Rangkaian penyearah setengah gelombang mendapat masukan dari skunder trafo yang berupa sinyal ac berbentuk sinus, $V_i = V_m \sin \omega t$ (Gambar 13 (b)). Dari persamaan tersebut, V_m merupakan tegangan puncak atau tegangan maksimum. Harga V_m ini hanya bisa diukur dengan CRO yakni dengan melihat langsung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

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

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_G (tegangan cut-in dioda), maka pada pembahasan penyearah ini V_G 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 27.



Gambar 27. Penyearah Setengah Gelombang (a) Rangkaian; (b) Tegangan Skunder Trafo; (c) Arus Beban

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

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

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

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:

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

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

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

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

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:

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

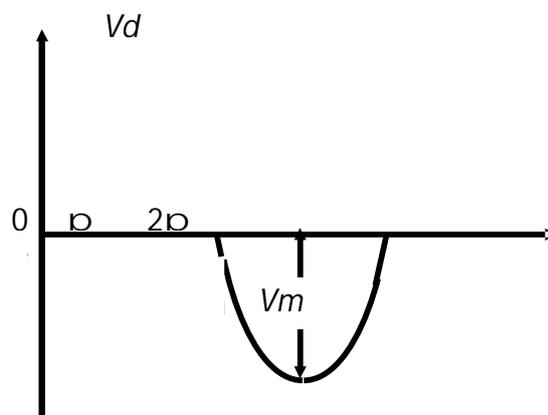
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} @0.318 V_m$$

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

$$V_{dc} = 0.318 (V_m - V_G)$$

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 28. PIV untuk penyearah setengah gelombang ini adalah:

$$PIV = V_m$$



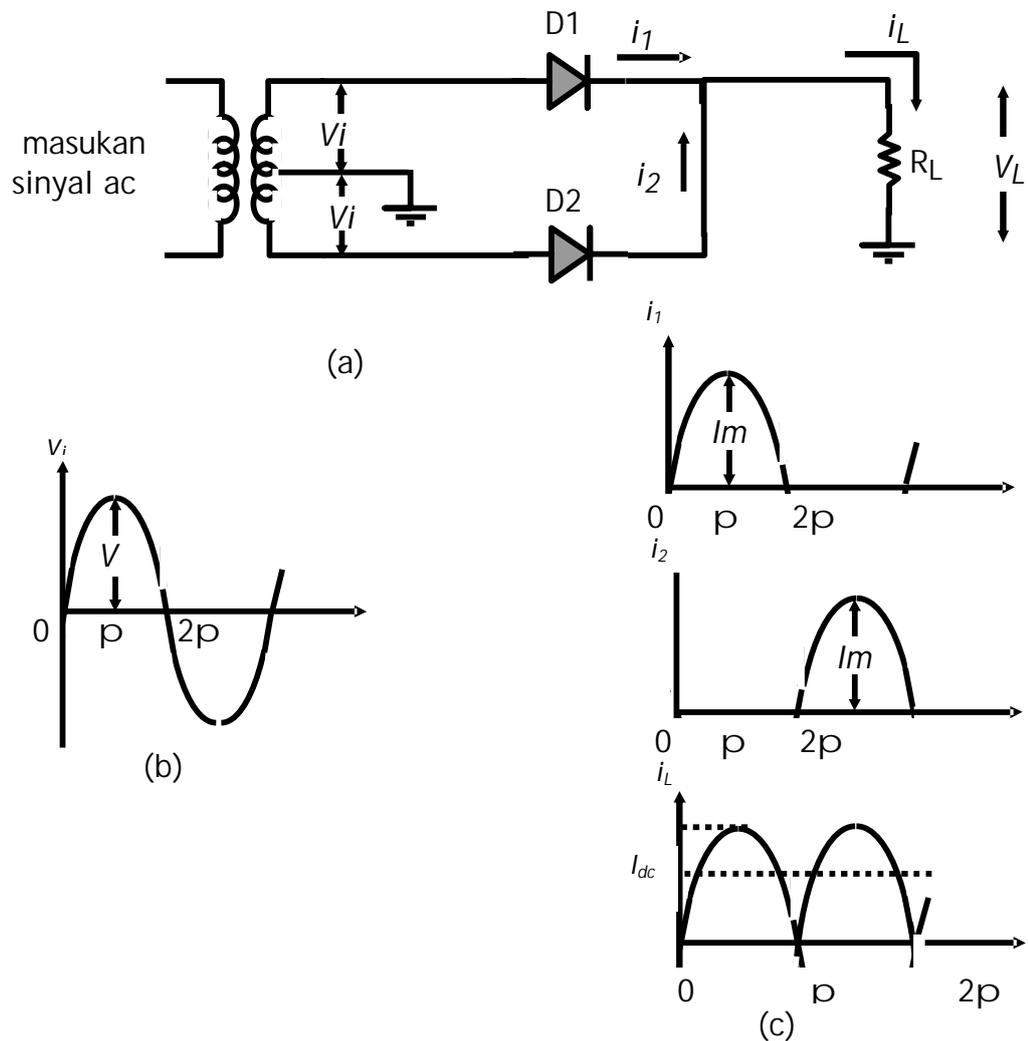
Gambar 28 Bentuk Gelombang Sinyal pada Dioda

Bentuk gelombang sinyal pada dioda seperti Gambar 28 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.

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 29 menunjukkan rangkaian penyearah gelombang penuh dengan menggunakan trafo CT.

Terminal skunder 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 (29 c).



Gambar 29.

(a) Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Trafo CT;
 (b) Sinyal Input; (c) Arus Dioda dan Arus Beban

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:

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\rho} @ 0.636 I_m$$

dan

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

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

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\rho} @ 0.636 V_m$$

Apabila penyearah bekerja pada tegangan V_m yang kecil, untuk memperoleh hasil yang lebih teliti, maka tegangan cut-in dioda (V_g) perlu dipertimbangkan, yaitu:0

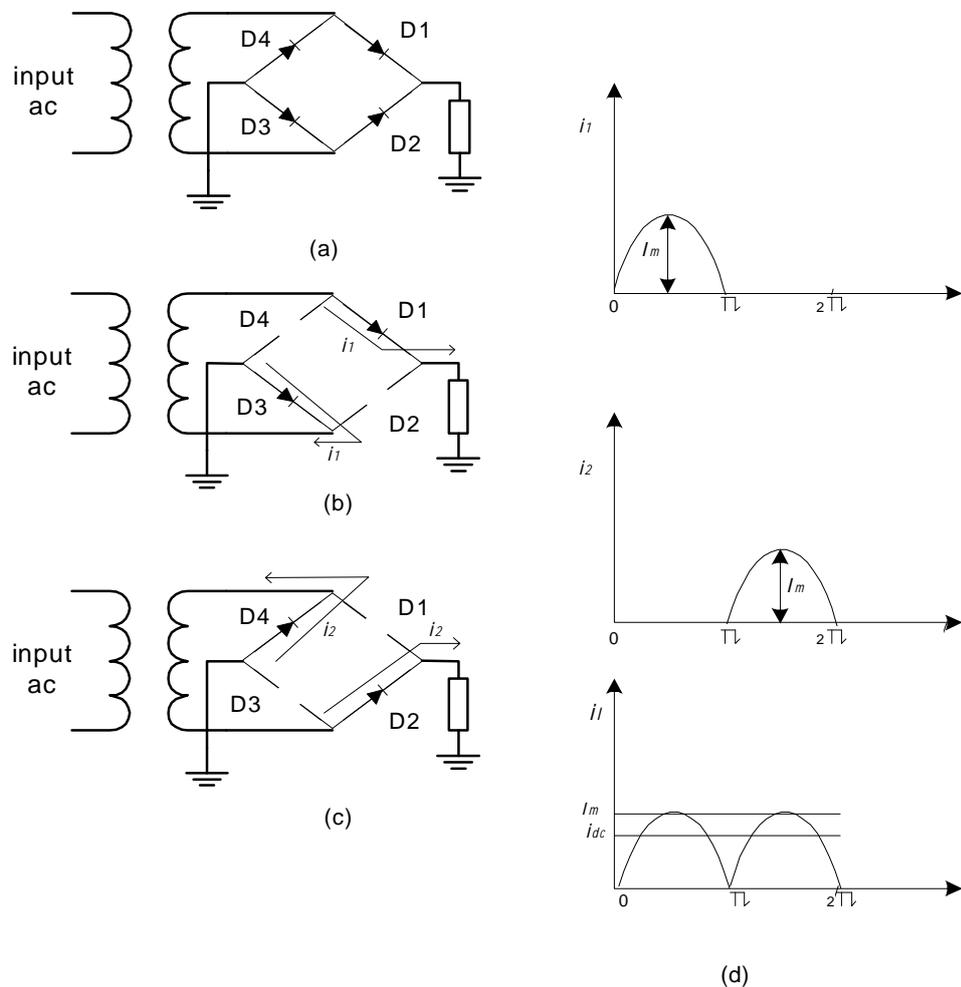
$$V_{dc} = 0.636 (V_m - V_g)$$

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

$$PIV = 2 V_m$$

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 30.



Gambar 30. 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 30. Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal ac, maka (Gambar 30 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 30 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 30b 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 30d).

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_G adalah:

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

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

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

$$\text{PIV} = V_m$$

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 negatif (pemotong bagian negatif) dan clipper positif (pemotong bagian positif). Dalam analisa ini diodanya dianggap ideal.

