

MODUL PEMBELAJARAN

KODE : KH.KE. (1) 12

PEMELIHARAAN RANGKAIAN ELEKTRONIK

**BIDANG KEAHLIAN : KETENAGALISTRIKAN
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK PEMBANGKITAN**



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

2003

KATA PENGANTAR

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

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

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

Jakarta, 01 Desember 2003
Direktur Dikmenjur,

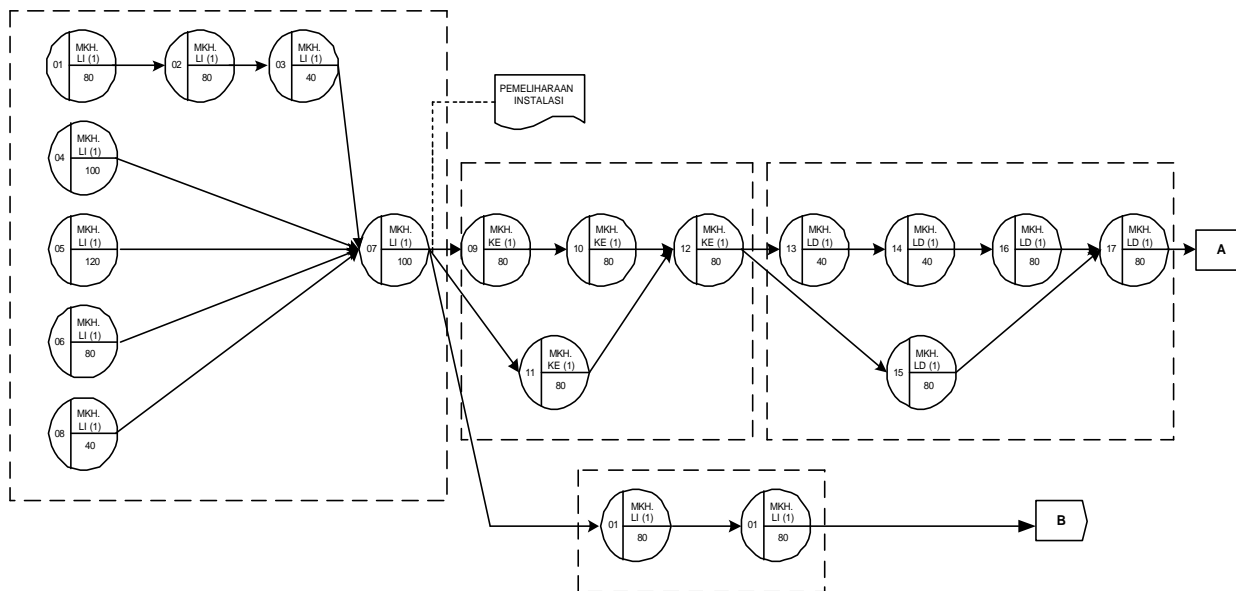
Dr. Ir. Gator Priowirjanto
NIP 130675814

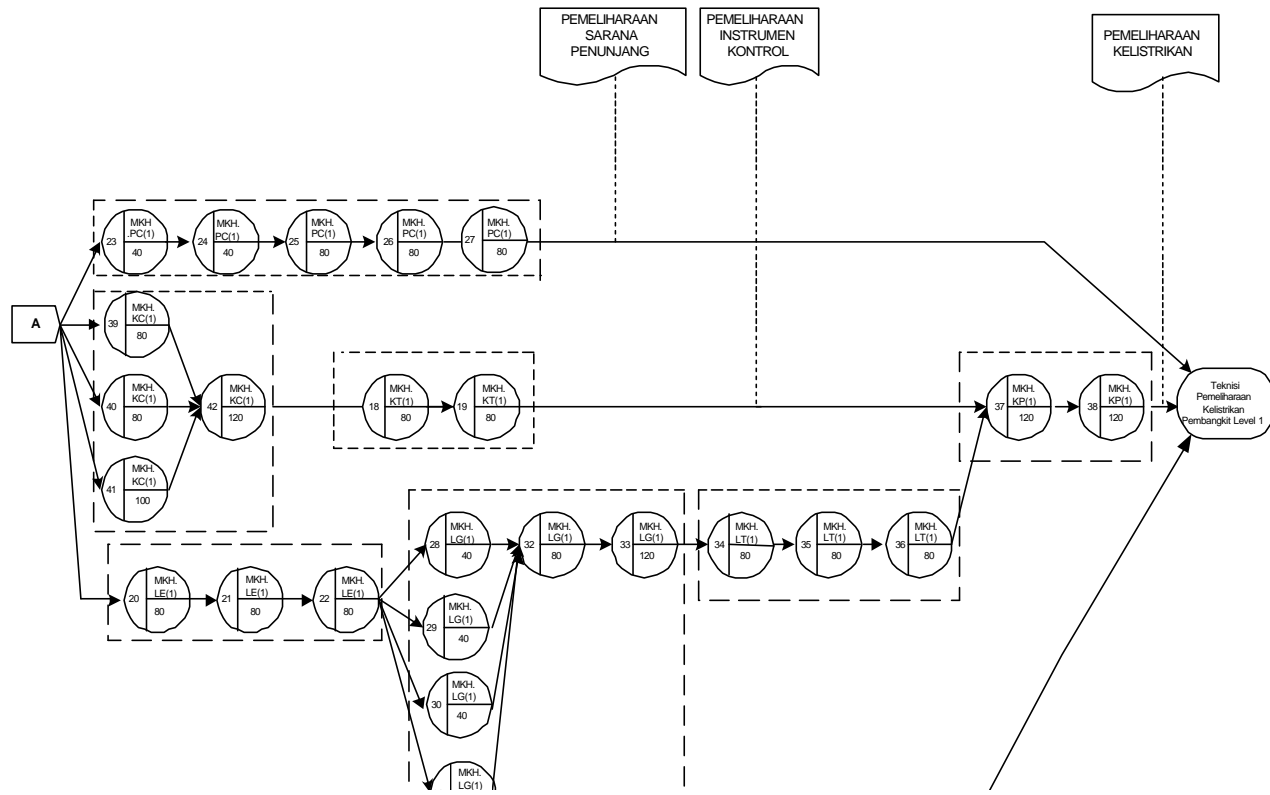
DAFTAR ISI

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

C.	Tes Formatif	89
D.	Kunci Jawaban	90
KEGIATAN BELAJAR 5		94
A.	Tujuan Kegiatan	94
B.	Uraian Materi	94
C.	Tes Formatif	98
D.	Kunci Jawaban	98
KEGIATAN BELAJAR 6		99
A.	Tujuan Kegiatan	99
B.	Uraian Materi	99
C.	Tes Formatif	102
D.	Kunci Jawaban	102
III	EVALUASI	103
	KUNCI JAWABAN	115
	DAFTAR PUSTAKA	117
	LAMPIRAN	

PETA POSISI MODUL KOMPETENSI SMK
PROGRAM KEAHLIAN TEKNIK PEMBANGKITAN TENAGA LISTRIK





PERISTILAHAN / GLOSSARY

Thyristor	:	Komponen aktif semikonduktor untuk control daya
UJT	:	Uni Junction Transistor
FET	:	Field Effect Transistor
Mosfet	:	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
Converter	:	Pengubah AC ke DC dan atau DC ke AC
Inverter	:	Pengubah DC ke DC dengan taraf yang berbeda
Timer	:	Pewaktu
AMV	:	Astable Multivibrator
MMV	:	Monostable Multivibrator
VCO	:	Voltage Controlled Oscillator
SCR	:	Silicon Controlled Rectifier
NPN	:	Transistor dengan lapisan Negatif – Positif - Negatif
PNP	:	Transistor dengan lapisan Positif – Negatif - Positif
Junction	:	Lapisan pertemuan antara lapisan positif dan negatif transistor
Dioda	:	Dua elektroda
Transistor	:	Transconductance resistor
Germanium	:	Bahan semikonduktor dengan valensi terluar 4 elektron (jumlah elektron = 32)
Silicon	:	Bahan semikonduktor dengan valensi terluar 4 elektron (jumlah elektron = 14)
Arsenic	:	Bahan impuritas untuk dopping semikonduktor dengan lapisan terluar 5 elektron
Indium	:	Bahan impuritas untuk dopping semikonduktor dengan lapisan terluar 3 elektron
Hole	:	Lubang sebagai tanda kekurangan elektron pada struktur atom
Elektron	:	Bagian unsur atom yang bermuatan negatif
Proton	:	Bagian unsur atom yang bermuatan positif
Neutron	:	Bagian unsur atom yang tidak bermuatan (netral)

Dopping	:	Upaya pencemaran / impuritas terhadap bahan semikonduktor murni agar menjadi semikonduktor elektronik
Motor	:	Mesin listrik yang memerlukan tenaga elektrik, menghasilkan tenaga mekanik
Generator	:	Mesin listrik yang memerlukan tenaga mekanik, menghasilkan tenaga listrik
Filter	:	Rangkaian listrik/elektronik yang berfungsi membatasi frekwensi listrik tertentu
Clipper	:	Pemotong pulsa sinyal listrik
Varactor	:	Dioda yang dipengaruhi oleh sifat kapasitornya
Diac	:	Komponen elektronik semikonduktor yang dapat melangsungkan arus listrik secara dua arah dengan pengaturan keadaan polaritas
Triac	:	Komponen elektronik semikonduktor yang dapat melangsungkan arus listrik secara dua arah dengan pengaturan gate
PUT	:	Programmable Unijunction Transistor
Multiplier	:	Sirkuit pelipat frekwensi
Trimer	:	Resistor variable yang dapat diatur

I. PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI MODUL

Terdapat tiga tantangan cukup berat yang dihadapi bangsa Indonesia saat ini yaitu (1) adanya kebijaksanaan otonomi daerah (desentralisasi) yang sudah mulai digulirkan ; (2) adanya AFTA dan AFLA mulai berlaku tahun 2003 ; dan (3) tantangan globalisasi yang akan terjadi 2020. Ketiga tantangan tersebut merupakan ujian yang harus dihadapi, maka perlu peningkatan kualitas sumber daya manusia (SDM) sebagai langkah yang harus direncanakan secara strategis. Strategi peningkatan kualitas SDM dilakukan dengan berbagai strategi antara lain melalui pembelajaran berbasis kompetensi (competency based training). Pelaksanaan strategi tersebut dilakukan melalui (1) penataan kurikulum; (2) penyusunan bahan ajar/modul; (3) penyusunan standar pelayanan minimal; dan (4) penyelenggaraan diklat berbasis produksi (production based training).Kegiatan pembelajaran dengan berbasis produksi pada hakekatnya merupakan perpaduan antara penguasaan konsep dan prinsip terhadap suatu obyek serta penerapannya dalam kegiatan produksi, dengan memperhatikan fakta lapangan dan menggunakan prosedur tetap untuk menghasilkan produk barang dan jasa yang standar.

Pendekatan pembelajaran dengan sistem modul memberikan kesempatan kepada peserta diklat untuk belajar secara mandiri sesuai dengan percepatan pembelajaran masing-masing. Modul sebagai alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.

Untuk itu perlu adanya penyusunan bahan ajar atau modul sesuai dengan analisis kompetensi, agar peserta diklat dapat belajar efektif dan efisien.

Isi modul ini diarahkan untuk dapat memahami dan menggunakan peralatan mesin listrik di industri dengan kontrol elektronik meliputi

B. PRASYARAT

Untuk dapat mengikuti modul ini peserta harus sudah lulus dan kompeten pada pendidikan dan pelatihan berbasis pada modul-modul :

1. Dasar Elektronika
2. Komponen-komponen elektronika daya
3. Dasar-dasar mesin listrik AC dan DC

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Isi dan urutan dari modul ini disiapkan untuk materi diklat pada program peningkatan kompetensi yang mengacu kepada kebutuhan kompetensi industri dibidang keahlian rangkaian kontrol motor.

Modul ini berisi 6 kegiatan belajar, yang dapat dikembangkan kearah aplikasi rangkaian kontrol motor.

Laporkan setiap hasil percobaan sirkit praktek kepada pembimbing bila operasi rangkaian praktek telah sesuai dengan instruksi/kesimpulan sesuai dengan modul. Agar supaya diperoleh hasil yang diinginkan pada peningkatan kompetensi, maka tata cara belajar bagi siswa memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Ikutilah langkah-langkah belajar seperti yang diinstruksikan
2. Persiapkanlah perlengkapan-perengkapan yang dibutuhkan sesuai dengan petunjuk modul ini

Peran guru assesor antara lain :

1. Membantu siswa dalam merencanakan proses belajar, memahami konsep dan praktik baru serta membantu siswa dalam mengakses sumber belajar
2. Menjawab pertanyaan siswa
3. Merencanakan proses penilaian dan melaksanakan penilaian
4. Menjelaskan kepada siswa tentang sikap pengetahuan dan keterampilan dari suatu kompetensi yang perlu untuk dibenahi dan merundingkan rencana pembelajaran serta mencatat pencapaian kemajuan siswa

Setiap percobaan berisi lembar informasi sebagai dasar teori penunjang praktek dan lembar kerja serta langkah kerja dan diakhiri dengan lembar evaluasi dan referensi yang digunakan/disarankan.

Dalam pelaksanaannya, semua urutan langkah kerja pada setiap topik kegiatan pembelajaran adalah individual learning yang harus dilakukan oleh praktikan/peserta diklat, pembimbing memeriksa setiap langkah kerja yang dilakukan oleh praktikan dengan cara membubuhkan paraf pembimbing untuk setiap langkah kerja yang sudah dilakukan oleh praktikan.

Laporkan setiap hasil percobaan sirkuit praktek kepada pembimbing bila operasi rangkaian praktek telah sesuai dengan instruksi/kesimpulan sesuai dengan modul.

D. TUJUAN AKHIR

Modul ini bertujuan memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan kepada peserta untuk mengarah kepada standar kompetensi tentang prinsip dasar dan aplikasi rangkaian digital.

Anda dapat dinyatakan telah berhasil menyelesaikan modul ini jika anda telah mengerjakan seluruh isi dari modul ini termasuk latihan teori dan praktek dengan benar juga telah mengikuti evaluasi berupa test dengan skor minimum adalah 70.

Setelah selesai mempelajari materi ini peserta diklat diharapkan dapat :

1. Mempraktekan Rangkaian Dioda Penyearah
2. Mempraktekan Rangkaian Transistor dan FET
3. Mempraktekan Rangkaian Timer
4. Mempraktekan Rangkaian Thyristor dan UJT
5. Mempraktekan Pengaturan Motor D C dan AC
6. Mempraktekan Converter dan Inverter

E. STANDAR KOMPETENSI

Kode Kompetensi : KH.KE (1)

Kompetensi : Mengoperasikan mesin listrik produksi dengan kendali elektronik

Sub Kompetensi :

1. Mempraktekan Rangkaian Dioda Penyearah
2. Mempraktekan Rangkaian Transistor dan FET
3. Mempraktekan Rangkaian Timer
4. Mempraktekan Rangkaian Thyristor dan UJT
5. Mempraktekan Pengaturan Motor D C dan AC
6. Mempraktekan Converter dan Inverter

Tujuan Umum :

1. Mengoperasikan sirkit pengontrol mesin listrik
2. Menggunakan rangkaian elektronika dalam sirkit kontrol motor otomatis

Ruang Lingkup :

1. Dioda, penyearah setengah gelombang, gelombang penuh, sistem jembatan, zener , clamper
2. NPN, PNP, emitor, basis, kolektor, silicon, germanium, tegangan panjar, FET, JFET, MOSFET
3. AMV,MMV,VCO, sequence timer,
4. Motor DC, Motor AC, kopel, chopper, model motor dc
5. Converter AC ke DC, converter DC ke AC, inverter DC ke DC

Standar kompetensi

1. Judul Unit

- a. Mempraktekan rangkaian dioda penyearah
- b. Mempraktekan rangkaian transistor dan FET
- c. Mengaplikasikan rangkaian timer pada pemberian pulsa kontrol motor dengan SCR
- d. Mengaplikasikan rangkaian thyristor dan UJT
- e. Mengaplikasikan kontrol pengaturan kecepatan motor DC dan AC
- f. Mengaplikasikan rangkaian converter dan inverter

2. Uraian Unit

Unit-unit ini mengidentifikasi kompetensi yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin kontrol di industri

3. Elemen Kompetensi dan Kriteria Unjuk Kerja

a. Mempraktekan rangkaian dioda penyearah

KUK :

1. Rangkaian dioda penyearah diidentifikasi dengan benar
2. Cara kerja dioda dijelaskan sesuai dengan spesifikasi dan operasinya
3. Rangkaian dioda diidentifikasi sesuai dengan jenisnya diodanya
4. Fungsi-fungsi Anoda dan Katoda diidentifikasi dengan benar sesuai karakteristiknya

b. Mempraktekan rangkaian transistor dan FET

KUK :

1. Jenis dan cara kerja transistor dan FET digambarkan dan diidentifikasi dengan benar sesuai ketentuan
2. Polaritas transistor dan FET digunakan dengan benar sesuai fungsinya
3. Operasi transistor serta FET dalam sirkit dijelaskan sesuai karakteristik dan fungsinya

c. Mengaplikasikan rangkaian timer pada pemberian pulsa kontrol motor dengan SCR

KUK :

1. Sirkit timer diidentifikasi sesuai fungsinya
2. Sistem AMV dan MMV serta klok diidentifikasi sesuai dengan fungsi dan karakteristiknya
3. Bagian-bagian sirkit dianalisa sesuai dengan urutan kerja dan fungsinya
4. Sirkit timer untuk kontrol motor dengan SCR diimplementasikan secara benar

d. Mengaplikasikan kontrol pengaturan kecepatan motor DC dan AC

KUK :

1. Sirkit pengontrol motor DC diidentifikasi sesuai fungsinya secara benar
2. Sistem pengontrolan motor AC dianalisa sesuai dengan karakteristiknya

3. Sirkuit pengaturan kecepatan motor DC dan atau AC diimplementasikan sesuai dengan cara kerja dan operasi yang benar sesuai aturan
- e. Mengaplikasikan rangkaian converter dan inverter

KUK :

1. Sirkuit converter AC ke DC diidentifikasi sesuai karakteristiknya secara tepat dan aman
2. Sirkuit converter DC ke AC diidentifikasi sesuai dengan karakteristiknya
3. Sirkuit inverter DC ke DC digunakan sesuai dengan karakteristik off-hook
4. Sirkuit UPS diimplementasikan sesuai fungsinya dengan baik dan benar sesuai aturan

Kode Modul : MKH.KE (1) 12

F. Cek kemampuan

Untuk mengukur penguasaan kompetensi-kompetensi yang akan dipelajari pada modul ini, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Jelaskan secara teoritis dan praktis perbedaan dioda, transistor, FET, UJT, SCR, Motor, Generator
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Converter, Inverter
3. Sebutkan perbedaan motor DC dan motor AC

II. PEMBELAJARAN

A. RENCANA BELAJAR SISWA

Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan guru

Pedoman penilaian

Penilaian pada modul rangkaian digital ini berpedoman pada kompetensi industri yang telah disyahkan oleh asosiasi industri

B. KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN BELAJAR 1

DIODA PENYEARAH

1. DIODA

a. Tujuan Kegiatan Belajar

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

1. Menggambarkan struktur atom germanium dan atom silikon
2. Menjelaskan hubungan (junction) p-n semikonduktor
3. Menjelaskan cara pemberian tegangan panjar dioda
4. Menggambarkan kurva karakteristik dioda
5. Menentukan kaki anoda dan katoda pada dioda

b. Uraian Materi

Semikonduktor adalah bahan dasar untuk komponen aktif pada pesawat/peralatan elektronika, yang mempunyai dua buah sifat yang menjadi satu yaitu menghantar dan menahan arus listrik. Bahan semikonduktor yang paling banyak dipakai adalah germanium dan silikon.

Atom-atom Germanium dan Silikon

Atom adalah bagian terkecil dari suatu unsur, sedangkan unsur adalah suatu zat kimia yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi zat baru, yang berbeda dengan zat semula. Atom terdiri dari inti (nucleus) dan dikelilingi oleh elektron-elektron yang bergerak pada orbitnya.

Elektron adalah identik untuk semua partikel/atom. Elektron dari suatu atom dapat diganti dengan elektron dari atom yang lain. Bahan yang berbeda dapat dibuat dari atom-atom yang berbeda-beda atau kombinasi dari beberapa atom. Jumlah proton atau elektron di dalam suatu atom merupakan nomor atom. Banyak elektron pada kulit atom adalah :

$$X = 2 \cdot n^2$$

dimana : $X =$ banyak elektron

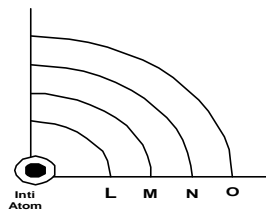
$n =$ nomor kulit

Untuk kulit-kulit : 1 (kulit L) ----- $X = 2 \cdot 1^2 = 2$

2 (kulit M) ----- $X = 2 \cdot 2^2 = 8$

3 (kulit N) ----- $X = 2 \cdot 3^2 = 18$ dan seterusnya

Susunan atom germanium dapat dilihat pada gambar 1. Atom germanium (Ge) terdiri dari sebuah inti dan dikelilingi oleh sejumlah elektron. Elektron yang mengelilingi inti atom terletak pada kulit atom.

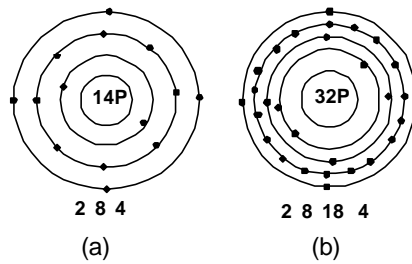


Gambar 1.1

Susunan atom germanium

Atom Ge mempunyai empat kulit atom yang mengelilingi inti atom. Kulit pertama disebut kulit L, elektron yang mengelilinginya sebanyak 2 buah, kulit kedua disebut kulit M dengan muatan elektron sebanyak 8 buah, kulit ketiga disebut kulit N dengan muatan elektron sebanyak 18 buah, dan kulit yang terluar disebut kulit O dengan muatan elektron sebanyak 4 buah. Kulit terluar inilah yang menentukan sifat semikonduktor Germanium.

Atom silikon terisolir Gb 2 (a) mempunyai 14 proton dalam intinya. Pada orbit pertama bergerak 2 elektron, 8 elektron bergerak pada orbit kedua dan 4 elektron pada orbit terluar atau orbit valensi. 14 elektron yang berputar menetralkan muatan dari inti atom sehingga dari luar atom (secara urutan listrik) adalah netral. Gb 2 (b) menunjukkan atom germanium terisolir, perhatikan 32 proton dalam inti atom dan 32 elektron yang mengorbit. Dalam hal ini yang penting adalah orbit luar (orbit valensi) yang terdiri dari empat elektron, sama seperti silikon. Oleh sebab itu silikon dan germanium disebut elemen tetra valent (tetra valent berarti mempunyai empat valensi)



Gambar 1.2.

