

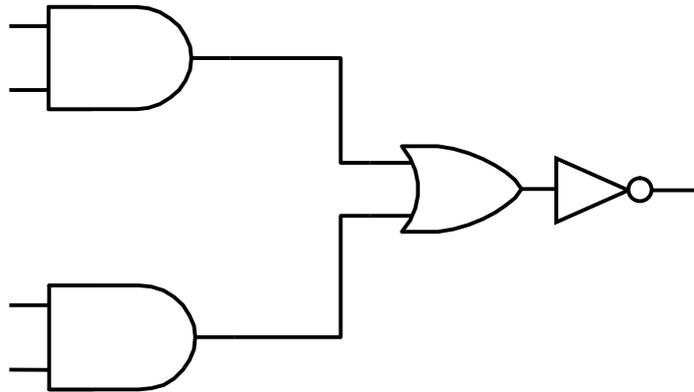
KODE MODUL

TS.001



SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Dasar Elektronika Analog dan Digital



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

KATA PENGANTAR

Modul ELEKTRONIKA ANALOG DAN DIGITAL digunakan sebagai panduan kegiatan belajar untuk membentuk salah satu kompetensi, yaitu mengoperasikan peralatan telekomunikasi konsumen bidang keahlian teknik telekomunikasi.

Modul ini menekankan pemahaman tentang dasar teori atom dan molekul, komponen pasif, sifat dan macam bahan penghantar, isolator serta semikonduktor, komponen dasar elektronika seperti dioda, transistor sebagai penyearah dan penguat. dalam rangka penguasaan kompetensi mengoperasikan peralatan telekomunikasi konsumen bidang keahlian teknik telekomunikasi .

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 JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL	vi
PERISTILAHAN/ GLOSSARY	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. DESKRIPSI.....	1
B. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL.....	1
1. Petunjuk Bagi Peserta Diklat.....	1
2. Petunjuk Bagi Guru	2
C. TUJUAN AKHIR	3
D. KOMPETENSI	4
E. CEK KEMAMPUAN.....	5
II. PEMBELAJARAN	6
A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT	6
B. KEGIATAN BELAJAR.....	7
1. Kegiatan Belajar 1	7
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	7
b. Uraian Materi 1	7
c. Rangkuman 1	15
d. Tugas 1	15
e. Tes Formatif 1	15
f. Kunci Jawaban Tes Formatif 1	16
2. Kegiatan Belajar 2	16
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	16
b. Uraian Materi 2.....	17
c. Rangkuman 2.....	25
d. Tugas 2	26

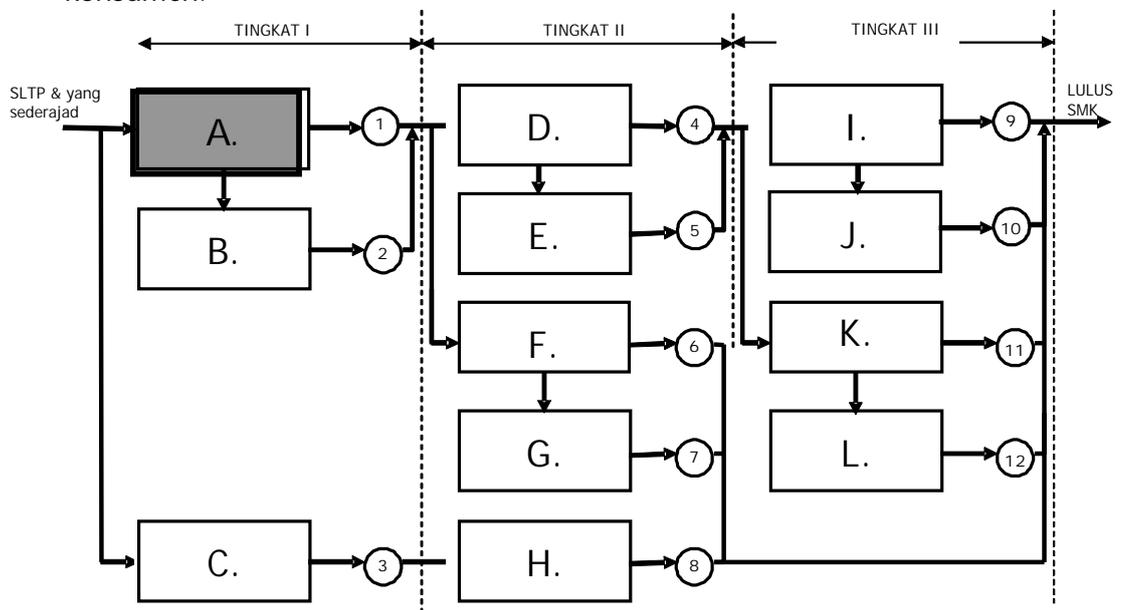
e.	Tes Formatif 2.....	26
f.	Kunci Jawaban Tes Formatif 2	27
g.	Lembar Kerja 2.....	28
3.	Kegiatan Belajar 3	35
a.	Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	35
b.	Uraian Materi 3	35
c.	Rangkuman 3	42
d.	Tugas 3.....	42
e.	Tes Formatif 3	42
f.	Kunci Jawaban Tes Formatif 3.....	43
g.	Lembar Kerja 3	44
4.	Kegiatan Belajar 4	45
a.	Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	45
b.	Uraian Materi 4.....	45
c.	Rangkuman 4	54
d.	Tugas 4	54
e.	Tes Formatif 4	54
f.	Kunci Jawaban Tes Formatif 4.....	55
5.	Kegiatan Belajar 5	60
a.	Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	60
b.	Uraian Materi 5	60
c.	Rangkuman 5	69
d.	Tugas 5	69
e.	Tes Formatif 5	69
f.	Kunci Jawaban Tes Formatif 5.....	70
g.	Lembar Kerja 5	71
6.	Kegiatan Belajar 6	73
a.	Tujuan Kegiatan Pembelajaran.....	73
b.	Uraian Materi 6	73
c.	Rangkuman 6	87
d.	Tugas 6	87
e.	Tes Formatif 6	87

f.	Kunci Jawaban Tes Formatif 6	89
7.	Kegiatan Belajar 7	90
a.	Tujuan Kegiatan Pembelajaran	90
b.	Uraian Materi 7	90
c.	Rangkuman 7	98
d.	Tugas 7	99
e.	Tes Formatif 7	99
f.	Kunci Jawaban Tes Formatif 7	100
g.	Lembar Kerja 7	101
III.	EVALUASI	103
A.	PERTANYAAN	103
B.	KUNCI JAWABAN	104
C.	KRITERIA PENILAIAN	106
IV.	PENUTUP	107
	DAFTAR PUSTAKA	108

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 Dasar Elektronika Analog Digital merupakan salah satu dari 11 modul untuk membentuk kompetensi mengoperasikan peralatan telekomunikasi konsumen dan memelihara peralatan telekomunikasi konsumen.

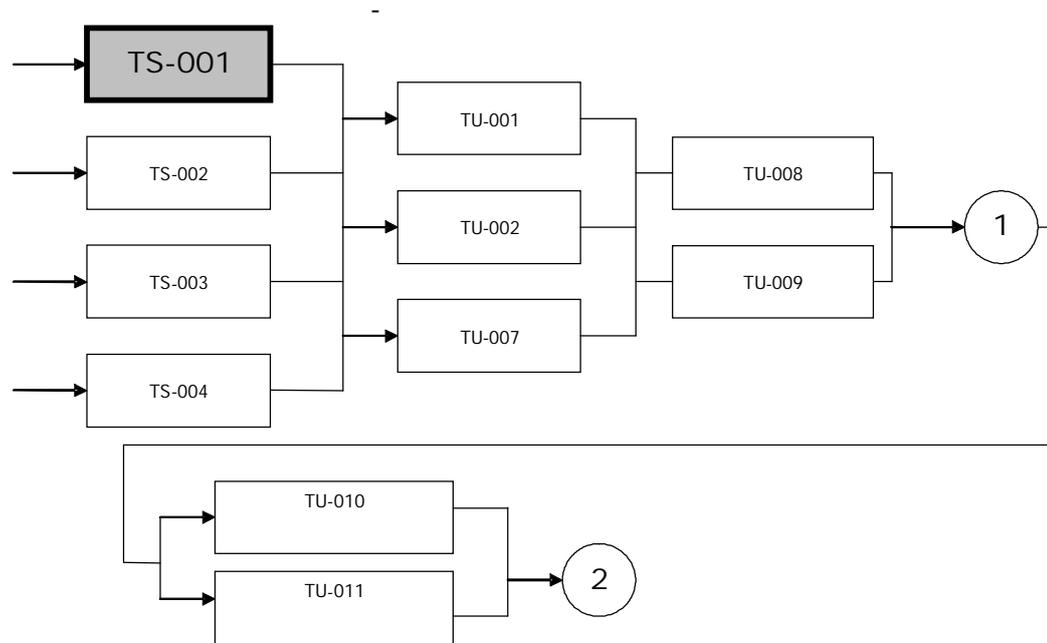


Keterangan :

- A. : Mengoperasikan peralatan telekomunikasi konsumen
- B. : Memelihara peralatan telekomunikasi konsumen
- C. : Mengoperasikan peralatan pendukung transmisi
- D. : Mengoperasikan peralatan transmisi radio terestrial
- E. : Memelihara peralatan transmisi radio terestrial
- F. : Mengoperasikan peralatan transmisi optik
- G. : Memelihara peralatan transmisi optik
- H. : Memelihara peralatan pendukung transmisi
- I. : Mengoperasikan peralatan transmisi seluler
- J. : Memelihara peralatan transmisi seluler
- K. : Mengoperasikan peralatan transmisi satelit
- L. : Memelihara peralatan transmisi satelit

B. Kedudukan Modul

Modul dengan kode TS-001 merupakan modul dasar yang harus diambil pada awal diklat.



- TS-001 Dasar Elektronika Analog dan Digital
- TS-002 Dasar Rangkaian Listrik
- TS-003 Alat Ukur dan Teknik Pengukuran
- TS-004 Pengantar Teknik Telekomunikasi
- TU-001 Peraturan Instalasi Listrik
- TU-002 Teknik Gambar Listrik
- TU-007 Teknik Jaringan Listrik
- TU-008 Teknik instalasi CPE (HP, Parabola)
- TU-009 Teknik Instalasi kabel Rumah/Gedung
- TU-010 Teknik Pemeliharaan Instalasi Listrik dan pengkabelan
- TU-011 Teknik Pemeliharaan peralatan telekomunikasi pelanggan

PERISTILAHAN/GLOSSARY

Bit, yaitu bagian dari setiap digit biner

Least significant bit (LSB), yaitu bit paling kanan pada setiap digit biner.

Mostt significant bit (MSB), yaitu bit paling kiri pada setiap digit biner.

Multivibrator bistabil, yaitu multivibrator yang keluarannya adalah suatu tegangan rendah atau tinggi 0 atau 1.

BAB I

PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI JUDUL

DASAR ELEKTRONIKA ANALOG DAN DIGITAL merupakan modul bahan ajar praktikum berisi pengetahuan, pengenalan, penggunaan tentang dasar macam dan karakteristik komponen-komponen elektronika serta sistem pembilangan dan gerbang dasar maupun kombinasional.

Modul ini menekankan pada penguasaan ilmu elektronika analog dan digital yang mencakup tentang pengetahuan dasar teori atom; bahan penghantar, isolator dan semikonduktor, serta sistem pembilangan dan gerbang dasar maupun kombinasional meliputi : Kegiatan Belajar 1 berisi pengetahuan dasar teori atom. Kegiatan belajar 2 berisi pengetahuan sifat dan macam bahan penghantar, isolator dan semikonduktor. Kegiatan Belajar 3 berisi pengetahuan dasar penyearah. Kegiatan belajar 4 berisi tentang sistem bilangan dan Kegiatan belajar 5 berisi tentang gerbang dasar dan kombinasi. Dengan menguasai modul ini peserta diklat mampu menguasai konsep dasar teori atom sebagai dasar pembuatan komponen-komponen elektronika dan aplikasi komponen elektronika seperti dioda, transistor berdasar karakteristik masing-masing komponen. Selain itu juga peserta diklat memahami tentang sistem bilangan dan gerbang logika dasar dan kombinasi.

B. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Petunjuk bagi Peserta Diklat

Peserta diklat diharapkan dapat berperan aktif dan berinteraksi dengan sumber belajar yang dapat digunakan, karena itu harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

a. Langkah-langkah belajar yang ditempuh

- 1) Persiapkan alat dan bahan!
- 2) Bacalah dengan seksama uraian materi pada setiap kegiatan belajar!
- 3) Cermatilah langkah-langkah kerja pada setiap kegiatan belajar sebelum mengerjakan, bila belum jelas tanyakan pada instruktur!
- 4) Jangan menghubungkan alat ke sumber tegangan secara langsung sebelum disetujui oleh instruktur!
- 5) Kembalikan semua peralatan praktik yang digunakan!

b. Perlengkapan yang Harus Dipersiapkan

Guna menunjang keselamatan dan kelancaran tugas/ pekerjaan yang harus dilakukan, maka persiapkanlah seluruh perlengkapan yang diperlukan. Beberapa perlengkapan yang harus dipersiapkan adalah:

- 1) Pakaian kerja (wearpack)
- 2) Penghantar, isolator dan bahan semikonduktor
- 3) Komponen elektronika, seperti dioda, transistor
- 4) IC TTL

c. Hasil Pelatihan

Peserta diklat mampu menguasai dasar elektronika analog dan digital.

2. Peran Guru

Guru yang akan mengajarkan modul ini hendaknya mempersiapkan diri sebaik-baiknya yaitu mencakup aspek strategi pembelajaran, penguasaan materi, pemilihan metode, alat bantu media pembelajaran dan perangkat evaluasi.

Guru harus menyiapkan rancangan strategi pembelajaran yang mampu mewujudkan peserta diklat terlibat aktif dalam proses

pencapaian/ penguasaan kompetensi yang telah diprogramkan. Penyusunan rancangan strategi pembelajaran mengacu pada kriteria unjuk kerja (KUK) pada setiap subkompetensi yang ada dalam GBPP.

C. TUJUAN AKHIR

Peserta diklat memahami tentang elektronika analog dan digital.

D. KOMPETENSI

Sub Kompetensi	Kriteria Unjuk Kerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Ketrampilan
1	2	3	4	5	6
A1. Menguasai elektronika analog	Menguasai dasar elektronika analog	Penguasaan dasar elektronika analog sebagai fungsi dari sinyal kontinyu	Tekun dan kritis dalam mengkaji penggunaan peralatan elektronika berbasis komponen analog	<ul style="list-style-type: none"> · Dasar teori atom dan molekul · Sifat dan macam bahan penghantar, isolator dan semikonduktor · Prinsip dasar penyearah · Prinsip dasar penguat 	<ul style="list-style-type: none"> · Mampu menguasai dasar peralatan elektronika, melalui penguasaan karakteristik komponen elektronika analog
A2. Menguasai elektronika digital	Menguasai dasar elektronika digital	Penguasaan dasar elektronika digital	Tekun dan kritis dalam mengkaji penggunaan peralatan elektronika berbasis komponen digital	<ul style="list-style-type: none"> · Gerbang logika dasar dan kombinasional (AND, OR, NOT, NAND, NOR, Ex-OR, Ex-NOR) 	<ul style="list-style-type: none"> · Gerbang logika dasar dan kombinasional (AND, OR, NOT, NAND, NOR, Ex-OR, Ex-NOR)

E. CEK KEMAMPUAN

Untuk mengetahui kemampuan awal yang telah dimiliki, maka isilah cek list (√) seperti pada tabel di bawah ini dengan sikap jujur dan dapat dipertanggung jawabkan.

Sub Kompetensi	Pernyataan	Saya dapat Melakukan Pekerjaan ini dengan Kompeten		Bila Jawaban "Ya" Kerjakan
		Ya	Tidak	
Menguasai dasar elektronika analog dan digital	1. Mamahami dasar teori atom			Tes Formatif 1
	2. Memahami sifat dan macam bahan penghantar dan isolator			Tes Formatif 2
	3. memahami prinsip dasar penyearah			Tes Formatif 3
	4. memahami kode sistem bilangan			Tes Formatif 4
	5. memahami gerbang dasar dan kombinasional			Tes Formatif 5

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

BAB II

PEMBELAJARAN

A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat	Perubahan	Paraf Guru
Dasar teori atom dan molekul					
Sifat dan macam bahan penghantar dan isolator					
Prinsip Dasar penyearah					
Kode sistem bilangan					
Gerbang dasar dan kombinasi					

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.