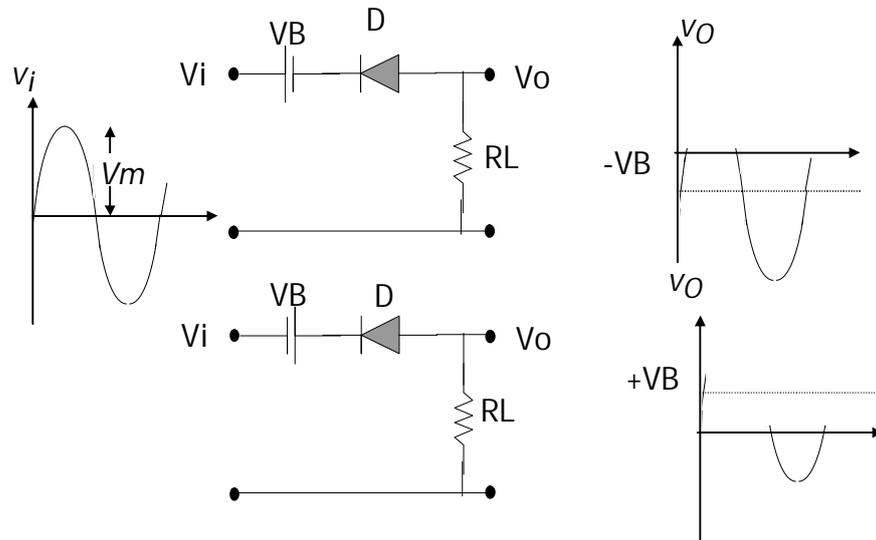
Petunjuk untuk menganalisa rangkaian clipper seri adalah sebagai berikut:

- 1). Perhatikan arah dioda
 - bila arah dioda ke kanan, maka bagian positif dari sinyal input akan dilewatkan, dan bagian negatif akan dipotong (berarti clipper negatif)

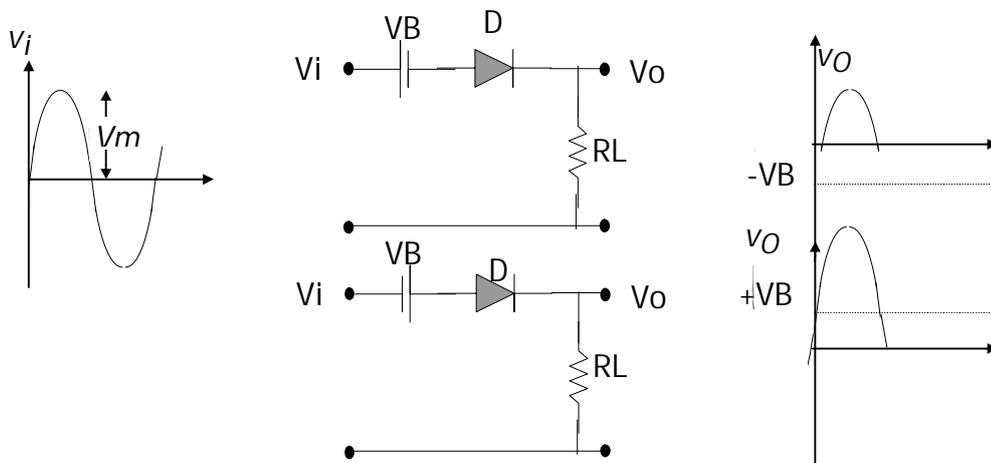
- bila arah dioda ke kiri, maka bagian negatif dari sinyal input akan dilewatkan, dan bagian positif akan dipotong (berarti clipper positif)

- 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 31 dan rangkaian clipper seri negatif adalah Gambar 32.



Gambar 31. Rangkaian Clipper Seri Positif

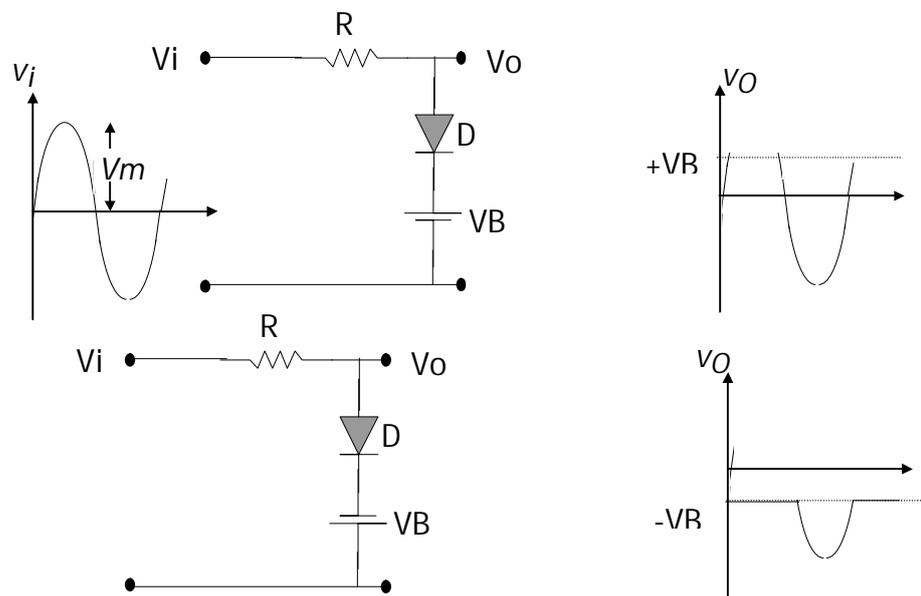


Gambar 32. Rangkaian Clipper Seri Negatif

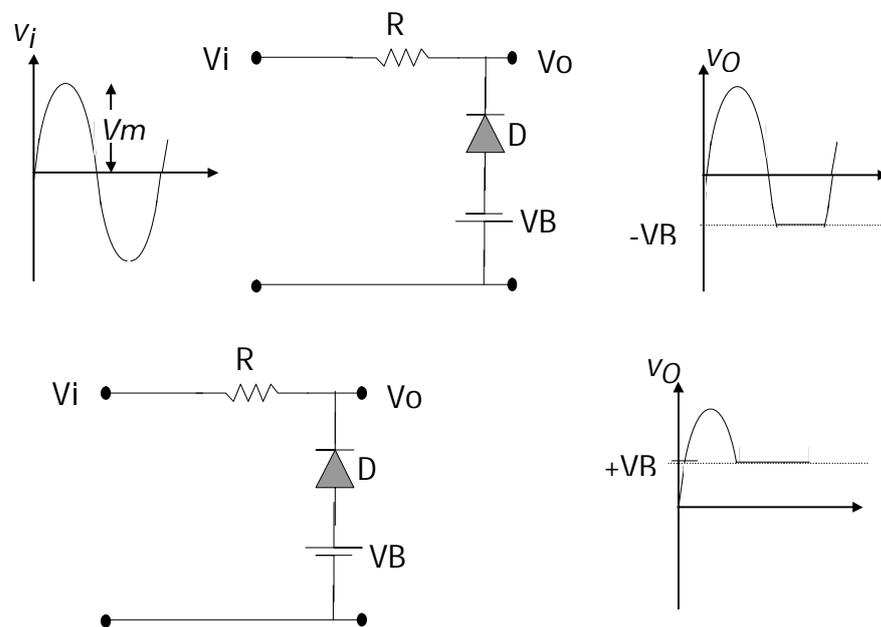
Petunjuk untuk menganalisa rangkaian clipper paralel adalah sebagai berikut:

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 33 dan rangkaian clipper paralel negatif adalah Gambar 34.



Gambar 33. Rangkaian Clipper Paralel Positif



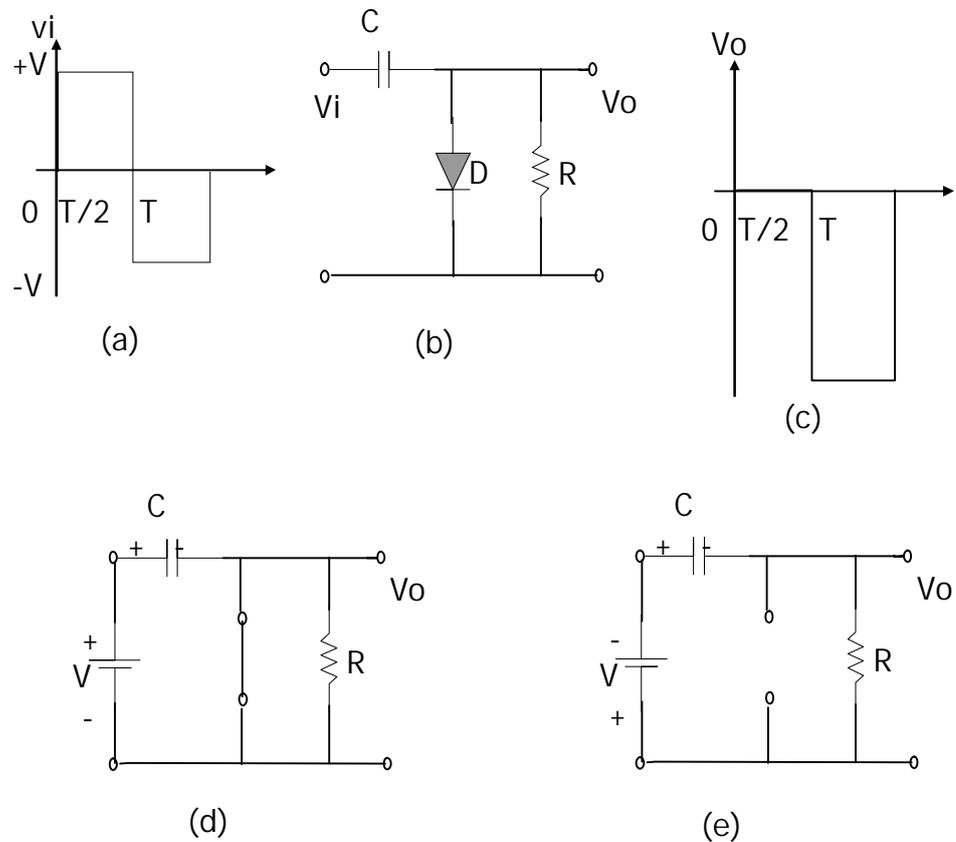
Gambar 34. Rangkaian Clipper Paralel Negatif

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 35.