Susunan atom silikon dan germaium

(a) Atom silikon (b) Atom Germanium

Kristal

Dewasa ini bahan semikonduktor yang paling banyak digunakan adalah kristal silikon. Namun dahulu juga digunakan unsur germanium. Kristal kalium arsenida yang terbentuk dari unsur galium dan arsen mempunyai sifat seperti unsur diatas, sehingga dapat pula digunakan untuk membentuk bahan semikonduktor. Kristal ini banyak digunakan untuk membuat lampu LED yang dipakai untuk lampu penunjuk dan laser dioda. Kristal gas As juga digunakan untuk membuat transistor yang dapat bekerja pada daerah frekwensi tinggi dalam daerah gelombang mikro.

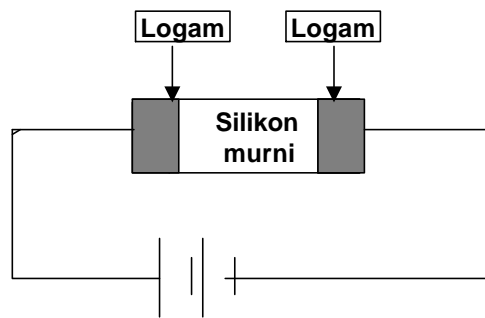
Pada suhu ruang (sekitar 25°C) kristal silikon mempunyai arus terlalu kecil untuk digunakan pada aplikasi umumnya. Pada suhu ini sepotong silikon tidak merupakan isolator maupun konduktor yang baik. Dengan alasan inilah bahan tersebut disebut bahan semikonduktor. Kristal germanium juga merupakan semikonduktor pada suhu ruang. Tetapi ada perbedaan yang penting sekali antara silikon dan germanium. Pada suhu ruang, kristal silikon mempunyai elektron bebas yang lebih sedikit daripada kristal germanium. Ini salah satu alasan mengapa silikon telah menjadi bahan semikonduktor utama dalam pemakaian masa kini.

Konduksi Dalam Silikon Murni

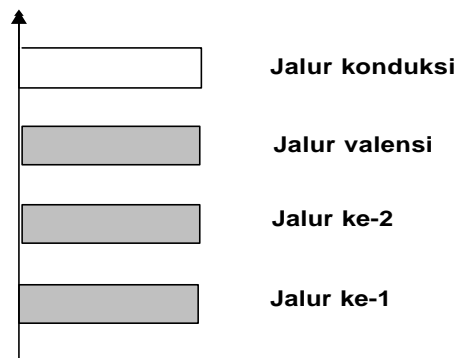
Pada sepotong kawat tembaga elektron-elektron bebas berada di dalam satu jalur energi yang disebut jalur konduksi, dimana elektron-elektron bebas ini dapat menghasilkan arus yang besar.

Gambar 3(a) memperlihatkan sebatang silikon dengan lapisan logam pada ujung-ujungnya. Suatu sumber tegangan luar membangkitkan medan listrik di antara ujung-

ujung dari kristal tersebut. Pada suhu mutlak, elektron tidak dapat bergerak melalui kristal. Semua elektron valensi diikat dengan kuat oleh atom-atom silikon, sebab mereka adalah bagian dari ikatan-ikatan kovalen di antara atom-atom. Gambar 3(b) memperlihatkan diagram jalur energi. Bila tingkat jalur yang pertama berisi penuh, elektron di jalur-jalur ini tidak dapat bergerak dengan mudah karena disitu tidak ada lintasan yang kosong. Tetapi di luar jalur valensi terdapat jalur konduksi. Jika sebuah elektron valensi dapat dinaikkan ke dalam jalur konduksi, maka elektron tersebut bebas bergerak dari satu atom ke atom di sekitarnya. Namun pada suhu nol mutlak, jalur konduksi adalah kosong, ini berarti bahwa arus tidak dapat mengalir di dalam kristal silikon.



(a)



(b)

Gambar.1.3

(a) Rangkaian Jalur konduksi

(b) Jalur-jalur energi pada suhu ruang

Lubang-Lobang (Hole-hole)

Apabila pada ikatan atom Ge tersebut terjadi perubahan suhu kamar yang cukup untuk melepaskan ikatan kovalen akan terjadi elektron bebas yang keluar dari ikatannya. Tempat yang ditinggalkan oleh elektron tersebut dinamakan lobang (hole), yang bermuatan positif. Hole maupun elektron kedua-duanya menghantarkan muatan listrik. Hantaran disebabkan oleh aliran hole yang bermuatan positif dan aliran elektron bermuatan negatif. Ikatan kovalen yang pecah menyebabkan terjadinya hole karena adanya elektron bebas yang keluar dari ikatan kovalennya.

Semikonduktor Ekstrinsik

Semikonduktor Ekstrinsik adalah semikonduktor hasil dari penggabungan intrinsik semikonduktor dan impuriti semikonduktor. Semikonduktor yang digunakan untuk membuat dioda dan transistor adalah semikonduktor ekstrinsik, yang dibuat dari campuran bahan semikonduktor intrinsik dengan atom lain.

Semikonduktor Intrinsik yaitu semikonduktor netral (murni) dengan jumlah muatan positif +4 sama terhadap muatan negatif.

Contoh : Germanium, Silikon.

Semikonduktor Impuriti ada dua macam :

- a. Semikonduktor yang mempunyai muatan positif tiga dan muatan negatif tiga.
- b. Semikonduktor yang mempunyai muatan positif lima dan muatan negatif lima

Contoh : Arsenik.

Semikonduktor Ekstrinsik ada dua tipe, yaitu tipe P semikonduktor akan terjadi apabila semikonduktor intrinsik dicampur dengan impuriti semikonduktor bermuatan +3.

Contoh :

Ge + Indium _____ Tipe P

Tipe N akan terjadi apabila intrinsik semikonduktor di campur dengan impuriti semikonduktor bermuatan +5.

Contoh :

Ge + Arsenik _____ Tipe N

Sehingga bila sejumlah atom Ge didekatkan satu dengan lainnya maka akan terjadi ikatan kovalen antara elektron atom satu dengan yang lainnya.

Junction P - N

Pada teknik elektronika banyak dipakai semikonduktor dari germanium (Ge) dan silikon (Si). Dalam keadaan aslinya germanium dan silikon itu adalah bahan-bahan pelikan dan merupakan isolator. Tetapi kemudian di dalam pabrik, germanium dan silikon itu masing-masing diberi kotoran (dopping), misalnya dengan aluminium. Dari hasil pengotoran (dopping) itu diperoleh bahan semikonduktor yang disebut semikonduktor tipe-P. Disebut semikonduktor tipe-P, sebab germanium dan silikon itu sekarang menjadi kekurangan elektron, sehingga bersifat positif. Jika germanium dan silikon tersebut diberi kotoran fosfor, maka yang diperoleh adalah semikonduktor tipe-N. Dinamai semikonduktor tipe N sebab bahan ini berlebihan elektron, sehingga bersifat negatif. Pertemuan (junction) adalah daerah di mana semikonduktor tipe-P dan semikonduktor tipe-N bertemu yang nantinya dinamakan dioda junction.

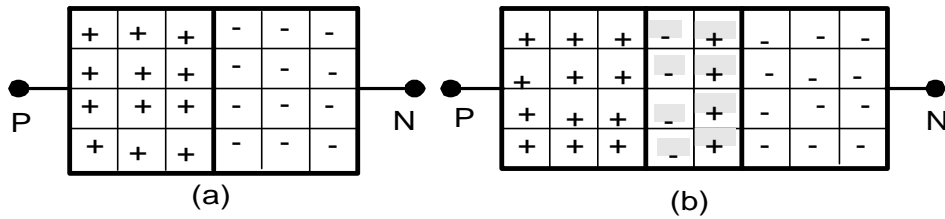
Karakter Keping P-N

Gambar 4(a) menunjukkan dioda junction. Sisi P mempunyai banyak hole dan sisi N banyak elektron. Agar tidak membingungkan, pembawa minoritas tidak ditunjukkan tetapi perlu diketahui bahwa ada beberapa (sindikat) elektron pada sisi P dan sedikit hole pada sisi N.

Elektron pada sisi N cenderung untuk berdifusi (tersebar) ke segala arah. Beberapa berdifusi melewati junction. Jika tidak masuk daerah P, ia akan merupakan pembawa minoritas. Dengan banyak hole disekitarnya, pembawa minoritas ini mempunyai umur hidup yang singkat, segera setelah memasuki daerah P, elektron akan jatuh kedalam hole. Jika ini terjadi, hole lenyap dan elektron menjadi elektron valensi.

Setiap kali elektron berdifusi melalui junction, ia menciptakan sepasang ion. Gambar 4(b) menunjukkan ion-ion ini pada masing-masing sisi junction. Tanda positif berlingkaran menandakan ion positif dan tanda negatif berlingkaran menandakan ion negatif. Ion tetap dalam struktur kristal karena ikatan kovalen dan tidak dapat berkeliling seperti elektron ataupun hole.

Tiap pasangan ion positif dan negatif pada gambar 4(b) disebut dipole. Penciptaan dipole berarti satu elektron dan satu hole telah dikeluarkan dari sirkulasi. Jika terbentuk sejumlah dipole, daerah dekat junction dikosongkan dari muatan-muatan yang bergerak. Kita sebut daerah yang kosong muatan ini dengan lapisan pengosongan (depletion layer).



Gambar 1.4

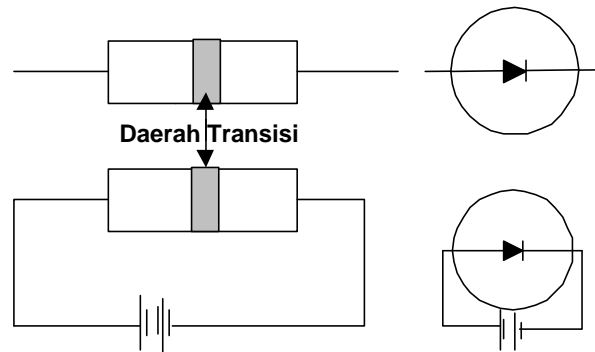
(a). Sebelum difusi

(b). Sesudah difusi

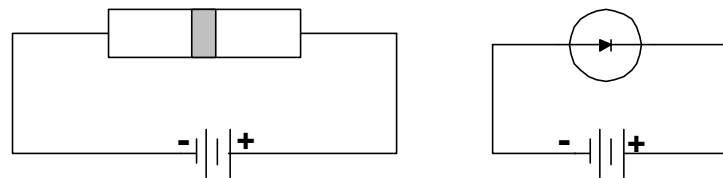
Tegangan Panjar Dioda

Supaya dioda dapat bekerja, maka perlu adanya tegangan yang diberikan pada dioda tersebut. Tegangan itu disebut tegangan muka. Tegangan yang diberikan pada dioda ada dua cara, bila sisi P dihubungkan dengan kutub positif baterai dan sisi N dihubungkan dengan kutub negatif baterai, maka tegangan muka seperti ini disebut tegangan muka maju. Pada tegangan muka maju arus listrik dapat mengalir melalui dioda.

Sedangkan apabila sisi P dihubungkan dengan kutub negatif baterai dan sisi N dihubungkan dengan kutub positif baterai, maka tegangan muka seperti ini disebut tegangan muka terbalik. Pada tegangan muka ini arus listrik tidak dapat mengalir melalui dioda.



Gambar 1.5
Tegangan muka maju dioda



Gambar 1.6
Tegangan muka balik dioda

Kurva Karakteristik Dioda

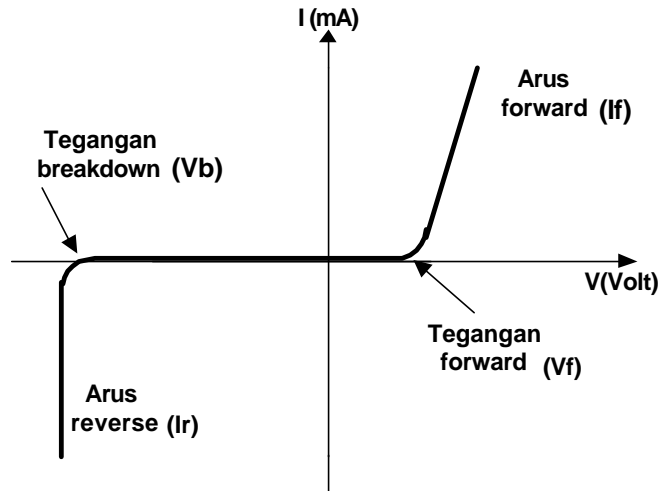
Karakteristik dioda terdiri atas dua macam, yaitu karakteristik dioda maju pada saat diberi tegangan muka maju (forward bias) dan karakteristik dioda terbalik pada saat di beri tegangan muka balik (reverse bias).

Pada karakteristik dioda ini yang akan dibicarakan adalah karakteristik tegangan dan arus.

Pada saat tegangan maju (forward) V_f nol, maka arus maju I_f masih dalam posisi nol. Jika sedikit demi sedikit tegangan maju ditambah, maka arus maju I_f masih dalam posisi nol (sangat kecil) mengalirlah I_f secara besar-besaran, dalam grafik digambarkan merupakan garis lurus (grafik linear).

Sebaliknya apabila diberi tegangan balik, dioda akan tetap tidak menghantar sampai mencapai tegangan breakdown dioda tersebut. Apabila telah mencapai tegangan breakdown dioda akan menghantar dan arus reverse I_r seperti diberi

tegangan maju. Besarnya tegangan maju untuk dioda jenis silikon adalah 0,7 Volt dan 0,3 untuk germanium.



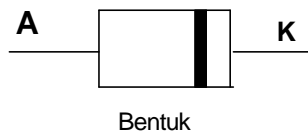
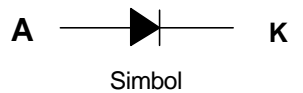
Gambar 1.7

Karakteristik tegangan muka maju dan terbalik

Penentuan Kaki Dioda

Apabila semikonduktor tipe P dan semikonduktor tipe N, keduanya saling digabungkan satu sama lain, maka terjadilah sebuah dioda. Disebut dioda karena mempunyai dua buah kaki, masing-masing pada sisi N dan pada sisi P. Kaki-kaki ini berfungsi sebagai terminal dioda. Sisi P disebut Anoda (A) dan sisi N disebut Katoda (K).

Karena dioda dibuat dengan jalan menggabungkan kedua sisi konduktor tersebut, sehingga disebut dioda junction (lapisan) antara anoda dan katoda.



Gambar 1.8

Simbol dan Bentuk dioda

Bentuk dioda seperti pada gambar 8 dapat ditentukan kaki-kaki sebuah dioda yaitu kaki katoda ditandai dengan garis pada ujungnya. Cara lain adalah dengan menggunakan Ohmmeter. Dengan menghubungkan jumper Ohmmeter langsung pada kaki dioda dapat ditentukan Anoda dan Katoda dari dioda tersebut, yaitu dengan cara menghubungkan jumper warna hitam (positif battery Ohmmeter) ke salah satu kaki dioda dan jumper warna merah (negatif battery Ohmmeter) ke kaki lainnya,

- a. Apabila jarum penunjuk Ohmmeter bergerak menuju 0 Ohm (dioda forward), kaki dioda yang terhubung dengan jumper warna hitam adalah anoda dan merah katoda.
- b. Jika jarum Ohmmeter tidak bergerak menuju 0 Ohm (dioda reverse), balikkan hubungan jumper ke kaki dioda sehingga didapatkan seperti hasil pada poin a.

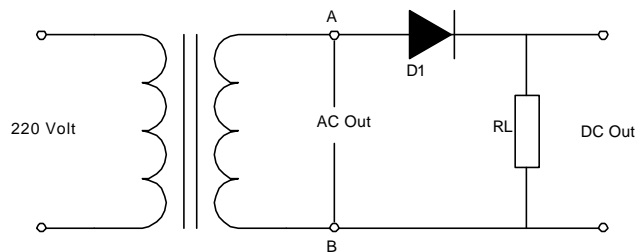
Latihan 1

Jawablah soal-soal berikut ini dengan tepat dan benar :

1. Mengapa atom germanium dan silikon disebut elemen tetravalen ?
2. Apa yang dimaksud dengan dioda junction ?
3. Jelaskan yang dimaksud dengan tegangan muka dioda.
4. Gambarlah bentuk karakteristik tagangan maju muka dioda.
5. Sebutkan dua cara penentuan kaki anoda dan katoda sebuah dioda.

II. PENYEARAH

A. Dioda sebagai Penyearah Setengah Gelombang



Gambar 1.9

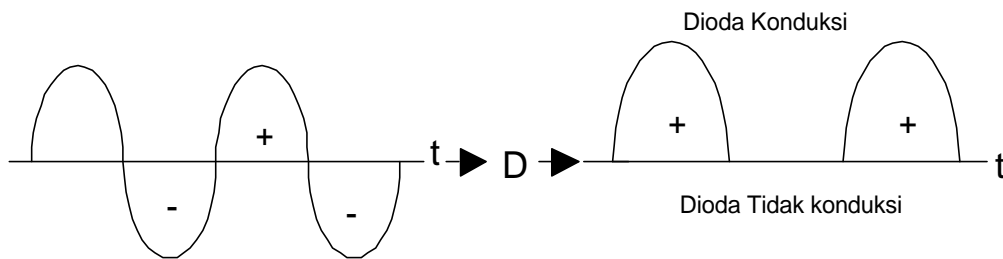
. Rangkaian penyearah setengah gelombang

Prinsip kerja :

Jika A positif (+), B negatif (-), maka dioda konduksi (bekerja) sehingga arus akan mengalir menuju RL dan kembali ke trafo.

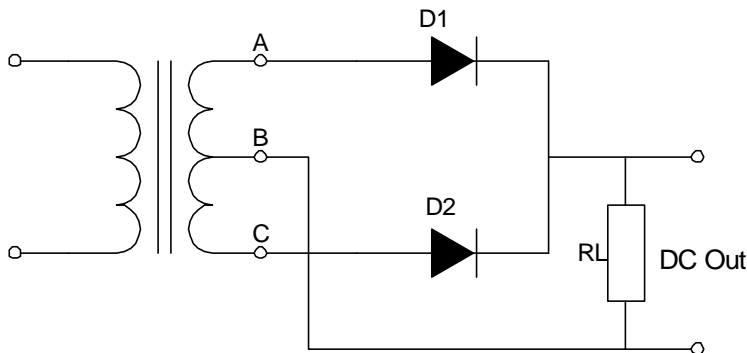
Saat A negatif (-), B positif (+), maka dioda tidak konduksi/tidak bekerja sehingga arus tidak mengalir.

Kejadian ini berulang/muncul terus-menerus sehingga bentuk gelombangnya dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.10
Penyearahan dioda

b. Dioda Sebagai Penyearah Gelombang Penuh Dengan Dua Dioda



Gambar 1.11

. Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan dua dioda

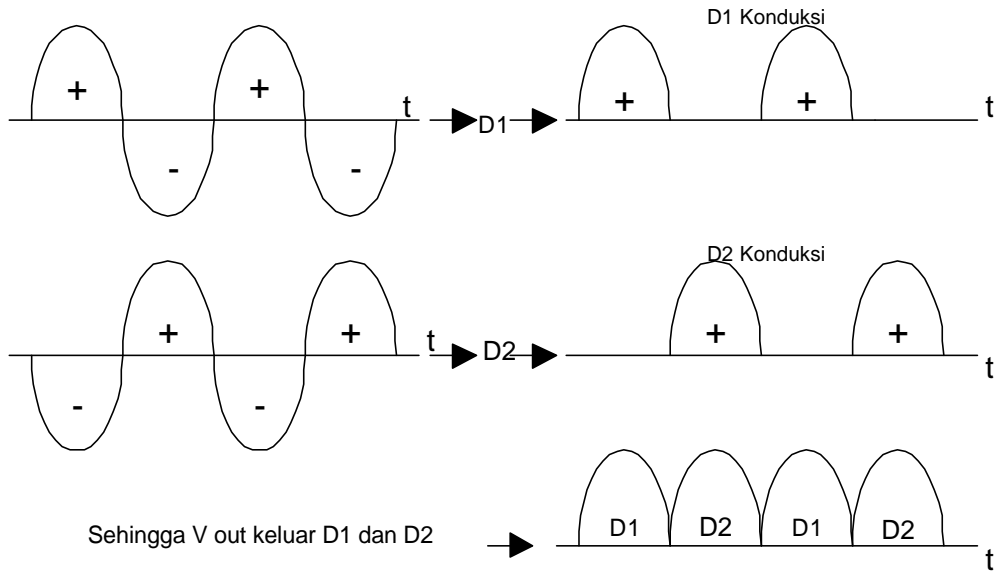
Prinsip Kerja

Perlu diketahui bahwa kutub rangkaian penyearah gelombang penuh dua dioda diperlukan transformator yang mempunyai CT (Center Tap). Gelombang sinyal pada titik A selalu berbeda fasa 180° terhadap titik C, titik B sebagai nolnya.

Jika titik A positif (+) titik C negatif (-), maka D1 akan konduksi kemudian arus mengalir menuju RL dan kembali ke trafo (titik B).

Jika titik C positif (+), titik A negatif (-) maka D2 akan konduksi , kemudian arus akan mengalir menuju RL dan kembali ke trafo (titik B).

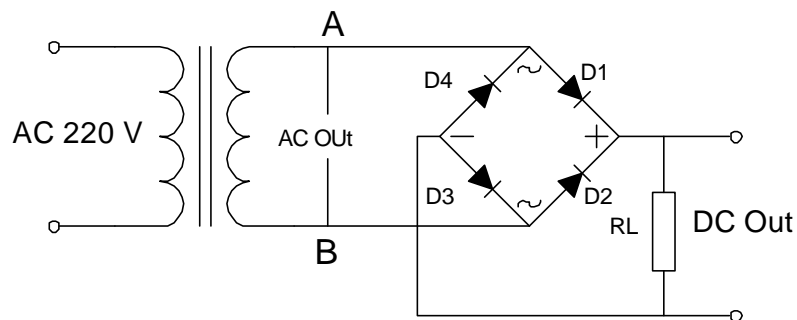
Kejadian ini akan berlangsung berulang dan gelombang/sinyalnya dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.12

Bentuk gelombang Rangkaian penyearah dengan dua dioda

c. Dioda sebagai penyearah Gelombang penuh dengan sistem jembatan (bridge)



Gambar 1.13

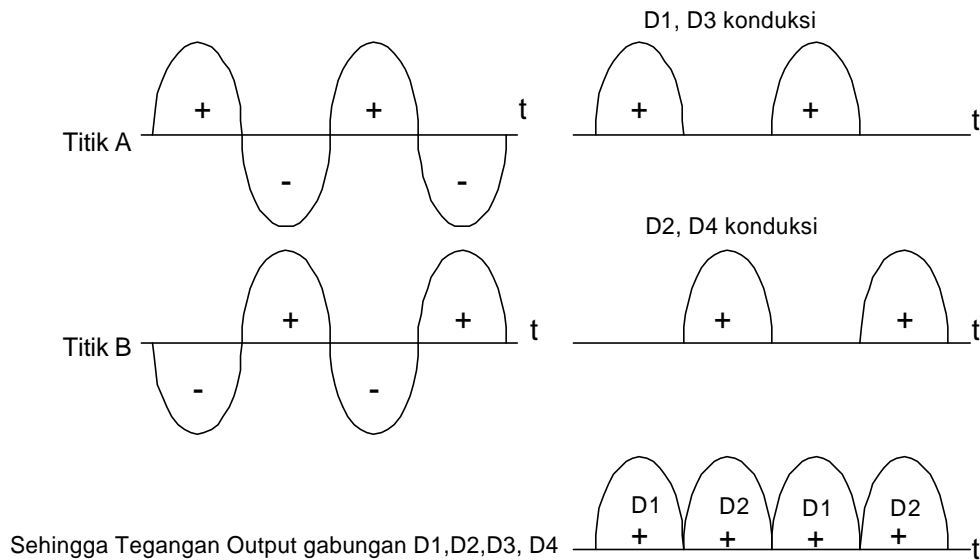
. Rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan

Prinsip Kerja :

Jika A positif (+), B negatif (-), maka D1 konduksi, arus akan mengalir menuju RL dan D3 menuju titik B.