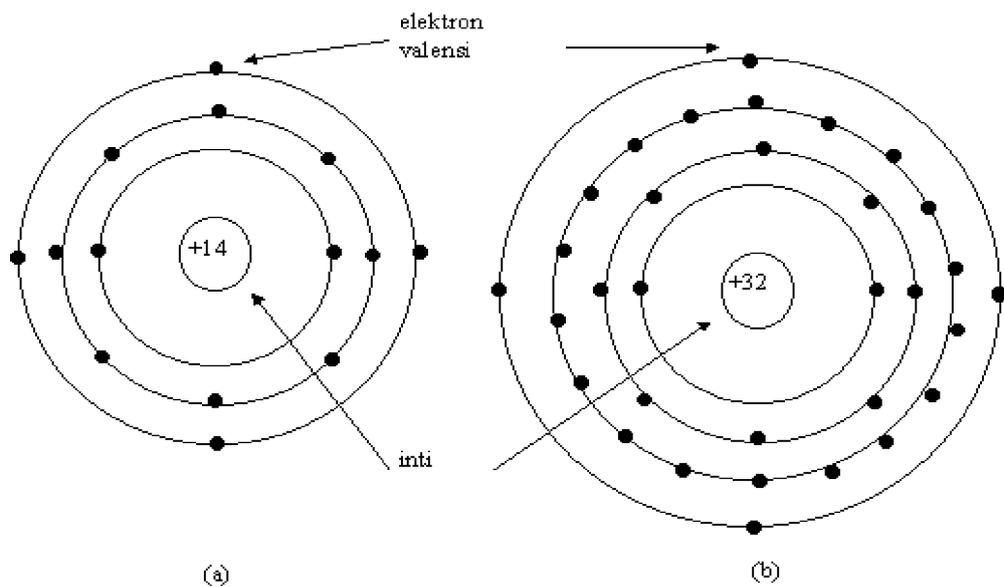
b. Uraian Materi 1

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.

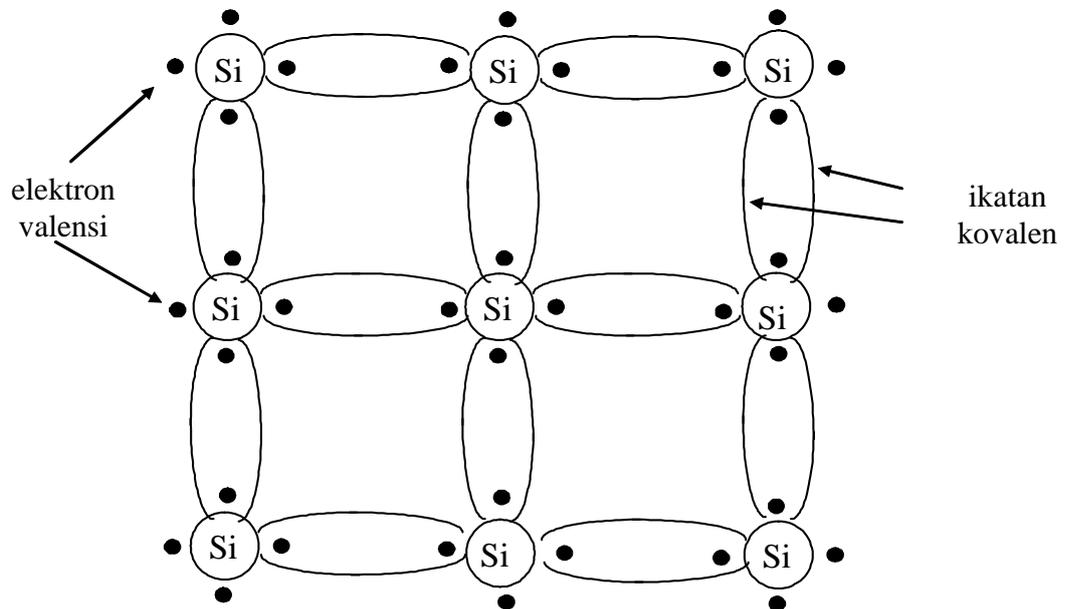
Seperti ditunjukkan pada Gambar 1 atom silikon mempunyai elektron yang mengorbit (mengelilingi inti) sebanyak 14 dan

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: $- 1.602^{-19}$ C dan muatan sebuah proton adalah: $+ 1.602^{-19}$ 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

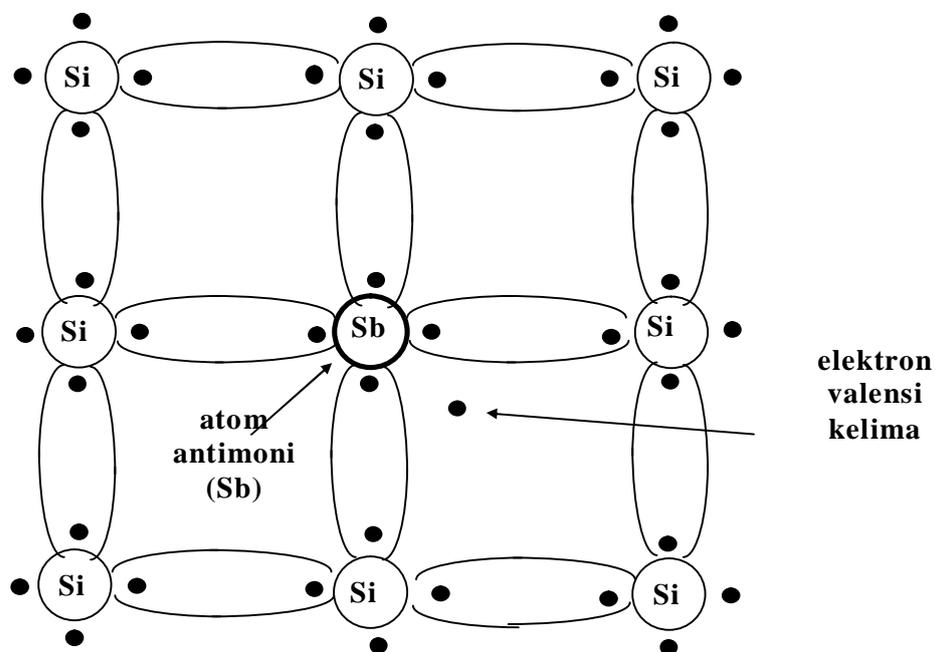
Meskipun terikat dengan kuat dalam struktur kristal, namun bisa saja elektron valensi tersebut keluar dari ikatan kovalen menuju daerah konduksi apabila diberikan energi panas. Bila energi panas tersebut cukup kuat untuk memisahkan elektron dari ikatan kovalen maka elektron tersebut menjadi bebas atau 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 holenya adalah sama. Konduktivitas

semikonduktor intrinsik sangat rendah, karena terbatasnya jumlah pembawa muatan yakni hole maupun elektron bebas tersebut.

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



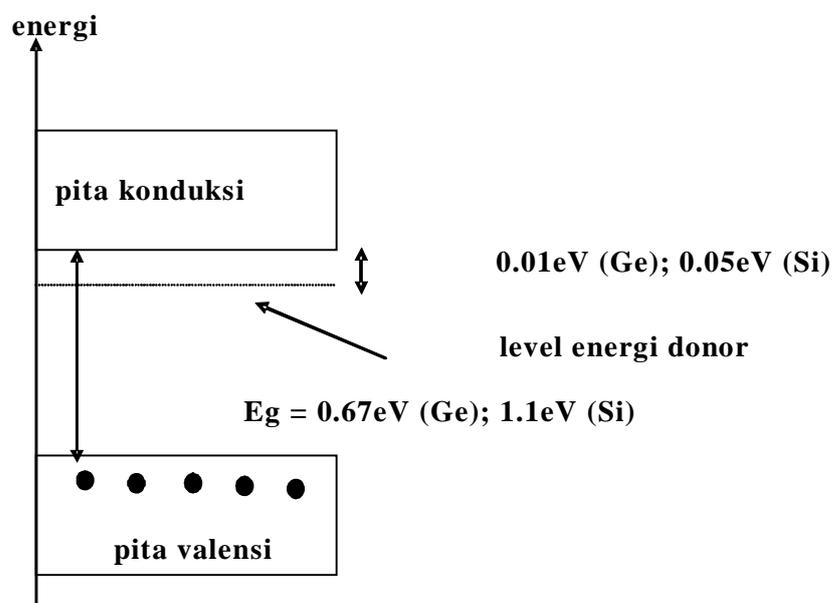
Gambar 3. Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe N

Karena atom antimoni (Sb) bervalensi lima, maka empat elektron valensi mendapatkan pasangan ikatan kovalen dengan atom silikon sedangkan elektron valensi yang kelima tidak mendapatkan pasangan. Oleh karena itu ikatan elektron kelima ini dengan inti menjadi lemah dan mudah menjadi elektron bebas. Karena setiap atom depan 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.

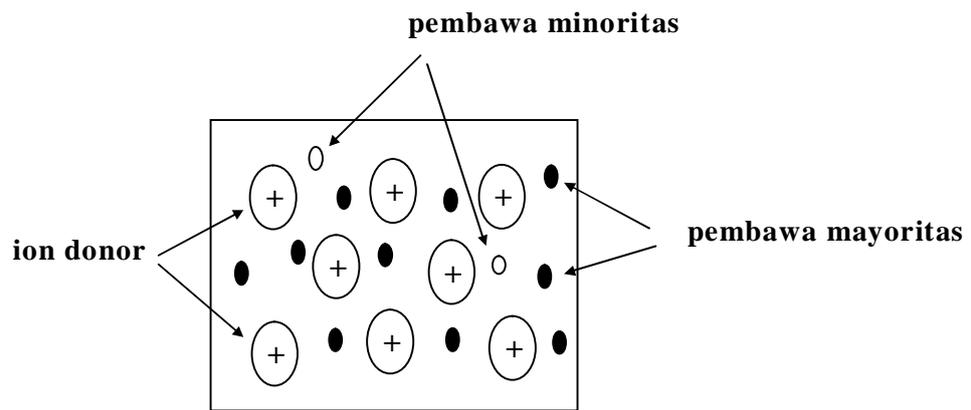
Meskipun bahan silikon type n ini mengandung elektron bebas (pembawa mayoritas) cukup banyak, namun secara keseluruhan kristal ini tetap netral karena jumlah muatan positif pada inti atom masih sama dengan jumlah keseluruhan elektronnya. Pada bahan type n disamping jumlah elektron bebasnya (pembawa mayoritas)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



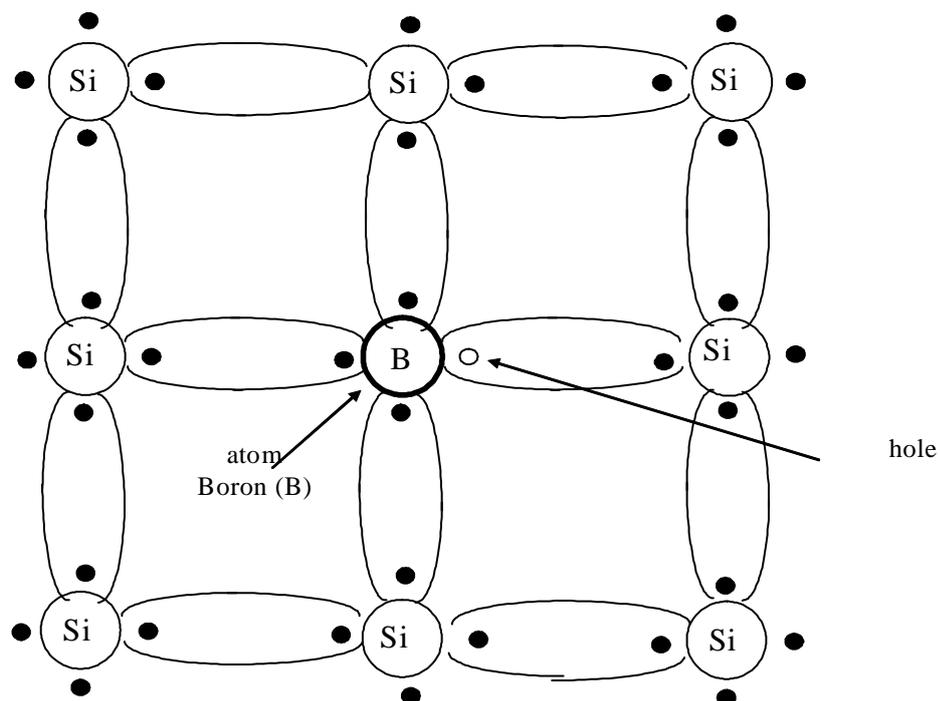
Gambar 5. Bahan Semikonduktor Tipe N

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.

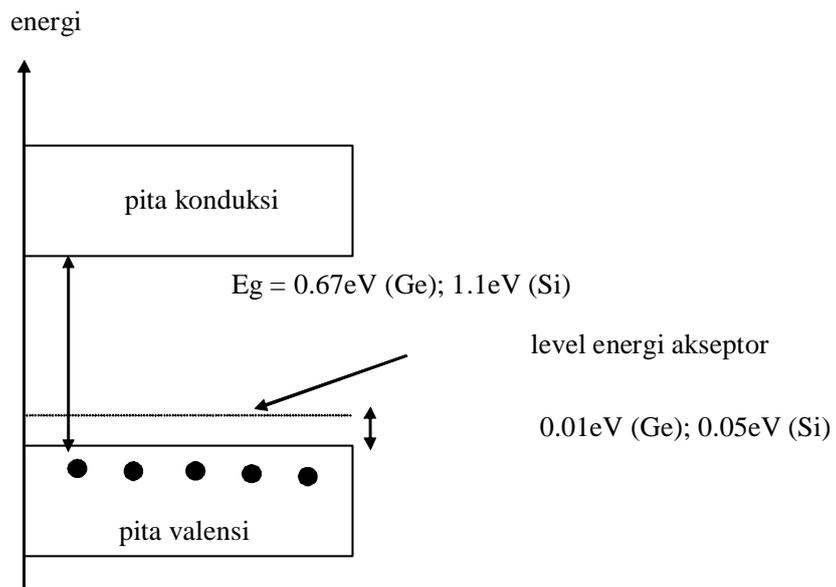
Seperti halnya pada semikonduktor type n, secara keseluruhan kristal semikonduktor type n ini adalah netral. Karena jumlah hole dan elektronnya sama. Pada bahan type p, hole merupakan pembawa muatan mayoritas. Karena dengan penambahan atom dopan akan meningkatkan jumlah hole sebagai pembawa muatan. Sedangkan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



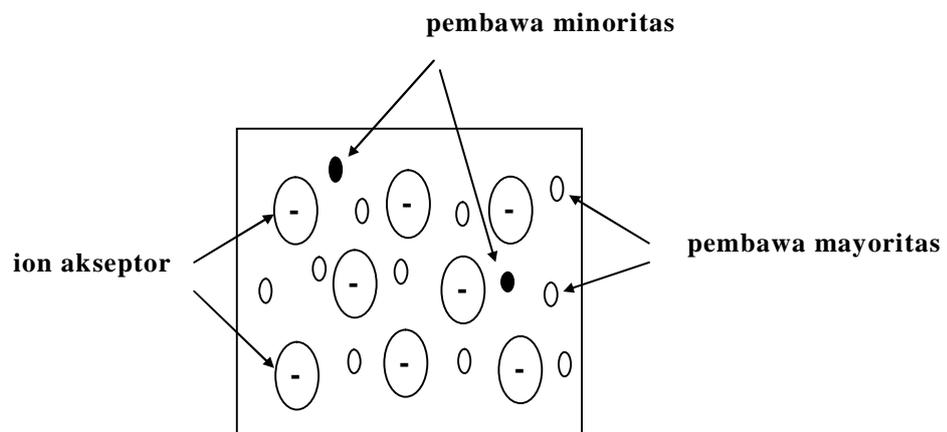
Gambar 6. Struktur Kristal Semikonduktor (Silikon) Tipe P

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

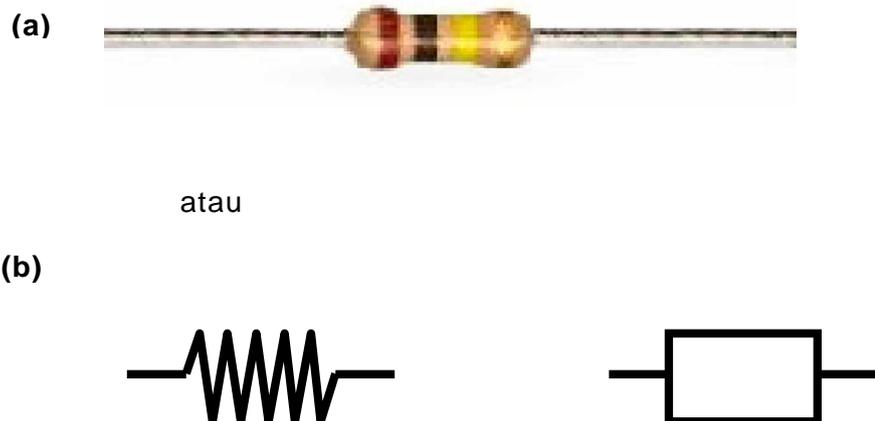
Yang termasuk komponen pasif adalah resistor, kapasitor, induktor.