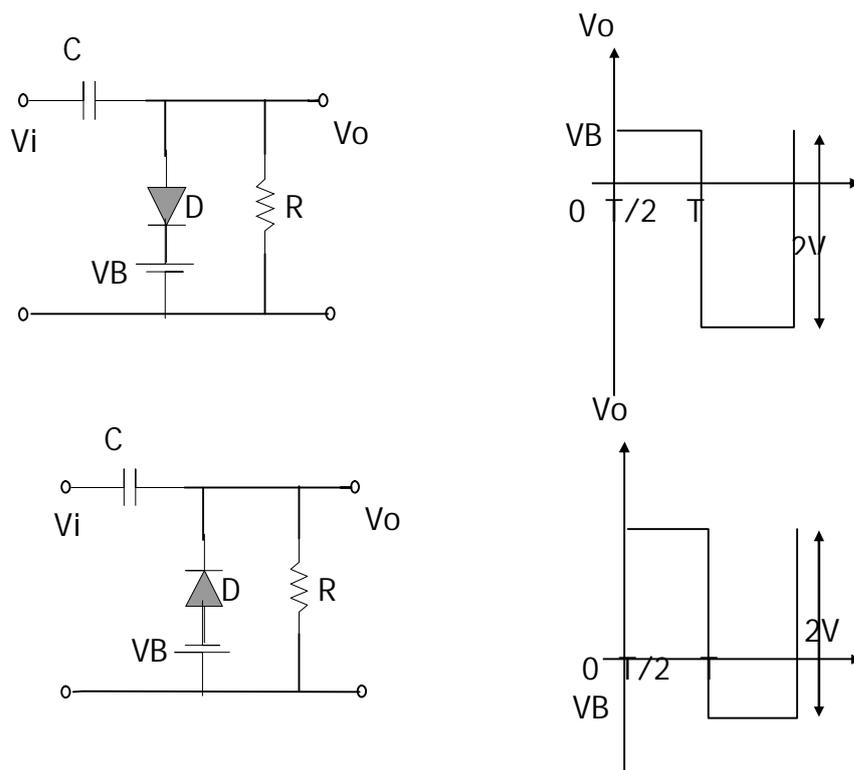
Gambar 35. Rangkaian Clamper Sederhana

Gambar 35 (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 35 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 divariasii dengan menambahkan sebuah baterai secara seri dengan dioda. Disamping itu arah penggeseran juga bisa dinuat kearah positif dengan cara membalik arah dioda. Beberapa rangkaian clamper negatif dan positif dapat dilihat pada Gambar 36.



Gambar 36. Rangkaian Clamper Negatif dan Positif

c. Rangkuman 4

- ü 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.
- ü Rangkaian penyearah gelombang penuh ada dua macam, yaitu dengan menggunakan trafo CT (center-tap = tap tengah) dan dengan sistem jembatan.
- ü Rangkaian clipper (pemotong) digunakan untuk menghilangkan sebagian sinyal masukan yang berada di bawah atau di atas level tertentu. 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.

d. Tugas 4

Buatlah rangkaian penyearah menggunakan trafo CT gelombang penuh

e. Tes formatif 4

- 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!

f. Kunci jawaban 4

1) Macam-macam penggunaan dioda semikonduktor:

- a) Dioda sebagai penyearah setengah gelombang.
- b) Dioda sebagai penyearah gelombang penuh.
- c) Dioda sebagai pemotong sinyal.
- d) Dioda sebagai penggeser gelombang.

2) Prinsip kerja penyearah setengah gelombang:

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 penyearah gelombang penuh dengan 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.

4) Prinsip kerja penyearah gelombang penuh sistem jembatan:

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan dapat dijelaskan melalui Gambar 30. Pada saat rangkaian jembatan mendapatkan bagian positif dari siklus sinyal ac, maka (Gambar 30 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 negatip, maka (Gambar 30 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.

g. Lembar kerja 4

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 KW..... | 1 buah |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

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

Langkah Kerja

- 1) Buatlah rangkaian penyearah setengah gelombang seperti Gambar 27a.
- 2) Setelah dinilai benar hubungkan dengan sumber tegangan AC 220 Volt.
- 3) Amatilah tegangan sekunder trafo dengan CRO dan catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel 11.
- 4) Lakukanlah pengamatan pada simpul pengukuran yang ada serta catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel 11!
- 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 30a.
- 8) Ulangi langkah-langkah 3-5.
- 9) Percobaan tentang penyearah gelombang penuh telah selesai maka lepaskanlah semua rangkaian.

Tabel 11. Penyearahan Gelombang

Penyearahan	Komponen yang diamati	V1 (Volt) (1-0)	V2 (Volt) (2-0)	Hasil Keluaran CRO
Penyearahan $\frac{1}{2}$ 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!

5. Kegiatan Belajar 5 : Penguat, Op-Amp, Filter dan Osilator.

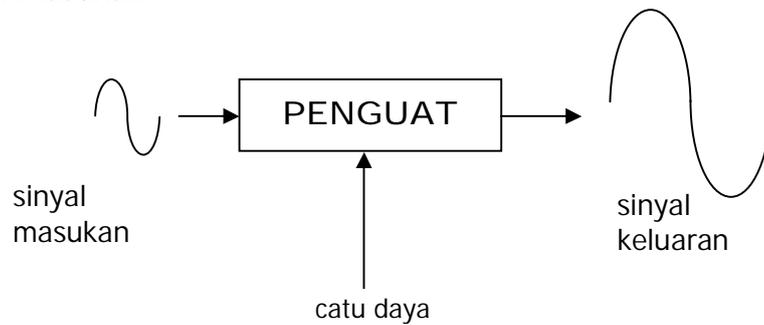
a. Tujuan kegiatan pembelajaran 5

- 1) Peserta diklat mengetahui jenis-jenis penguat transistor
- 2) Peserta diklat dapat mengidentifikasi macam-macam komponen dalam rangkaian penguat transistor
- 3) Peserta diklat memahami prinsip kerja filter aktif
- 4) Peserta diklat dapat merangkai filter aktif sederhana
- 5) Peserta diklat dapat mengetahui prinsip kerja op-amp sebagai pembangkit gelombang.
- 6) Peserta diklat dapat melihat dan mengukur bentuk gelombang kotak, gelombang sinus, dan gelombang segi tiga dengan menggunakan oscilloscope.

b. Uraian materi 5

Penguat satu transistor

Penguat adalah suatu peranti yang berfungsi menguatkan daya sinyal masukan.



Gambar 37. Prinsip Penguat

Salah satu syarat yang dituntut pada penguat adalah bahwa sinyal keluaran harus tepat benar bentuknya seperti sinyal masukan, hanya saja amplitudo-nya lebih tinggi. Kalau bentuk sinyal keluaran tidak tepat sama dengan sinyal masukan, meskipun beda bentuk ini hanya kecil saja, maka dikatakan sinyal keluarannya cacat.

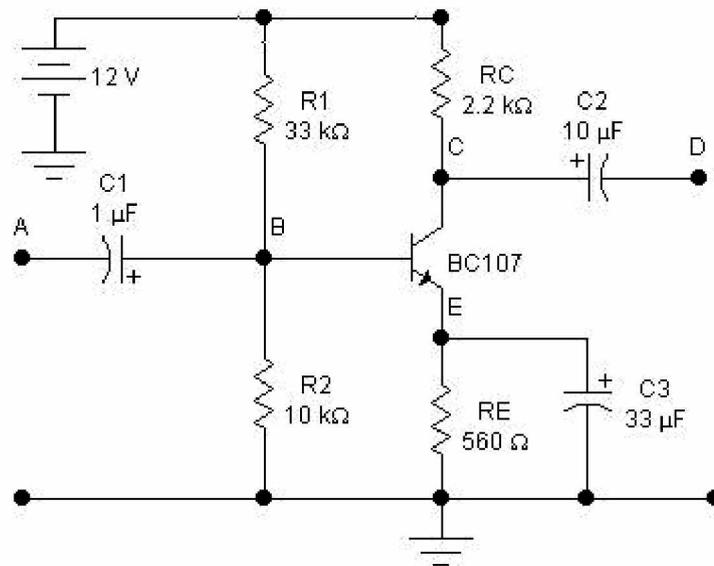
Penguat paling sederhana terdiri dari satu buah transistor. Ada tiga kemungkinan pemasangan transistor sebagai penguat, yaitu :Tunggal Emitor (Common Emiter), Tunggal Kolektor (Common Collector),Tunggal Basis (Common Base).

Masing-masing pola diatas mempunyai karakteristik yang berbeda. Perbandingan antara ketiga pola tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

No	Karakteristik	Tunggal Emiter	Tunggal Kolektor	Tunggal Basis
1	Penguatan tegangan	100	1	100
2	Penguatan arus	120	120	1
3	Penguatan daya	12000	120	100
4	Impedansi masukan	3 k Ohm	50 k Ohm	25 Ohm
5	Impedansi keluaran	125 k Ohm	25 Ohm	15 M Ohm

Harga-harga di atas adalah harga untuk : $I_E = 1 \text{ mA}$, $r_C = 2,5 \text{ k}$ Ohm (untuk tunggal emitor dan tunggal kolektor), serta $r_E = 390 \text{ Ohm}$ untuk tunggal kolektor.