Saat B positif (+), A negatif (-), maka D2 konduksi, arus akan mengalir menuju RL dan D4 menuju titik B.

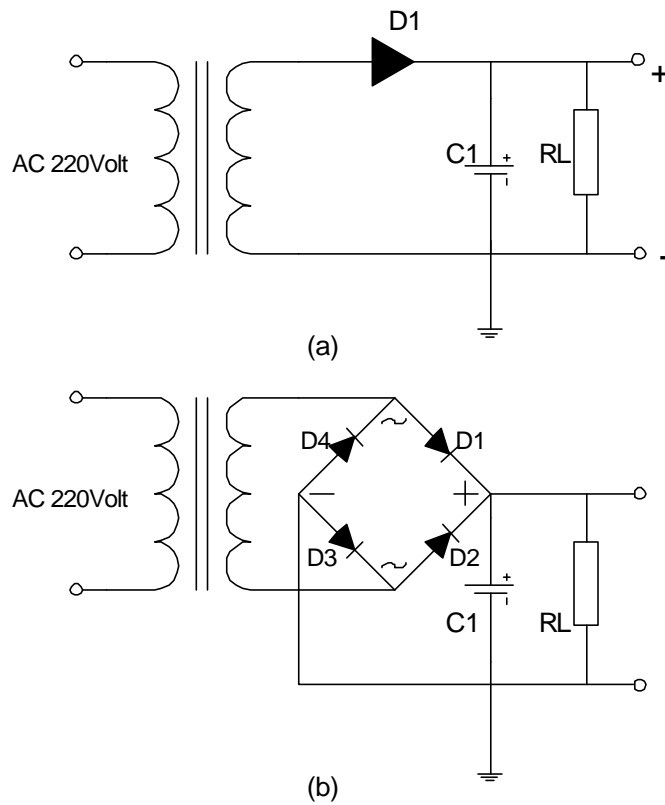
Kejadian ini berulang secara terus-menerus sehingga gelombang/sinyalnya dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1.14
Bentuk gelombang penyearah sistem jembatan

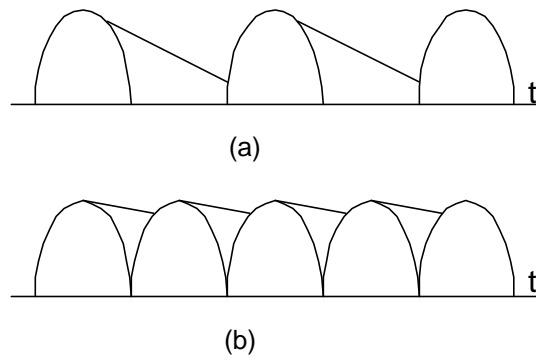
Dioda sebagai penyearah gelombang dengan filter kapasitor

Penyearah gelombang dengan filter kapasitor adalah menambahkan kapasitor pada output penyearah yang dipasang paralel dengan beban resistor (RL). Pemasangan filter ini berlaku untuk penyearah setengah gelombang dan gelombang penuh.



Gambar 1.15
Penyearah dengan filter kapasitor
a. Setengah gelombang
b. Gelombang penuh

Filter kapasitor bekerja berdasarkan waktu pengisian dan pembuangan (RC). Pada saat dioda konduksi, kapasitor mengisi muatan, dan selama dioda tidak konduksi kapasitor akan membuang muatan sehingga dihasilkan tegangan searah yang lebih merata. Kejadian ini berlangsung terus-menerus sehingga dihasilkan bentuk gelombang output sebagai berikut :

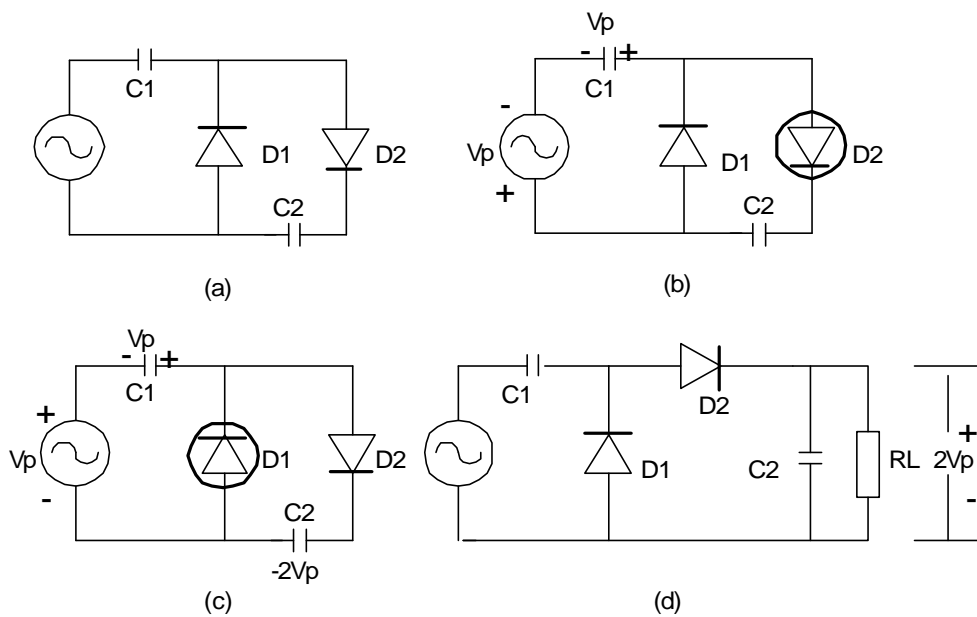


Gambar 1.16
Output penyearah dengan filter kapasitor
a. Penyearah setengah gelombang
b. Penyearah gelombang penuh.

Dioda sebagai pelipat tegangan (Voltage Multiplier)

Pelipat tegangan (voltage multiplier) adalah dua atau lebih penyearah gelombang yang menghasilkan tegangan dc sama dengan perkalian dari tegangan puncak input ($2V_p$), $3V_p$, $4V_p$, dan seterusnya).

Voltage doubler

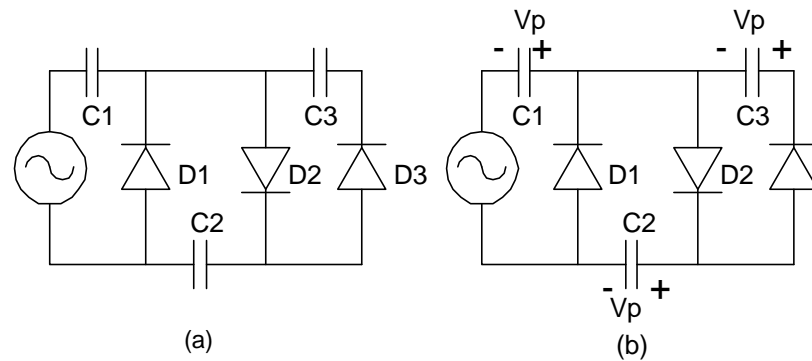


Gambar 1.17
Voltage Doubler

Gambar 1a adalah voltage doubler, hubungan dari dua penyearah puncak. Pada puncak dari setengah siklus negatif D_1 terbias forward dan D_2 terbias reverse. Siklus ini akan mengisi C_1 sampai tegangan puncak V_p dengan polaritas seperti yang ditunjukkan pada gambar 1b. Pada setengah siklus berikutnya, D_1 terbias reverse dan D_2 terbias forward. Karena sumber dan C_1 terpasang seri, C_2 akan mencoba diisi sampai $2V_p$. Setelah beberapa siklus, tegangan pada C_2 akan dengan $2V_p$ seperti ditunjukkan pada gambar 1c.

Dengan menggambarkan rangkaian kembali dan menghubungkan resistansi beban, diperoleh gambar 1d. Selama R_L besar tegangan output kira-kira sama dengan $2V_p$. Jika diberikan beban ringan (konstanta waktu panjang) tegangan output dua kali tegangan puncak input.

Voltage tripler



Gambar 1.18

Pelipat tegangan 3 kali (Voltage Tripler)

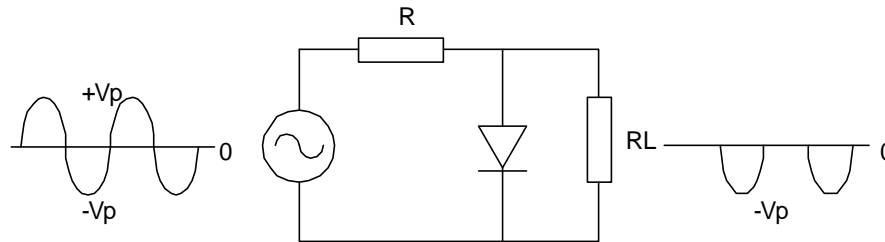
Dengan menambahkan satu seksil lagi, dapat diperoleh voltage tripler. Dua penyearah puncak pertama berlaku sebagai doubler. Pada puncak setengah siklus negatif, D_3 terbias forward dan mengisi C_3 sampai $2V_p$ dengan polaritas seperti ditunjukkan pada gambar. Output triple terjadi pada C_1 dan C_3 . Resistansi beban dihubungkan pada output tripler. Selama konstanta waktunya panjang, output kira-kira sama dengan $3V_p$.

Rangkaian clipper

Rangkaian clipper digunakan untuk membuang tegangan sinyal di atas atau di bawah level tegangan tertentu. Salah satu cara adalah dengan clipper dioda (clipper = pemotong).

1. Clipper positif

Clipper positif adalah rangkaian yang membuang bagian positif dari sinyal.

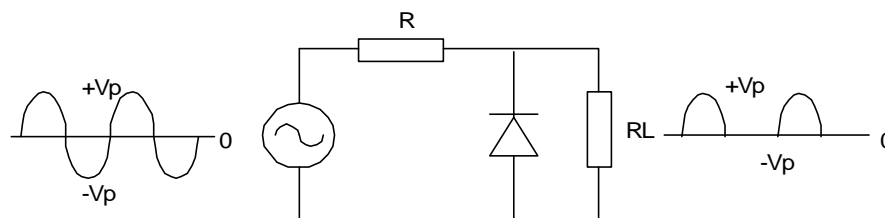


Gambar 1.19
Clipper positif

Carra kerja rangkaiannya yaitu selama setengah siklus positif tegangan input, dioda konduksi. Dioda terhubung singkat dan tegangan pada beban RL saat siklus positif ini sama dengan nol. Selama setengah siklus negatif, dioda terbias reverse dan terbuka. Dengan harga RL yang jauh lebih besar dari R dihasilkan tegangan output dengan harga mendekati $-V_p$. Maka pada clipper positif ini sinyal di atas level 0 volt akan dipotong.

2. Clipper Negatif

Clipper negatif adalah rangkaian yang membuang bagian negatif dari sinyal.

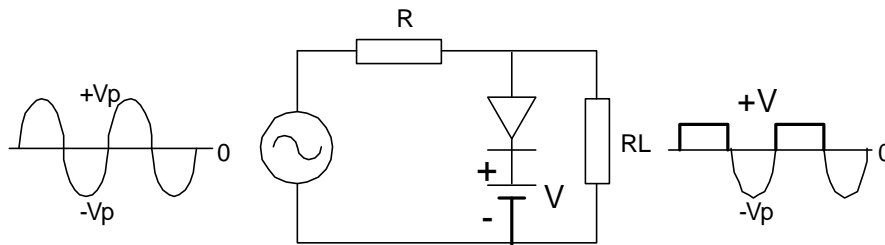


Gambar 1.20
Clipper negatif

Cara kerjanya adalah kebalikab dari clipper positif yaitu dioda konduksi saat setengah siklus negatif , output pada beban R_L nol. Dan dioda reverse saat setengah siklus positif, dengan harga R_L jauh lebih besar dari R dihasilkan output mendekati harga V_p .

3. Clipper Di bias

Cliper ini adalah untuk mendapatkan level pemotongan tidak 0 Volt. Dengan clipper di bias dapat digeser level pemotongan pada level positif atau negatif yang diinginkan.



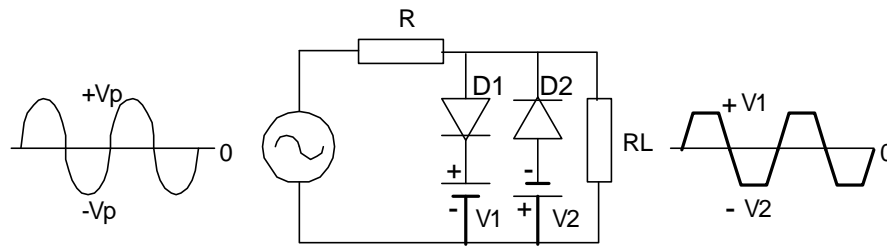
Gambar 1.21
Clipper di bias positif

Pada clipper di bias positif ini, agar dioda dapat konduksi tegangan input harus lebih besar daripada $+V$. Ketika V_{in} lebih besar dari pada $+V$, dioda berlaku seperti saklar tertutup dan tegangan pada output sama dengan $+V$. Ketika tegangan input kurang dari $+V$, dioda terbuka dan karena harga R_L jauh lebih besar dari R maka hampir seluruh tegangan input muncul pada output. Rangkaian clipper di bias positif ini bekerja akan membuang semua sinyal di atas level $+V$.

Sebaliknya untuk rangkaian clipper di bias negatif akan membuang semua sinyal di bawah level $-V$.

4. Clipper Kombinasi

Dengan penggabungan clipper di bias positif dan di bias negatif dapat dirancang clipper kombinasi.

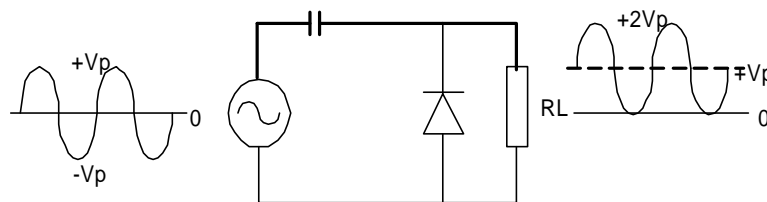


Gambar 1.22
Clipper kombinasi

Cara kerjanya adalah Dioda D1 konduksi ketika tegangan input lebih besar dari $+V_1$. Oleh sebab itu tegangan output sama dengan $+V_1$ ketika V_{in} lebih besar dari $+V_1$. Sebaliknya ketika V_{in} lebih negatif daripada $-V_2$, dioda D2 konduksi. Dengan D2 forward, tegangan output sama dengan $-V_2$ selama tegangan input lebih negatif dari $-V_2$. Ketika V_{in} terletak antara $+V_1$ dan $-V_2$, tidak ada dioda yang konduksi.

Rangkaian Clamper

Rangkaian clamper adalah rangkaian untuk mendorong sinyal ke atas atau ke bawah dengan tetap mempertahankan bentuk sinyal aslinya. Clamper yang mendorong sinyal ke atas yang mengakibatkan puncak negatif jatuh pada level 0 Volt disebut clamper positif. Sedangkan clamper yang mendorong sinyal ke bawah yang mengakibatkan puncak level positif jatuh pada level 0 Volt dinamakan clamper negatif.



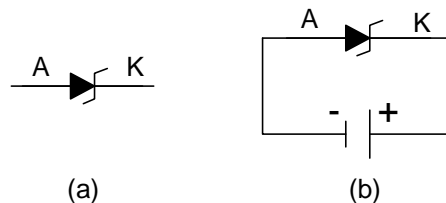
Gambar 1.23
Rangkaian Clamper positif

Cara kerjanya adalah: Pada setengah siklus negatif pertama dari tegangan input dioda konduksi dan kapasitor mengisi muatan sampai V_p . Sedikit di bawah puncak negatif, dioda akan off, konstanta waktu RLC sengaja dibuat lebih besar daripada periode T sinyal input. Dengan demikian, kapasitor hampir tetap terisi penuh waktu dioda off. Setelah terisi kapasitor akan berlaku seperti baterai, dan selanjutnya output yang dihasilkan akan terangkat secara vertikal ke atas dengan puncak negatif jatuh pada level 0 Volt tanpa merubah bentuk sinyal aslinya.

Dioda Zener

1. Konfigurasi Dioda Tunnel

Berbeda dengan dioda penyearah, dioda zener dirancang untuk beroperasi dengan tegangan muka terbalik (reverse bias) pada tegangan tembusnya. Biasa disebut breakdown dioda. Jadi katoda selalu diberi tegangan yang lebih positif terhadap anoda. Simbol dan cara pemberian tegangan ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 1.24

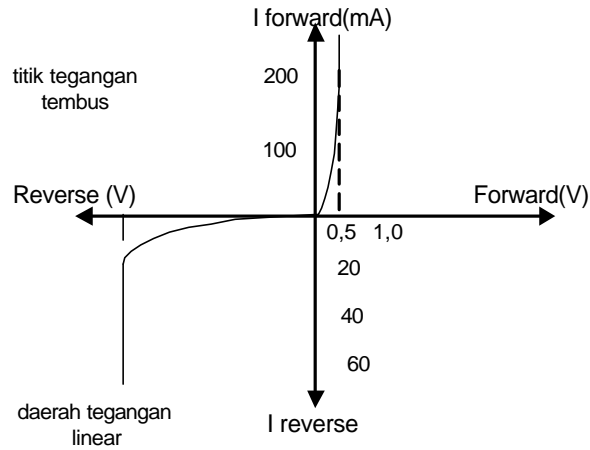
(a) Simbol Dida zener (b) Cara pemberian tegangan dioda zener

Angka yang tertulis pada badan sebuah dioda zener menunjukkan tegangan tembusnya. Misalkan tertulis 6,3 V, artinya bila melebihi tegangan 6,3 V maka dioda tersebut akan menghantar.

2. Prinsip kerja

Dioda zener akan menghantar, apabila diberikan tegangan sebesar tegangan tembusnya (tegangan zener) atau lebih. Tetapi akan tetap menyumbat (cut off) selama tegangan yang diberikan padanya lebih kecil dari tegangan zener. Hal ini dibuat demikian, sehingga sifat-sifat tersebut dapat dimanfaatkan dalam suatu

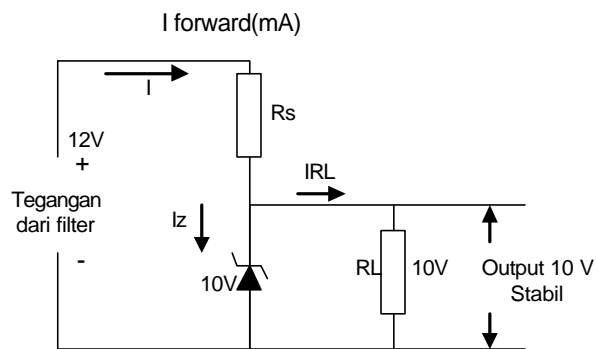
kebutuhan. Karena dioda ini dibuat khusus dengan doping yang tinggi, sehingga dapat mengalirkan arus pada keadaan reverse bias yang rendah.



Gambar 1.25
Grafik karakteristik dioda zener

3. Dioda zener sebagai Stablisator

Sesuai dengan sifat-sifat yang dimiliki, dioda zener dapat digunakan sebagai penstabil ataupun pembagi tegangan. Salah satu contoh seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini :

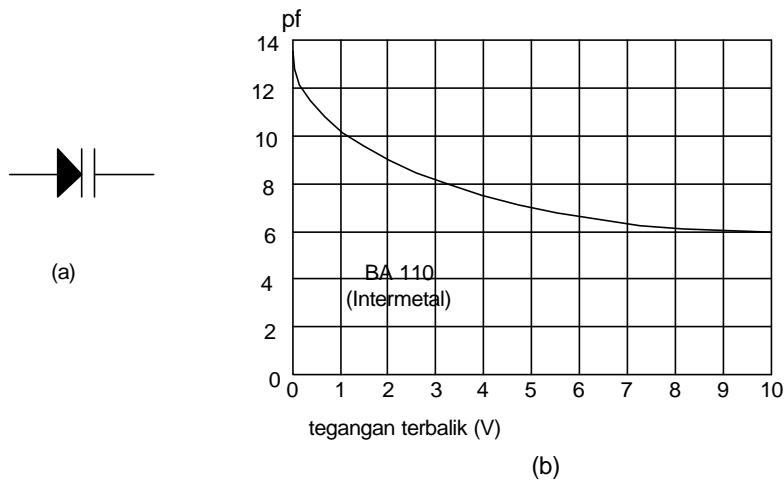


Gambar 1.26
Penyetabil teganga pada outpu penyearah

Apabila tegangan input dari filter tetap melebihi tegangan kerja dioda zener (10V), maka tegangan output tidak akan melebihi dari 10 Volt.

Dioda Varaktor

Dioda varaktor atau disebut juga dengan dioda varicap adalah dioda silikon yang diberi tegangan muka terbalik dan dapat dipakai sebagai kapasitas yang dapat diatur-atur. Simbol dan kaitan antara kapasitas dan tegangan terbalik dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 1.27

a Simbol dioda varaktor

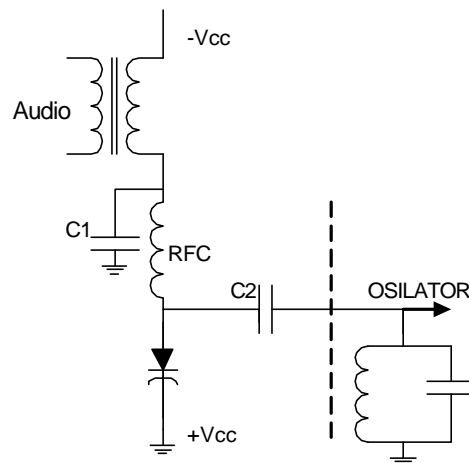
b. Kaitan antara kapasitas dan tegangan terbalik pada BA 110

Makin tinggi tegangan terbalik yang diberikan kepada dioda kapasitannya menjadi semakin kecil.

Dioda varaktor dipakai terutama :

- a. Modulator reaktansi.
- b. Pengatur frekuensi otomatis (AFC) dalam pemancar FM dan penerima-penerima FM.