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)).

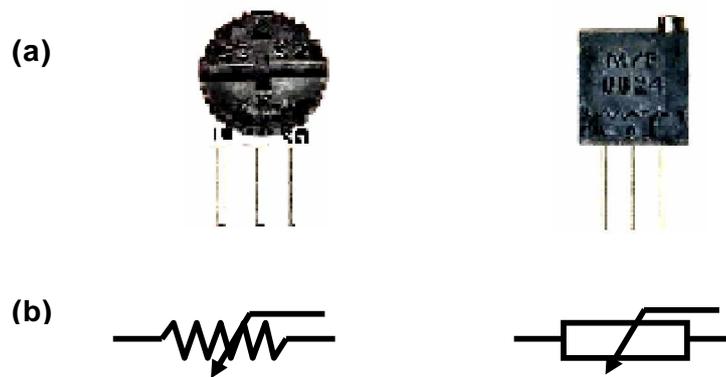
Resistor terbagi menjadi dua macam, yaitu :

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 9. (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 10.



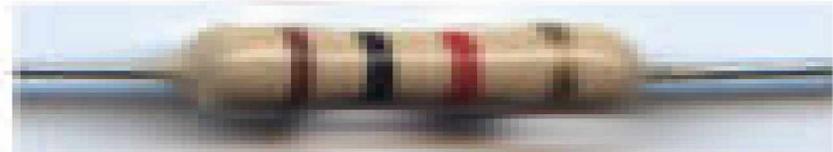
Gambar 10. (a) Resistor Variabel / Potensiometer;
(b) Simbol resistor variabel/potensiometer

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 11. 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 (coklat) =1; Gelang 2(coklat)=0; Gelang 3(orange)= 10³ ; Gelang 4 (emas) = 5 %

Sehingga nilai tahanan resistor adalah $10 \times 10^3 \text{ W} \pm 5 \%$
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 12. 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%

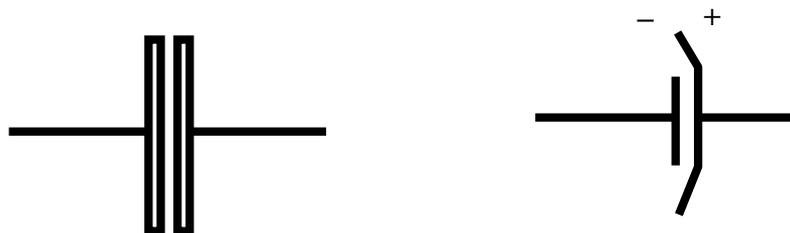
Kapasitor

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:

(a)



(b)



Gambar 13. (a) Kapasitor; (b) Simbol kapasitor



Gambar 14. Kode Warna pada Kapasitor

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

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

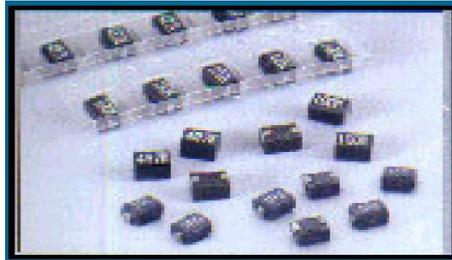
Kode angka	Gelang 1 (Angka pertama)	Gelang 2 (Angka kedua)	Gelang 3 (Faktor pengali)	Kode huruf (Toleransi %)
0	-	0	1	B
1	1	1	10	C
2	2	2	10 ²	D
3	3	3	10 ³	F = 1
4	4	4	10 ⁴	G = 2
5	5	5	10 ⁵	H = 3
6	6	6	10 ⁶	J = 5
7	7	7	10 ⁷	K = 10
8	8	8	10 ⁸	M = 20
9	9	9	10 ⁹	

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.

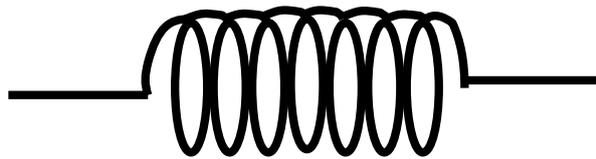
Induktor

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

(a)



(b)



Gambar 15. (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)

ρ = 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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)	Tole- ransi (%)	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

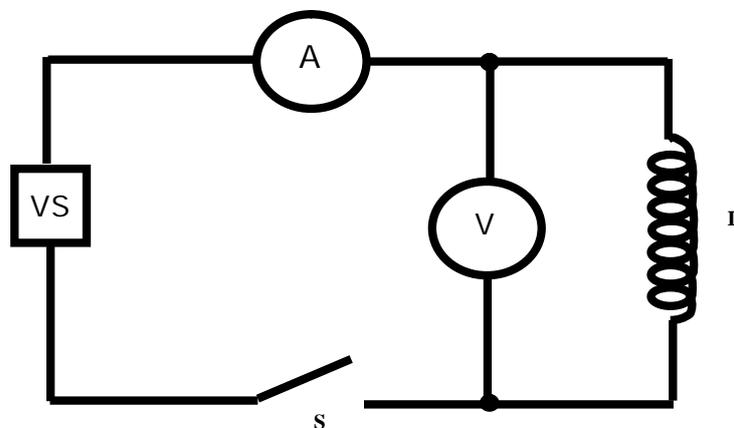
- 1) Ohmmeter..... 1 buah
- 2) Voltmeter..... 1 buah
- 3) Amperemeter..... 1 buah
- 4) Sumber tegangan AC variabel..... 1 buah
- 5) Induktor Dekade 1-100 mH..... 1 buah
- 6) Saklar kutub tunggal..... 1 buah
- 7) Kabel penghubung..... secukupnya

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 16. 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 (Ω) R	Tegangan (volt) V	Arus (mA) I	Impedansi (Ω) Z	X_L (Ω)	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:

Sifat dan Macam Bahan Penghantar dan Isolator

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar sifat dan macam penghantar dan isolator siswa mampu memilah dan memilih jenis penghantar sesuai dengan fungsi dan kegunaannya dengan tepat.

b. Uraian Materi 3

Dalam teknik listrik maupun elektronika, khususnya pada pelajaran praktek, mempelajari dan memahami bermacam-macam bahan dan sifat-sifatnya merupakan hal yang sangat penting. Dalam memilih bahan sebagai peyekat atau penghantar, perlu digunakan sesuai dengan penggunaannya dan mempertimbangkan beberapa aspek penting. Selain sifat bahan, juga mempunyai beberapa bentuk, seperti bahan padat, cair dan gas. Ada juga bahan yang memiliki ketiga bentuk tersebut, pada temperatur tertentu. Pada pembahasan kali ini kita akan membahas tentang bahan penghantar (konduktor), isolator dan semikonduktor.

1) Sifat Bahan Konduktor

Yang termasuk bahan-bahan penghantar adalah bahan yang memiliki banyak elektron bebas pada kulit terluar orbit. Elektron bebas ini akan sangat berpengaruh pada sifat bahan tersebut. Jika suatu bahan listrik memiliki banyak elektron bebas pada orbit-orbit elektron, bahan ini memiliki sifat sebagai penghantar listrik.

Bahan penghantar memiliki sifat-sifat penting, yaitu :

a) Daya Hantar Listrik

Arus yang mengalir dalam suatu penghantar selalu mengalami hambatan dari penghantar itu sendiri. Besar

hambatan tersebut tergantung dari bahannya. Besar hambatan tiap meternya dengan luas penampang 1mm^2 pada temperatur 20°C dinamakan hambatan jenis. Besarnya hambatan jenis suatu bahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R = \frac{\rho l}{A}, \text{ dimana :} \quad (4)$$

R : Hambatan dalam penghantar, satuannya ohm (Ω)

ρ : hambatan jenis bahan, dalam satuan $\text{ohm}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$

l : panjang penghantar, satuannya meter (m)

A : luas penampang kawat penghantar, satuannya mm^2

Persamaan untuk daya hantar listrik ni adalah :

$$Y = \frac{l}{P} \text{ dalam satuan } \text{S}\cdot\text{m}/\text{mm}^2 \text{} \quad (5)$$

b) Koefisien Temperatur Hambatan

Telah kita ketahui bahwa dalam suatu bahan akan mengalami perubahan volume bila terjadi perubahan temperatur. Bahan akan memuai jika temperatur suhu naik dan akan menyusut jika temperatur suhu turun. Besarnya perubahan hambatan akibat perubahan suhu dapat diketahui dengan persamaan ;

$$R = R_0 \{ 1 + \alpha (t - t_0) \}, \text{ dimana :} \quad (6)$$

R : besar hambatan setelah terjadinya perubahan suhu

R_0 : besar hambatan awal, sebelum terjadinya perubahan suhu.

T : temperatur suhu akhir, dalam $^\circ\text{C}$

t_0 : temperatur suhu awal, dalam $^\circ\text{C}$

α : koefisien temperatur tahanan

c) Daya Hantar Panas

Daya hantar panas menunjukkan jumlah panas yang melalui lapisan bahan tiap satuan waktu. Diperhitungkan dalam

satuan Kkal/jam °C. Terutama diperhitungkan dalam pemakaian mesin listrik beserta perlengkapannya. Pada umumnya logam mempunyai daya hantar panas yang tinggi.

d) Daya Tegangan Tarik

Sifat mekanis bahan sangat penting, terutama untuk hantaran diatas tanah. Oleh sebab itu, bahan yang dipakai untuk keperluan tersebut harus diketahui kekuatannya. Terutama menyangkut penggunaan dalam pedistribusian tegangan tinggi.

e) Timbulnya daya Elektro-motoris Termo

Sifat ini sangat penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan logam yang berlainan jenis, karena dalam suatu rangkaian, arus akan menimbulkan daya elektro-motoris termo tersendiri bila terjadi perubahan temperatur suhu.

Daya elektro-motoris termo dapat terjadi lebih tinggi, sehingga dalam pengaturan arus dan tegangan dapat menyimpang meskipun sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan yang dibangkitkan tergantung pada sifat-sifat kedua bahan yang digunakan dan sebanding dengan perbedaan temperaturnya. Daya elektro-motoris yang dibangkitkan oleh perbedaan temperatur disebut dengan daya elektro-motoris termo.

Dari sekian banyak logam yang digunakan dalam teknik listrik dan elektronika, antara lain :aluminium, tembaga, seng, timah dan sebagainya. Adapun sifat-sifat logam seperti yang disebutkan diatas adalah sebagai berikut :

4. Sifat aluminium (Al)

Berikut adalah sifat penting bahan logam aluminium (Al) adalah

- Dapat ditempa dalam keadaan dingin
- Tidak tahan terhadap garam dapur atau laut
- Warna silver atau perak
- Titik didih = 1800°C
- Rho (ρ) = 0,0278
- Alpha (α) = 0,0047

5. Sifat tembaga (Cu)

Beberapa sifat penting dari logam tembaga :

- Dapat disepuh dan berkarat bila terkena CO_2
- Warna merah sedikit mengkilap
- Titik didih = $22360\text{C} - 23400\text{C}$
- Rho (ρ) = 0,017
- Alpha (α) = 0,0043

6. Sifat seng (Zn)

Beberapa sifat penting yang dimiliki oleh bahan logam seng adalah :

- Dapat ditempa dalam keadaan dingin
- Tidak tahan terhadap garam dan asam garam
- Warna putih kebiru-biruan
- Titik didih = 9070C
- Rho (ρ) = 0,0043
- Alpha (α) = 0,006

7. Sifat timah (Sn)

Beberapa sifat penting yang dimiliki oleh bahan timah adalah :

- Warna jernih mengkilap
- Titik didih = 23600C
- Rho (ρ) = 0,0043
- Alpha (α) = 0,12

Selain bahan logam yang telah disebutkan diatas, ada juga bahan logam yang lain yang tergolong sebagai bahan

konduktor/ penghantar pada jenis logam mulia, seperti :perak, emas dan platina. Bahan logam ini dinamakan logam mulia karena bahan ini memiliki jumlah elektron valensi yang lengkap, sehingga sangat sulit untuk mengadakan reaksi lain.

Bahan padat lain yang dipakai untuk penghantar adalah wolfram yang digunakan untuk filamen katoda pada tabung elektron, lampu-lampu pijar, dan alat pemanas dengan temperatur yang tinggi.

Dwilogam atau yang sering disebut dengan bimetal adalah dua jenis logam yang disambung menjadi satu. Pemakaian dalam bidang kelistrikan sangat luas, misal ; kontak pengatur, regulator. Digunakan untuk menjaga agar temperatur panas selalu konstan. Bimetal ini dipasang didalam pemanas dan fungsinya memutus rangkaian bila temperaturnya meningkat dan akan menyambung kembali rangkaian bila temperaturnya turun.

2) Sifat Bahan Isolator

Bahan yang disebut sebagai bahan isolator adalah bahan dielektrik, ini disebabkan jumlah elektron yang terikat oleh gaya tarik inti sangat kuat. Elektro-elektronya sulit untuk bergerak atau bahkan tidak sangat sulit berpindah, walaupun telah terkena dorongan dari luar. Bahan isolator sering digunakan untuk bahan penyekat (dielektrik). Penyekat listrik terutama dimaksudkan agar listrik tidak dapat mengalir jika pada bahan penyekat tersebut diberi tegangan listrik. Untuk dapat memenuhi persyaratan tersebut, diperlukan jenis bahan yang sesuai. Selain syarat tersebut juga diperlukan syarat yang lain yang dipertimbangkan untuk memenuhi pemakaiannya, antarlain :

a) Sifat Kelistrikan

Bahan penyekat mempunyai tahanan listrik yang besar. Penyekat listrik ditujukan untuk mencegah terjadinya kebocoran arus listrik antara kedua penghantar yang berbeda potensial atau untuk mencegah loncatan listrik ketanah. Kebocoran arus listrik harus dibatasi sekecil-kecilnya (tidak melampaui batas yang telah ditentukan oleh peraturan yang berlaku).

b) Sifat Mekanis

Mengingat luasnya pemakaiannya pemakaian bahan penyekat, maka dipertimbangkan kekuatan struktur bahannya. Dengan demikian, dapat dibatasi hal-hal penyebab kerusakan dikarenakan kesalahan pemakaiannya. Misal diperlukan bahan yang tahan tarikan, maka kita harus menggunakan bahan dari kain daripada kertas. Bahan kain lebih kuat terhadap tarikan daripada bahan kertas.

c) Sifat Termis

Panas yang ditimbulkan dari dalam oleh arus listrik atau oleh arus gaya magnet, berpengaruh terhadap kekuatan bahan penyekat. Demikian panas yang berasal dari luar (alam sekitar). Dalam hal ini, kalau panas yang ditimbulkan cukup tinggi, maka penyekat yang digunakan harus tepat. Adanya panas juga harus dipertimbangkan, agar tidak merusak bahan penyekat yang digunakan.

d) Sifat Kimia

Panas yang tinggi yang diterima oleh bahan penyekat dapat mengakibatkan perubahan susunan kimia bahan. Demikian juga pengaruh adanya kelembaban udara, basah yang ada di sekitar bahan penyekat. Jika kelembaban tidak dapat dihindari, haruslah dipilih bahan penyekat yang tahan terhadap air. Demikian juga adanya zat-zat lain dapat merusak struktur kimia bahan.

Mengingat adanya bermacam-macam asal, sifat dan ciri bahan penyekat, maka untuk memudahkan kita dalam memilih untuk aplikasi dalam kelistrikan, kita akan membagi bahan penyekat berdasar kelompoknya. Pembagian kelompok bahan penyekat adalah sebagai berikut :

- i) Bahan tambang (batu pualam, asbes, mika, dan sebagainya)
- ii) Bahan berserat (benang, kain, kertas, prespon, kayu, dan sebagainya)
- iii) Gelas dan keramik
- iv) Plastik
- v) Karet, bakelit, ebonit, dan sebagainya
- vi) Bahan yang dipadatkan.