Penguat Tunggal Emitor



Gambar 38. Rangkaian Penguat Tunggal Emitor

Beberapa rumus praktis pada rangkaian Tunggal Emitor:

Penguatan tegangan tanpa C_3 : $A_v = R_C / R_E$

Penguatan tegangan dengan C_3 : $A_v = R_C / r_E$

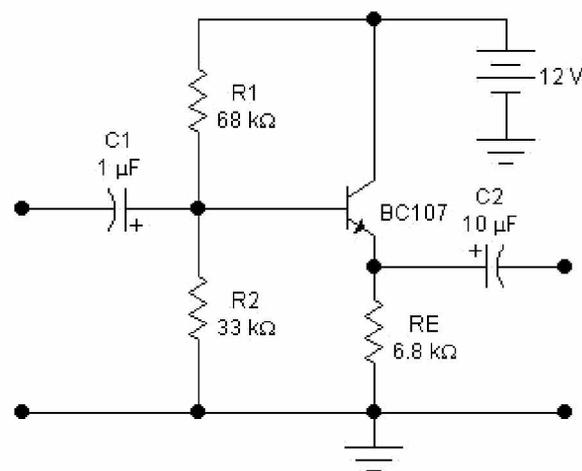
Penguatan arus : $A_i = R_2 / R_E$

Impedansi keluaran : $Z_o = R_C$

Impedansi masukan tanpa C_3 : $Z_i = R_1 // R_2 // Z_{ib}$ dengan $Z_{ib} = h_{fe}(r_E + r_{e'})$

Impedansi masukan dengan C_3 : $Z_i = R_1 // R_2 // Z_{ib}$ dengan $Z_{ib} = h_{fe} \cdot r_{e'}$

Penguat Tunggal Kolektor



Gambar 39. Rangkaian Penguat Tunggal Kolektor

Beberapa rumus praktis pada rangkaian Tunggal Kolektor :

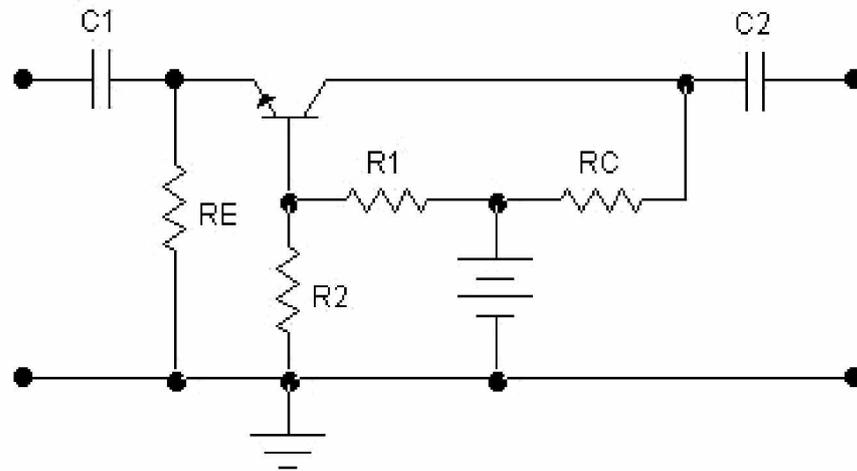
Penguatan tegangan $A_v = r_E / (r_E + r_{e'}) \gg 1$ (sebab $r_E \gg r_{e'}$)

Penguatan arus : $A_i = h_{fe}$

Impedansi keluaran : $Z_o = r_{e'}$

Impedansi masukan: $Z_i = R_1 // R_2 // Z_{ib}$ dengan $Z_{ib} = h_{fe} (r_E + r_{e'})$

Penguat Tunggal Basis



Gambar 40. Rangkaian Penguat Tunggal Basis

Beberapa rumus praktis pada rangkaian Tunggal Basis :

Penguatan tegangan : $A_v = r_C / r_{e'}$

Penguatan arus : $A_i = h_{fe}$

Impedansi keluaran : $Z_o = r_E$

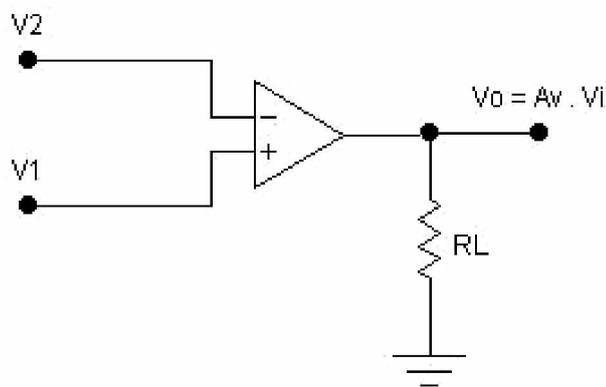
Impedansi masukan: $Z_i = R_E // r_{e'} \gg r_{e'}$ (karena $R_E \gg r_{e'}$)

Penguat Operasi (Op-Amp)

Penguat operasi (operating amplifier, dikenal sebagai op-amp) adalah suatu penguat gandengan langsung dengan bati (gain) tinggi dan dilengkapi dengan umpan balik untuk mengendalikan kinerjanya secara menyeluruh. Penguat operasi biasanya diperoleh dalam rangkaian terintegrasi (integrated circuit = IC) analog. Penguat operasi telah memperoleh pengakuan secara luas sebagai suatu komponen elektronik yang serba guna, dapat diandalkan dan ekonomis.

Suatu penguat operasi ideal mempunyai beberapa karakteristik (tanpa umpan balik):

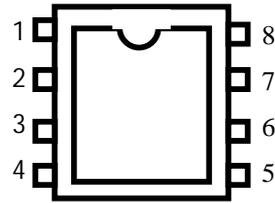
- impedansi masukan $Z_i = \text{tak terhingga}$
- impedansi keluaran $Z_o = 0$
- penguatan tegangan $A_v = - \text{tak terhingga}$
- lebar pita $BW = \text{tak terhingga}$
- keseimbangan sempurna $V_o = 0$ bila $V_1 = V_2$
- karakteristik tak berubah karena suhu



Gambar41. Penguat Operasi Dasar

Suatu penguat operasi dapat digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya penguat membalik, penguat tak membalik, penjumlah, penggeser fasa, pengubah tegangan ke arus, pengubah arus ke tegangan, pengikut tegangan DC dan sebagainya. Berikut ini akan dibahas dua penguat dasar, yaitu penguat membalik (inverting amplifier) dan penguat tak membalik (non inverting amplifier).

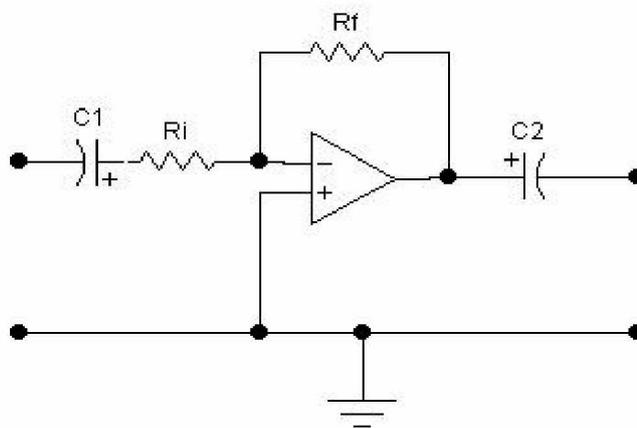
Penguat operasi yang dipakai disini adalah tipe 741 yang telah banyak dikenal. IC ini mempunyai delapan kaki, dengan keterangan sebagai berikut:



Gambar 42. Tata Letak Kaki IC 741

- Kaki 1 & 5 : offset null
- Kaki 2 : masukan membalik (inverting input)
- Kaki 3 : masukan tak membalik (non inverting input)
- Kaki 4 : tanah (ground)
- Kaki 6 : keluaran
- Kaki 7 : catu tegangan positif
- Kaki 8 : tak digunakan

Penguat membalik mempunyai ciri yaitu yang dipakai sebagai masukan adalah masukan membalik, sementara masukan tak membalik dihubungkan ke tanah (ground). Keluaran dari penguat ini mempunyai fasa yang berlawanan dengan masukannya.



Gambar 43. Penguat Membalik (*Inverting Amplifier*)

Beberapa rumus praktis pada penguat membalik (dengan umpan balik):

Penguatan tegangan : $A_{vf} = - R_f / R_i$

Impedansi masukan : $Z_{if} = R_i$

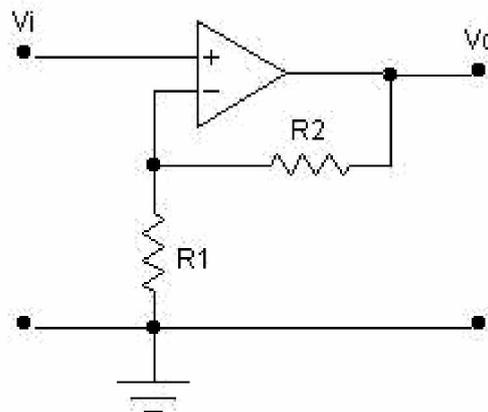
$$\text{Impedansi keluaran} : Z_{of} = \frac{Z_o}{1 + A \frac{R_i}{R_i + R_f}}$$

dimana Z_o = impedansi keluaran tanpa umpan balik

A = penguatan tanpa umpan balik

Nilai A dan Z_o terdapat pada lembaran data IC.

Penguat tak membalik mempunyai ciri yaitu masukan yang dipakai adalah masukan tak membalik (non inverting input) dan keluarannya sefasa dengan masukannya.



Gambar 44. Penguat Tak Membalik (Non Inverting Amplifier)

Beberapa rumus praktis pada penguat tak membalik (dengan umpan balik):

$$\text{Penguatan tegangan} : A_{vf} = (R_2 / R_1) + 1$$

$$\text{Impedansi masukan} : Z_{if} = Z_i$$

$$\text{Impedansi keluaran} : Z_{of} = \frac{Z_o}{1 + A \frac{R_1}{R_1 + R_2}}$$

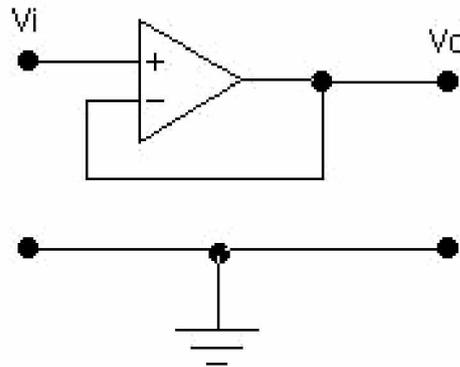
dimana Z_i = impedansi masukan tanpa umpan balik

Z_o = impedansi keluaran tanpa umpan balik

A = penguatan tanpa umpan balik

Nilai A , Z_i dan Z_o terdapat pada lembaran data IC.