Gambar berikut ini adalah contoh penerapan dioda varaktor pada modulator reaktansi :



Gambar 1.28

Dioda varaktor sebagai Modulator Reaktansi

Pada gambar terlihat dioda diberi tegangan muka terbalik, dan tegangan muka tersebut dapat diubah-ubah oleh sinyal audio yang ada pada gulungan transformator. Oleh perubahan-perubahan-perubahan tegangan muka itu, maka kapasitas dioda berubah-ubah. Perubahan-perubahan kapasitas ini diinjeksikan kepada sirkit LC osilator.

Dioda Tunnel

Dioda tunnel adalah seperti dioda zener lainnya, bedanya adalah tegangan jatuh (tegangan breakdown) dioda tunnel dapat mencapai nol. Hal in didapatkan berdasarkan taraf doping tertentu. Makin berat doping yang diberikan , makin rendah tegangan breakdown. Simbol dioda tunnel adalah seperti gambar berikut ini:

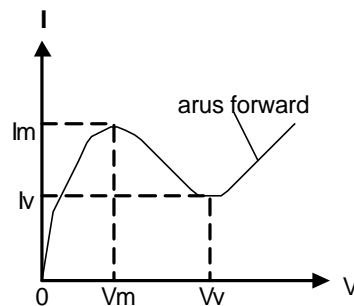


Gambar 1.29

Simbol Dioda Tunnel

Suatu sifat yang terdapat pada dioda tunnel adalah dapat menghantar dan menyumbat dalam waktu yang lebih singkat dibanding dioda biasa. Sifat inilah yang dimanfaatkan untuk keperluan-keperluan pada rangkaian yang membutuhkan kecepatan kerja tinggi, antara lain oscilator frekuensi tinggi, komputer, dan lain-lain.

a. Karakteristik Dioda Tunnel



Gambar 1.30
Karakteristik dioda tunnel

Dari gambar karakteristik ini dapat dijelaskan bahwa dalam keadaan forward bias dioda langsung bekerja. Dioda-dioda biasa baru akan bekerja setelah mendapatkan forward bias sebesar 0,3 untuk dioda germanium dan 0,7 untuk dioda silikon. Seperti tampak pada gambar arus forward ini akan terus naik hingga mencapai harga maksimum I_m pada tegangan V_m . Setelah itu arus turun hingga mencapai nilai I_v , bila tegangan forward diperbesar arus akan naik lagi. Dari garis lengkung yang ada di sebelah kanan V_v ini sama besar dengan lengkung karakteristik sebuah dioda biasa. Bila diperhatikan karakteristik tersebut, tampak bahwa kenaikan tegangan di antara V_m dan V_v akan menyebabkan menurunnya arus. Oleh karena itu daerah ini disebut daerah yang mempunyai tahanan negatif terhadap sinyal ac.

KEGIATAN BELAJAR 2

TRANSISTOR DAN FET

I. TRANSISTOR

a. Tujuan Kegiatan Belajar

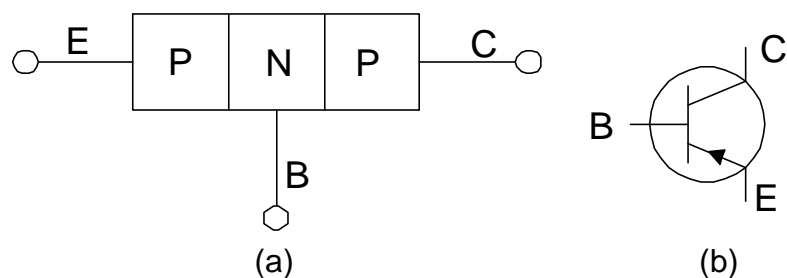
Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

1. Menggambarkan konstruksi dasar transistor
2. Menggambarkan simbol transistor PNP dan NPN
3. Menentukan kaki emitor, basis dan kolektor pada transistor
4. Menjelaskan tentang tegangan panjar pada transistor PNP dan NPN
5. Menjelaskan titik kerja transistor

b. Uraian Materi

1. Konstruksi Dasar Transistor

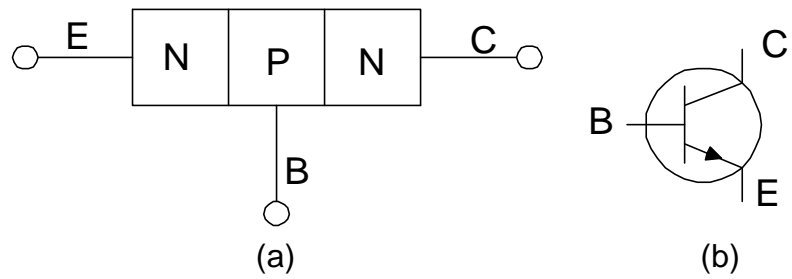
Pada dasarnya transistor terdiri dari 2 tipe yaitu tipe PNP dan tipe NPN seperti yang diperlihatkan pada gambar 32 berikut ini:



Gambar 2.1

(a) Konstruksi dasar transistor PNP

(b) Simbol



Gambar 2.2

(a) Konstruksi dasar transistor PNP

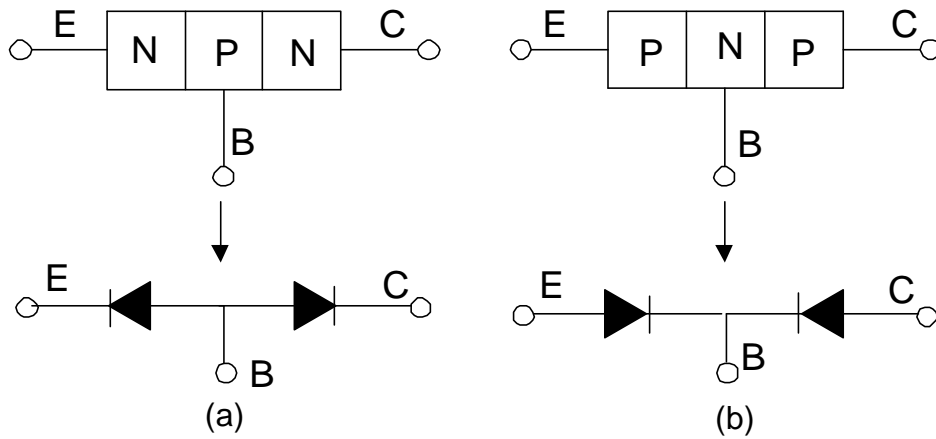
(b) Simbol transistor

Keterangan : B = Kaki Basis

C = Kaki Colektor

E = Kaki Emitor

Dari konstruksi dasar transistor di atas dapat dilihat bahwa transistor ini terdiri dari gabungan dua buah dioda seperti yang diperlihatkan pada rangkaian ekivalen gambar 34 berikut ini:



Gambar 2.3

Konstruksi dioda pembentuk transistor

(a) Transistor NPN

(b) Transistor PNP

2. Parameter Transistor

Parameter transistor yang biasa dipakai adalah parameter-parameter hybrid (h). Besarnya parameter ini, ditentukan apabila karakteristik dari transistor sudah diketahui dan titik kerjanya sudah ditentukan dan biasanya ditentukan oleh pabrik pembuatnya serta dapat dilihat pada buku data transistor.

Berikut adalah contoh tabel data parameter-parameter transistor dimaksud.

Parameter	CE	CC	CB
Hi	1100 ?	1100 ?	21,6 ?
Hr	$2,4 \times 10^{-4}$	1	$2,9 \times 10^{-4}$
Hf	50	-51	- 0,98
Ho	24 A/V	25 A/V	0,49 A/V
1/ho	40 K	40 K	2,04 M

3. Tegangan Panjar Transistor

Sebelum transistor dioperasikan untuk suatu fungsi, maka kepada elektroda-elektrodanya perlu diberi potensial panjaran. Cara memberi potensial panjaran sebagai berikut :

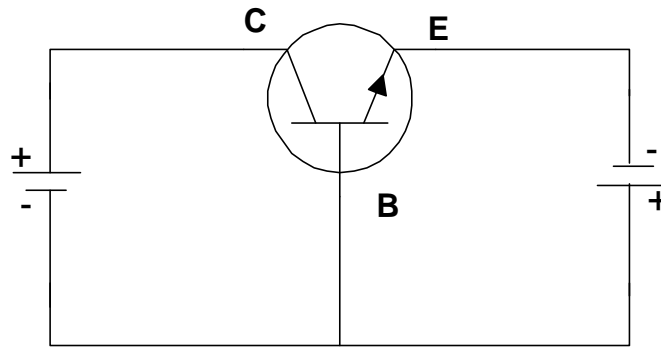
a. Transistor NPN

Memberi tegangan muka maju :

Kutub positif battery pada Basis (P) dan kutub negatif battery pada Emitor (N)

Memberi tegangan muka terbalik :

Kutub positif battery pada Kolektor (P) dan kutub negatif battery pada Basis (N)



Gambar 2.4

Tegangan panjar pada Transistor NPN

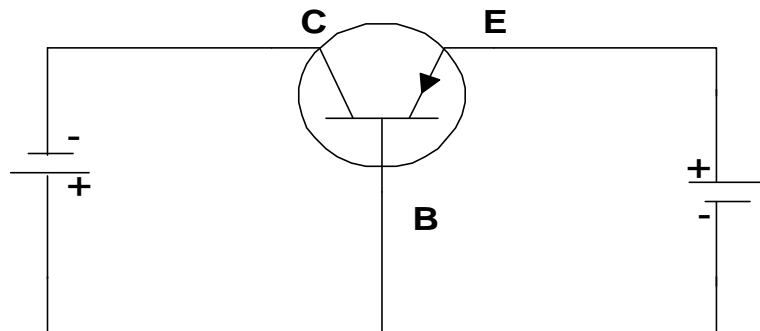
a. Transistor PNP

Memberi tegangan muka maju :

Kutub positif batery pada Emitor (P) dan kutub negatif batery pada Basis (N).

Memberi tegangan muka terbalik :

Kutub positif batery pada Basis (N) dan kutub negatif batery pada Kolektor (P).



Gambar 2.5

Tegangan panjar pada Transistor Jenis NPN

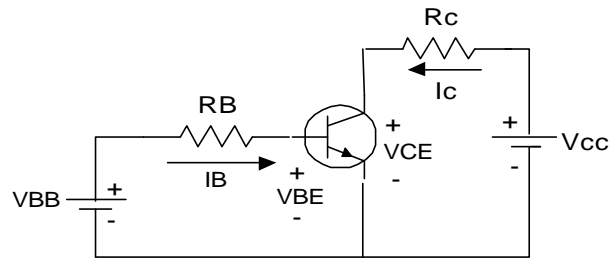
3. Penguatan

Bila tegangan DC diberikan pada terminal-terminal transistor, dengan hubungan PN kolektor basis diberikan tegangan bias mundur maka tidak akan ada arus yang mengalir. Dan apabila pada hubungan PN basis-emitor di beri tegangan bias maju, elektron-elektron pada emitor dapat mengalir ke daerah basis (daerah basis ini sangat

tipis kurang dari per sepuluh mikron meter) maka hampir semua elektron melintasi hubungan kolektor–basis dan masuk ke daerah kolektor. Pada saat itu elektron-elektron bergabung dengan hole pada daerah basis maka menghasilkan arus basis I_b . Arus basis ini besarnya sekitar 0,5 – 3 % dari arus emitor yang menjadi arus kolektor I_c . Arus emitor I_e merupakan penjumlahan dari arus basis dan arus kolektor ($I_e = I_b + I_c$). Berarti bahwa arus basis yang sangat kecil dapat mengontrol arus kolektor yang besar. Maka dikatakan transistor mempunyai fungsi penguatan arus, dan perbandingan perubahan arus kolektor dengan perubahan arus emitor didefinisikan sebagai faktor penguatan arus (β). $\beta(\text{Beta}) = I_c/I_b$. Pada umumnya Beta sebuah transistor berkisar antara 5 - 500 (tergantung jenis transistornya). Dengan adanya penguatan arus, maka pada transistor tersebut akan terjadi penguatan tegangan (A_v) yang besarnya merupakan perbandingan tegangan output (V_{out}) terhadap input (V_{in}) yang diberikan, $A_v = V_{out} / V_{in}$. Penguatan arus dan tegangan ini akan mengakibatkan terjadinya penguatan daya (A_p) pada sebuah transistor yang besarnya merupakan perbandingan daya output (P_{out}) terhadap daya input (P_{in}), yaitu : $A_p = P_{out} / P_{in}$. Penguatan tegangan dan daya ini sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan bias dan komponen pendukung pada rangkaian transistor tersebut.

4. Garis beban dan titik kerja dc transistor.

Garis beban dc pada transistor linear merupakan garis kerja sebuah transistor yang didapat dengan menghubungkan titik perpotongan tegangan Kolektor-Emitor (V_{CE}) dengan arus Kolektor (I_C) saat cutoff (menyumbat) dan saat saturation (saturasi). Sedangkan titik kerja dc sebuah transistor adalah titik perpotongan garis beban dc dengan arus basis (I_B) saat aktif. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang garis beban dan titik kerja dc transistor tersebut dapat dilihat pada contoh gambar rangkaian berikut ini:



Gambar 2.6
Rangkaian Transistor

Gambar 2.6 di atas adalah contoh rangkaian bias basis, dengan sumber tegangan V_{BB} dan V_{CC} .

a. Saat aktif

Daerah aktif disini adalah setelah transistor mulai bekerja sampai transistor tersebut jenuh (saturasi). Dari gambar rangkaian di atas saat aktif ini terlihat sumber tegangan V_{BB} membias forward dioda emiter melalui resistor yang membatasi arus R_B . Hukum tegangan Kirchoff menyatakan tegangan pada R_B adalah $V_{BB} - V_{BE}$.

Dengan besarnya arus basia adalah:

$$I_B \approx \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

dimana $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ untuk transistor silikon dan $0,3$ untuk germanium.

Dalam rangkaian kolektor, sumber tegangan V_{CC} membias reverse dioda kolektor melalui R_C . Dengan hukum tegangan Kirchoff didapat persamaan :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

Dalam rangkaian tersebut, V_{CC} dan R_C adalah konstan, V_{CE} dan I_C adalah variabel,

didapatkan persamaan :

$$I_C \approx \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

Dan besarnya arus kolektor adalah : $I_C = \beta I_B$

b. Saat Cutoff (titik sumbat)

Pada keadaan ini arus basis adalah nol dan arus kolektor kecil sehingga dapat diabaikan. Pada titik sumbat, dioda emiter kehilangan forward bias, dan kerja transistor yang normal terhenti. Sehingga tegangan kolektor-emiter adalah mendekati :

$$V_{CE(\text{cutoff})} = V_{CC}$$

c. Saat saturation (penjenuhan)

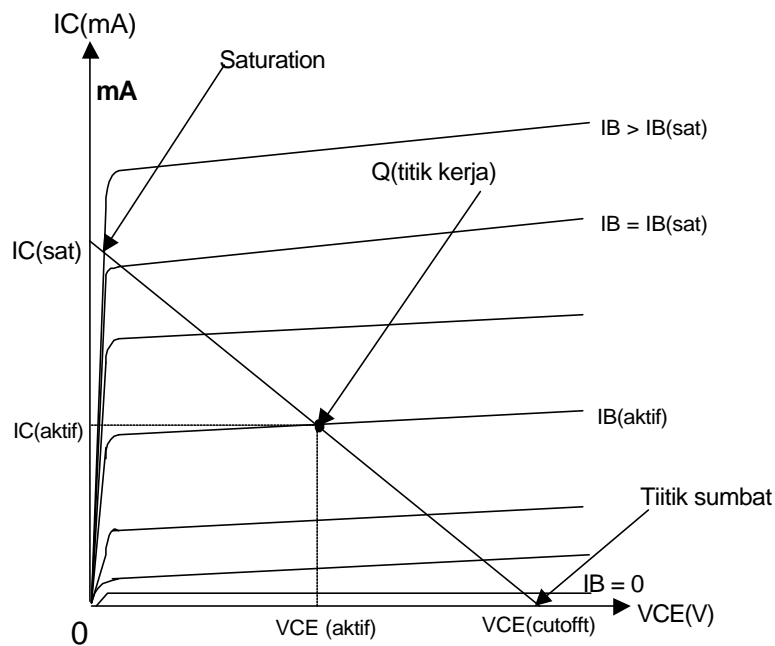
Pada saat saturation ini adalah saat arus kolektor maksimum, dioda kolektor kehilangan reverse bias dan kerja transistor yang normal terhenti. Pada saturation ini didapatkan beberapa persamaan :

$$I_B = I_{B(\text{sat})}$$

$$I_{C(\text{sat})} \approx \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Arus basis yang tepat menimbulkan penjenuhan adalah: $I_{B(\text{sat})} \approx \frac{I_{C(\text{sat})}}{\beta_{dc}}$

Dari gambar 37 dan persamaan di atas dapat digambarkan karakteristiknya sebagai berikut:



Gambar 2.7

Garis beban dan titik kerja dc transistor

Keterangan:

$I_{C(sat)}$ = Arus kolektor saat saturasi (V_{CC} / R_c)

$I_{C(aktif)}$ = Arus kolektor saat transistor aktif (bekerja normal)

$V_{CE(aktif)}$ = Tegangan kolektor emitor saat transistor aktif

$V_{CE(cutoff)}$ = Tegangan kolektor emitor saat cutoff ($V_{CE} \approx V_{CC}$)

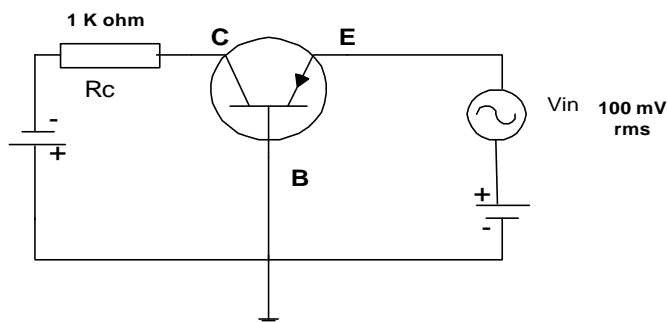
$I_{B(aktif)}$ = Arus basis saat transistor aktif ($I_{B(aktif)} = I_{C(aktif)} / \beta_{dc}$)

$I_{B(sat)}$ = Arus basis saat taransistor saturasi ($I_{B(sat)} = I_{C(sat)} / \beta_{dc}$)

Latihan 4

Jawablah soal-soal berikut ini dengan tepat dan benar:

1. Gambarkan konstruksi dasar transistor bipolar !
2. Sebutkan tiga buah elektroda (kaki) transistor bipolar !
3. Sebutkan dua macam tipe transistor bipolar dan gambarkan simbolnya !
4. Jelaskan bagaimana memberi tegangan panjar pada transistor PNP dan NPN !
5. Apa yang dimaksud titik kerja transistor !
6. Hitunglah penguatan dan besarnya tegangan output dari rangkaian berikut, jika harga r_e



Gambar 2.8

Bias Transistor dengan input AC (a) bias dengan input AC

(b) Rangkaian pengganti

Dari gambar 36 tersebut didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$I_e = V_{in} / r_e$$

Dengan asumsi besarnya I_c hampir sama dengan I_e ($I_c \approx I_e$), maka tegangan output pada R_c adalah :

$$V_{out} \approx I_e \cdot R_c$$

Dengan perbandingan besarnya tegangan output terhadap tegangan input didapatkan penguatan transistor :

$$A_v = V_{out}/V_{in} = (I_c \cdot R_c / I_e \cdot r_e) \approx R_c / r_e$$

- Dimana :
- I_e = Arus Kolektor
 - I_c = Arus Emitor
 - R_e = Tahanan Emitor
 - R_c = Tahanan Kolektor
 - V_{in} = Tegangan input
 - V_{out} = Tegangan output
 - A_v = Penguatan tegangan

Contoh:

Sesuai gambar 38 diketahui besarnya tegangan input adalah 50 mV dengan tahanan emitor 20 Ohm dan tahanan Kolektor 1K. Hitung besarnya penguatan tegangan output. J

Diketahui: $V_{in} = 50 \text{ mV}$

$R_e = 20 \text{ Ohm}$

$R_c = 1K$

Ditanya : $A_v = \dots\dots$

$V_{out} = \dots\dots$

Jawab : $A_v = R_c / R_e$

$= 1K / 20 \text{ Ohm} = 50$

$V_{out} = A_v \cdot V_{in}$

$= 50 \times 50 \text{ mV} = 2500 \text{ mV}$

$= 2,5 \text{ Volt.}$

Besarnya penguatan pada rangkaian tersebut adalah 50 kali dengan tegangan output sebesar 2,5 Volt.

4. Garis Beban dan Titik Kerja Transistor

Titik bias dc atau titik kerja adalah titik yang menunjukkan arus dan tegangan pada transistor, pada saat kondisi bias dc tetap pada titik kerjanya. Hal ini dipengaruhi oleh variasi h_{fe} atau perubahan temperatur. Nilai h_{fe} yang mempunyai range penguatan dengan toleransi yang cukup lebar, contohnya transistor BC 107 h_{fe} minimumnya 125 dan h_{fe} maksimumnya 500. Nilai h_{fe} mempengaruhi kondisi titik bias. Untuk mendapatkan pembiasan yang tetap diperlukan rangkaian bias tertentu, dan memperhitungkan variabel temperatur.

Untuk mempelajari kondisi bias pada rangkaian Common Emitter, karakteristik output yaitu dengan menggambarkan garis beban. Perhatikan gambar dibawah ini.

Tegangan kolektor-emitor (VCE) = tegangan sumber – tegangan pada RC

Bila tegangan bias V_B kurang dari 0,2 Volt akan menyebabkan transistor tidak konduksi, maka $I_c = 0$ dan $V_{CE} = V_{CC} - (I_c \cdot R_C) = V_{CC} = 18$ V. Pada kurva karakteristik akan diperoleh titik A.