Penyekat bentuk cair yang penting dan banyak digunakan adalah minyak transformator dan macam-macam hasil minyak bumi. Sedang penyekat bentuk gas adalah nitrogen dan karbondioksida (CO_2).

Penggunaan bahan isolator selain sebagai bahan penyekat adalah sebagai bahan tahanan (resistor). Bahan tahanan yang umumnya dipakai merupakan paduan/ campuran logam-logam terdiri dari dua atau lebih unsur bahan campuran. Pemakaian bahan tahanan dalam kelistrikan, antara lain :

- i) Untuk pembuatan kotak tahanan standart dan shunt
- ii) Untuk tahanan dan rheostats
- iii) Untuk unsur pemanas, kompor listrik dan sebagainya.

Sesuai dengan penggunaannya bahan tahanan haruslah memiliki tahanan jenis yang tinggi, koefisien temperatur yang tinggi, dan memiliki daya elektro-motoris termo yang kecil. Pada penggunaan yang membutuhkan daya tahan panas tinggi, bahan tahanan harus dipilih yang memiliki titik cair yang tinggi, selain itu bahan tahanan pada keadaan

panas yang tinggi tidak mudah dioksidir sehingga menjadi berkarat.

c. Rangkuman 3

Pemilihan jenis bahan penghantar maupun isolator yang tepat, sesuai dengan fungsi dan kegunaannya dilapangan adalah suatu pemahaman yang harus dimiliki oleh seorang teknisi listrik maupun elektronika. Sifat dan macam bahan penghantar maupun isolator menggambarkan kegiatan pembelajaran tentang jenis penghantar yang banyak digunakan dilapangan. Pengetahuan tentang bahan penghantar maupun elektronika mendasari untuk pengembangan tentang sifat dan pengembangan bahan semikonduktor.

d. Tugas 3

Amati didaerah sekitar lingkungan kalian, perhatikan bahan konduktor dan isolator yang digunakan dalam instalasi rumah anda dan saluran distribusi listrik (tiang listrik) !. catat data penggunaan bahan konduktor maupun isolator!. Hasil pengamatan sebagai bahan diskusi dikelas, pada pertemuan berikutnya.

e. Tes Formatif 3

- 1) Sebutkan beberapa sifat penting yang dimiliki oleh sebuah penghantar !
- 2) Apa yang dimaksud dengan daya elektro-motoris termo ?.
- 3) Sebutkan beberapa logam yang termasuk jenis pada golongan logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan ?
- 4) Apa yang dimaksud dengan bahan dwilogam ?
- 5) Apa nama bahan logam yang digunakan dalam kawat lampu pijar ?

f. Kunci Jawaban Tes Formatif 3

- 1) Sifat penting yang harus dimiliki oleh sebuah penghantar adalah :
- 2) Daya elektro-motoris termo adalah sifat bahan yang sangat penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan logam yang berlainan jenis, karena dalam suatu rangkaian, arus akan menimbulkan daya elektro-motoris termo tersendiri bila terjadi perubahan temperatur suhu. daya elektro-motoris termo dapat terjadi lebih tinggi, sehingga dalam pengaturan arus dan tegangan dapat menyimpang meskipun sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan yang dibangkitkan tergantung pada sifat-sifat kedua bahan yang digunakan dan sebanding dengan perbedaan temperaturnya. Daya elektro-motoris yang dibangkitkan oleh perbedaan temperatur disebut dengan daya elektro-motoris termo.
- 3) Jenis logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan adalah: perak, platina. Dari kedua bahan tersebut yang memiliki daya hantar yang terbaik dari semua jenis bahan penghantar adalah perak. Tetapi jika dilihat dari segi ekonomis harga pembelian perak sangat mahal, maka penggunaannya sangat terbatas. Hampir semua bahan logam mulia penggunaannya sangat terbatas, dikarenakan mahalnya bahan dasar.
- 4) Bahan dwilogam adalah komponen dalam kelistrikan yang banyak digunakan. Bahan dwilogam juga dikenal dengan bimetal. Yakni bahan yang memadukan 2 bahan logam yang berlainan jenis, seperti gambar berikut :



(a) Bimetal semula

(b) setelah dipanaskan

- 5) Bahan dasar yang digunakan untuk membuat kawat nyala dalam lampu pijar adalah wolfram. Wolfram adalah jenis penghantar yang memiliki hambatan jenis yang besar. Apabila dialiri listrik energi tersebut diubah menjadi energi panas, sehingga kawat wolfram menyala (berpijar).

g. Lembar Kerja 3

Alat dan Bahan

1. Mikrometer.....1 unit
2. Jangka sorong1 unit
3. Multimeter1 unit
4. Ohmmeter1 unit
5. Ballast1 unit
6. Lampu pijar2 buah
7. Kabel penghantar tembaga1 meter
8. Kabel penghantar aluminium.....1 meter
9. Kabel penghantar email1 meter

Keselamatan Kerja

1. Periksa alat dan bahan sebelum digunakan, pastikan alat atau bahan yang digunakan tidak rusak.
2. Gunakan alat ukur sesuai dengan batas ukur yang digunakan.
3. Perhatikan posisi selektor pada multimeter sebelum digunakan, agar tidak salah dalam pengukuran.

Langkah Kerja

1. Pilih salah satu jenis penghantar yang akan diukur, lakukan pengukuran panjang, diameter lingkaran dan hitung luas penampang.
2. Masukkan data dalam tabel pengamatan

3. Analisa data yang telah diambil untuk mengetahui kualitas daya hantar listrik, hambatan jenis, koefisien termal dan sebagainya.

Tabel Pengamatan

Jenis penghantar	Diameter (d)	Luas penampang (A)	Panjang kawat (l)	Daya hantar
Tembaga (NYA)				
Aluminium				
Tembaga (serabut)				
Email				

4. Kegiatan Belajar 4 :

Komponen Aktif

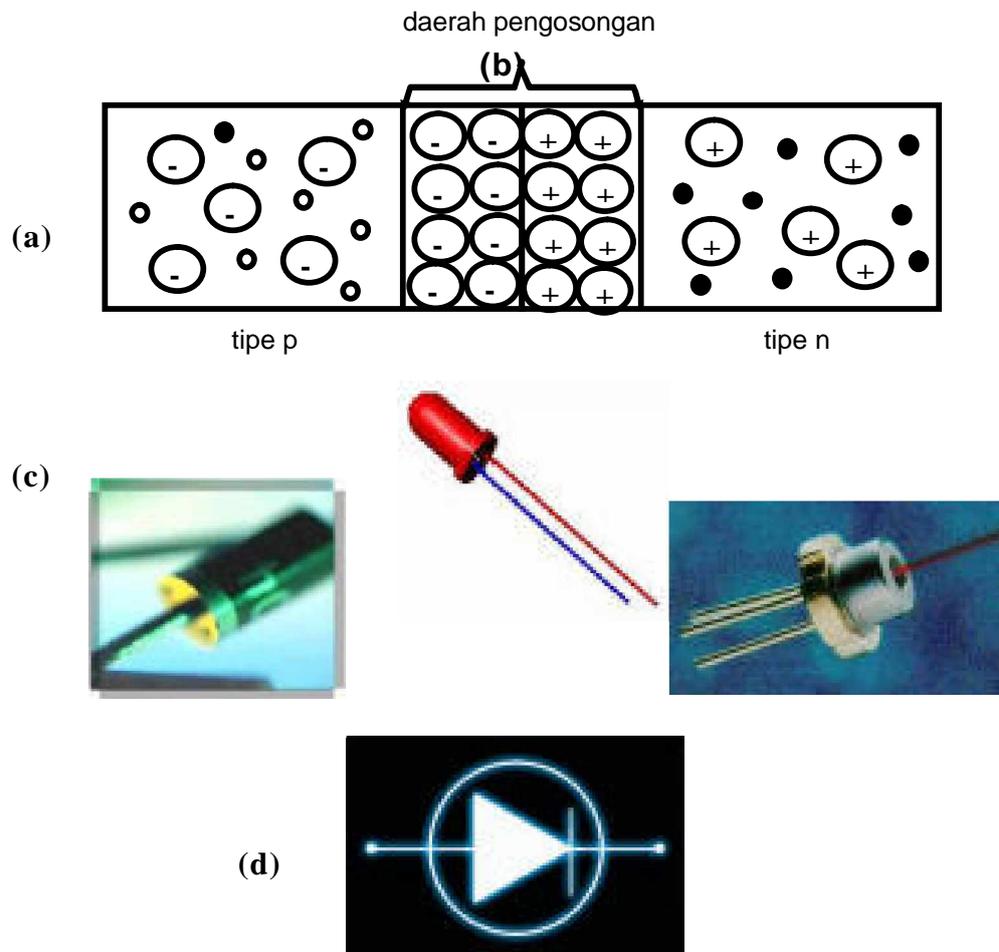
- a. Tujuan kegiatan pembelajaran 4
 - 1) Peserta Diklat mampu memahami dan menjelaskan kurva karakteristik dioda semikonduktor.
 - 2) Peserta Diklat mampu mengetahui prinsip kerja transistor sebagai saklar.

- b. Uraian materi 4

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).

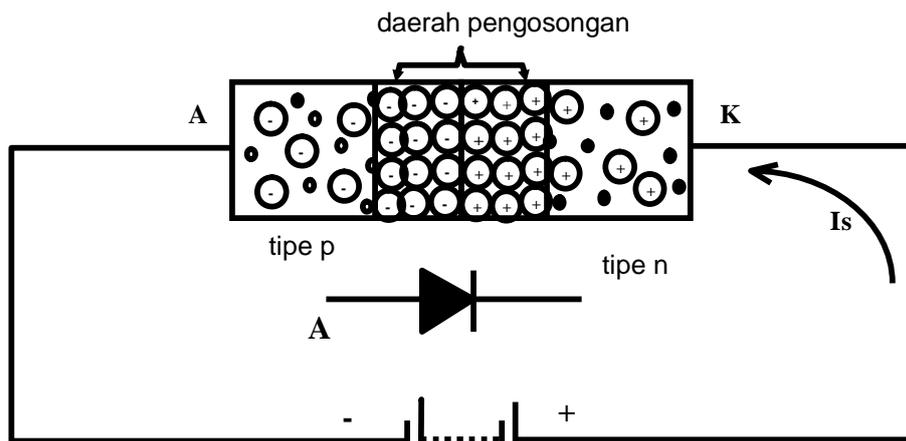


Gambar 17 (a) Pembentukan Sambungan; (b) Daerah Pengosongan; (c) Dioda Semikonduktor ; (d) Simbol Dioda

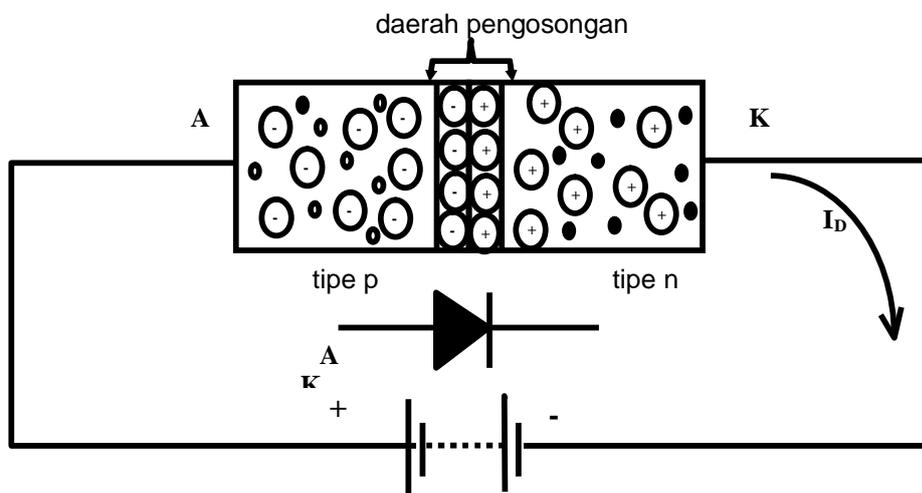
Oleh karena itu pada sisi p tinggal ion-ion akseptor yang bermuatan negatif dan pada sisi n tinggal ion-ion donor yang bermuatan positif. Namun proses ini tidak berlangsung terus, karena potensial dari ion-ion positif dan negatif ini akan menghalanginya. Tegangan atau potensial ekuivalen pada daerah pengosongan ini disebut dengan tegangan penghalang

(barrier potential). Besarnya tegangan penghalang ini adalah 0.2 untuk germanium dan 0.6 untuk silikon. Lihat Gambar 17.

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 18.



Gambar 18. Dioda Diberi Bias Mundur

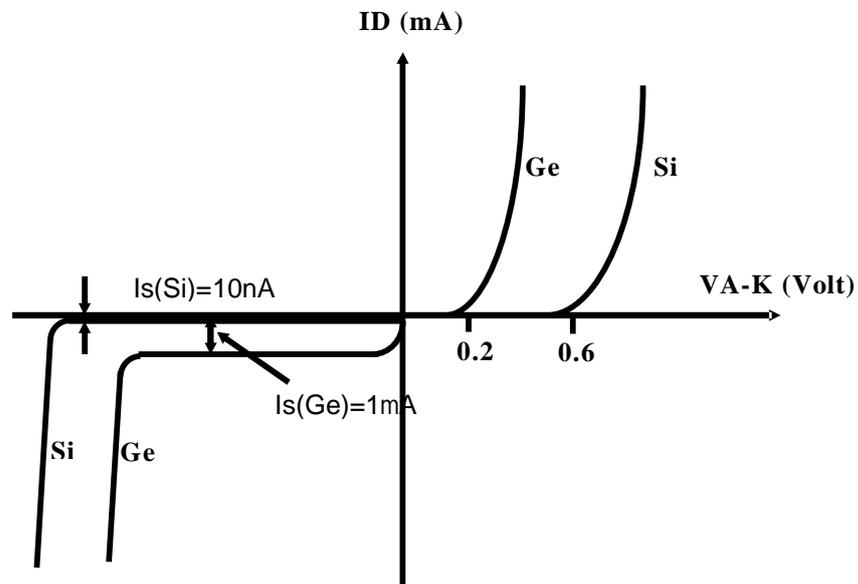


Gambar 19. Dioda Diberi Bias Maju

Kurva Karakteristik Dioda

Hubungan antara besarnya arus yang mengalir melalui dioda dengan tegangan VA-K dapat dilihat pada kurva karakteristik dioda (Gambar 20).

Gambar 20 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 ID 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 20. 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 ≈ 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:

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

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

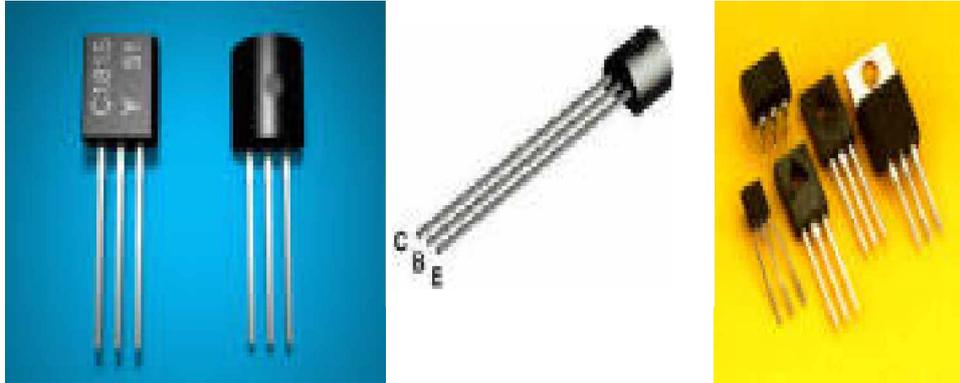
Sebagaimana telah disebutkan bahwa arus jenuh mundur, I_s , dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: doping, persambungan, dan temperatur. Namun karena dalam pemakaian suatu komponen dioda, faktor doping dan persambungan adalah tetap, maka yang perlu mendapat perhatian serius adalah pengaruh temperatur.