Salah satu terapan khusus dari penguat tak membalik adalah penguat dengan penguatan satu. Rangkaian untuk terapan ini adalah sebagai berikut:



Gambar 45. Penguat Tak Membalik dengan Penguatan Satu

Untuk penguat ini, tegangan keluaran sama dan sefasa dengan tegangan masukan, atau $V_o = V_i$. Impedansi masukannya sangat tinggi, sementara impedansi keluarannya mendekati nol. Karena karakteristiknya tersebut, penguat ini sering dipakai sebagai penyangga tegangan (buffer voltage)

Filter

Filter adalah suatu sistem yang dapat memisahkan sinyal berdasarkan frekuensinya; ada frekuensi yang diterima, dalam hal ini dibiarkan lewat; dan ada pula frekuensi yang ditolak, dalam hal ini secara praktis dilemahkan. Hubungan keluaran-masukan suatu filter dinyatakan dengan fungsi alih (transfer function):

$$\text{fungsi alih} = \frac{\text{kuantitas output}}{\text{kuantitas input}} = T$$

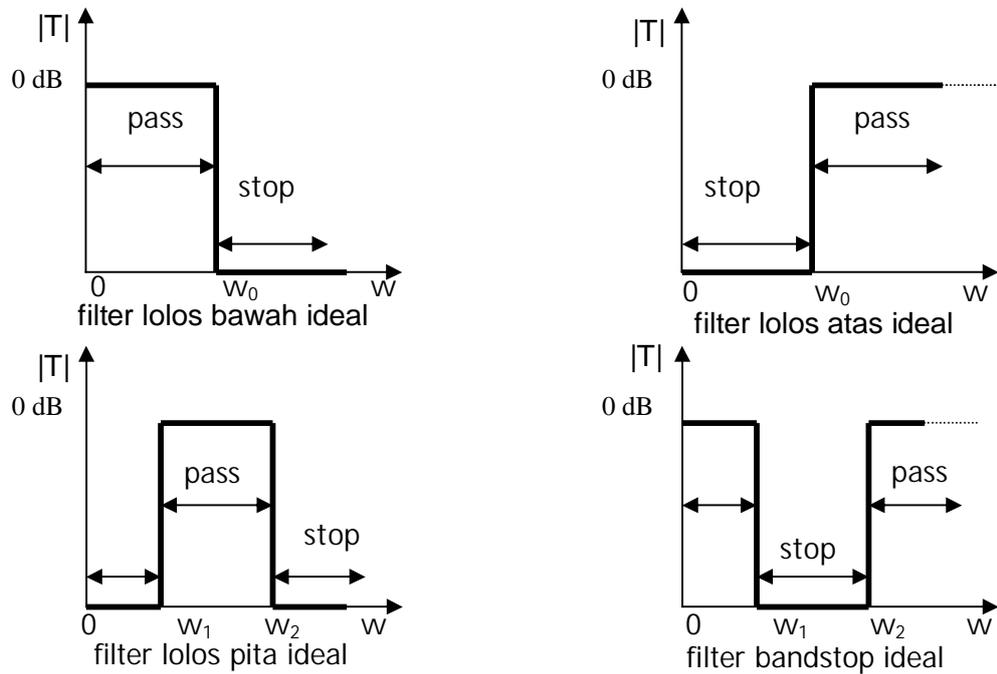
Magnitude (nilai besar) dari fungsi alih dinyatakan dengan $|T|$, dengan satuan dalam desibel (dB).

Filter dapat diklasifikasikan menurut fungsi yang ditampilkan, dalam term jangkauan frekuensi, yaitu passband dan stopband. Dalam pass band ideal, magnitude-nya adalah 1 (= 0 dB), sementara pada stop band, magnitude-nya adalah nol (= -∞ dB).

Berdasarkan hal ini filter dapat dibagi menjadi 4.

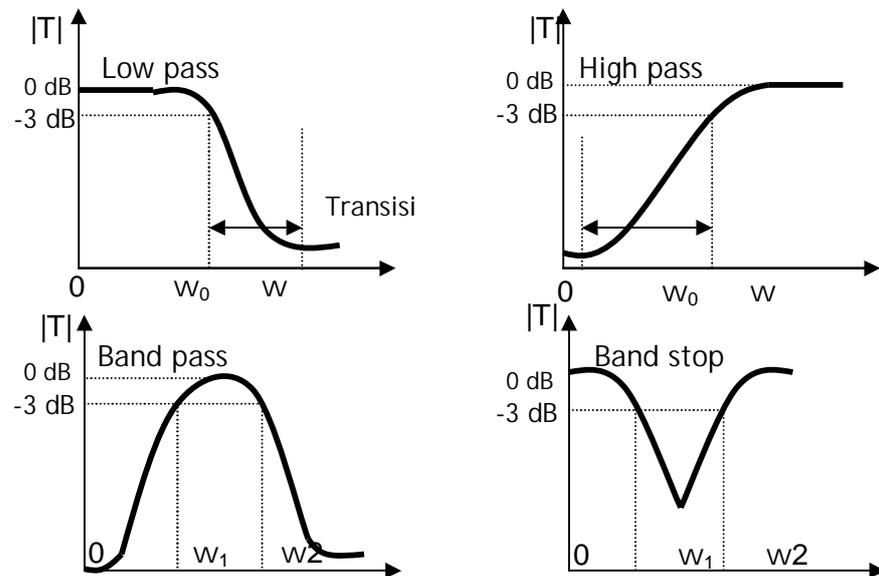
1. Filter lolos bawah (low pass filter), pass band berawal dari $\omega = 0$ radian/detik sampai dengan $\omega = \omega_0$ radian/detik, dimana ω_0 adalah frekuensi cut-off.
2. Filter lolos atas (high pass filter), berkebalikan dengan filter lolos bawah, stop band berawal dari $\omega = 0$ radian/detik sampai dengan $\omega = \omega_0$ radian/detik, dimana ω_0 adalah frekuensi cut-off.
3. Filter lolos pita (band pass filter), frekuensi dari ω_1 radian/detik sampai ω_2 radian/detik adalah dilewatkan, sementara frekuensi lain ditolak.
4. Filter stop band, berkebalikan dengan filter lolos pita, frekuensi dari ω_1 radian/detik sampai ω_2 radian/detik adalah ditolak, sementara frekuensi lain diteruskan.

Berikut ini gambaran karakteristik filter ideal dalam grafik magnitude terhadap frekuensi (dalam radian/detik).



Gambar 46. Karakteristik Filter Ideal

Karakter filter riil tidaklah sama dengan karakter filter ideal. Dalam filter riil, frekuensi cut-off mempunyai magnitude -3 dB, bukan 0 dB. Pada filter riil juga terdapat apa yang disebut pita transisi (transititon band), yang kemiringannya dinyatakan dalam dB/oktav atau dB/dekade.



Gambar 47. Karakteristik Filter Riil

Menurut pemakaian komponen aktif, filter dapat dibedakan menjadi filter pasif dan filter aktif.

1. Filter Pasif

Yaitu filter yang tidak menggunakan komponen aktif. Komponen filter hanya terdiri dari komponen-komponen pasif : tahanan (R), induktor (L) dan kapasitor (C), RC, LC atau RLC. Filter ini mempunyai beberapa kelemahan, antara lain:

- a. peka terhadap masalah kesesuaian impedansi
- b. relatif berukuran besar dan berat, khususnya filter yang menggunakan induktor (L)
- c. non linieritas, khususnya untuk frekuensi rendah atau untuk arus yang cukup besar

2. Filter Aktif

Yaitu filter yang menggunakan komponen aktif, biasanya transistor atau penguat operasi (op-amp). Kelebihan filter ini antara lain:

- a. untuk frekuensi kurang dari 100 kHz, penggunaan induktor (L) dapat dihindari
- b. relatif lebih murah untuk kualitas yang cukup baik, karena komponen pasif yang presisi harganya cukup mahal

Beberapa macam filter yang termasuk ke dalam filter aktif adalah :

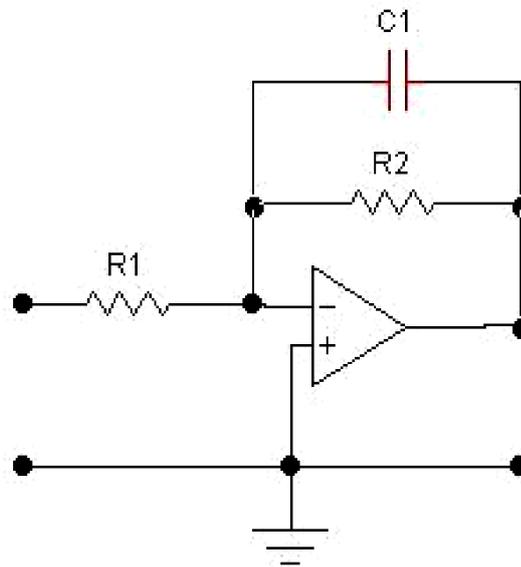
a. Filter Lolos Bawah (Low Pass Filter)

Suatu filter lolos bawah orde satu dapat dibuat dari satu tahanan dan satu kapasitor seperti pada Gambar 19. Filter orde satu ini mempunyai pita transisi dengan kemiringan -20 dB/dekade atau -6 dB/oktav. Penguatan tegangan untuk frekuensi lebih rendah dari frekuensi cut off adalah:

$$A_v = - R_2 / R_1$$

sementara besarnya frekuensi cut off didapat dari:

$$f_c = 1 / (2\pi R_2 C_1)$$



Gambar 48. Filter Lolos Bawah Orde 1

b. Filter Lolos Atas (High Pass Filter)

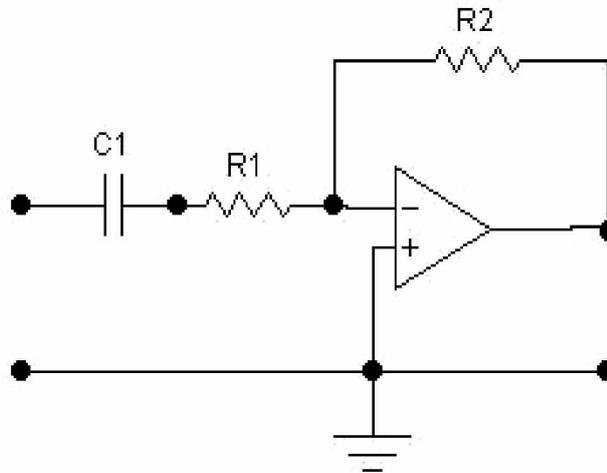
Suatu filter lolos bawah orde satu dapat dibuat dari satu tahanan dan satu kapasitor seperti pada Gambar 49 (perhatikan perbedaannya dengan Gambar 48 pada penempatan C_1). Filter orde satu ini mempunyai pita transisi dengan kemiringan 20 dB/dekade atau 6 dB/oktav. Penguatan tegangan untuk frekuensi lebih tinggi dari frekuensi cut off adalah:

$$A_v = - R_2 / R_1$$

sementara besarnya frekuensi cut off didapat dari:

$$f_c = 1 / (2\pi R_1 C_1)$$

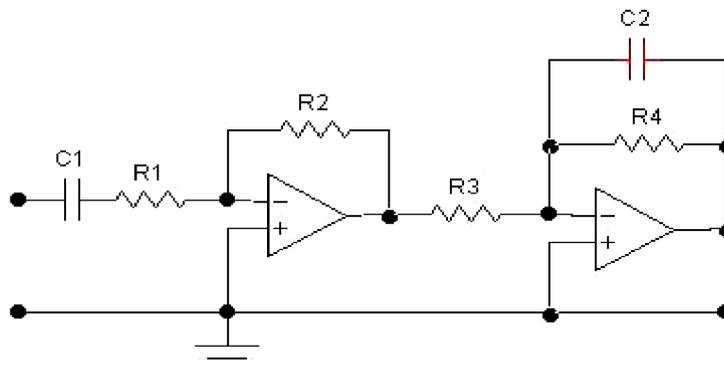
(Catatan : perhatikan perbedaan dengan rumus pada filter lolos bawah).