Jika V_B dinaikkan hingga $I_C = 2$ mA kemudian $V_{CE} = 18 - (12 \text{ mA} \times 2,2 \text{ K}) = 13,6$ Volt. Diperoleh titik B

$I_C = 4$ mA , $V_{CE} = 9,2$ Volt, titik C

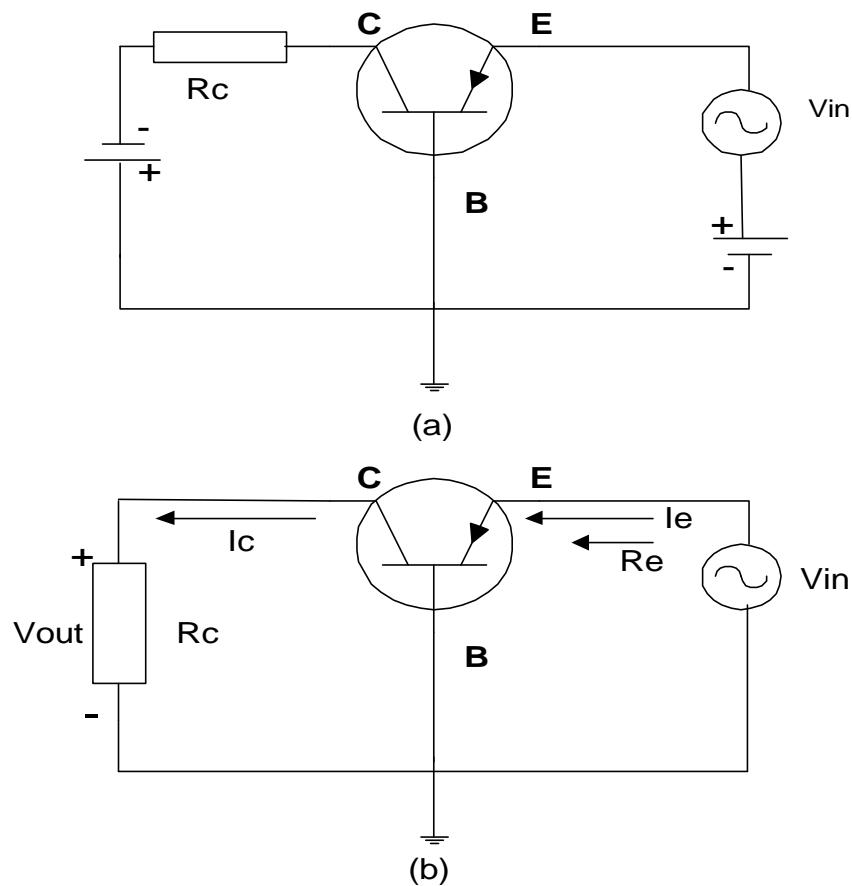
$I_C = 6$ mA , $V_{CE} = 5,6$ Volt, titik D

$I_C = 9$ mA , $V_{CE} = 0$, titik E

Dari titik tersebut maka dapat digambarkan satu garis lurus yang dinamakan garis beban untuk $R_L = 2,2$ K? .

Di titik A : $I_C = 0$ dan $V_{CE} = V_{CC} = 18$ Volt

Di titik E : $V_{CE} = 0$ dan $I_C = V_{CC}/R_L = 9$ mA



Gambar 2.9
Bias Transistor PNP

II. FET (FIELD EFFECT TRANSISTOR

a. Tujuan Khusus Pembelajaran (TKP)

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

1. Menyebutkan macam-macam FET dan perbedaannya.
2. Menjelaskan sifat-sifat FET.
3. Menjelaskan cara pembentukan MOSFET.
4. Menjelaskan sifat dan penggunaan dari MOSFET.

b. Uraian Materi

FET (Field Effect Transistor)

Transistor efek medan atau FET (Field Effect Transistor) adalah suatu komponen elektronika yang prinsip kerjanya berdasarkan pengaturan arus dengan medan listrik. FET disebut juga “transistor unipolar” karena cara kerjanya hanya berdasarkan aliran pembawa muatan mayoritas saja, artinya arus yang mengalir hanya arus lubang (hole) atau arus elektron saja. FET mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan transistor bipolar biasa, antara lain :

- a. Bekerja berdasarkan aliran pembawa muatan mayoritas saja.
- b. Relatif lebih tahan terhadap radiasi.
- c. Mempunyai impedansi input yang tinggi beberapa Mega Ohm.
- d. Noise lebih rendah daripada noise tabung atau transistor bipolar.
- e. Mempunyai stabilitas termis yang baik.

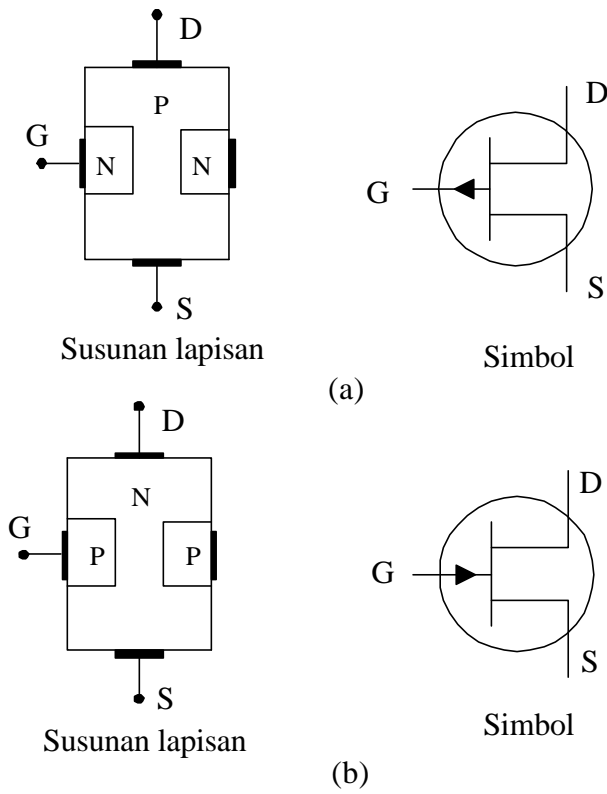
1. Klasifikasi FET

FET dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu:

1. Junction Field Effect Transistor disingkat JFET atau FET saja.
2. Metal Oxida Semikonduktor FET disingkat MOSFET.

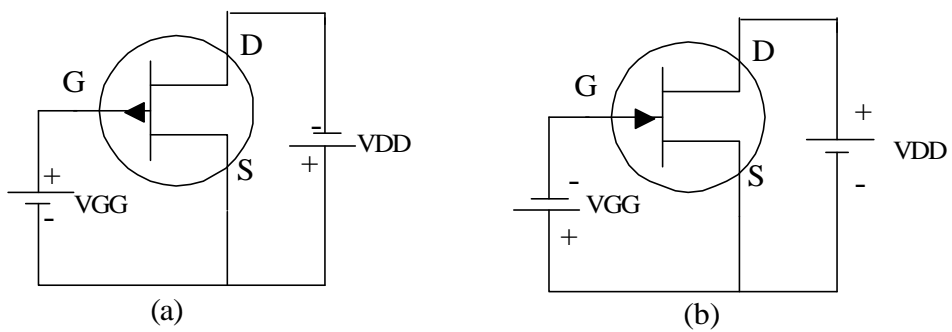
2. Macam-macam JFET

Seperti halnya transistor bipolar, transistor unipolar (JFET) juga memiliki tiga buah elektroda, yaitu Source(S), Gate(G), dan Drain(D). JFET ini biasanya dibedakan atau disebut dari kanalnya. Bila kanalnya terdiri dari lapisan semikonduktor tipe N, maka dinamakan JFET kanal N dan bila kanalnya terbuat dari lapisan semikonduktor tipe P, disebut JFET kanal P. Susunan lapisan dan simbolnya dapat dilihat pada gambar 39 berikut ini:



Gambar 2.9
Susunan lapisan dan simbol JFET
(a) Kanal P
(b) Kanal N

3. Cara pemberian tegangan pada JFET

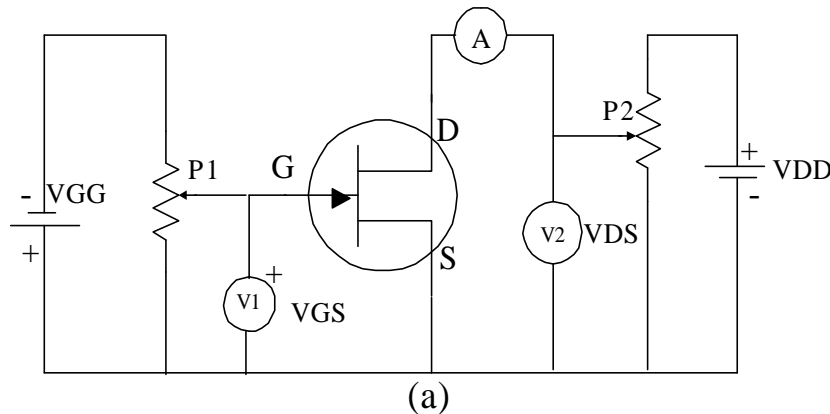


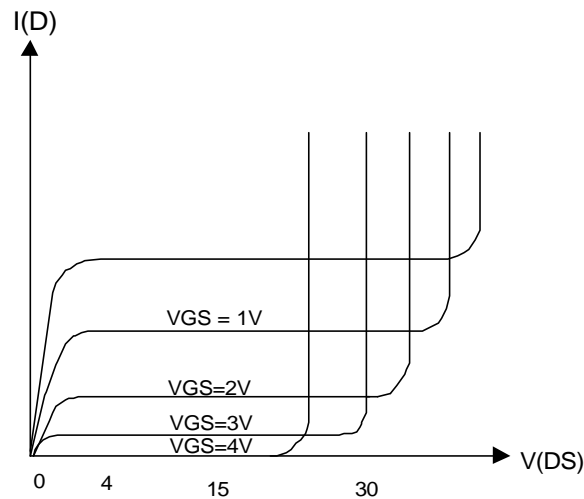
Gambar 2.10
Cara pemberian tegangan JFET
(a) Kanal P
(b) Kanal N

Cara pemberian tegangan muka (bias) pada JFET kanal N adalah seperti ditunjukkan pada gambar 40(a), yaitu antara Gate(G) dan Source(S) diberi tegangan muka terbalik (reverse bias), dan antara Source dan Drain(D) diberi tegangan sedemikian rupa sehingga Drain lebih positif terhadap Source. Cara pemberian tegangan pada JFET kanal P seperti gambar 40(b), yaitu antara Gate dan Source diberi tegangan muka terbalik sedangkan tegangan antara Source dan Drain diberi tegangan sedemikian rupa sehingga Drain lebih negatif terhadap Source.

4. Karakteristik JFET

Gambar 41(a) menunjukkan rangkaian yang diperlukan untuk membuat karakteristik JFET kanal N, sedangkan gambar 41(b) merupakan karakteristik yang diperoleh dari rangkaian tersebut. Untuk JFET kanal P hanya kebalikan polaritas tegangan dan arus dari JFET Kanal N. Makin kecil tegangan V_{GS} , makin kecil arus drain I_D (gambar 41(b)). Pada keadaan normal JFET selalu bekerja pada bagian karakteristik yang hampir mendatar.





(b)

Gambar 2.11**Karakteristik JFET****(a) Gambar rangkaian****(b) Kurva karakteristik**

Untuk mendapatkan satu lengkung V_{DS}/I_D , maka V_{GS} harus dibuat tetap, misalnya sebagai berikut:

- V_{GS} diatur dengan cara mengatur potensiometer P_1 , penunjukan jarum Voltmeter V_1 misalkan $-1V$.
- Selanjutnya diatur tegangan V_{DS} , engan cara mengubah P_2 . Tegangan V_{DS} diatur mulai dari nol sampai mencapai tegangan tembus (breakdown).
- Titik-titik potong antara sumbu V_{DS} dan I_D (setiap perubahan V_{DS}) dan bila titik-titik itu dihubungkan akan terbentuklah suatu grafik (lengkung) yang dinamakan lengkung karakteristik JFET pada saat $V_{GS} = -2V$ tetap.
- Bila V_{GS} dibuat tetap $-2V$, $-3V$, dan $-4V$, selanjutnya dilakukan hal yang sama dari poin a sampai c maka akan didapatkan lengkung-lengkung karakteristik seperti gambar 41(b).

Pada saat $V_{GS} = -4V$, lengkung karakteristik terlihat berimpit dengan sumbu V_{DS} dimana I_D mencapai nol. Selanjutnya saat $V_{DS} = 30V$, arus drain I_D naik dengan tajam, tegangan ini dinamakan breakdown Voltage (tegangan tembus).

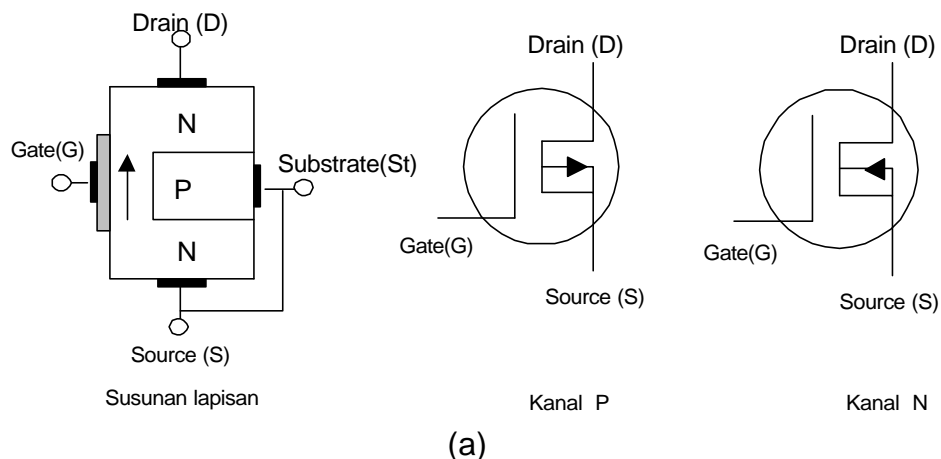
5. Macam-macam MOSFET

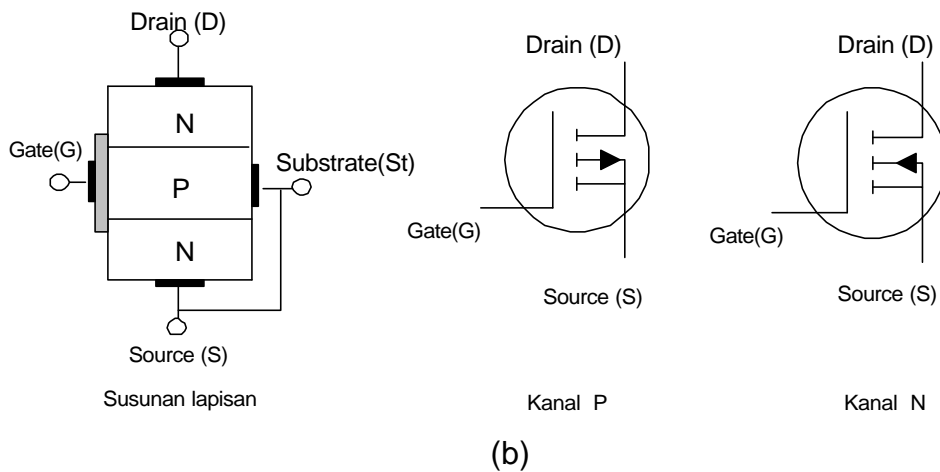
MOSFET adalah singkatan dari Metal Oxida Semikonduktor FET, dan sering juga disebut Insulated Gate FET. Hal ini disebabkan karena gate pada MOSFET tidak langsung berhubungan dengan saluran, tetapi diisolasi oleh suatu lapisan oksida logam yang tipis (biasanya Silikon Oksida).

Dua macam MOSFET yang dikenal, yaitu:

- a. Depletion Enhancement MOSFET (DE MOSFET).
- b. Enhancement MOSFET (E MOSFET)

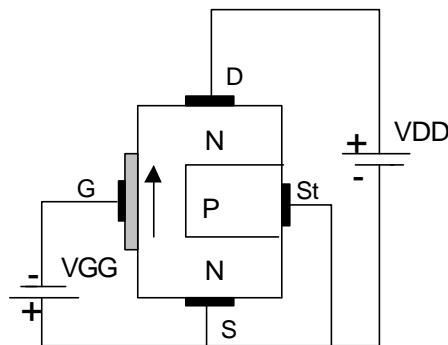
DE MOSFET adalah semacam MOSFET yang dapat beroperasi dengan depletion action (aksi pengosongan) dan enhancement action (aksi peningkatan). E MOSFET adalah semacam MOSFET yang hanya beroperasi dengan enhancement action (aksi peningkatan) saja. Sesuai dengan kanalnya DE MOSFET dapat dibedakan menjadi DE MOSFET kanal P dan kanal N, begitu juga dengan E MOSFET kanal P dan kanal N. Susunan dan simbol dari macam-macam MOSFET ini dapat dilihat pada gambar 42 berikut ini:





Gambar 2.12
Susunan lapisan dan simbol MOSFET
(a) DE MOSFET
(b) E MOSFET

6. Cara Kerja DE MOSFET



Gambar 2.13
Rangkaian kerja DE MOSFET

Gambar 43 merupakan rangkaian kerja DE MOSFET Kanal N, dengan kerja sebagai berikut:

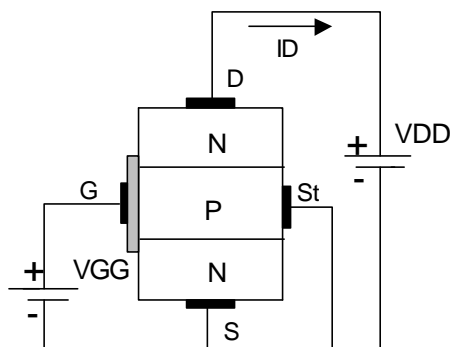
- Tegangan positif maupun negatif yang diberikan pada gate tidak akan menyebabkan adanya metal oxida antara gate dan saluran.
- Bila gate diberi tegangan negatif, maka muatan negatif pada gate ini akan menolak elektron-elektron yang ada pada saluran, sehingga arus drain I_D akan berkurang.
- Pada tegangan gate tertentu, semua elektron bebas pada saluran akan terusir,

sehingga menyebabkan tidak mengalirnya arus drain I_D . Karena itu operasi dengan tegangan gate negatif disebut depletion action (aksi pengosongan).

- d. Bila gate diberi tegangan positif, maka muatan positif ini akan menarik elektron-elektron bebas pada saluran antara gate dan substrat. Hal ini akan meningkatkan arus drain I_D , karena itu operasi ini dinamakan enhancement action (aksi peningkatan).
- e. Karena MOSFET ini dapat beroperasi dengan depletion action dan enhancement action, maka MOSFET ini dikatakan DE MOSFET (Depletion Enhancement MOSFET).

Kesimpulannya adalah bahwa DE MOSFET dapat beroperasi (bekerja) dengan memberikan tegangan gate positif maupun negatif. Penjabaran di atas merupakan prinsip/cara kerja DE MOSFET kanal N, sedangkan untuk DE MOSFET kanal P semua polaritas baik tegangan maupun arus adalah kebalikan dari DE MOSFET kanal N.

7. Cara kerja E MOSFET



Gambar 2.14

Rangkaian kerja E MOSFET

Perhatikan gambar 2.14 di atas:

- a. Substrat (St) menutup seluruh jalan (saluran) antara Source (S) dan Drain (D). E MOSFET ini adalah sejenis MOSFET yang hanya bekerja dengan aksi peningkatan saja.
- b. Pada saat $V_{GS} = 0$, tidak ada arus drain I_D yang mengalir walaupun V_{DD} ada

- tegangannya, karena bahan P tidak mempunyai pembawa muatan.
- c. Apabila Gate diberi tegangan positif yang cukup besar, maka akan mengalir arus drain I_D . Bila gate mendapat tegangan positif maka akan terinduksikan muatan negatif pada substrat. Muatan negatif ini adalah berupa ion-ion negatif yang ada pada bahan P tersebut.
 - d. Selanjutnya bila tegangan positif pada gate dinaikkan hingga mencapai suatu harga tertentu, maka elektron-elektron bebas akan membentuk lapisan tipis yang berfungsi sebagai pembawa muatan yang mengakibatkan arus drain I_D naik.

Latihan 5

Jawablah soal berikut ini dengan tepat dan jelas,

1. Prinsip kerja komponen Transistor Efek Medan atau FET adalah berdasarkan
2. Sebutkan dua macam MOSFET yang diketahui.
3. DE MOSFET adalah semacam MOSFET yang dapat beroperasi dengan tegangan gate
4. Dilihat dari kanalnya, maka JFET dapat dibedakan dua macam, yaitu
4. Sebutkan tiga macam keuntungan penggunaan FET dibandingkan dengan transistor bipolar.

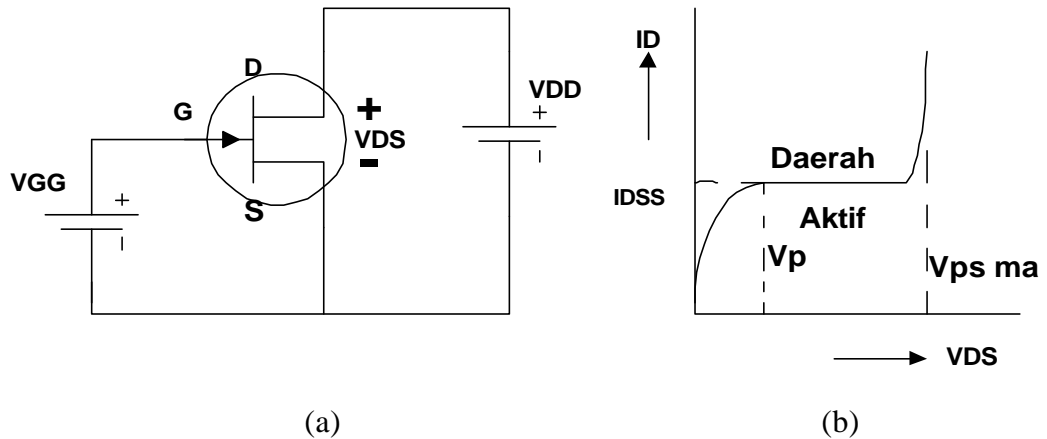
1. JFET (JUNCTION FET)

Pada prinsipnya sebuah Junction FET terdiri atas sebuah bahan jenis P atau jenis N sebagai kanal. Di dua sisi yang berseberangan dari batang ini terdapat dari dua jenis yang komplementer dengan jenis bahan kanal sebagai gerbang (G). Salah satu ujung batang tersebut berfungsi sebagai sumber (S) dan ujung lainnya sebagai drain (D).

a. Sifat-sifat JFET

JFET mendapat bias normal, gate bertegangan negatif sehingga memberikan bias reverse dan menimbulkan daerah defleksi. Bila tegangan Gate diturunkan sampai nol, secara efektif Gate hubung singkat dengan Source. Arus Drain muncul dengan segera pada daerah saturasi. Antara tegangan V_P dan V_{PS} (maksimum) arus drain hampir tetap. Jika tegangan Drain sangat besar JFET menjadi breakdown. Pada

saat titik arus Drain tetap hingga mencapai tegangan pinch off. Bila tegangan drain sama tegangan puncak V_p ah defleksi menjadi sempit hampir bersentuhan dengan yang lain. Sehingga tegangan drain hanya sedikit menaikkan arus drain. Arus drain shorted gate adalah arus drain source yaitu arus pada saat gate dihubung singkat. I_{pss} (arus drain source) adalah kondisi arus drain pada daerah aktif.