TRANSISTOR

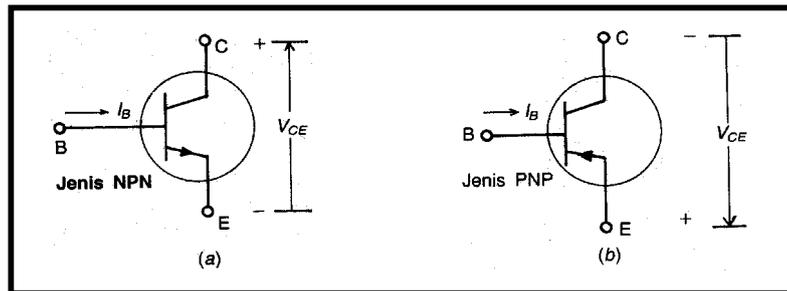
Transistor merupakan peralatan yang mempunyai 3 lapis N-P-N atau P-N-P. Dalam rentang operasi, arus kolektor I_C merupakan fungsi dari arus basis I_B . Perubahan pada arus basis I_B memberikan perubahan yang diperkuat pada arus kolektor untuk tegangan emitor-kolektor V_{CE} yang diberikan. Perbandingan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

Simbol untuk transistor dapat dilihat pada Gambar 21a dan Gambar 21b. berikut ini. Sedangkan karakteristik transistor dapat digambarkan seperti 22.

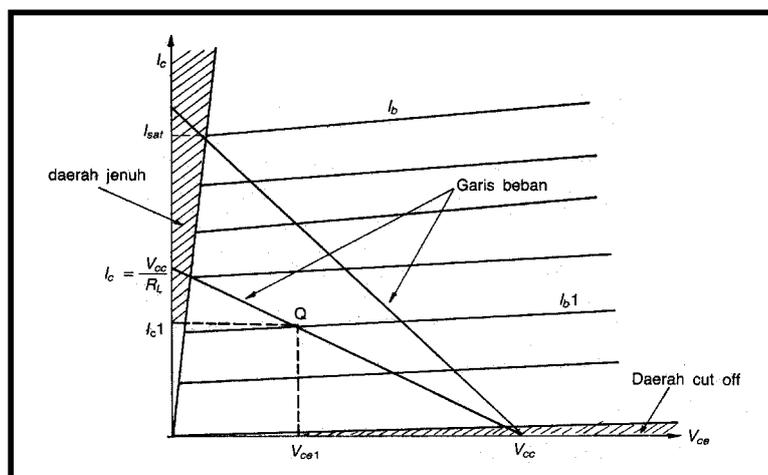
(a)



(b)

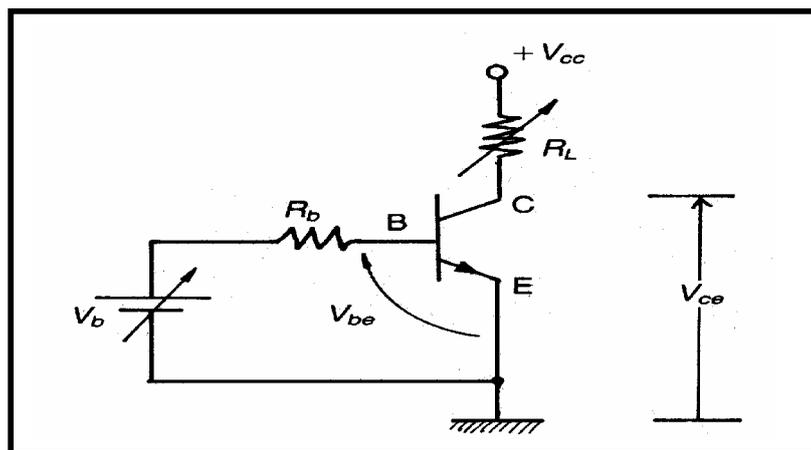


Gambar 21. (a) Transistor ; (b). Simbol Transistor



Gambar 22. Karakteristik transistor

Salah satu cara pemberian tegangan kerja dari transistor dapat dilakukan seperti pada Gambar 23. Jika digunakan untuk jenis NPN, maka tegangan V_{cc} -nya positif, sedangkan untuk jenis PNP tegangannya negatif.



Gambar 23. 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 :

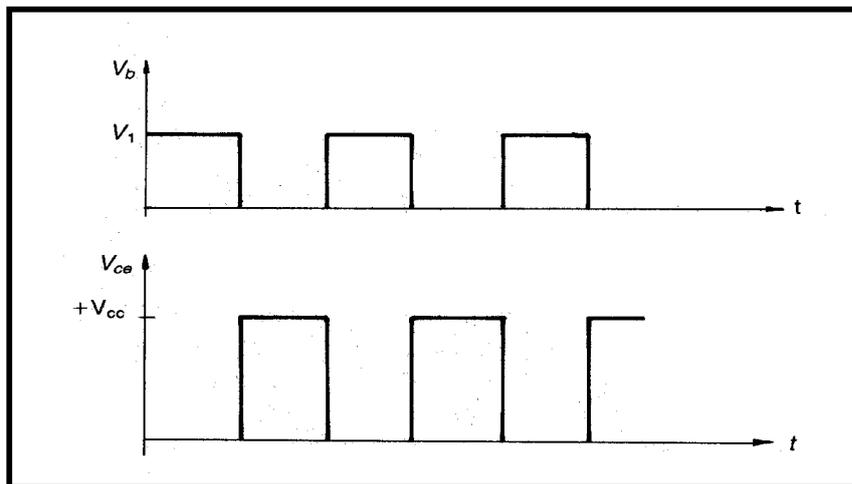
$$\text{Persamaan garis beban} = Y = V_{ce} = V_{cc} - I_c \times R_L$$

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 V_{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 24.



Gambar 24. 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_L 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 4

- 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 4

- 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 4

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

f. Kunci jawaban 4

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

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

Forwards bias adalah pemberian tegangan positif ke terminal Anoda (A) dan negatipnya 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 4

Lembar Kerja I : Dioda Semikonduktor

Alat dan Bahan:

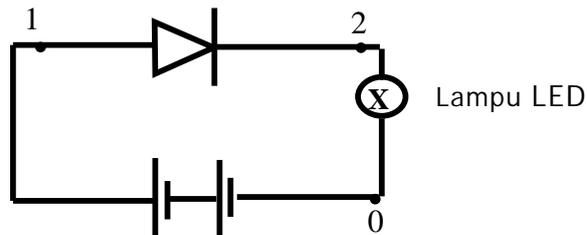
- | | |
|---------------------------------------|--------|
| 1) Diode 1N 4002 | 1 buah |
| 2) Sumber Daya 12 V DC | 1 Unit |
| 3) Lampu LED | 1 buah |
| 4) Voltmeter dan Amperemeter DC | 1 unit |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

5. Periksa terlebih dahulu semua komponen aktif maupun pasif sebelum digunakan !
6. Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada lembar kegiatan belajar!
7. Hati-hati dalam penggunaan peralatan pratikum!

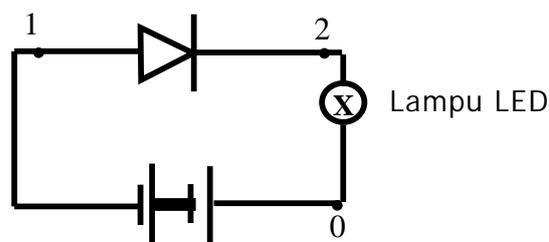
Langkah Kerja:

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



Gambar 25. Rangkaian dioda 1

- 2) Rakitlah rangkaian seperti Gambar 24 di atas, usahakan agar komponen diode tidak terbalik anode dan katodenya dan periksakan hasil rangkaian pada instruktur !
- 3) Setelah dinilai benar hubungkan dengan sumber tegangan DC 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 26. 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

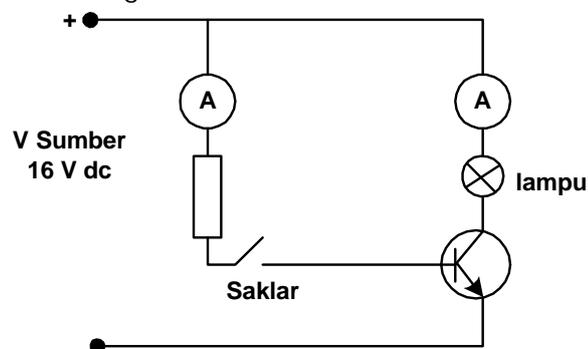
Kesehatan dan Keselamatan Kerja:

- 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 27. Rangkaian transistor sebagai saklar

- 3) Setelah rangkaian diperiksa secara cermat dan tidak ada kesalahan pada rangkaian, hubungkanlah saklar dan catu daya !
- 4) Aturilah tegangan dari generator fungsi hingga tegangan keluaran adalah 2 Vpp dan frekuensi = 5 KHz !
- 5) Ukurlah besaran arus kolektor dan arus basis, catatlah hasil pengukuran tersebut ke Tabel 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 ?

5. Kegiatan Belajar 5 : Dasar Penyearah

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 5

- 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 5

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 28 menunjukkan rangkaian penyearah setengah gelombang.

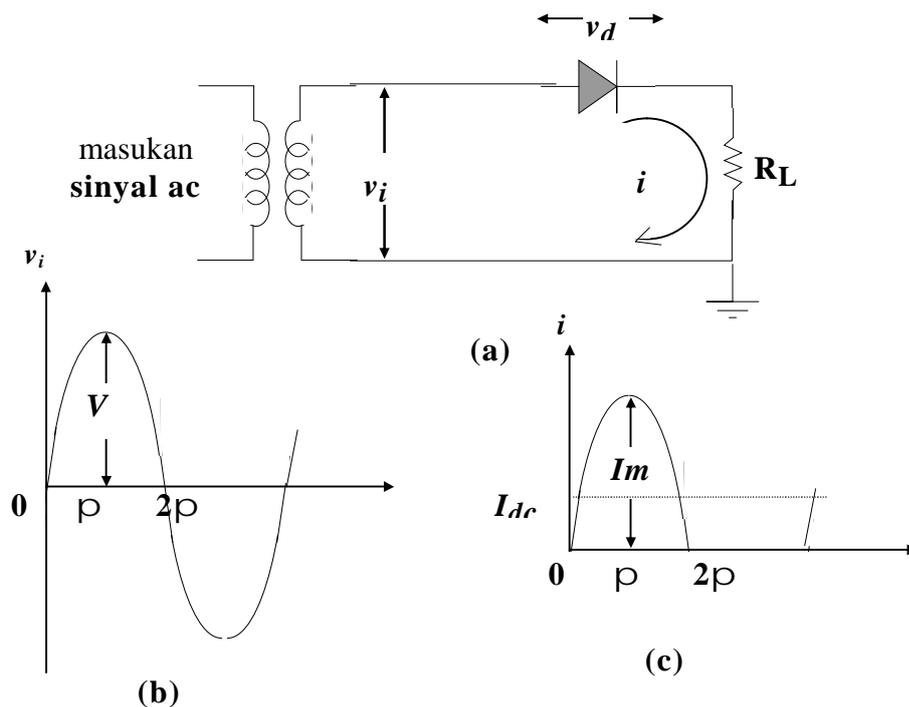
Rangkaian penyearah setengah gelombang mendapat masukan dari skunder trafo yang berupa sinyal ac berbentuk sinus, $V_i = V_m \sin \omega t$ (Gambar 28 (b)). Dari persamaan tersebut, V_m merupakan tegangan puncak atau tegangan maksimum. Harga V_m ini hanya bisa diukur dengan CRO yakni dengan melihat langsung 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 28.



Gambar 28. Penyearah Setengah Gelombang (a) Rangkaian; (b) Tegangan Sekunder Trafo; (c) Arus Beban

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

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

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

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:

$$I_{dc} = \frac{1}{2\rho_0} \int_0^{\rho} I_m \sin \omega t \, dt$$

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

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:

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

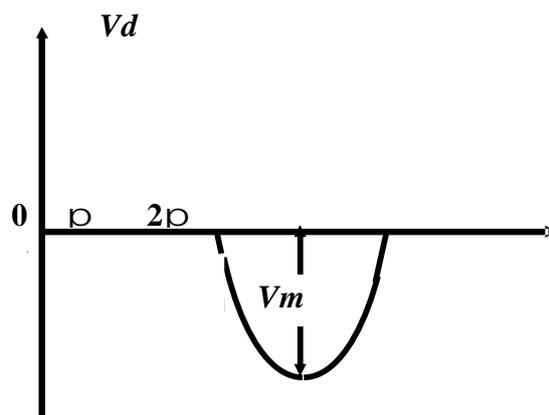
$$V_{dc} = \frac{V_m}{\rho} @0.318 V_m$$

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 29. PIV untuk penyearah setengah gelombang ini adalah:

$$PIV = V_m$$



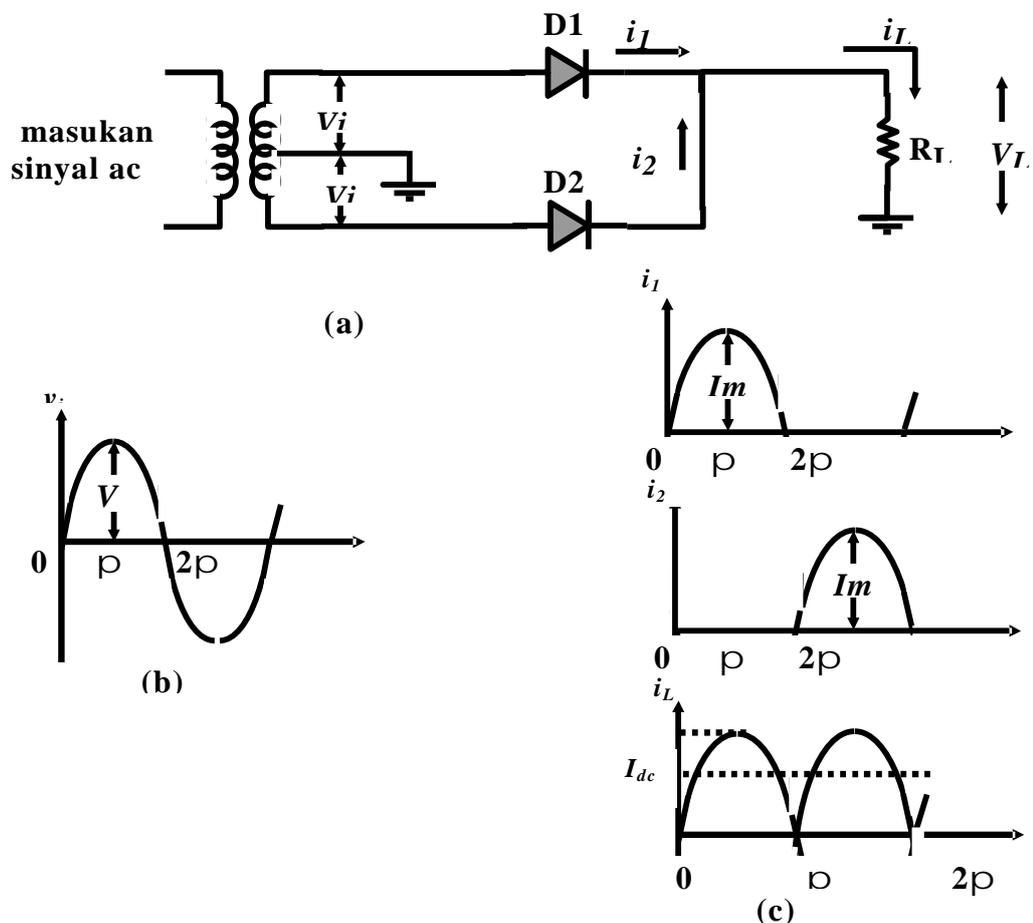
Gambar 29 Bentuk Gelombang Sinyal pada Dioda

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 30 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 D2 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 30. (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

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

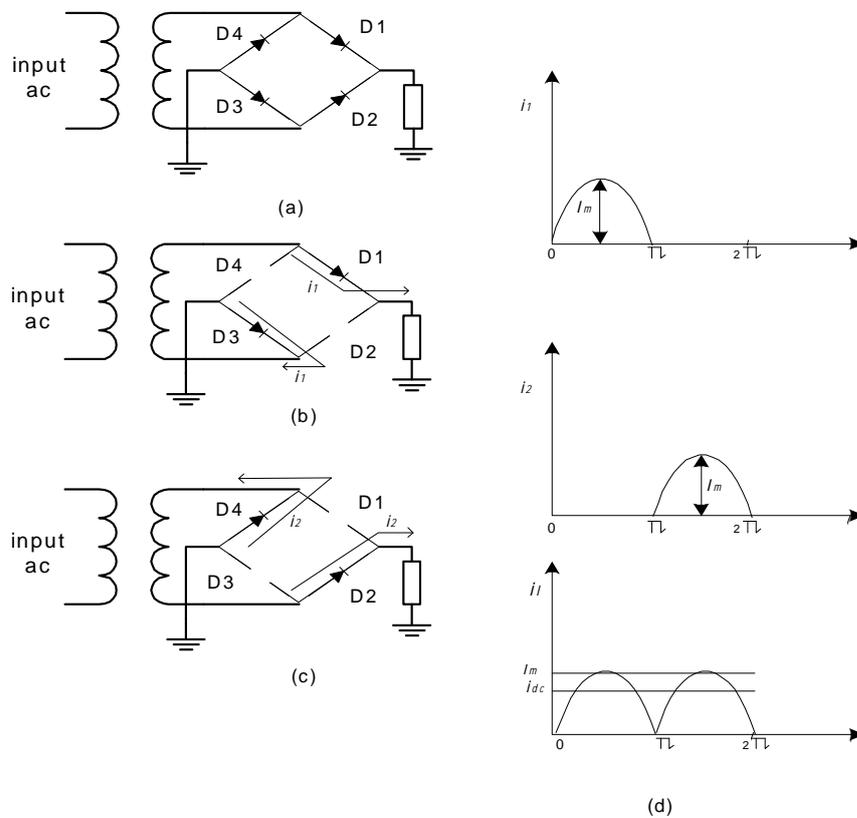
Tegangan puncak inverse yang dirasakan oleh dioda adalah sebesar $2V_m$. Misalnya pada saat siklus positif, dimana D1

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:

$$PIV = V_m$$

c. Rangkuman 5

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.

d. Tugas 5

Buatlah rangkaian penyearah menggunakan trafo CT gelombang penuh

e. Tes formatif 5

- 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 5

- 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, R_L , 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.

g. Lembar kerja 5

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 praktikum pada lembar kegiatan belajar!.
- 3) Hati-hati dalam penggunaan peralatan praktikum!.