Gambar 49. Filter Lolos Atas Orde 1

c. Filter Lolos Pita (Band Pass Filter)

Suatu filter lolos pita dapat disusun dengan menggunakan dua tahap, pertama adalah filter lolos atas dan kedua adalah filter lolos bawah seperti pada gambar berikut:



Gambar 50. Filter Lolos Pita

Penguatan tegangan untuk pita lolos adalah:

$$A_v = (-R_2 / R_1) (-R_4 / R_3)$$

Besarnya frekuensi cut off atas didapat dari:

$$f_{CH} = 1 / (2\pi R_1 C_1)$$

Besarnya frekuensi cut off bawah didapat dari:

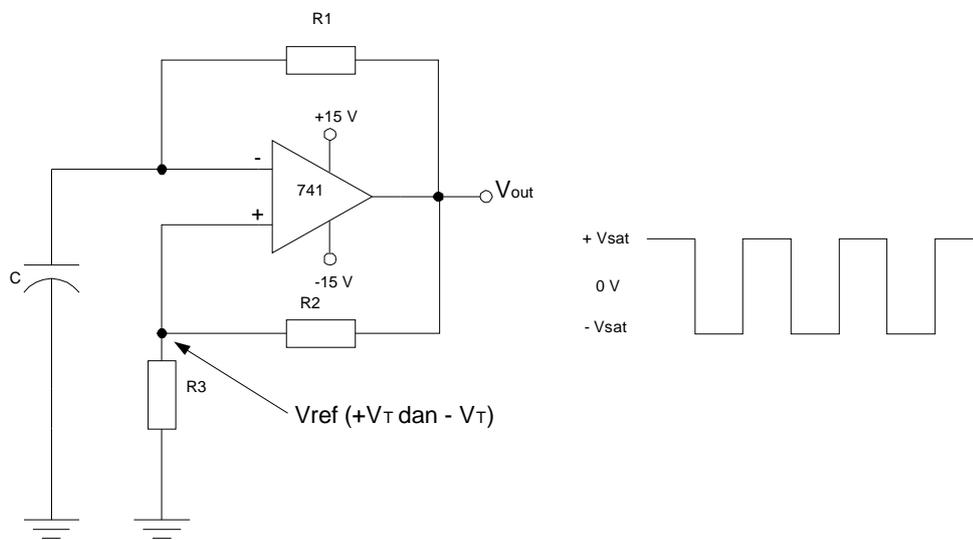
$$f_{CL} = 1 / (2\pi R_4 C_2)$$

Osilator

Yang termasuk ke dalam golongan osilator adalah

1) Pembangkit Gelombang Kotak

Pembangkit gelombang kotak disebut juga multivibrator astabil atau multivibrator bergerak bebas (free-running), karena keluaran terus menerus berubah keadaannya (tinggi dan rendah) tanpa adanya masukan.

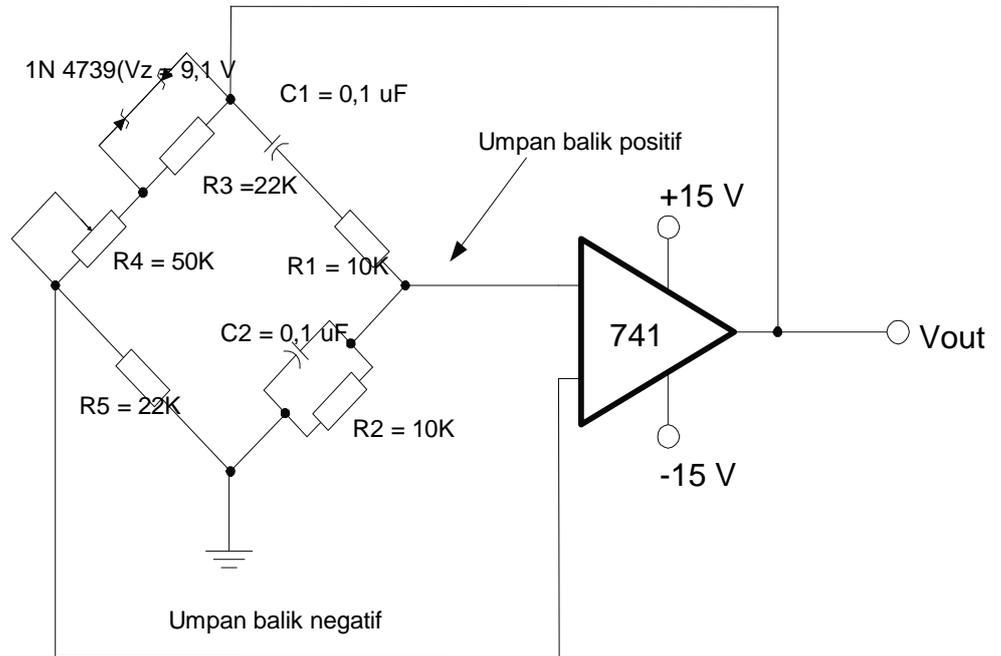


Gambar 51. Pembangkit Gelombang kotak

2) Pembangkit Gelombang Sinus

Terdapat berbagai macam pembangkit gelombang sinus dalam rangkaian elektronika, salah satunya adalah generator gelombang sinus dengan osilator jembatan Wien.

Dalam Gambar 52. berikut diperlihatkan sebuah contoh penerapan osilator jembatan Wien untuk menghasilkan gelombang sinus dengan menggunakan op-amp 741.



Gambar 52. Pembangkit Gelombang Sinus Jembatan Wien

Frekuensi keluaran dapat ditentukan dengan rumus :

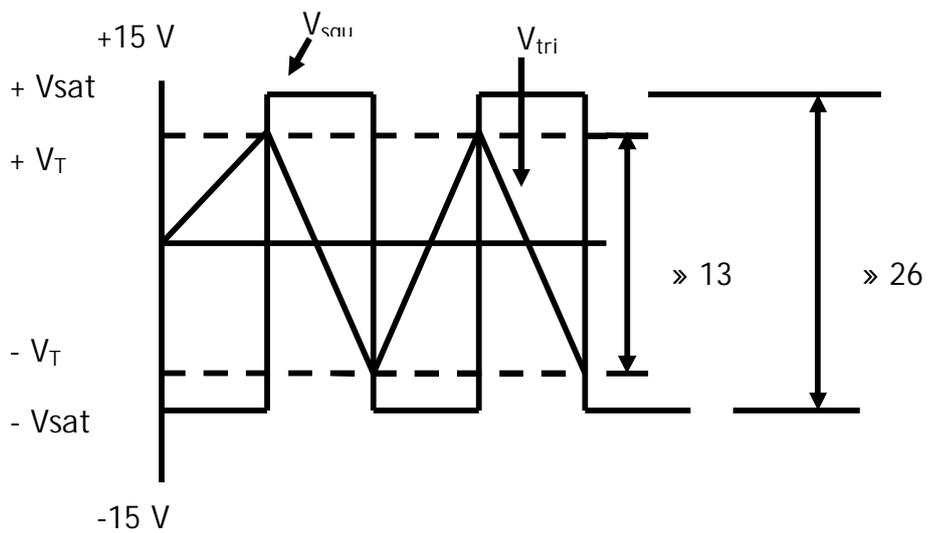
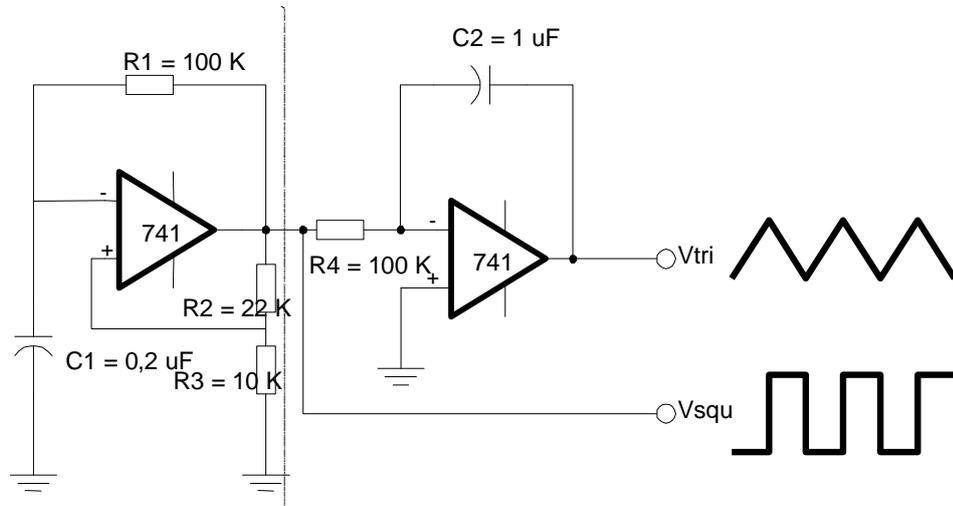
$$f_{out} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi R_1 R_2 C_1 C_2}$$

Atau bila $R_1 = R_2$ dan $C_1 = C_2$, maka

$$f_{out} = \frac{1}{2 \pi R_1 C_1}$$

3) Pembangkit Gelombang Segitiga

Untuk pembangkitan gelombang segitiga digunakan dua buah op-amp. Sebuah op-amp dipakai untuk membuat rangkaian dasar yakni pembangkit gelombang kotak, sebuah lagi untuk membuat integrator.