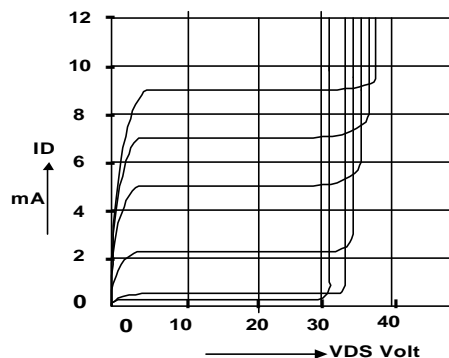


Gambar 2.15
Pemberian biasa JFET
(a). Bias pada JFET
(b). Kurva Drain-Source

Kurva drain serupa dengan kurva kolektor pada transistor. Kurva drain untuk $V_{gs} = 0$. Dalam kondisi gate yang dihubung singkat, tegangan pinch off adalah kira-kira 4 V dan tegangan break down pda 30 V. disini nila $I_{dss} = 10$ mA.

Bila $V_{gs} = -1$ V, arus drain turun sampai 5,65 mA. $V_{gs} = -4$ menghasilkan off gate source. yang disimbolksn dengan V_{gs} off.

Pada V_{gs} off, daerah defleksi (deflection layer) saling bersentughan memotong

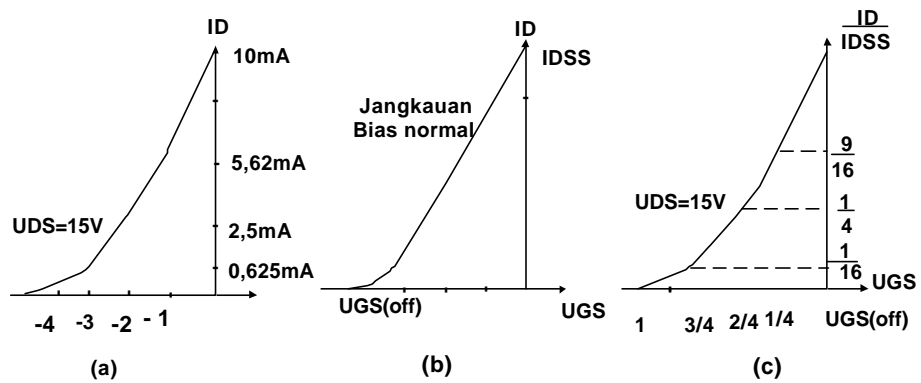


arus drain karena V_p adalah tegangan drain pada saat pinch off untuk kondisi gate sourced.

Gambar 2.16. Kurva Drain

b. Parameter J FET

Arus terkonduktansi menghubungkan arus output dengan tegangan input. Untuk JFET adalah grafik terhadap V_{gs} , untuk transistor bipolar kurva terkonduktansi adalah grafik I_c terhadap V_{be} misalnya harga-harga dari I_d dengan V_{gs} .



Gambar 2.17

Kurva transkonduksi

2. MOSFET

a. Dasar Pembentukan Mosfet

Mosfet adalah singkatan dari (Metal – Oxide Semi Conductor FET atau FET semi konduktor Oksida Logam).

Mosfet mempunyai kaki-kaki :

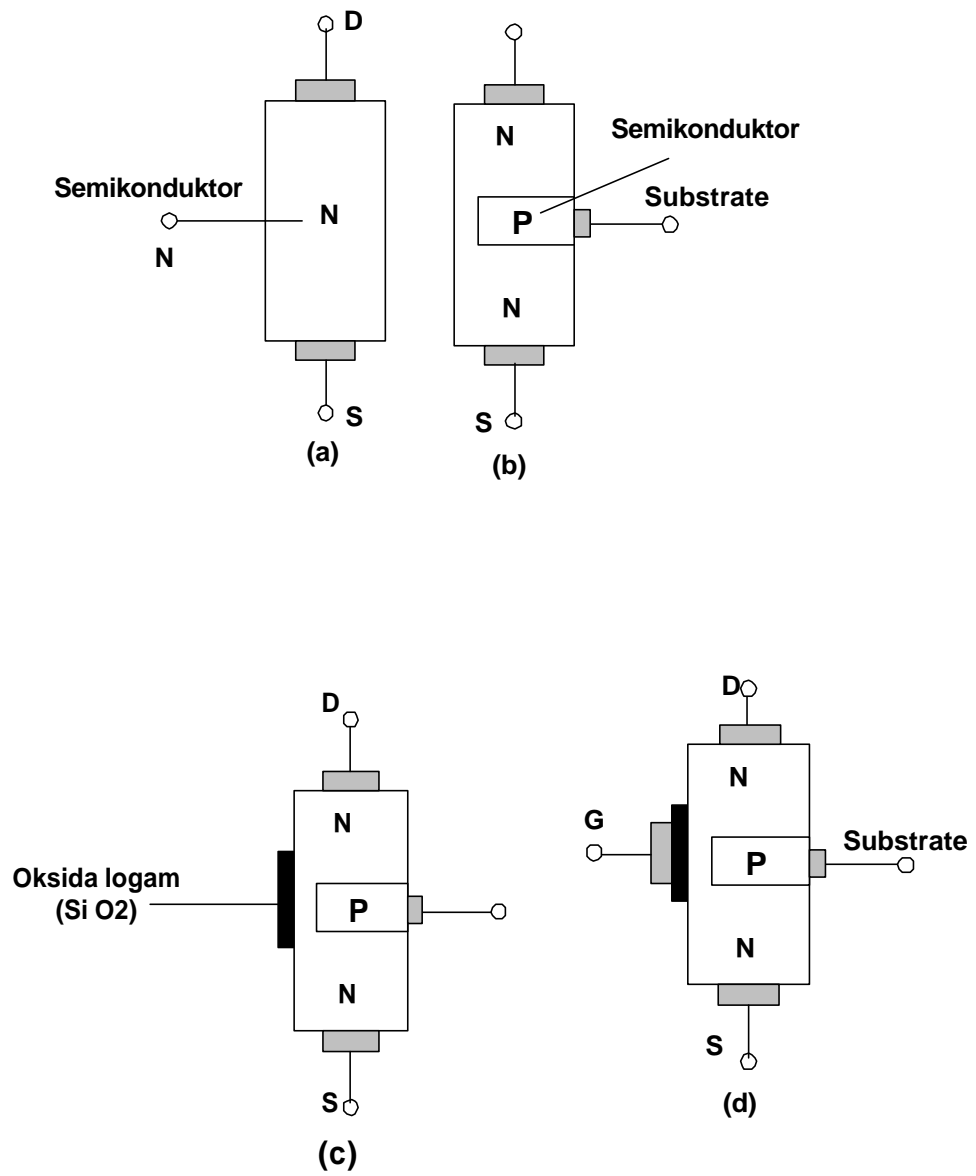
Sumber (Source) = S

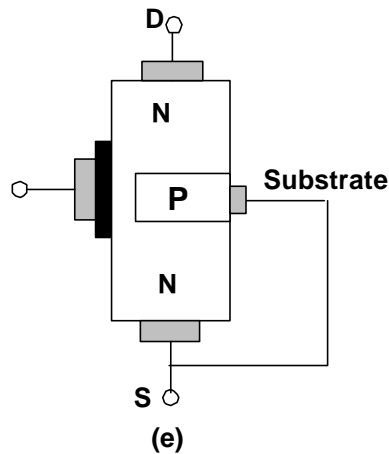
Cerat (Drain) = D

Gerbang (Gate) = G

Adapun susunan pembentukan Mosfet dapat digambarkan sebagai berikut :

- 1) Semikonduktor konruktor type N diberi terminal cerat (D) dan sumber (S)
- 2) Kedalamnya ditambahkan semikonduktor type P yang dinamakan Substrate
- 3) Kemudian pada bagian lain di lekatkan lapisan oksida logam tipis ($Si O_2$) dan di namakan gerbang (gate) $Si O_2$ bersifat isolator.





Gambar 2.18
Bentuk dasar Mosfet

Pada gambar 40(e) menunjukkan antara Substrate dan source digabungkan dan di dapatkan sebagai Source (S). Ini biasa dilakukan oleh pabrik pembuatnya.

Jadi di pasaran banyak dijumpai Mosfet dengan 3 kaki. Tetapi biasa juga Mosfet mempunyai 4 kaki. Untuk mosfet 4 kaki, biasa dipastikan mempunyai 2 gerbang (G1 dan G2), kaki-kaki yang lain adalah Drain (D) dan Source (S).

b. Macam-macam Mosfet

Untuk mempelajari sifat-sifat dasar Mosfet, harus mengenal macam-macam mosfet yang dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- 1) Type Depletion Mosfet (D Mosfet)
- 2) Type Enhancement Mosfet (E Mosfet)

Kedua jenis Mosfet tersebut dibedakan berdasarkan cara pemberian lapisan Substetanya. Pada Depletion Mosfet lapisan substrate dipasang dalam kanal tidak menyentuh oksida logam (Si O₂) sehingga ada sisa kanal yang sempit.

Pada jenis kedua Enhancement Mosfet. Lapisan substrate dipasang pada kanal langsung menembus lapisan oksida logam (Si O₂) sehingga kanal tertutup sedang anantara Drain dan Source terpisah oleh substrate.

Bahan yang digunakan sebagai kanal dan substrate sama-sama semikonduktor tapi type berlawanan.

c. Bias Mosfet

Untuk mengoperasikan hidup (on) dan mati (off) dari sebuah mosfet diperlukan bias tegangan pada gate dan source (U_{gs}) dan tegangan catu antara Drain dan Source (U_{dd}).

Bias V_{gs} dibedakan menjadi dua macam,

- 1) Bias peningkatan (Enhancement) Mosfet ? $U_{gs} +$ (Positif)
- 2) Bias pengosongan (Deflection) Mosfet ? $U_{gs} -$ (negatif)

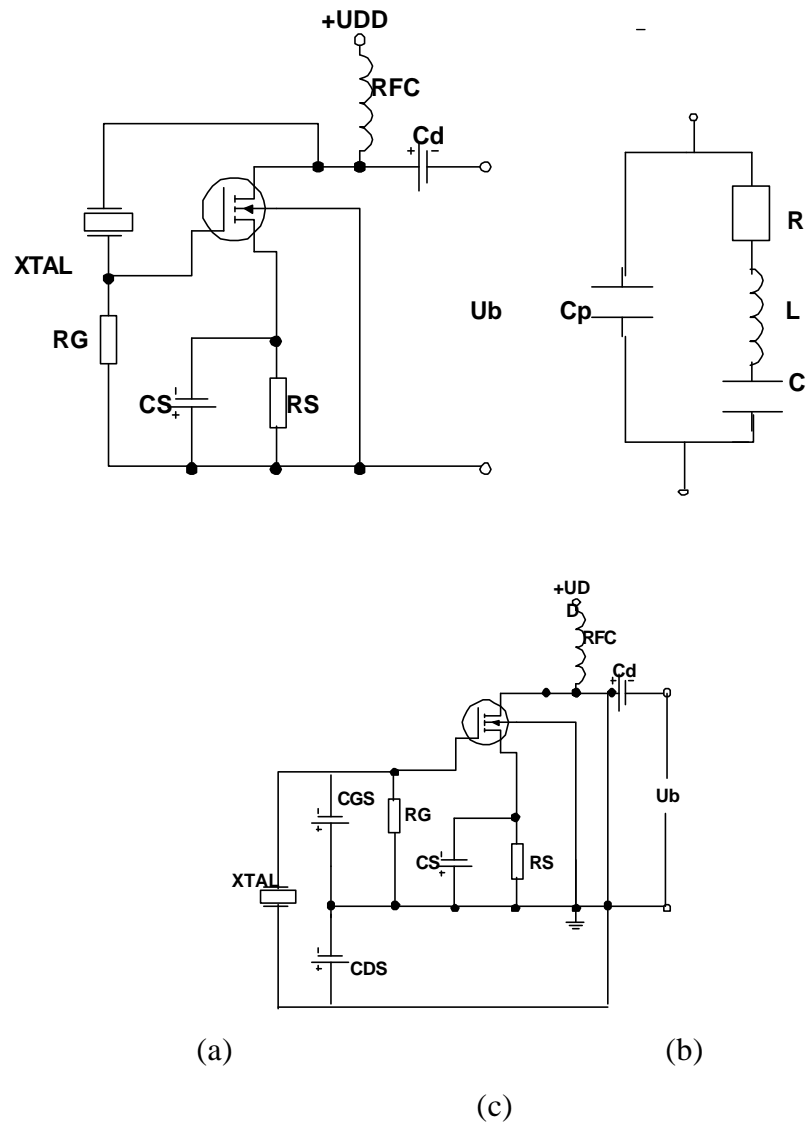
d. Contoh Penggunaan

Mosfet dalam penggunaannya dapat difungsikan seperti transistor bipolar. Ia dapat berperan sebagai komponen aktif. Seperti transistor bipolar hanya saja dalam operasinya pengendalian arus outputnya dikendalikan oleh tegangan Gate dan Source (U_{gs}), bisa positif bisa juga negatif.

Gambar 40 berikut ini merupakan modifikasi dari osilator yang dikontrol dengan kristal

Gambar 40c menunjukkan rangkaian feed back (umpan balik) antara gate source dan drain source memberi kapasitas yang memparalel kristal, yang mana akan memberikan faktor kualitas yang tinggi pada resonansi paralel. Untuk mengetahui frekwensi yang teliti, pertama harus mengetahui kapasitas C_p dan L dalam gambar 40b.

Phasa output pada drain berlawanan dengan input pada gate. Jenis osilator ini akan menghasilkan frekwensi yang bermanfaat untuk VHF dan UHF, pada frekwensi dibawah 2 MHz. Kapasitansi C_{GS} dan C_{DS} dari rangkaian feed back tidak cukup memberikan osilator. Oleh karena itu harus ditambahkan kapasitor luar yang akan menambahkan kapasitansi pada transistor mosfet



Gambar 2.19

Contoh rangkaian osilator dengan MOSFET

- (a) Rangkaian osilator kristal dengan Mosfet
- (b) Rangkaian feed back
- (c) Bentuk lain modifikasi osilator kristal dengan Mosfet

EVALUASI

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan tepat dan benar

1. Sebutkan dan jelaskan 2 jenis FET menurut bahan yang digunakan.
2. Gambarkan cara pemberian bias pada JFET.
3. Sebutkan kaki-kaki apa saja pada sebuah Mosfet 4 kaki.
4. Sebutkan 2 macam Mosfet menurut typenya.
5. Jelaskan 2 macam cara pemberian bias pada Mosfet.
6. Sebutkan salah satu penggunaan Mosfet pada rangkaian.

KEGIATAN BELAJAR 3

RANGKAIAN *TIMER* (PEWAKTU)

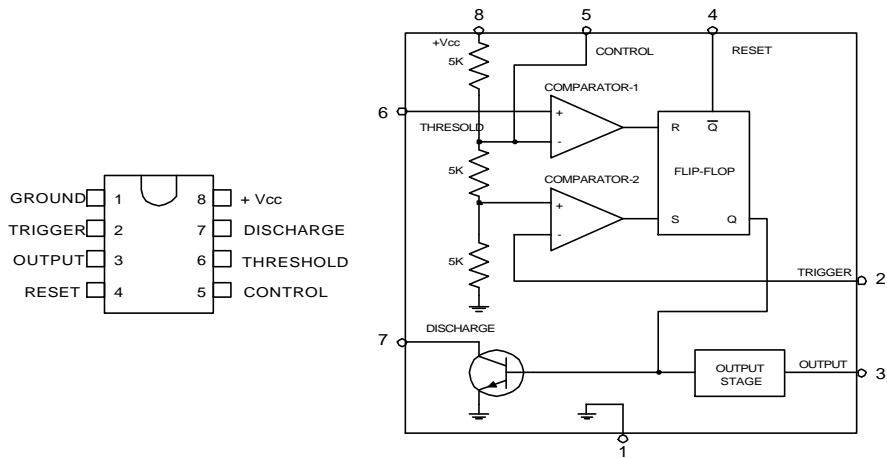
a. Tujuan Kegiatan Belajar

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

1. Menggambarkan rangkaian dalam IC 555
2. Mengetahui dan menjelaskan prinsip kerja rangkaian Timer
3. Menggambarkan dan merinci 4 rangkaian dasar penentu waktu yang menggunakan IC 555.
4. Memberikan contoh penerapan rangkaian Timer

b. Uraian Materi

Rangkaian *timer* (pewaktu) adalah rangkaian yang menghasilkan perubahan keadaan *output* sesudah selang waktu yang ditentukan. Salah satu rangkaian terpadu (IC) yang paling banyak digunakan sebagai *timer* adalah IC tipe 555. IC ini digunakan untuk membuat tundaan waktu atau osilasi (Osilator) yang cukup akurat dari mikro detik sampai beberapa menit. Pada IC *Timer* 555, didalamnya digabungkan sebuah osilator relaksasi, dua pembanding (*comparator*), flip-flop RS dan sebuah transistor pembuang seperti yang digambarkan di bawah ini.



Gambar 1.

Petunjuk pin (kaki) dan Fungsi Blok Diagram IC 555

Bentuk pisik IC 555 terdiri dari 8 buah pin (kaki) yang masing-masing pin mempunyai fungsi sebagai berikut :

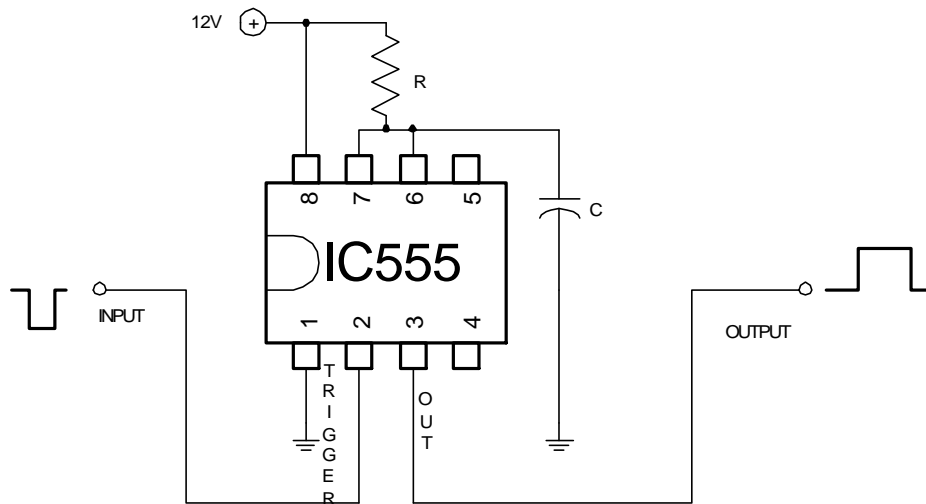
- Pin 1 berfungsi sebagai *pin common*, yaitu pin yang menghubungkan IC tersebut pada kutub negatif (*ground*) sebuah catu daya.
- Pin 2 berfungsi sebagai masukan *trigger*, yang merupakan masukan *inverting* dari *comparator-2* yang ada didalam IC tersebut. Pada gambar 1(b) di atas, masuka *non-inverting* dari *comparator-2* dihubungkan dengan pembagi tegangan sehingga mempunyai tegangan tetap sebesar $\frac{? V_{cc}}{3}$. Apabila tegangan yang masuk ke pin 2 (*trigger*) sedikit lebih rendah daripada $\frac{? V_{cc}}{3}$, maka keluaran *comparator-2* menjadi “tinggi” dan me-*reset* flip-flop.
- Pin 3 berfungsi sebagai terminal keluaran (*output*).
- Pin 4 berfungsi untuk memulai ke keadaan awal (*reset*). Bila pin 4 ini dihubungkan ke *ground* walau hanya sesaat, maka rangkaian yang ada dalam IC 555 dicegah untuk tidak bekerja, tetapi memulai lagi kegiatannya dari keadaan awal.

- e. Pin 5 berfungsi sebagai masukan pengendali (*control*). Pin ini merupakan terminal masukan *inverting* dari *comparator-1* yang ada didalam IC 555. Biasanya pin 5 ini jarang digunakan (tidak dihubungkan dengan komponen luar), sehingga tegangan kendalinya berasal dari resistor pembagi tegangan yang ada didalam IC 555 yaitu sebesar $+\frac{2}{3}V_{cc}$.
- f. Pin 6 berfungsi sebagai masukan ambang (*thresold*), juga merupakan masukan *non-inverting* dari *comparator-1*. Bila tegangan ambang (pin 6) lebih besar dari tegangan kendali (pin 5) maka keluaran *comparator-1* akan menjadi “tinggi” yang mengakibatkan rangkaian flip-flop yang ada dalam IC 555 di-*set*.
- g. Pin 7 merupakan terminal Kolektor dari transistor pembuang yang ada didalam IC 555. Transistor ini bergantung dari keluaran rangkaian flip-flop karena Basisnya mendapat masukan dari keluaran Q flip-flop. Pin 7 ini biasanya dihubungkan dengan sebuah kondensator luar. Jika Transistor dalam keadaan *saturation*, maka muatan kondensator akan dikosongkan karena seolah-olah kolektor dan emitornya berhubungan. Tetapi bila Transistor tersebut dalam keadaan *cut-off* maka kolektor dan emitor terbuka, sehingga kondensator dapat diisi.
- h. Pin 8 merupakan pin catu daya positif (+Vcc). IC 555 bekerja dengan catu daya berkisar antara 4,5 volt sampai dengan 16 volt.

2. Penggunaan Pewaktu IC 555

2.1. Multivibrator Monostabil

Gambar 2 di bawah ini memperlihatkan IC 555 bekerja sebagai rangkaian Multivibrator Monostabil (*one shot multivibrator*). Rangkaian ini diaktifkan dengan memberikan pulsa *trigger* bersisi negatif pada pin 2, sehingga akan menghasilkan pulsa positif pada terminal keluarannya (pin 3). Pada pulsa keluaran terjadi perubahan periode. Lamanya periode ini ditentukan oleh R dan C.



Gambar 2.
IC 555 sebagai multivibrator monostabil

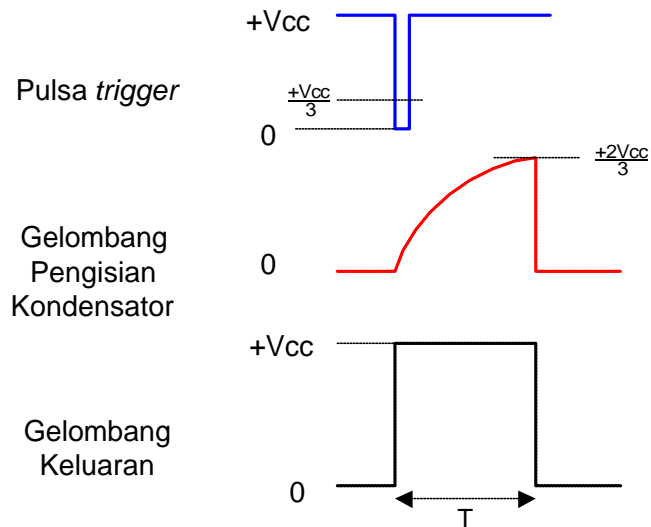
Cara kerja rangkaian :

Rangkaian Monostabil di atas diaktifkan oleh pulsa menuju negatif antara terminal masukan *trigger* dan *ground*. Pulsa *trigger* yang ‘rendah’ ini menyebabkan keluaran *comparator-2* menjadi ‘tinggi’ dan *me-reset* rangkaian flip-flop. Keadaan ini menyebabkan transistor *cut-off*, sehingga kondensator C mengisi muatannya melalui resistor R. Ketika tegangan kondensator C mencapai $\frac{2}{3} V_{cc}$, maka *comparator-1* mempunyai keluaran ‘tinggi’ dan *men-set* flip-flop yang menyebabkan transistor menjadi *saturation*. Dengan demikian kondensator C dengan cepat membuang muatannya ke ground sehingga terminal keluarannya (pin 3) kembali lagi ke nol.