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 skuder 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 Geleombang 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!

6. Kegiatan Belajar 6:

Sistem Bilangan dan Aritmatika Biner

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari uraian materi kegiatan belajar 1 ini diharapkan siswa dapat memahami tentang sistem bilangan dan aritmatika biner.

b. Uraian Materi 6

1) Sistem desimal dan biner

Dalam sistem bilangan desimal, nilai yang terdapat pada kolom ketiga pada Tabel 11, yaitu A, disebut satuan, kolom kedua yaitu B disebut puluhan, C disebut ratusan, dan seterusnya. Kolom A, B, C menunjukkan kenaikan pada eksponen dengan basis 10 yaitu $10^0 = 1$, $10^1 = 10$, $10^2 = 100$. Dengan cara yang sama, setiap kolom pada sistem bilangan biner, yaitu sistem bilangan dengan basis, menunjukkan eksponen dengan basis 2, yaitu $2^0 = 1$, $2^1 = 2$, $2^2 = 4$, dan seterusnya.

Tabel 12. Nilai Bilangan Desimal dan Biner

Kolom desimal			Kolom biner		
C	B	A	C	B	A
$10^2 =$ 100 (ratusan)	$10^1 = 10$ (puluhan)	$10^0 = 1$ (satuan)	$2^2 = 4$ (empatan)	$2^1 = 2$ (duaan)	$2^0 = 1$ (satuan)

Setiap digit biner disebut bit; bit paling kanan disebut least significant bit (LSB), dan bit paling kiri disebut most significant bit (MSB).

Tabel 13. Daftar Bilangan Desimal dan Bilangan Biner Ekuivalensinya

Desimal	Biner		
	C (MSB) (4)	B (2)	A (LSB) (1)
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

Untuk membedakan bilangan pada sistem yang berbeda digunakan subskrip. Sebagai contoh 9_{10} menyatakan bilangan sembilan pada sistem bilangan desimal, dan 01101_2 menunjukkan bilangan biner 01101. Subskrip tersebut sering diabaikan jika sistem bilangan yang dipakai sudah jelas.

Tabel 14. Contoh Pengubahan Bilangan Biner menjadi Desimal

Biner	Kolom biner						Desimal
	32	16	8	4	2	1	
1110	-	-	1	1	1	0	$8 + 4 + 2 = 14$
1011	-	-	1	0	1	1	$8 + 2 + 1 = 11$
11001	-	1	1	0	0	1	$16 + 8 + 1 = 25$
10111	-	1	0	1	1	1	$16 + 4 + 2 + 1 = 23$
110010	1	1	0	0	1	0	$32 + 16 + 2 = 50$

· Konversi Desimal ke Biner

Cara untuk mengubah bilangan desimal ke biner adalah dengan pembagian. Bilangan desimal yang akan diubah secara berturut-turut dibagi 2, dengan memperhatikan sisa pembagiannya. Sisa pembagian akan bernilai 0 atau 1, yang akan membentuk bilangan biner dengan sisa yang terakhir menunjukkan MSBnya. Sebagai contoh, untuk mengubah 52_{10} menjadi bilangan biner, diperlukan langkah-langkah berikut :

$$\begin{aligned} 52 : 2 &= 26 \text{ sisa } 0, \text{ LSB} \\ 26 : 2 &= 13 \text{ sisa } 0 \\ 13 : 2 &= 6 \text{ sisa } 1 \\ 6 : 2 &= 3 \text{ sisa } 0 \\ 3 : 2 &= 1 \text{ sisa } 1 \\ 1 : 2 &= 0 \text{ sisa } 1, \text{ MSB} \end{aligned}$$

Sehingga bilangan desimal 52_{10} akan diubah menjadi bilangan biner 110100.

Cara di atas juga bisa digunakan untuk mengubah sistem bilangan yang lain, yaitu oktal atau heksadesimal.

2) Bilangan Oktal

Bilangan Oktal adalah sistem bilangan yang berbasis 8 dan mempunyai delapan simbol bilangan yang berbeda : 0,1,2,.....,7.

Teknik pembagian yang berurutan dapat digunakan untuk mengubah bilangan desimal menjadi bilangan oktal. Bilangan desimal yang akan diubah secara berturut-turut dibagi dengan 8 dan sisa pembagiannya harus selalu

dicatat. Sebagai contoh, untuk mengubah bilangan 5819_{10} ke oktal, langkah-langkahnya adalah :

$$5819 : 8 = 727, \text{ sisa } 3, \text{ LSB}$$

$$727 : 8 = 90, \text{ sisa } 7$$

$$90 : 8 = 11, \text{ sisa } 2$$

$$11 : 8 = 1, \text{ sisa } 3$$

$$1 : 8 = 0, \text{ sisa } 1, \text{ MSB}$$

Sehingga $5819_{10} = 13273_8$

- **Bilangan Oktal dan Biner**

Setiap digit pada bilangan oktal dapat disajikan dengan 3 digit bilangan biner, lihat Tabel 1.5. Untuk mengubah bilangan oktal ke bilangan biner, setiap digit oktal diubah secara terpisah. Sebagai contoh, 3527_8 akan diubah sebagai berikut:

$$3_8 = 011_2, \text{ MSB}$$

$$5_8 = 101_2$$

$$2_8 = 010_2$$

$$7_8 = 111_2, \text{ LSB}$$

Sehingga bilangan oktal 3527 sama dengan bilangan $011\ 101\ 010\ 111$.

Sebaliknya, pengubahan dari bilangan biner ke bilangan oktal dilakukan dengan mengelompokkan setiap tiga digit biner dimulai dari digit paling kanan, LSB. Kemudian, setiap kelompok diubah secara terpisah ke dalam bilangan oktal. Sebagai contoh, bilangan 11110011001_2 akan dikelompokkan menjadi $11\ 110\ 011\ 001$, sehingga.

$$11_2 = 3_8, \text{ MSB}$$

$$110_2 = 6_8$$

$$011_2 = 3_8$$

$$001_2 = 1_8, \text{ LSB}$$

Jadi, bilangan biner 11110011001 apabila diubah menjadi bilangan oktal akan diperoleh 3631₈.

3) Bilangan Hexadesimal

Bilangan heksadesimal, sering disingkat dengan hex, adalah bilangan dengan basis 16₁₀, dan mempunyai 16 simbol yang berbeda, yaitu 0 sampai dengan 15.

Bilangan yang lebih besar dari 15₁₀ memerlukan lebih dari satu digit hex. Kolom heksadesimal menunjukkan eksponen dengan basis 16, yaitu $16^0 = 1$, $16^1 = 16$, $16^2 = 256$, dan seterusnya. Sebagai contoh :

$$\begin{aligned} 152B_{16} &= (1 \times 16^3) + (5 \times 16^2) + (2 \times 16^1) + (11 \times 16^0) \\ &= 1 \times 4096 + 5 \times 256 + 2 \times 16 + 11 \times 1 \\ &= 4096 + 1280 + 32 + 11 \\ &= 5419_{10} \end{aligned}$$

Sebaliknya, untuk mengubah bilangan desimal menjadi bilangan heksadesimal, dapat dilakukan dengan cara membagi bilangan desimal tersebut dengan 16. Sebagai contoh, untuk mengubah bilangan 3408₁₀ menjadi bilangan heksadesimal, dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

$$3409/16 = 213, \text{ sisa } 1_{10} = 1_{16}, \text{ LSB}$$

$$213/16 = 13, \text{ sisa } 5_{10} = 5_{16}$$

$$13/16 = 0, \text{ sisa } 13_{10} = D_{16}, \text{ MSB}$$

Sehingga, $3409_{10} = D51_{16}$.

· Bilangan Hexadesimal dan Biner

Setiap digit pada bilangan heksadesimal dapat disajikan dengan empat buah bit.

Untuk mengubah bilangan heksadesimal menjadi bilangan biner, setiap digit dari bilangan heksadesimal

diubah secara terpisah ke dalam empat bit bilangan biner. Sebagai contoh, $2A5C_{16}$ dapat diubah ke bilangan biner sebagai berikut.

$$2_{16} = 0010, \text{ MSB}$$

$$A_{16} = 1010$$

$$5_{16} = 0101$$

$$C_{16} = 1100, \text{ LSB}$$

Sehingga, bilangan heksadesimal $2A5C$ akan diubah menjadi bilangan biner $0010\ 1010\ 0101\ 1100$.

Sebaliknya, bilangan biner dapat diubah menjadi bilangan heksadesimal dengan cara mengelompokkan setiap empat digit dari bilangan biner tersebut dimulai dari digit paling kanan. Sebagai contoh, 0100111101011100_2 dapat dikelompokkan menjadi $0100\ 1111\ 0101\ 1110$. Sehingga:

$$0100_2 = 4_{16}, \text{ MSB}$$

$$1111_2 = F_{16}$$

$$0101_2 = 5_{16}$$

$$1110_2 = E_{16}, \text{ LSB}$$

Dengan demikian, bilangan $0100\ 1111\ 0101\ 1110_2 = 4F5E_{16}$.

4) Bilangan Biner Pecahan

Dalam sistem bilangan desimal, bilangan pecahan disajikan dengan menggunakan titik desimal. Digit-digit yang berada di sebelah kiri titik desimal mempunyai nilai eksponen yang semakin besar, dan digit-digit yang berada di sebelah kanan titik desimal mempunyai nilai eksponen yang semakin kecil. Sehingga

$$0.1_{10} = 10^{-1} = 1/10$$

$$0.10_{10} = 10^{-2} = 1/100$$

$$0.2 = 2 \times 0.1 = 2 \times 10^{-1}, \text{ dan seterusnya.}$$

Cara yang sama juga bisa digunakan untuk menyajikan bilangan biner pecahan. Sehingga,

$$0.1_2 = 2^{-1} = \frac{1}{2}, \text{ dan}$$
$$0.01_2 = 2^{-2} = \frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$$

Sebagai contoh,

$$0.111_2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$$
$$= 0.5 + 0.25 + 0.125$$
$$= 0.875_{10}$$

$$101.101_2 = 4 + 0 + 1 + \frac{1}{2} + 0 + \frac{1}{8}$$
$$= 5 + 0.625$$
$$= 5.625_{10}$$

Pengubahan bilangan pecahan dari desimal ke biner dapat dilakukan dengan cara mengalihkan bagian pecahan dari bilangan desimal tersebut dengan 2, bagian bulat dari hasil perkalian merupakan pecahan dalam bit biner. Proses perkalian diteruskan pada sisa sebelumnya sampai hasil perkalian sama dengan 1 atau sampai ketelitian yang diinginkan. Bit biner pertama yang diperoleh merupakan MSB dari bilangan biner pecahan. Sebagai contoh, untuk mengubah 0.625_{10} menjadi bilangan biner dapat dilaksanakan dengan

$$0.625 \times 2 = 1.25, \text{ bagian bulat} = 1 \text{ (MSB)}, \text{ sisa} = 0.25$$
$$0.25 \times 2 = 0.5, \text{ bagian bulat} = 0, \text{ sisa} = 0.5$$
$$0.5 \times 2 = 1.0, \text{ bagian bulat} = 1 \text{ (LSB)}, \text{ tanpa sisa}$$

Sehingga, $0.625_{10} = 0.101_2$

5) Sistem Bilangan BCD

Sampai saat ini kita hanya melihat perubahan dari bilangan desimal ke bilangan biner murni. Pada beberapa aplikasi, misalnya sistem berdasar mikroprosesor, seringkali

lebih sesuai apabila setiap digit bilangan desimal diubah menjadi 4 digit bilangan biner. Dengan cara ini, suatu bilangan desimal 2 digit akan diubah menjadi dua kelompok empat digit bilangan biner, sehingga keseluruhannya menjadi 8 bit, tidak bergantung pada nilai bilangan desimalnya sendiri. Hasilnya sering disebut sebagai binary-coded decimal (BCD). Penyandian yang sering digunakan dikenal sebagai sandi 8421 BCD. Selain penyandian 8421 BCD, juga dikenal sejumlah penyandian yang lain.

Contoh

Ubah 25 menjadi bilangan BCD

Penyelesaian

$$2_{10} = 0010 \text{ dan}$$

$$5_{10} = 0101$$

$$\text{Sehingga, } 25_{10} = 0010 \ 0101 \text{ BCD}$$

6) Aritmatika Biner

a) Penjumlahan Biner

Penjumlahan bilangan biner serupa dengan penjumlahan pada bilangan desimal. Dua bilangan yang akan dijumlahkan disusun secara vertikal dan digit-digit yang mempunyai signifikansi sama ditempatkan pada kolom yang sama. Digit-digit ini kemudian dijumlahkan dan jika dijumlahkan lebih besar dari bilangan basisnya (10 untuk desimal, dan 2 untuk biner), maka ada bilangan yang disimpan. Bilangan yang disimpan ini kemudian dijumlahkan dengan digit di sebelah kirinya, dan seterusnya. Dalam penjumlahan bilangan biner, penyimpanan akan terjadi jika jumlah dari dua digit yang dijumlahkan adalah 2.

Berikut adalah aturan dasar untuk penjumlahan pada sistem bilangan biner.

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ simpan } 1$$

Tabel 14. menunjukkan perbandingan antara penjumlahan pada sistem bilangan desimal dan sistem bilangan biner, yaitu $823_{10} + 238_{10}$ dan $11001_2 + 11011_2$.

Tabel 15. Penjumlahan

a. Penjumlahan desimal

	10^3 (1000)	10^2 (100)	10^1 (10)	10^0 (1)
		8	2	3
		2	3	8
Simpan	1		1	
Jumlah	1	0	6	1

b. Penjumlahan Biner

	2^5 (32)	2^4 (16)	2^3 (8)	2^2 (4)	2^1 (2)	2^0 (1)
		1	1	0	0	1
		1	1	0	1	
Simpan	1	1		1	1	1
Jumlah	1	1	0	1	0	0

Marilah kita perhatikan penjumlahan biner dengan lebih seksama.