Gambar 53.
Rangkaian Gelombang Segitiga dan Bentuk Gelombang Keluaran

c. Rangkuman 5

- ü Penguat Tunggal Emitor adalah penguat yang paling banyak digunakan. Penguat ini mempunyai penguatan tegangan maupun penguatan arus. Hanya saja perlu diingat bahwa penguat ini mempunyai impedansi masukan yang relatif rendah dan impedansi keluaran yang relatif tinggi.
- ü Penguat Tunggal Kolektor biasanya dipakai sebagai transformator impedansi, karena impedansi masukannya tinggi, sedangkan impedansi keluarannya rendah. Penguat ini lebih unggul dibanding transformator biasa dalam dua hal, pertama, tanggapan frekuensinya lebar, dan kedua, ada penguatan daya.
- ü Penguat Tunggal Basis sedikit terapannya dalam teknik frekuensi rendah, karena impedansi masukannya yang begitu rendah akan membebani sumber sinyal. Penguat ini kadang diterapkan dalam penguat untuk frekuensi tinggi (di atas 10 MHz), dimana lazimnya sumber sinyalnya ber-impedansi rendah.
- ü Penguat Operasi (Op-Amp) mempunyai terapan yang sangat banyak dan harganya relatif murah. Contoh penggunaannya misalnya untuk penguat AC, penguat DC, penguat penjumlah (summing amplifier), pencampur (mixer), penguat diferensial (differential amplifier), penguat instrumentasi, filter aktif, penanding (comparator), integrator, diferensiator, pembangkit gelombang dan sebagainya.
- ü Filter dibedakan menjadi dua :
 - a) Filter Pasif yaitu filter yang tidak menggunakan komponen aktif sehingga hanya terdiri dari komponen-komponen pasif : tahanan (R), induktor (L) dan kapasitor (C), RC, LC atau RLC.

b) Filter Aktif yaitu filter yang menggunakan komponen aktif, biasanya transistor atau penguat operasi (op-amp).

ü Pembangkitan gelombang ada 3 macam, yaitu :

- a) Pembangkitan gelombang kotak
- b) Pembangkitan gelombang sinus
- c) Pembangkitan gelombang segitiga

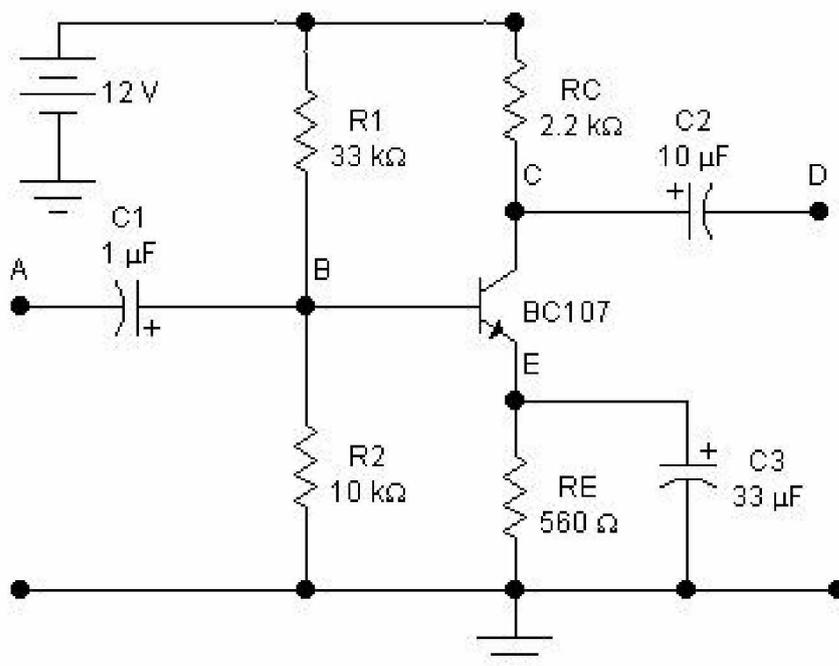
d. Tugas 5

Berikan contoh aplikasi penggunaan :

- 1) Penguat
- 2) Filter
- 3) Pembangkit gelombang

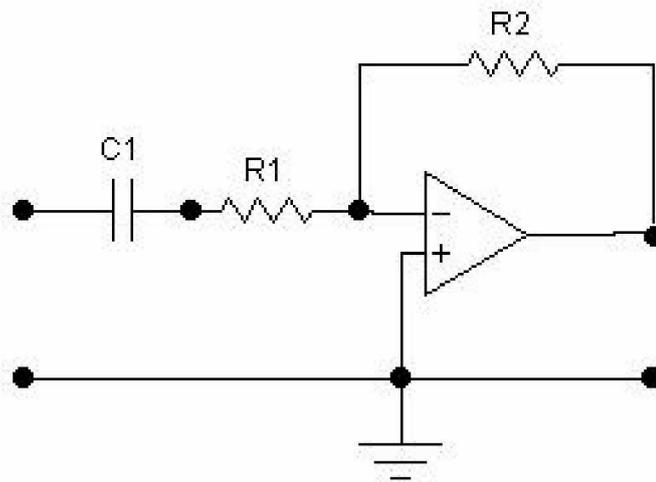
e. Tes Formatif 5

1) Hitunglah berapa penguatan tegangan, penguatan arus, impedansi masukan dan keluaran pada rangkaian Penguat Tunggal Emitor dibawah ini



Gambar 54. Rangkaian Penguat Tunggal Emitor

- 2) Berapakah kemiringan pada transition band yang dihasilkan oleh rangkaian filter di bawah ini? dan jika nilai $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, dan $C_1 = 100 \text{ nF}$, berapa frekuensi cut-off nya?



Gambar 55. Filter Lolos Atas Orde 1

- 3) Pada perancangan penguat dengan inverting amplifier, tahanan umpan balik hendaknya dipilih agar nilainya tidak terlalu besar (kurang dari $100 \text{ k}\Omega$). Jelaskan alasannya!

f. Kunci jawaban formatif 5

1) Penguatan tegangan tanpa C_3 :

$$A = R_C / R_E = 2200/560 = 3,9$$

Penguatan tegangan dengan C_3 :

$$I_E = V/R_E \text{ dimana } V_E = V_{R2} - 0,6 \text{ dan } V_{R2} \\ = 10/(10+33) \times 12 \text{ V} = 2,79 \text{ V}$$

$$\text{sehingga } r'_e = 25 \text{ mV} / 3,9 \text{ mA} = 6,41$$

$$A_v = R_C / r'_e = 2200 / 6,41 = 343,2$$

Penguatan arus :

$$A_i = R_2 / R_E = 10000 / 560 = 17,86$$

Impedansi keluaran :

$$Z_o = R_C = 2,2 \text{ k Ohm}$$

Impedansi masukan tanpa C_3 :

$Z_{ib} = h_{fe} (r_E + r'_e)$, misalkan nilai penguatan arus $h_{fe} = 100$,
maka:

$$Z_{ib} = 100 (560 + 6,41) = 56641 \text{ Ohm, sehingga:}$$

$$Z_i = R_1 // R_2 // Z_{ib} = 6758,67 \text{ Ohm @ } 6,8 \text{ k Ohm}$$

Impedansi masukan dengan C_3 :

$$Z_{ib} = h_{fe} \cdot r'_e = 100 \times 6,41 = 641 \text{ Ohm, maka:}$$

$$Z_i = R_1 // R_2 // Z_{ib} = 591,59 \text{ Ohm @ } 592 \text{ Ohm}$$

2) Menghasilkan kemiringan sebesar + 6 dB/dekade dan

$$\text{frekuensi cut-off sebesar: } f_c = 1/(2\pi R_1 C_1) = \\ 1/(2\pi (10000)(100 \times 10^{-9})) = 159,16 \text{ Hz}$$

3) Karena tahanan umpan balik yang terlalu besar akan menyebabkan rangkaian menjadi lebih peka terhadap derau (noise)

g. Lembar kerja 5

Alat dan Bahan :

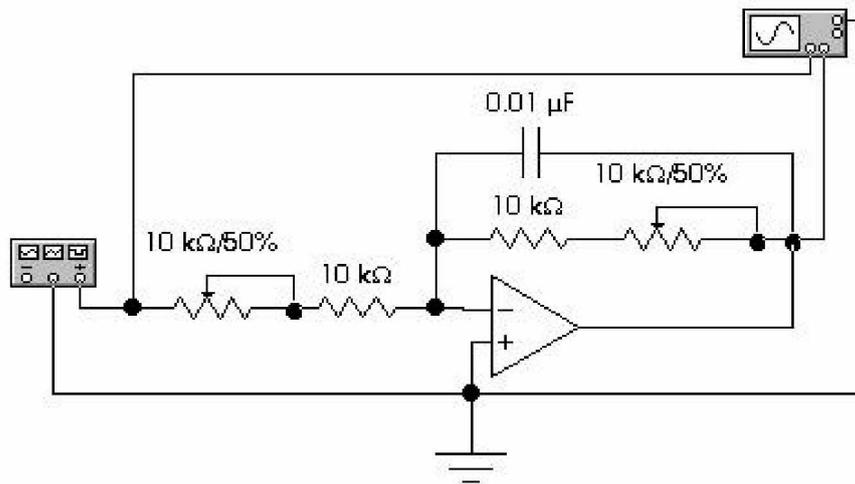
1) Oscilloscope	1 buah
2) Multimeter	1 buah
3) Catu daya 12 Volt.....	1 buah
4) Pembangkit sinyal	1 buah
5) IC LM 741	1 buah
6) Resistor 10 k Ohm	2 buah
7) Resistor variabel 10 k Ohm	2 buah
8) Kapasitor 0,01 mF.....	1 buah
9) Kertas Semilog	secukupnya
10)Kabel penghubung	secukupnya

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- 1) Pastikan tegangan keluaran catu daya sesuai yang dibutuhkan
- 2) Dalam menyusun rangkaian, perhatikan letak kaki-kaki penguat operasi dan kaki-kaki kapasitor elektrolit
- 3) Sebelum catu daya dihidupkan, hubungi guru untuk mengecek kebenaran pemasangan rangkaian.
- 4) Kalibrasi oscilloscope, dan atur kontras secukupnya
- 5) Dalam menggunakan meter kumparan putar, mulailah dari batas ukur yang besar. Bila simpangan terlalu kecil dan masih di bawah batas ukur yang lebih rendah, turunkan batas ukur.