Periode selama kondisi ‘tinggi’ pada output dapat dihitung dengan rumus :

$$T = 1,1 \times RC$$

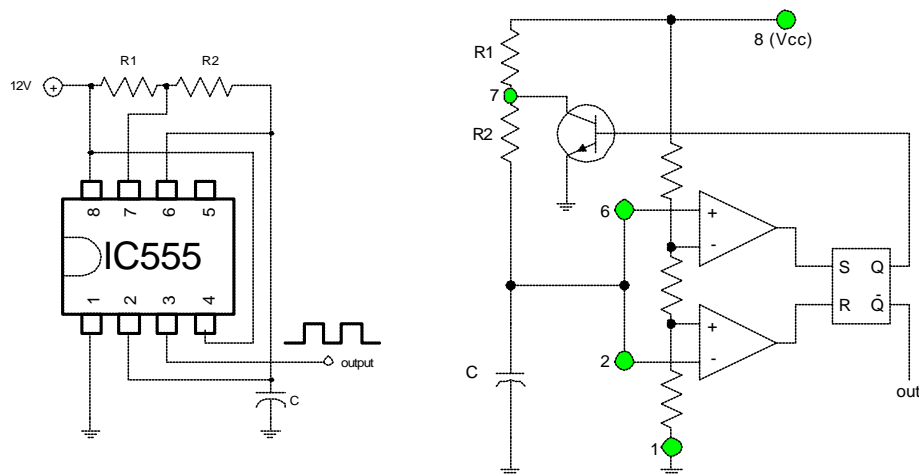
Besarnya nilai komponen R dan C menentukan lamanya waktu keluaran (pin 3) ‘tinggi’.



Gambar 3.
Bentuk gelombang trigger dan output

2.2. Multivibrator Astabil (Astable Multivibrator)

Multivibrator astabil (*free running*) adalah suatu rangkaian yang berada pada dua keadaan yang tidak stabil. Gambar 4 di bawah ini menunjukkan sebuah multivibrator astabil yang mana frekuensi dari tegangan output dan hasil pulsanya adalah tergantung pada perbandingan dari komponen-komponen R1, R2 dan C.

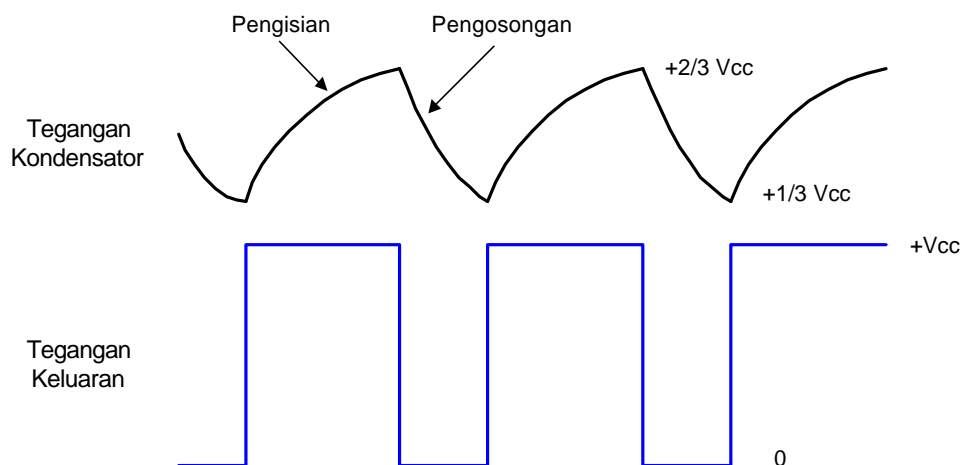


Gambar 4.
IC 555 sebagai multivibrator astabil dan rangkaian ekivalennya

Cara kerja rangkaian :

Kondensator C mengisi muatannya hingga $2/3 V_{cc}$ melalui R1 dan R2 apabila keluaran Q dari flip-flop dalam keadaan ‘rendah’. Waktu pengisiannya adalah $(R1 + R2)C$. Pada saat pengisian, tegangan *threshold* naik sampai melebihi $2/3 V_{cc}$ sehingga *comparator-1* mempunyai keluaran ‘tinggi’ dan men-*set* flip-flop. Hal ini menyebabkan transistor *saturation* sehingga seolah-olah pin 7 terhubung dengan *ground*. Kemudian muatan Kondensator C dikosongkan melalui R2. Waktu pengosongannya adalah $R2 \times C$. Bila tegangan kondensator sudah turun sedikit dibawah $1/3 V_{cc}$, *comparator-2* mempunyai keluaran ‘tinggi’ dan me-*reset* flip-flop.

Bentuk gelombang pengisian dan pengosongan kondensator serta gelombang keluaran yang dihasilkannya adalah sebagai berikut :



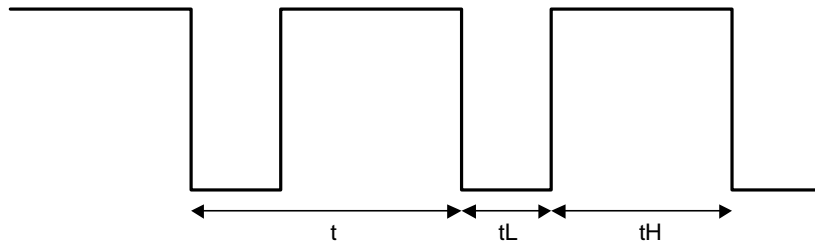
Gambar 5.

Bentuk gelombang pengisian dan pengosongan muatan kapasitor dan gelombang keluaran IC 555

Perbandingan dari R1 dan R2 ($R1 : R2$) men-*set duty cycle* dari pulsa. *Duty Cycle* adalah perbandingan antara waktu pada saat keluaran tinggi dengan periode total dari siklus keluaran. Frekuensi output didapatkan dari persamaan :

$$f = \frac{1,46}{(R1 + 2 R2) C}$$

Siklus periode dari gelombang keluaran (pin 3) dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5.
Periode gelombang output

Keterangan :

- t : berlangsungnya periode
- tL : berlangsungnya periode saat sinyal “0” (low)
- tH : berlangsungnya periode saat sinyal “1” (high)

Rumus perhitungan :

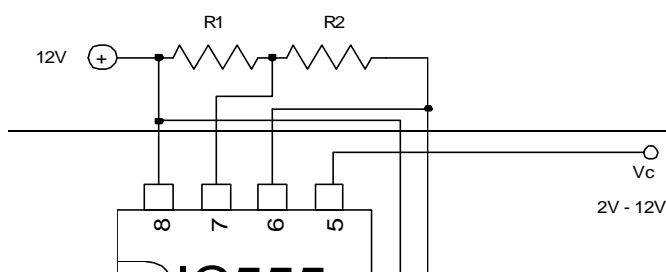
$$t = tL + tH$$

$$tL = 0,693 (R1 + R2) C$$

$$tH = 0,693 R2.C$$

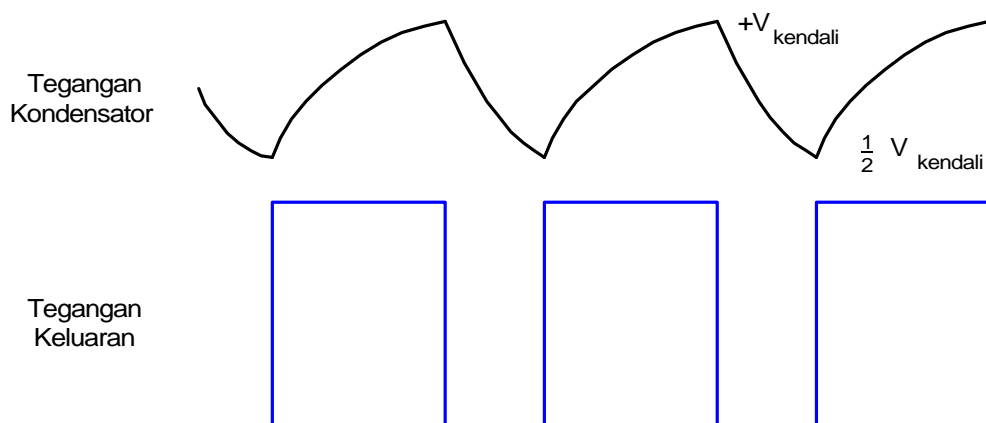
2.3. Pewaktu IC 555 sebagai VCO (Voltage Controlled Oscillator)

Gambar di bawah ini memperlihatkan sebuah osilator yang dikendalikan tegangan (VCO), yang sering juga disebut **pengubah tegangan ke frekuensi**. Dengan memasukkan suatu tegangan kendali (Vc) antara +2 volt sampai dengan + 12 volt pada pin 5 (*control voltage*) dari IC 555, maka frekuensi dari pewaktu IC 555 dapat diubah. Karena itu pewaktu dirangkai sebagai multivibrator astabil.



Gambar 6.
IC 555 berfungsi sebagai VCO

Pada saat normal (pin 5 tidak diberikan tegangan kendali dari luar), tegangan kendali (V_c) pada pin 5 adalah $\frac{2}{3} V_{cc}$, karena adanya pembagi tegangan didalam IC 555. Tetapi apabila pin 5 tersebut diberikan tegangan kendali dari luar, maka tegangan kendali yang berada di dalam IC 555 akan diabaikan. Apabila tegangan kendali yang diberikan semakin tinggi, maka pengisian dan pengosongan kondensator C membutuhkan waktu yang lebih lama. Hal ini menyebabkan frekuensi keluarannya akan semakin menurun. Besarnya tegangan yang melintasi kondensator berkisar antara $\frac{1}{2} V_{kendali}$ sampai dengan $V_{kendali}$, sehingga gelombangnya dapat digambarkan sebagai berikut :



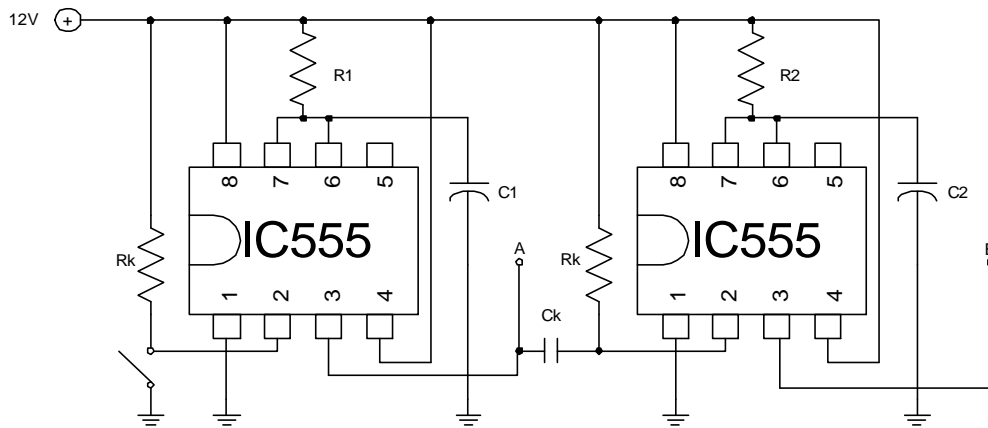
Gambar 7

. gelombang pengisian kondensator dan gelombang keluaran IC 555

Tegangan kendali dapat berasal dari sebuah potensiometer yang dirangkai dengan sumber tegangan, dapat pula berasal dari rangkaian lain.

2.4. Penentu Waktu yang Berurutan (Sequence Timer)

Multivibrator monostabil yang lebih dari satu dan dihubungkan dengan sebuah kondensator (misalnya C_k) satu sama lainnya, maka dapat dihasilkan suatu kerja yang berurutan (sequence).

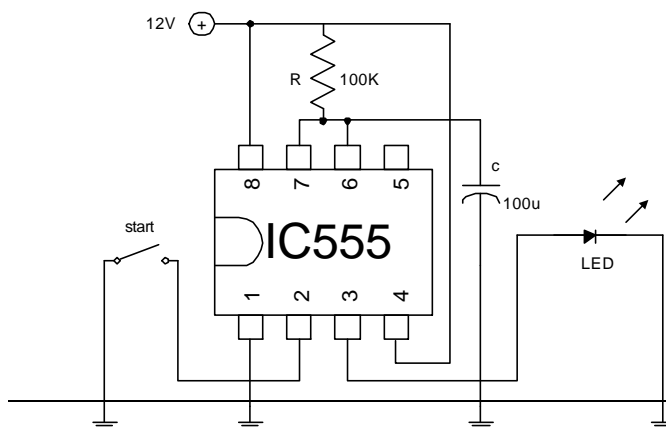


Gambar 8

. IC 555 sebagai penentu waktu yang berurutan

3. Penerapan IC 555

Salah satu contoh penerapan IC 555 adalah pewaktu 10 detik seperti gambar di bawah ini



Gambar 9
. IC 555 sebagai penentu waktu 10 detik

Cara kerja rangkaian :

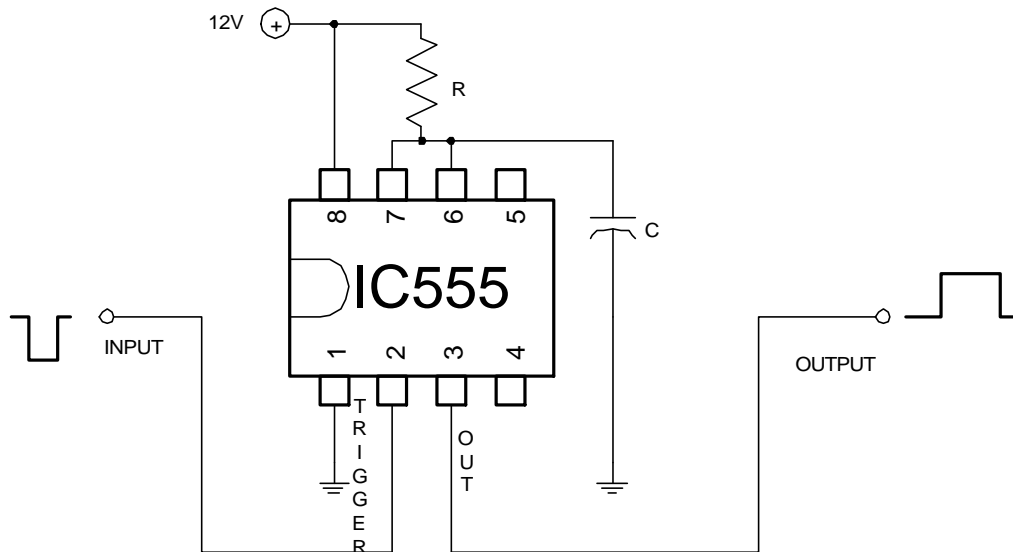
Penekanan sesaat saklar start membawa pena 2, masukan pemicu, ke 0 V. Keluarannya menjadi tinggi dan LED menyala. Kemudian C terisi dari 0 V menuju +Vcc. Setelah 10 detik tegangan pada C mencapai 6 V ($2/3 V_{cc}$) dan IC 555 di-*reset*, keluaran kembali ke keadaan semula.

EVALUASI

1. Apa yang dimaksud dengan rangkaian timer ?
2. Gambarkan sebuah rangkaian multivibrator monostabil menggunakan IC 555 !
3. Dari pertanyaan di atas, tentukan waktu keluaran ‘tinggi’ dari rangkaian multivibrator monostabil, bila diketahui besarnya $R = 10\text{ K}\Omega$ dan $C = 100\mu\text{F}$.
4. Tentukan dan gambarkan siklus periode gelombang keluaran sebuah multivibrator astable jika diketahui $R_1 = 100\text{ K}\Omega$, $R_2 = 20\text{ K}\Omega$ dan $C = 10\mu\text{F}$.
5. Gambarkan salah satu contoh penerapan IC 555 disertai dengan cara kerja rangkaiannya !

KUNCI JAWABAN

1. Rangkaian *timer* (pewaktu) adalah rangkaian yang menghasilkan perubahan keadaan *output* sesudah selang waktu yang ditentukan



2. Periode selama kondisi ‘tinggi’ pada output dapat dihitung dengan rumus :

$$T = 1,1 \times RC$$

Diketahui $R = 10 \text{ K}\Omega$ dan $C = 100\mu\text{F}$, maka :

$$T = 1,1 \times 10000 \times 0,0001 \text{ detik}$$

$$T = 11 \text{ detik.}$$

3. Siklus satu periode adalah : $t = t_L + t_H$

dimana : $t_L = 0,693 (R_1 + R_2) C$

$$t_H = 0,693 R_2.C$$

Diketahui $R_1 = 100 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ K}\Omega$ dan $C = 10\mu\text{F}$, maka :

$$t_L = 0,693 (R_1 + R_2) C$$

$$= 0,693 (100000 + 20000) 0,00001$$

$$= 0,8316 \text{ detik}$$

$$t_H = 0,693 R_2.C$$

$$= 0,693 \times 20000 \times 0,00001$$

$$= 0,1386 \text{ detik}$$

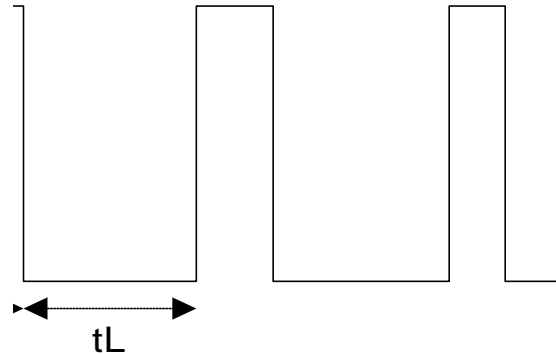
Jadi, siklus satu periode membutuhkan waktu :

$$t = t_L + t_H$$

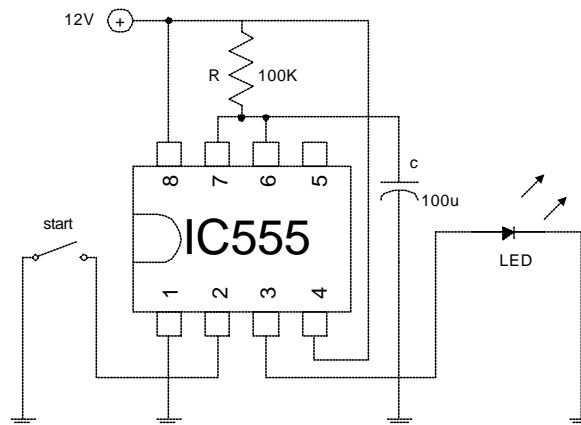
$$t = 0,8316 \text{ detik} + 0,1386 \text{ detik}$$

$$t = 0,9702 \text{ detik}$$

Gambar gelombangnya sebagai berikut :



5. Salah satu contoh penerapan IC 555 adalah pewaktu 10 detik seperti gambar di bawah ini



Cara kerja rangkaian :

Penekanan sesaat saklar start membawa pin 2, masukan pemicu, ke 0 V. Keluarannya menjadi tinggi dan LED menyala. Kemudian C terisi dari 0 V menuju +Vcc. Setelah 10 detik tegangan pada C mencapai 6 V ($2/3 V_{cc}$) dan IC 555 di-*reset*, keluaran kembali ke keadaan semula.

KEGIATAN BELAJAR 4

THYRISTOR DAN UJT

a. Tujuan Kegiatan Belajar

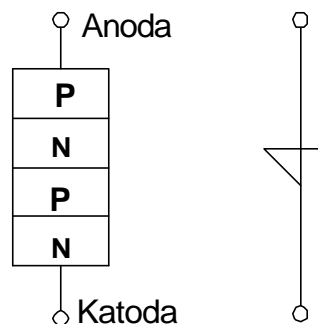
Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

1. Menjelaskan prinsip kerja dan contoh penggunaan dioda shockley.
2. Menjelaskan prinsip kerja SCR.
3. Menjelaskan prinsip kerja SCS.
4. Menjelaskan prinsip kerja dan penggunaan Diac..
5. Menjelaskan prinsip kerja dan penggunaan Triac.
6. Menjelaskan prinsip kerja dan penggunaan UJT.
7. Menjelaskan prinsip kerja dan penggunaan PUT.

b. Uraian Materi

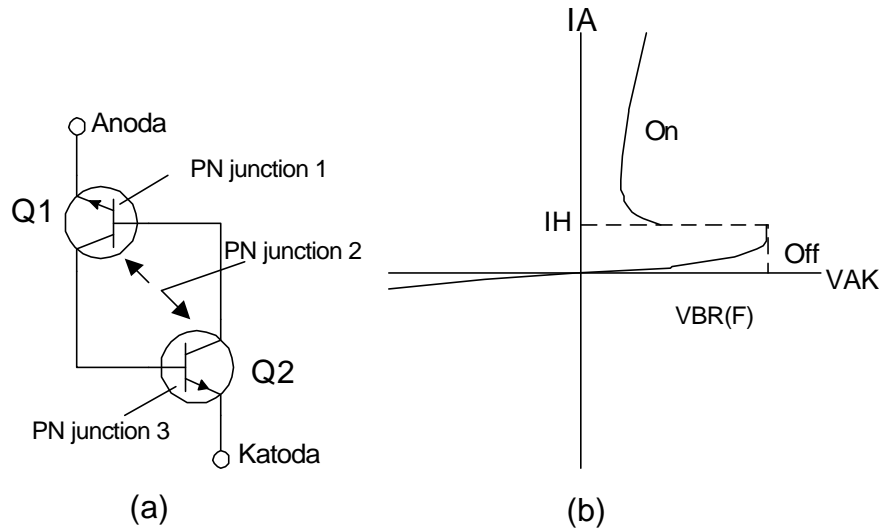
1. Dioda Shockley

Dioda shockley adalah komponen thyristor yang mempunyai dua terminal (anoda dan katoda) dengan empat lapis bahan PNPN seperti yang diperlihatkan pada konstruksi dasar berikut ini.