Kolom satuan : $1 + 1 = 0$, simpan 1

Kolom 2-an : $0 + 1 =$ yang disimpan = 0, simpan 1

Kolom 4-an : $0 + 0$ yang disimpan = 1

Kolom 8-an : $1 + 1 = 0$, simpan 1

Kolom 16-an : $1 + 1$ yang disimpan = 1, simpan 1

Kolom 32-an : yang disimpan 1 = 1

Jika lebih dari dua buah digit biner dijumlahkan, ada kemungkinan yang disimpan lebih besar dari 1. Sebagai contoh,

$$1 + 1 = 0, \text{ simpan } 1$$

$$1 + 1 + 1 = 1, \text{ simpan } 1$$

Contoh berikut menunjukkan penjumlahan dengan penyimpanan lebih besar dari 1.

$$\begin{aligned} 1 + 1 + 1 + 1 &= (1 + 1) + (1 + 1) \\ &= (0, \text{ simpan } 1) + (0, \text{ simpan } 1) \\ &= 0, \text{ simpan } 2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 + 1 + 1 + 1 + 1 &= 1 + (1 + 1) + (1 + 1) \\ &= 1, \text{ simpan } 2 \end{aligned}$$

$$0 + \text{ yang disimpan } 2 = 1, \text{ simpan } 1$$

$$1 + \text{ yang disimpan } 2 = 0, \text{ simpan } 2, \text{ dan seterusnya.}$$

b) Pengurangan Biner

Pada bagian ini hanya akan ditinjau pengurangan bilangan biner yang memberikan hasil positif. Dalam hal ini, metode yang digunakan adalah sama dengan metode yang digunakan untuk pengurangan pada bilangan desimal. Dalam pengurangan bilangan biner jika perlu dipinjam 1 dari kolom di sebelah kirinya, yaitu kolom yang mempunyai derajat lebih tinggi.

Aturan umum untuk pengurangan pada bilangan biner adalah sebagai berikut :

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = 1, \text{ pinjam } 1$$

Contoh : Kurangilah 1111_2 dengan 0101_2

Penyelesaian

Susunlah dua bilangan di atas ke dalam kolom sebagai berikut :

	2^3 (8)	2^2 (4)	2^1 (2)	2^0 (1)	
	1	1	1	1	
	0	1	0	1	
Hasil	1	0	1	0	(tidak ada yang dipinjam)

Secara lebih rinci, dimulai dari LSB ($2^0 = 1$)

Kolom 2^0 $1 - 1 = 0$

Kolom 2^1 $1 - 0 = 1$

Kolom 2^2 $1 - 0 = 0$

Kolom 2^3 $1 - 0 = 1$

Sehingga, $1111_2 - 0101_2 = 1010_2$

Contoh Kurangilah 1100_2 dengan 1010_2

Penyelesaian

	2^3 (8)	2^2 (4)	2^1 (2)	2^0 (1)
Pinjam	1	1	0	0
	1	0	1	
Hasil	0	0	1	0

Secara lebih terinci, dimulai dari LSB ($2^0 = 1$)

Kolom 2^0 $0 - 0 = 0$

Kolom 2^1 $0 - 1 = 1$

Dalam kasus ini kita harus meminjam 1 dari bit pada kolom 2^2 . Karena datang dari kolom 2^2 , maka nilainya 2 kali nilai pada kolom 2^1 . Sehingga, 1 (bernilai 2^2) $- 1$ (bernilai 2^1) = 1 (bernilai 2^1).

Bila meminjam 1 dari kolom di sebelah kiri maka berlaku aturan umum $1 - 1 = 1$.

$$\text{Kolom } 2^2 \quad 0 - 0 = 0$$

Nilai 1 dari kolom 2 diubah menjadi nol karena sudah dipinjam seperti yang ditunjukkan dengan anak panah.

$$\text{Kolom } 2^3 \quad 1 - 1 = 0$$

$$\text{Sehingga, } 1100_2 - 1010_2 = 0010_2$$

c) Bilangan Biner Bertanda

Sejauh ini kita hanya melihat bilangan biner positif atau bilangan biner tak bertanda. Sebagai contoh bilangan biner 8-bit dapat mempunyai nilai antara:

$$0000\ 0000_2 = 00_{10} \text{ dan } 1111\ 1111_2 = 255_{10}$$

yang semuanya bermilai positif, tanda '-' diletakkan di sebelah kiri bilangan desimal, misalnya -25_{10} . Dalam sistem bilangan biner, tanda bilangan (yaitu negatif) juga disandikan dengan cara tertentu yang mudah dikenal dengan sistem digital. Untuk menyatakan bilangan negatif pada bilangan biner, bit yang dikenal dengan bit tanda bilangan (sign bit) ditambah di sebelah kiri MSB. Bilangan biner yang ditulis dengan cara di atas menunjukkan tanda dan besarnya bilangan. Jika bit tanda ditulis 0, maka bilangan tersebut positif, dan jika ditulis 1, bilangan tersebut adalah bilangan negatif. Pada bilangan biner bertanda yang terdiri dari 8-bit, bit yang paling kiri menunjukkan besarnya. Perhatikan contoh berikut :

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit	26	25	24	23	22	21	2 ⁰	
tanda	(64)	(32)	(16)	(8)	(4)	(2)	(1)	

$$\text{Maka, } 0110\ 0111 = +(64+32+4+2+1) = +103_{10}$$

$$1101\ 0101 = -(64+16+4+2) = -85_{10}$$

$$1001\ 0001 = -(16 + 1) = -19_{10}$$

$$0111\ 1111 = +(64+32+16+8+4+2+1) = +127_{10}$$

$$1111\ 1111 = -(64+32+16+8+4+2+1) = -127_{10}$$

$$1000\ 0000 = -0 = 0$$

$$0000\ 0000 = +0 = 0$$

Dari contoh diatas dapat dilihat, bahwa hanya karena tujuh bit yang menunjukkan besarnya, maka bilangan terkecil dan terbesar yang ditunjukkan bilangan biner bertanda yang terdiri dari 8-bit adalah :

$$[1]111\ 11112 = -127_{10} \text{ dan}$$

$$[0]111\ 11112 = +127_{10}$$

Dengan bit dalam kurung menunjukkan bit tanda bilangan.

Secara umum, bilangan biner tak bertanda yang terdiri dari n-bit mempunyai nilai maksimum $M = 2^n - 1$. Sementara itu, untuk bilangan bertanda yang terdiri dari n-bit mempunyai nilai maksimum $M = 2^{n-1} - 1$. Sehingga, untuk register 8-bit di dalam mikroprosesor yang menggunakan sistem bilangan bertanda, nilai terbesar yang bisa disimpan dalam register tersebut adalah:

$$\begin{aligned} M &= 2^{(n-1)} - 1 \\ &= 2^{(8-1)} - 1 \\ &= 2^7 - 1 \\ &= 128_{10} - 1 \\ &= 127_{10} \end{aligned}$$

sehingga mempunyai jangkauan -127_{10} sampai $+127_{10}$.

d) Perkalian

Perkalian pada bilangan biner mempunyai aturan sebagai berikut :

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

Perkalian bilangan biner dapat dilakukan seperti perkalian bilangan desimal. Sebagai contoh, untuk mengalikan $1110_2 = 14_{10}$ dengan $1101_2 = 13_{10}$ langkah-langkah yang harus ditempuh adalah :

Biner	Desimal
1 1 1 0	1 4
1 1 0 1	1 3

1 1 1 0	4 2
0 0 0 0	1 4
1 1 1 0	
1 1 1 0	
----- +	
1 0 1 1 0 1 1 0	1 8 2

Perkalian juga bisa dilakukan dengan menambah bilangan yang dikalikan ke bilangan itu sendiri sebanyak bilangan pengali.

Contoh di atas, hasil yang sama akan diperoleh dengan menambahkan 111_2 ke bilangan itu sendiri sebanyak 1101_2 atau tiga belas kali.

e) Pembagian

Pembagian pada sistem bilangan biner dapat dilakukan sama seperti contoh pembagian pada sistem bilangan desimal. Sebagai contoh, untuk membagi 110011 (disebut bilangan yang dibagi) dengan 1001 (disebut pembagi), langkah-langkah berikut perlu dilakukan.

- 2) Ubah bilangan desimal berikut ini menjadi bilangan biner.
(a) 5 (b) 17 (c) 42 (d) 31
- 3) Ubah bilangan oktal berikut ini menjadi bilangan biner
(a) 27_8 (b) 210_8 (c) 55_8
- 4) Ubah bilangan biner berikut ini menjadi bilangan oktal
(a) 010 (b) 110011
- 5) Kurangilah 1111_2 dengan 0101_2 !
- 6) Bagilah 110011_2 dengan 1001_2 !
- 7) Kalikanlah 1110_2 dengan 1101_2 !

e. Kunci Jawaban Tes Formatif 6

- 1) Hasil pengubahan bilangan biner menjadi bilangan desimal
yaitu:
 - a. 6
 - b. 14
 - c. 45
- 2) Hasil pengubahan bilangan desimal menjadi bilangan biner
yaitu:
 - a. 101
 - b. 10001
 - c. 101010
 - d. 11111
- 3) Hasil pengubahan bilangan oktal menjadi bilangan biner
yaitu:
 - a. 11011
 - b. 110100010
 - c. 110111
- 4) Hasil pengubahan bilangan biner menjadi bilangan oktal
yaitu:
 - a. 2
 - b. 51
- 5) Hasil pengurangannya adalah
 1010_2
- 6) Hasil Pembagiannya adalah
 101_2 sisa 110_2
- 7) Hasil perkaliannya
 10110110_2 atau 182_{10}

7. Kegiatan Belajar 7:

Gerbang Logika

a. Tujuan Kegiatan Belajar

Setelah mempelajari uraian materi kegiatan belajar ini diharapkan siswa dapat memahami macam-macam gerbang logika dasar .

b. Uraian Meteri 7

1) Gerbang dasar

Gerbang logika adalah piranti dua keadaan, yaitu mempunyai keluaran dua keadaan: keluaran dengan nol volt yang menyatakan logika 0 (atau rendah) dan keluaran dengan tegangan tetap yang menyatakan logika 1 (atau tinggi). Gerbang logika dapat mempunyai beberapa masukan yang masing-masing mempunyai salah satu dari dua keadaan logika, yaitu 0 atau 1. macam-macam gerbang logika dasar adalah gerbang OR, AND, NOT.

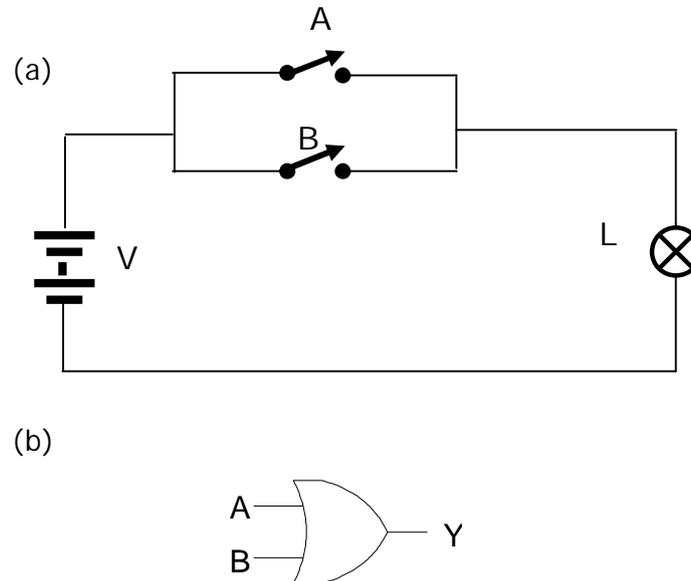
a) Gerbang OR

Jenis gerbang pertama yang kita pelajari adalah gerbang OR. Gerbang OR diterjemahkan sebagai gerbang "ATAU" artinya sebuah gerbang logika yang keluarannya berlogika "1" jika salah satu atau seluruh inptunya berlogika "1". Jika ada dua input maka tabel kebenarannya dapat digambarkan seperti tabel 15.

Tabel 15 tabel kebenaran gerbang OR

Input		Output
A	B	Y / L
0 (off)	0 (off)	0 (padam)
0 (off)	1 (on)	1 (nyala)
1 (on)	0 (off)	1 (nyala)
1 (on)	1 (on)	1 (nyala)

Gambar 31 model dan simbol atau lambang gerbang OR.



Gambar 31 (a) Model rangkaian Gerbang OR
(b) simbol gerbang OR

A dan B adalah masukan (input) sedangkan Y adalah keluaran (output). Pada tabel kebenaran diatas, diperlihatkan kondisi masukan dan keluaran gerbang OR. Kajiblah tabel ini secara seksama dan ingatlah hal-hal berikut ini: gerbang OR memberikan keluaran 1 bila salah satu input A atau B atau kedua-duanya adalah 1. Begitupun halnya dengan yang tiga kondisi masukan. Keluarannya 0 jika ketiga kondisi masukan 0, selain itu keluarannya 1.

b) Gerbang AND

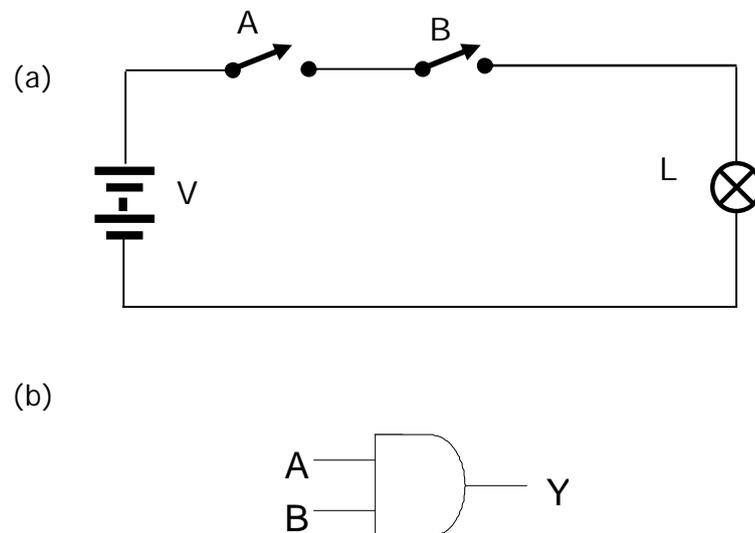
gerbang AND merupakan jenis gerbang digital keluaran 1 jika seluruh inputnya 1. Gerbang AND diterjemahkan sebagai gerbang "DAN" artinya sebuah gerbang logika yang keluarannya berlogika "1" jika input A dan input B

dan seterusnya berlogika "1". Jika ada dua input maka tabel kebenarannya dapat digambarkan seperti tabel 16.

Tabel 16 tabel kebenaran gerbang AND

Input		Output
A	B	Y /L
0 (off)	0 (off)	0 (padam)
0 (off)	1 (on)	0 (padam)
1 (on)	0 (off)	0 (padam)
1 (on)	1 (on)	1 (nyala)

Gambar 32 model dan simbol atau lambang gerbang OR.

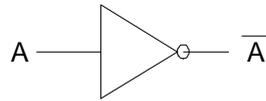


Gambar 32 (a) Model rangkaian Gerbang AND
(b) simbol gerbang AND

c) Gerbang NOT

Jenis rangkaian digital dasar yang lain adalah gerbang NOT. Gerbang NOT ini disebut inverter (pembalik). Rangkaian ini mempunyai satu masukan dan satu keluaran. Gerbang NOT bekerja membalik sinyal masukan, jika masukannya rendah, maka keluarannya

tinggi, begitupun sebaliknya. simbol gerbang NOT ditunjukkan pada gambar 33.



Gambar 33. Simbol gerbang NOT

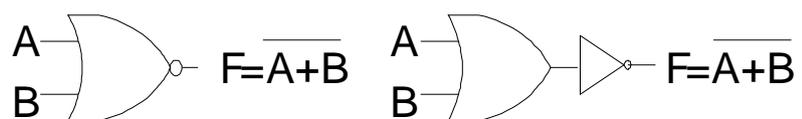
Tabel 17. Tabel kebenaran gerbang NOT

Masukan A	Keluaran A*
1	0
0	1

2) Gerbang kombinasional

a) Gerbang NOR

Gerbang NOR adalah gerbang kombinasi dari gerbang NOT dan gerbang OR. Dalam hal ini ada empat kondisi yang dapat dianalisis dan disajikan pada tabel kebenaran. Sedangkan untuk simbol gerbang NOT, diperlihatkan pada gambar 34 .



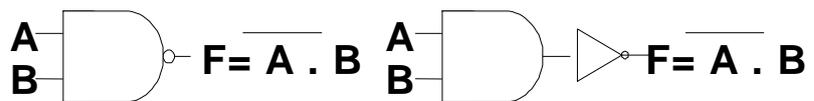
Gambar 34. Simbol gerbang NOR

Tabel 18 tabel kebenaran gerbang NOR

Input		Output
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

b) Gerbang NAND

Gerbang NAND adalah gerbang kombinasi dari gerbang NOT dan gerbang AND. Dalam hal ini ada empat kondisi yang dapat dianalisis dan disajikan pada tabel kebenaran. Sedangkan untuk simbol gerbang NAND, diperlihatkan pada gambar 35.