Langkah Kerja

- 1) Susunlah rangkaian seperti Gambar 22. dibawah ini: (catu daya untuk penguat operasi tidak digambar)!



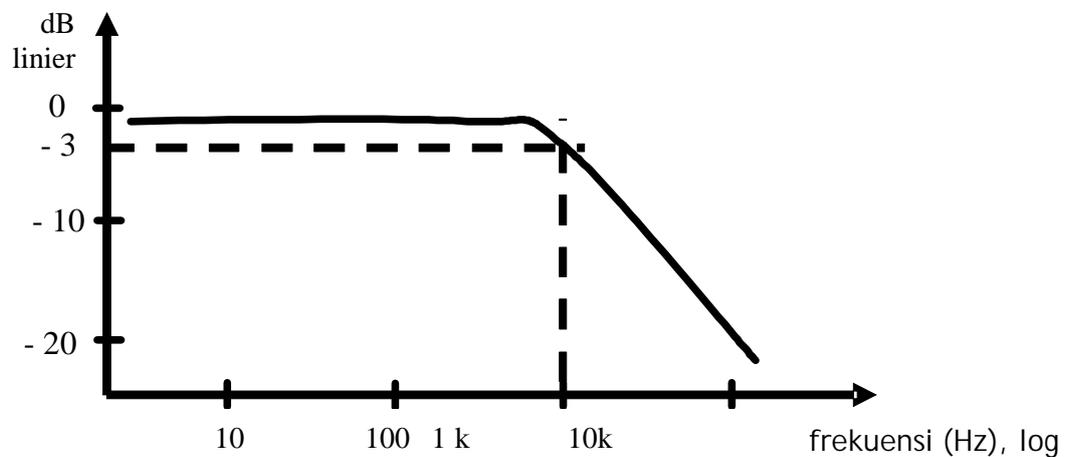
Gambar 54. Rangkaian Filter Lolos Bawah Orde 1

- 2) Aturlah kedua resistor variabel pada nilai 5,9 k Ohm!
- 3) Hidupkan catu daya untuk filter, juga pembangkit sinyal dan oscilloscope!
- 4) Pilihlah sinyal jenis sinus pada pembangkit sinyal! Pilihlah frekuensi 10 Hz! Aturlah amplitudo sinyal keluaran dari pembangkit sinyal, sedemikian rupa sehingga keluaran filter maksimum dan tidak cacat!
- 5) Ukurlah tegangan puncak ke puncak pada masukan (V_i) dan pada keluaran (V_o) dengan menggunakan oscilloscope! Kemudian ulangi hal tersebut untuk berbagai frekuensi! Hitunglah perbandingan V_o dan V_i , kemudian nyatakan perbandingan tersebut dalam dB. Sehingga Tabel 12 berikut dapat terisi secara lengkap:

Tabel 12. Tabel Tanggapan Frekuensi dari Filter Lolos Bawah

No	Frek (Hz)	Vi (volt)	Vo (volt)	Vo/Vi	Vo/Vi (dB)
1	10				
2	50				
3	100				
4	200				
5	300				
6	400				
7	500				
8	600				
9	700				
10	800				
11	900				
12	1000				
13	2000				
14	3000				
15	4000				
16	5000				
17	6000				
18	7000				
19	8000				
20	9000				

6) Pindahkan hasil pengamatan dalam tabel diatas ke dalam kertas semilog! Nilai frekuensi dalam Hz tersebut digambar pada sumbu datar yang logaritmis, sementara nilai perbandingan V_o/V_i (dalam dB) digambar pada sumbu vertikal yang linier!



Gambar 55. Contoh Grafik Tanggapan Frekuensi

- 7) Amati dari grafik hasil pengamatan! Berapakah magnitude pada frekuensi 1 k Hz ? Apakah nilainya -3 dB ? Kalau tidak, kenapa? Dan bagaimana cara untuk membetulkannya?

Lembar Latihan

- 1) Berapakah nilai magnitude pada filter riil dimana frekuensi cut-off berada?
- 2) Apa yang membedakan filter pasif dengan filter aktif ?
- 3) Sebutkan kelebihan filter aktif dibandingkan dengan filter pasif !
- 4) Pada pesawat pemancar radio, filter yang digunakan biasanya adalah filter pasif. Kenapa tidak menggunakan filter aktif ?

BAB III LEMBAR EVALUASI

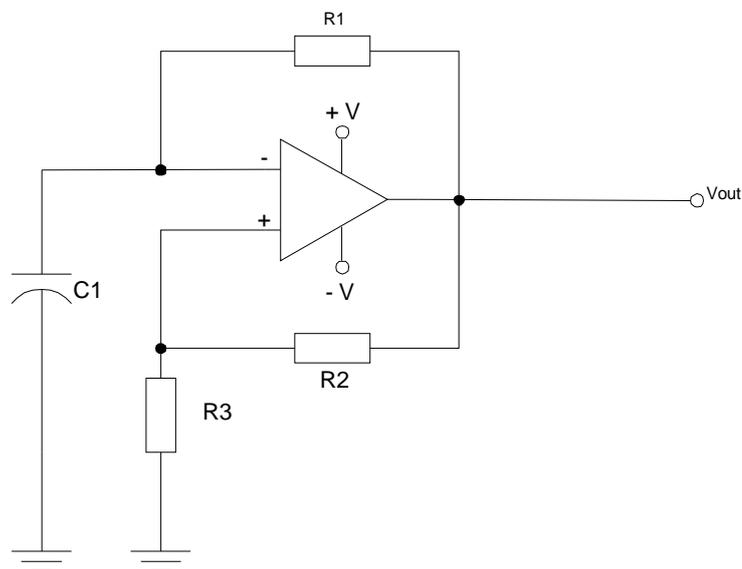
A. PERTANYAAN

Buatlah langkah-langkah atau prosedur untuk merancang salah satu rangkaian pembangkit gelombang, boleh rancangan rangkaian pembangkit gelombang kotak, sinus ataupun prosedur rancangan pembangkit gelombang segi tiga!

B. KUNCI JAWABAN LEMBAR EVALUASI

Prosedur Perancangan Pembangkit Gelombang Kotak

Dengan memanfaatkan prinsip umpan balik, dengan sebuah op-amp dapat menghasilkan sebuah rangkaian pembangkit gelombang kotak. Frekuensi gelombang kotak ditentukan oleh rangkaian umpan balik R dan C. Kedua komponen tersebut memberikan tetapan waktu RC. Untuk memperjelas prosedur perancangan dapat menggunakan gambar rangkaian berikut ini:



Resistor R2 dan R3 membentuk pembagi tegangan dengan ratio sama dengan dua kali tetapan waktu, sehingga frekuensi dapat ditentukan dengan rumus :

$$f_{out} = \frac{1}{2RC}$$

Dengan menggunakan rumus tersebut maka dapat dilakukan pemilihan komponen elektronika yang akan digunakan yaitu :

1. Pilih R1 misalnya 100kW
2. Pilih R2 sama dengan R1 yaitu 100kW
3. Hitung R3 berdasarkan rumus teori : $R3 = 0,86 R2$
4. Selanjutnya menentukan frekuensi yang diinginkan
5. Dengan rumus diatas maka $C1 = \frac{1}{2} f.R1$
6. Kemudian komponen dirakit dan diuji hasil perhitungannya.

C. KRITERIA KELULUSAN

Teori			
No	Tipe Pertanyaan	Jumlah Soal	Skor
1	Uraian	1	100
Jumlah			

Praktek					
No	Uraian	Bobot			
1	Ketepatan alat/bahan	1	2	3	4
2	Kebenaran hasil praktek	1	2	3	4
3	Keselamatan kerja	1	2	3	4
4	Prosedur kerja	1	2	3	4
5	Interpretasi hasil	1	2	3	4
6	Waktu	1	2	3	4
Jumlah					
Nilai Praktik = Jumlah x 4.167					

$$\text{Nilai Akhir} = 0,3 \text{ Nilai Teori} + 0.7 \text{ Nilai Praktik}$$

Jika skor nilai akhir telah mencapai 70 maka peserta diklat dinyatakan lulus

BAB IV PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini dan mengerjakan semua tugas serta evaluasi maka berdasarkan kriteria penilaian, peserta diklat dapat dinyatakan lulus/ tidak lulus. Apabila dinyatakan lulus maka dapat melanjutkan ke modul berikutnya sesuai dengan alur peta kedudukan modul, sedangkan apabila dinyatakan tidak lulus maka peserta diklat harus mengulang modul ini dan tidak diperkenankan mengambil modul selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hughes, Fredrick W. 1990. Panduan Op-Amp. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Loveday, GC. 1993. Melacak Kesalahan Elektronika, Jakarta : Elex Media Komputindo.
- Rusmadi, Dedy. 2001. Aneka Hoby Elektronika. Bandung : CV. Pionir Jaya.
- Sutrisno. 1987. Elektronika Teori dan Penerapannya. Bandung : ITB Bandung.
- Woollard, Barry. 1999. Elektronika Praktis. Jakarta : PT Pradnya Paramitra.
- Robert, Boylestad. 1999. Electronic Devices And Circuit Theory, USA :Prentice Hall.inc