Gb. 35 Simbol gerbang NAND

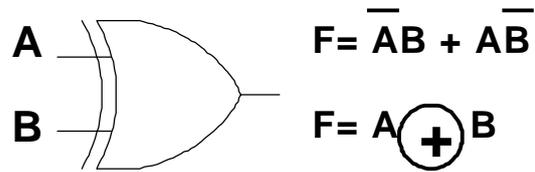
Gambar 35. simbol gerbang AND

Tabel 19 tabel kebenaran gerbang NAND

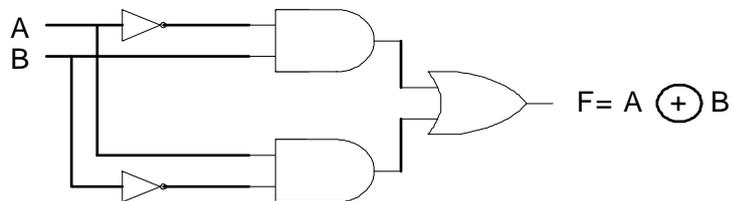
Input		Output
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

c) Gerbang Ex-OR

Gerbang Ex-OR (dari kata exclusive-or) akan memberikan keluaran 1 jika kedua masukannya mempunyai keadaan yang berbeda. Dalam hal ini ada empat kondisi yang dapat dianalisis dan disajikan pada tabel kebenaran. Sedangkan untuk simbol gerbang Ex-OR, diperlihatkan pada gambar 36.



Gambar 36. simbol gerbang Ex-OR



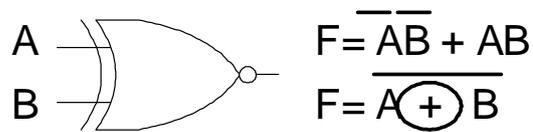
Gambar 37. Ekvivalen gerbang Ex-OR

Tabel 10 tabel kebenaran gerbang Ex-OR

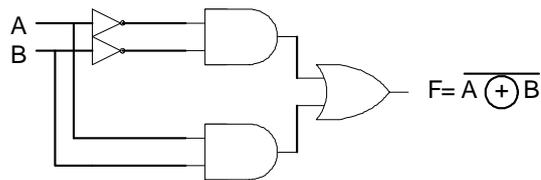
Input		Output
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

d) Gerbang Ex-NOR (Eksklusif –NOR)

Ex-NOR dibentuk dari kombinasi gerbang OR dan gerbang NOT yang merupakan inversinya atau lawan Ex-OR, sehingga dapat juga dibentuk dari gerbang Ex-OR dengan gerbang NOT. Dalam hal ini ada empat kondisi yang dapat dianalisis dan disajikan pada tabel kebenaran. Sedangkan untuk simbol gerbang Ex-OR, diperlihatkan pada gambar 38



Gambar 38. simbol gerbang EX-NOR



Gambar 39. rangkaian ekivalen Ex-OR

Tabel 11. tabel kebenaran gerbang Ex-NOR

Input		Output
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

e) Ungkapan Boole

Keluaran dari satu atau kombinasi beberapa buah gerbang dapat dinyatakan dalam suatu ungkapan logika yang disebut ungkapan Boole. Teknik ini memanfaatkan aljabar Boole dengan notasi-notasi khusus dan aturan-aturan yang berlaku untuk elemen-elemen logika termasuk gerbang logika.

Aljabar Boole mempunyai notasi sebagai berikut :

- i) Fungsi AND dinyatakan dengan sebuah titik (dot,.). sehingga, sebuah gerbang AND yang mempunyai dua

masukan A dan B keluarannya bisa dinyatakan sebagai $F = A.B$ atau $F = B.A$.

Dengan A dan B adalah masukan dari gerbang AND. Untuk gerbang AND tiga-masukan (A,B dan C), maka keluarannya bisa dituliskan sebagai :

$$F = A.B.C$$

Tanda titik sering tidak ditulis, sehingga persamaan di atas bisa ditulis sebagai $F = AB$ (Atau BA) dan $G = ABC$.

ii) Fungsi OR dinyatakan dengan sebuah simbol plus (+).

Sehingga gerbang OR dua-masukan dengan masukan A dan B, keluarannya dapat dituliskan sebagai :

$$F = A + B \text{ atau } F = B + A$$

iii) Fungsi NOT dinyatakan dengan garis atas (overline) pada masukannya. Sehingga, gerbang NOT dengan masukan A mempunyai keluaran yang dapat dituliskan sebagai :

$$F = \overline{A} \quad (\text{dibaca sebagai not A atau bukan A}).$$

iv) Fungsi XOR dinyatakan dengan simbol \oplus . Untuk gerbang XOR dua-masukan, keluarannya bisa dituliskan sebagai:

$$F = A \oplus B$$

Notasi NOT digunakan untuk menyajikan sembarang fungsi pembalik (ingkaran). Sebagai contoh, jika keluaran dari gerbang AND diingkar untuk menghasilkan fungsi NAND, ungkapan Boole dapat dituliskan sebagai :

$$F = \overline{A.B} \quad \text{atau} \quad F = \overline{AB}$$

Ungkapan Boole untuk fungsi NOR adalah :

$$F = \overline{A + B}$$

Tabel 15. Notasi Boole

Fungsi	Notasi Boole
AND	$A \cdot B$
OR	$A + B$
NOT	\overline{A}
EX-OR	$\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$
NAND	$\overline{A \cdot B}$
NOR	$\overline{A + B}$

c. Rangkuman 7

- 1) Output dari gerbang OR akan selalu 1 apabila salah satu inputnya 1
- 2) Output dari gerbang AND akan selalu 1 apabila kedua masukan 1
- 3) Output gerbang NOT selalu berkebalikan dengan input
- 4) Output gerbang NOR akan 1 apabila kedua inputnya 0
- 5) Output gerbang NAND akan satu apabila salah satu inputnya 0
- 6) Output gerbang Ex-OR akan satu apabila inputnya beda
- 7) Output gerbang Ex-NOR akan satu apabila inputnya sama
- 8) Keluaran dari satu atau kombinasi beberapa buah gerbang dapat dinyatakan dalam suatu ungkapan logika yang disebut ungkapan boole
- 9) Notasi aljabar boole adalah sebagai berikut:

Fungsi	Notasi Boole
AND	$A \cdot B$
OR	$A + B$
NOT	\overline{A}
EX-OR	$\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$
NAND	$\overline{A \cdot B}$
NOR	$\overline{A + B}$

d. Tugas 7

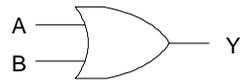
Ambilah IC TTL seri 7408 (AND), 7404 (NOT), dan 7432 (OR) masing-masing satu buah kemudian gambar penampangnya.

e. Tes Formatif 7

- 1) Sebutkan 3 macam gerbang digital dasar!
- 2) Gambarkan simbol gerbang OR dan tabel kebenarannya!
- 3) Gambarkan simbol gerbang AND dan tabel kebenarannya!
- 4) Gambarkan simbol gerbang NOT dan tabel kebenarannya!
- 5) Gambarkan simbol gerbang NAND, NOR, Ex-OR dan Ex-NOR!

f. Kunci Jawaban Tes Formatif 7

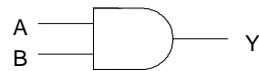
- 1) 3 macam gerbang logika dasar, yaitu OR, AND, NOT
- 2) Simbol gerbang OR dan Tabel kebenarannya



Tabel kebenaran

Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

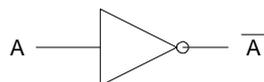
- 3) Simbol gerbang AND dan tabel kebenaran



Tabel kebenaran

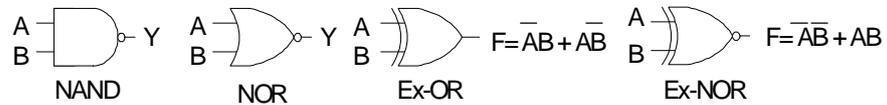
Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- 4) Simbol gerbang NOT dan tabel kebenaran



Masukan	Keluaran
1	0
0	1

5) Simbol gerbang NAND, NOR, Ex-OR dan Ex-NOR



g. Lembar Kerja 7

Alat dan Bahan :

- | | |
|------------------------------------|------------|
| 1. IC TTL OR, AND, NOT..... | 1 unit |
| 2. Sumber tegangan DC 5 volt | 1 unit |
| 3. Indikator LED | 1 buah |
| 4. Saklar | 1 buah |
| 5. Multimeter | 1 buah |
| 6. Kabel penghubung | secukupnya |
| 7. Papan penghubung | secukupnya |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

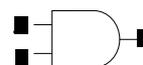
1. Periksalah terlebih dahulu semua komponen aktif maupun pasif sebelum digunakan !
2. Bacalah dan pahami petunjuk pratikum pada lembar kegiatan belajar !
3. Hati-hati dalam penggunaan peralatan pratikum !

Langkah kerja

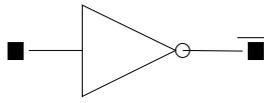
1. Siapkanlah alat dan bahan yang digunakan !
2. Periksalah semua alat dan bahan sebelum digunakan dan pastikan semua alat dan bahan dalam keadaan baik !
3. Buatlah rangkaian seperti di bawah ini !



Rangkaian 1.



Rangkaian 2.



Rangkaian 3.

4. Buatlah masing-masing rangkaian pada Tabel Kebenaran hubungan antara keluaran terhadap perubahan masukan

BAB III

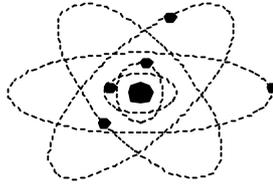
LEMBAR EVALUASI

A. PERTANYAAN

1. Gambarkan struktur atom model Bohr !.
2. Apa yang dimaksud dengan atom tetravalen ?
3. Bagaimana terjadinya ikatan kovalen ?.
4. Sebutkan beberapa logam yang termasuk jenis pada golongan logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan ?
5. Jelaskan yang dimaksud dengan potensial barrier ?
6. Ubah bilangan biner berikut ini menjadi bilangan desimal.
(a) 110 (b) 10101 (c) 101101
7. Ubahlah bilangan berikut menjadi bilangan biner
(a) 5 (b) 17 (c) 42 (d) 31
8. Gambarkan simbol gerbang OR, AND dan NOT
9. Rangkailah gerbang NOR, NAND dan EX-NOR dari gerbang dasar dan tulis tabel kebenarannya.

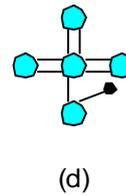
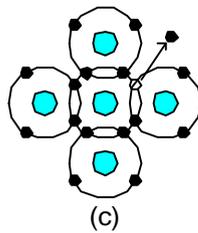
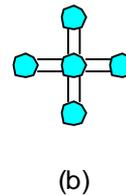
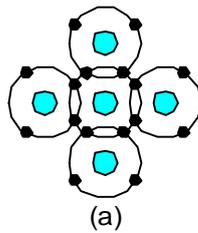
B. LEMBAR KUNCI JAWABAN

1. Wujud dari struktur bohr adalah :



Gambar atom model bohr

2. Yang dimaksud dengan atom tetravalen adalah atom yang memiliki 4 elektron valensi pada orbit terluar. Contoh dari atom yang memiliki 4 elektron valensi adalah atom germanium dan silikon.
3. Terjadinya ikatan kovalen dimulai dari



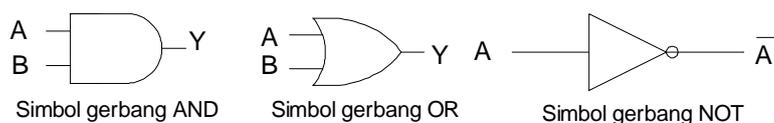
Gambar (a) ikatan kovalen (b) diagram ikatan
(c) hole (d) ikatan putus

Atom silikon terisolir memiliki 4 elektron valensi, pada ikatan kovalen atom silikon akan mengatur diri untuk bergabung dengan 4 atom silikon lainnya. Masing-masing atom tetangga membagi elektron pada atom pusat, sehingga atom pusat memiliki 8 elektron pada orbit valensinya. Pada gambar b menjelaskan tentang pembagian timbal balik dari elektron. Tiap elektron terbagi membentuk ikatan antara atom pusat dan atom tetangganya. Pembagian inilah yang mendasari ikatan kovalen. Jika terjadi

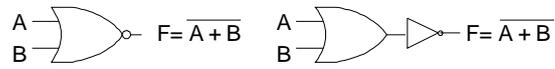
energi luar mendorong elektron valensi ke level energi yang lebih tinggi, elektron akan keluar dan meninggalkan lubang pada orbit terluar. Lubang tersebut dinamakan hole. Hole ekuivalen adalah lubang yang mengakibatkan ikatan kovalen terputus.

4. Jenis logam mulia yang digunakan dalam kelistrikan adalah : perak, platina. Dari kedua bahan tersebut yang memiliki daya hantar yang terbaik dari semua jenis bahan penghantar adalah perak. Tetapi jika dilihat dari segi ekonomis harga pembelian perak sangat mahal, maka penggunaannya sangat terbatas. Hampir semua bahan logam mulia penggunaannya sangat terbatas, dikarenakan mahalnya bahan dasar.
5. Adanya medan diantara ion adalah ekuivalen dengan perbedaan potensial yang disebut dengan potensial barrier. Potensial barrier sama dengan 0,3V untuk dioda germanium dan 0,7V untuk dioda silikon. Potensial barrier tergantung pada suhu junction. Suhu yang lebih tinggi, menciptakan lebih banyak pasangan elektron dan hole. Akibatnya, aliran pembawa minoritas melewati junction bertambah.
6. Hasil pengubahan bilangan biner menjadi bilangan desimal yaitu:
 - c. 6
 - d. 14
 - e. 45
7. Hasil pengubahan bilangan desimal menjadi bilangan biner yaitu:
 - a. 101
 - b. 10001
 - c. 101010
 - d. 11111

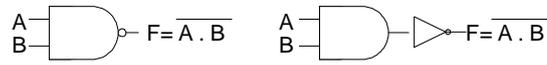
8. Simbol gerbang OR, AND dan NOT



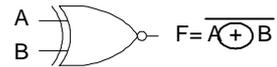
9. Rangkaian gerbang NOR, NAND, Ex-NOR



Simbol gerbang NOR



Simbol gerbang NAND



Simbol gerbang Ex-NOR

C. KRITERIA PENILAIAN

Kriteria	Skor (1-10)	Bobot	Nilai	Keterangan
Kognitif		3		Syarat lulus nilai minimal 70
Psikomotorik		3		
Keberhasilann rangkaian bekerja		2		
Ketepatan waktu		1		
Ketepatan penggunaan alat		1		
Nilai Akhir				

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

- Asrizal Amin Drs dkk, Kode dan Sistem Bilangan, Dikmenjur, Jakarta, 1998
- Asrizal Amin Drs dkk, Gerbang Logika, Dikmenjur, Jakarta, 1998
- Asrizal Amin Drs dkk, Logika Kombinasi, Dikmenjur, Jakarta, 1998
- Asrizal Amin Drs dkk, Logika Sekuensial, Dikmenjur, Jakarta, 1998
- Ibrahim, KF, Teknik Digital, Andi Offset, Yogyakarta, 1996
- S Warsito, Hernawan, Teknik Digit, cetakan ke 8, karya utama, Jakarta, 1992
- Uffenbeck, John, Microcomputer and Microprosesor, Second edition, Prentice Hall International, Inc, 1985
- Tokheim, L, Roger, Digital Elektronik, Second edition, McGraw-Hill, Inc, Singapore, 1985
- Mowle, J, Frederic, A systematic Approach to Digital Logic Design, Addison Wesley, 1976
- Malvino dkk., Prinsip prinsip penerapan digital, Penerbit Erlangga, Surabaya, edisi ketiga
- Ahmad kurnandar dkk, Penerapan Konsep Dasar Listrik dan Elektronika SMK Tingkat I, Armico, Bandung, 2001.
- PK. Barus dkk, FISIKA 3 Untuk SLTP kelas 3, Depdikbud, Perum Balai Pustaka, Jakarta, 1995.
- Umi Rochayati, Job Sheet Praktikum Elektronika Analog I, FT UNY, Yogyakarta, 2001