Gambar 4.1
. Dioda Shockley
(a) Konstruksi dasar
(b) Simbol komponen

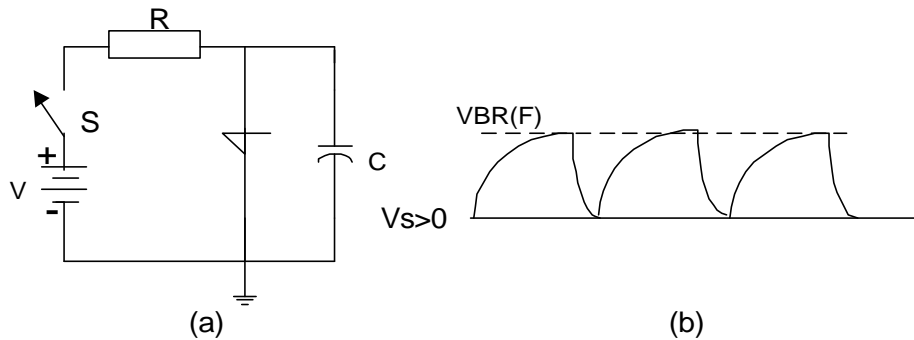
Struktur PNPN tersebut dapat digambarkan oleh rangkaian ekivalen yang terdiri dari transistor PNP dan transistor NPN, seperti terlihat pada gambar 46 berikut ini:



Gambar 4.2
. Struktur dioda shockley
(a) Rangkaian ekivalen dioda shockley
(b) Karakteristik dioda shockley

Dari karakteristik pada gambar 46 diatas dapat dilihat bahwa dioda akan tetap off (tidak menghantar) sampai tegangan Anoda-katoda ($V(A-K)$) mencapai tegangan patah simetris (breakover) arah maju (forward-breakover) $V_{BR}(F)$ dioda tersebut. Setelah melewati tegangan breakover arah maju dioda mulai menghantar (On). Pada saat dioda akan on ini, dioda akan mencapai arus holding (I_H) yaitu nilai holding dioda tersebut (standart pabrik).

Contoh penggunaan dioda shockley adalah untuk keperluan rangkaian oscilator relaksasi.



Gambar 4.3
Rangkaian Oscilator relaksasi dengan dioda shockley
(a) Gambar rangkaian
(b) Bentuk tegangan

Prinsip rangkaiannya adalah sebagai berikut:

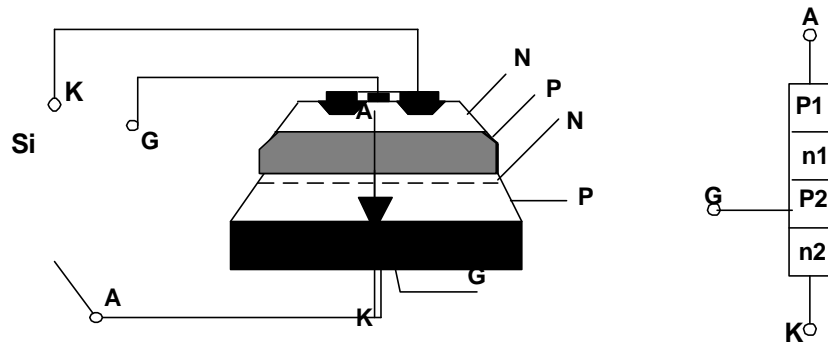
Ketika saklar ditutup kapasitor mengalami pengisian melewati R hingga mencapai forward-breakover ($V_{BR(F)}$) dioda shockley. Pada kondisi ini dioda dalam kondisi menghantar, dan dalam waktu yang cepat kapasitor membuang muatan lewat dioda. Pengosongan berlanjut hingga arus mencapai nilai holding dioda. Pada kondisi ini dioda dalam kondisi off, dan kapasitor mengalami pengisian kembali.

2. SCR (Silicon Controlled Rectifier)

SCR adalah komponen yang tersusun dari empat lapis bahan semi konduktor. SCR juga dikenal dengan nama Thyristor (Thyratron Ttransistor). Elektroda-elektrodanya terdiri dari anoda, katoda dan gate.

a. Kontruksi dasar

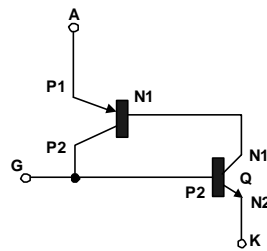
Gambar 48. Konstruksi dasar SCR



b. Simbol

Gambar 4.4
. Simbol SCR

c. Rangkaian pengganti



Gambar 4.5
Rangkaian pengganti SCR

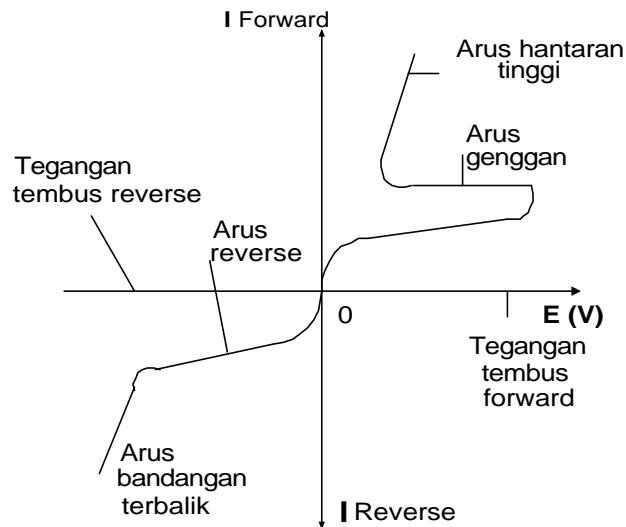
d. Prinsip kerja

Apabila anoda dihubungkan dengan positif dan katoda dengan negatif maka antara anoda dan katoda tetaplah merupakan suatu rangkaian yang terputus tetapi SCR akan menghantar kalau pada gate diberi arus/tegangan (menyulut SCR). Besarnya arus atau tegangan picu yang diperlukan untuk menghidupkan SCR yaitu antara 2 s/d 4 V atau dengan arus 10 s/d 50 mA. Sekali saja SCR tersulut maka arus akan mengalir terus (tetap menghantar) dan SCR akan tetap menghantar apabila :

- ✗ tegangan anoda tidak jatuh ke nol.
- ✗ tegangan anoda tidak berubah polaritas.
- ✗ katoda tidak tertukar polaritas.
- ✗ kuat arus tidak menuju harga minimum (arus genggam).

SCR akan berhenti menghantar kalau rangkaian terputus dan akan menghantar kembali jika disulut lagi.

e. Karakteristik SCR



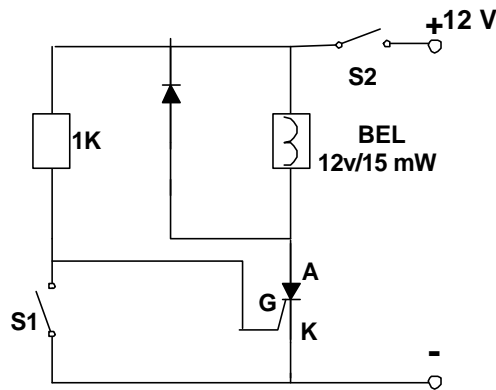
Gambar 4.6
Lengkung Karakteristik SCR

Beberapa kelebihan SCR adalah :

- ? Sebagai saklar tidak lekas aus
- ? Kecepatan menuju keadaan on dan off sangat tinggi
- ? Tidak menimbulkan bunga api.

f. Contoh Pemakaian SCR

Salah satu pemakaian SCR adalah pada rangkaian alarm anti pencuri sebagai berikut :



Gambar 4.7

Rangkaian simulasi alarm anti pencuri

Cara Kerja:

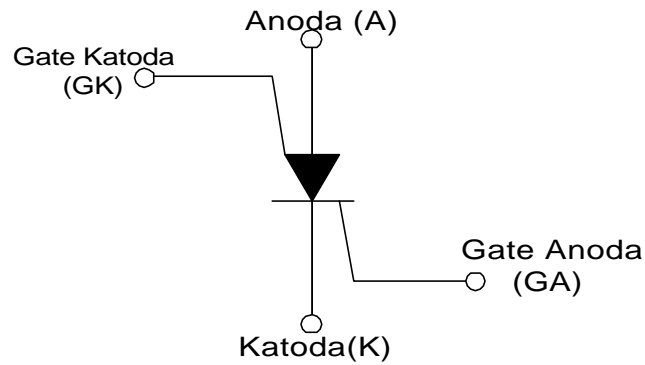
Saklar S2 rangkaian pada kondisi siap (stand by), S1 merupakan saklar yang dapat ditempatkan di pintu atau di jendela.

Jika ada yang membuka pintu atau jendela dengan paksa maka saklar akan membuka, Gate SCR mendapat bias dari sumber tegangan lewat $R = 1\text{ K}$, selanjutnya SCR akan ON dan bel berbunyi. Untuk mematikan bel, S2 harus diputuskan (off) sampai rangkaian difungsikan (pintu ditutup) kembali.

Dioda berfungsi sebagai pengaman, karena bebannya induktif. Tanpa dioda dikhawatirkan tegangan induksi yang timbul saat SCR tiba-tiba off atau sumber tegangan diputuskan karena dapat merusak SCR.

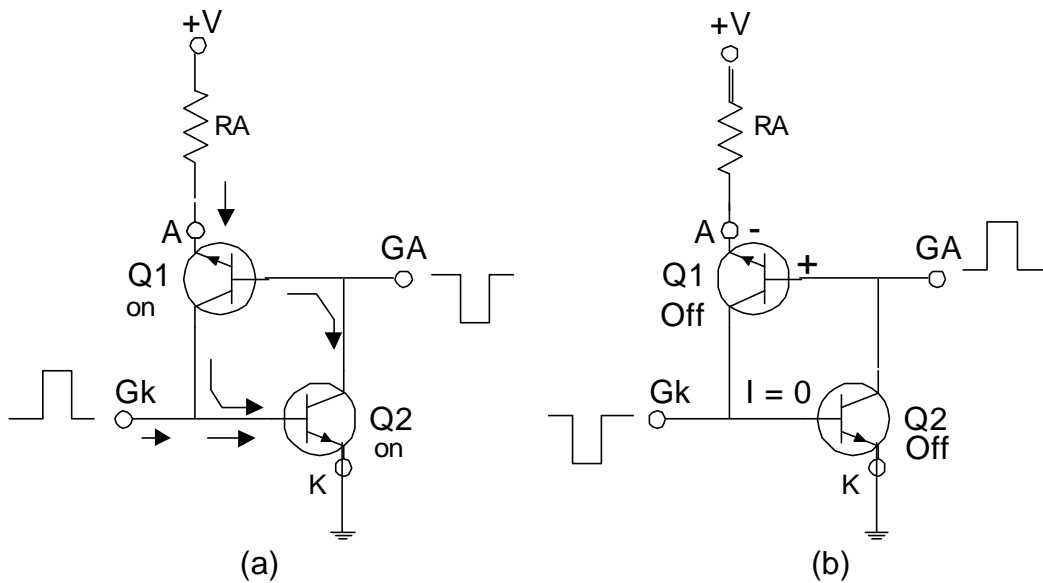
3. SCS (SILICON CONTROLLED SWITCH)

Komponen SCS konstruksinya sama dengan SCR. SCS mempunyai dua terminal gate, yaitu gate anoda dan gate katoda. SCS dapat dihidupkan dan dimatikan dari dua terminal gate tersebut. Berbeda dengan SCR yang hanya bisa dihidupkan dan dimatikan dari terminal gatenya saja. Secara umum SCS bekerja pada daya yang lebih rendah dibanding SCR



Gambar 4.8
Simbol SCS

Prinsip kerja SCS dapat dijelaskan dari rangkaian ekuivalen transistornya sebagai berikut :



Gambar 4.9
Operasi SCS

- (a) Kondisi ON (GK pulsa positif dan GA pulsa negatif)
- (b) Kondisi Off (GK pulsa negatif dan GA pulsa positif)

Prinsip kerja SCS sama dengan menghidupkan SCR dan dioda shockley. Mula-mula diasumsikan Q1 dan Q2 dalam keadaan off, dalam kondisi ini SCS tidak menghantar. Sebuah pulsa positif pada gate katoda akan mengendalikan Q2 menuju

menghantar, karena dapat memberikan arus pada Q1. Ketika Q1 on arus kolektornya mengalir ke basis mengendalikan Q2, karenanya SCS akan tetap menghantar.

SCS dapat pula dihidupkan dengan pulsa negatif yang diumpankan pada gate anoda. Sekali SCS tersulut maka akan terus menghantar.

Untuk mematikan SCS adalah dengan memberikan sebuah pulsa positif pada gate anodanya. SCS secara khusus mempunyai waktu putus lebih cepat dibanding SCR.

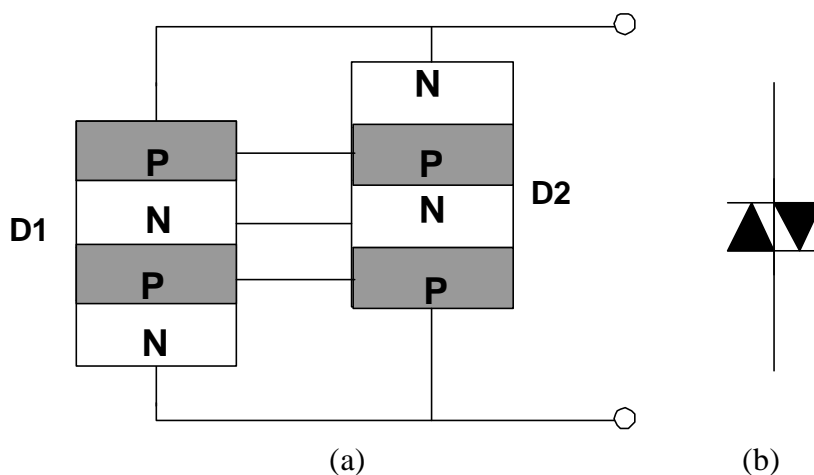
4. DIACS

a. Dasar Pembentukan Diacs

Diacs adalah salah satu jenis dari bi-directional thyristor. Rangkaian ekivalen Diacs adalah merupakan dua buah dioda empat lapis yang disusun berlawanan arah dan dapat dianggap sebagai susunan dua buah latch.

DIACS singkatan dari Diode Alternating Current Switch. Namun secara umum DIACS hanya disebut dengan DIAC, komponen ini paling sering digunakan untuk menyulut Triac.

Bentuk konstruksi dan simbol Diac adalah seperti gambar 55 berikut ini:



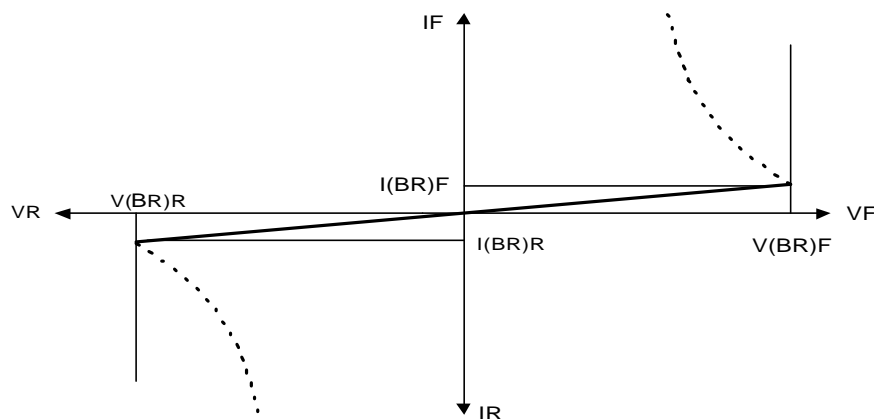
Gambar 410
Konstruksi Diac
(a) Konstruksi dasar
(b) Simbol

b. Sifat Dasar dan Karakteristik Diac

Diac yang tersusun dari dua buah dioda empat lapis dengan bahan silikon memungkinkan bekerja pada tegangan tinggi dan arus yang sebatas kemampuannya. Namun Diac perlu mendapat perhatian khusus karena setelah mencapai tegangan patah simetris arah maju (V_{BRF}) tertentu, kemudian tegangan dengan sendirinya turun tapi arus patah arah maju (I_{BRF}) tiba-tiba naik secara tajam.

Konstruksi Diac terdiri dari dua simbol dioda yang tersambung secara anti paralel, maka diac dapat dipergunakan pada rangkaian AC. Dalam pengoperasiannya sesuai dengan pabrik pembuat komponennya, diac mempunyai beberapa harga batas yang sangat penting bagi pemakai dalam merencanakan sebuah rangkaian. Untuk mencari harga batas tersebut dapat dilihat dalam tabel dan kurva karakteristiknya.

Karena Diac adalah salah satu komponen elektronika yang dapat menghantar dengan arah bolak balik, maka karakteristiknya pun akan berbentuk kurva yang dalam keadaan forward maupun reverse kurvanya sama. Karakteristiknya seperti ditunjukkan pada gambar 56 berikut ini:



Gambar 4.11
Kurva karakteristik Diac

Dari kurva di atas dapat dilihat :

V_F artinya tegangan arah maju Diac

V_R artinya tegangan tegangan mundur Diac

$V(BR)F$ atau $V_{BR}F$ artinya tegangan patah simetris arah maju

$V(BR)R$ atau $V_{BR}R$ artinya tegangan patah simetris arah mundur

$I(BR)F$ atau $I_{BR}F$ artinya arus patah arah maju

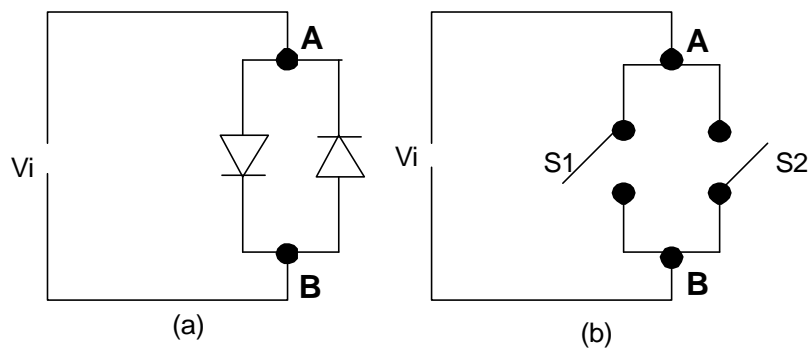
$I(BR)R$ atau $I_{BR}Rn$ artinya arus patah arah mundur

Berikut ini adalah contoh tabel Diac A 9903

P_{tot} (Daya total)	150 mW
I_{max} (arus maksimal)	1 A
V_{BRF} , V_{BRR}	28 s/d 36 V
I_{BRF} , I_{BRR}	0,4 s/d 1,0 mA

c. Prinsip kerja Diac

Prinsip Diac tak ubahnya seperti saklar bolak-balik, yaitu bergantian forward dan reverse apabila diberi tegangan arus bolak-balik. Prinsip kerjanya dapat dilihat pada gambar 57 berikut ini:



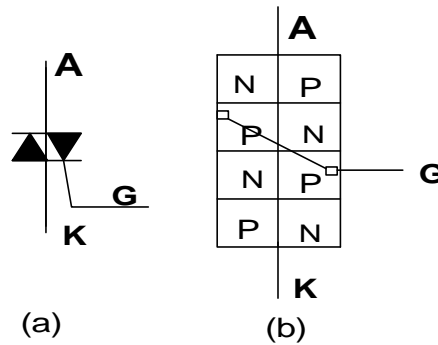
Gambar 4.12

Skema Pengganti Diac

Apabila titik A pada keadaan forward bias, maka saklar S1 ON, sedangkan saklar S2 OFF atau sebaliknya jika titik B pada keadaan forward bias, maka saklar S2 ON dan saklar S1 OFF (terbuka). Dengan demikian seterusnya kerja Diac seolah-olah merupakan saklar arus bolak-balik. Dalam keadaan forward menghantar (ON) dan dalam keadaan reverse juga menghantar .

5. TRIAC

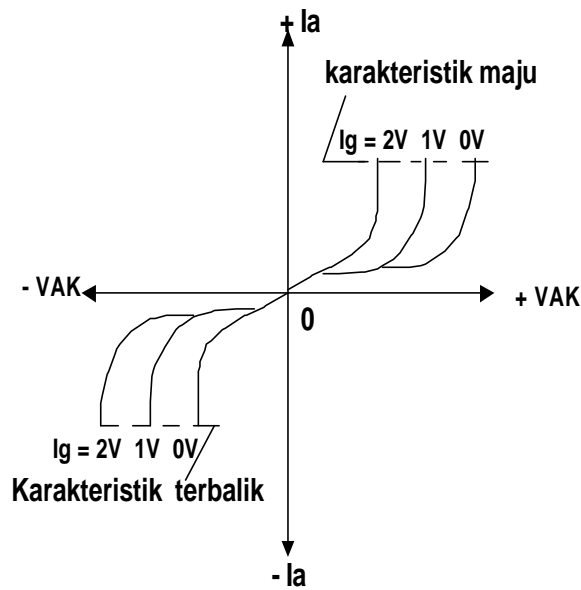
TRIAC singkatan dari triode alternating current switch, artinya saklar triode arus bolak balik. Triac merupakan dua SCR yang dipasang secara anti paralel dan diberi satu elektroda yang disebut gate . Penggunaan Triac akan lebih menguntungkan dibanding SCR, karena SCR hanya dapat menghantarkan arus ke satu arah saja, sedangkan Triac secara dua arah. Simbol dan konfigurasi sebuah Triac dapat dilihat pada gambar 58 berikut ini :



Gambar 4.13
Simbol dan konfigurasi Triac
(a) Simbol
(b) Konfigurasi

a. Karakteristik Triac

Triac dapat dipandang sebagai SCR yang simetris, karena kurva karakteristiknya tidak ada perbedaan antara karakteristik maju dan karakteristik terbalik.



Gambar 4.14
Karakteristik Triac

Bila diperhatikan gambar 4.14 terlihat bahwa karakteristik maju dan karakteristik terbalik triac tidak ada perbedaan. Tegangan tembus (break over) dapat diatur dengan mengatur arus gate seperti halnya pada SCR. Jadi arus triac akan mengalir dengan mengatur arus gatenya.

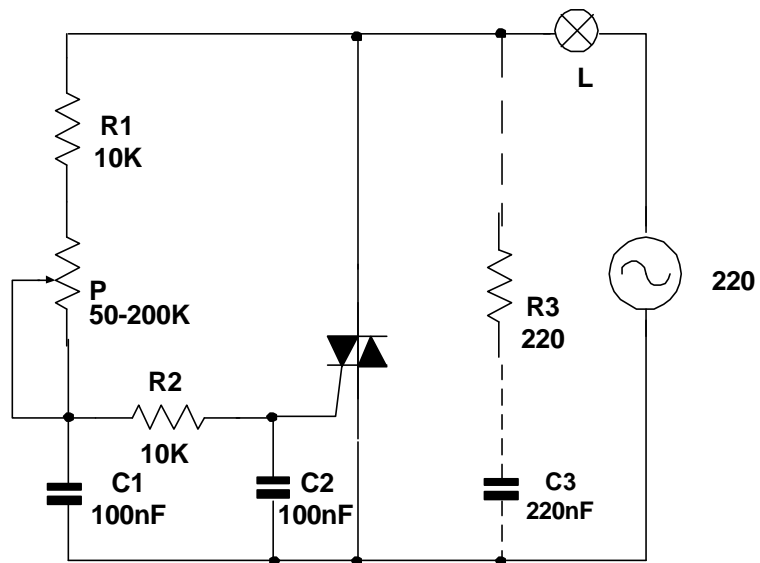
b. Contoh penggunaan Triac

Contoh penggunaan Triac adalah sebagai peredup lampu penerangan.

Dengan rangkaian seperti gambar 60 berikut ini, kita akan dapat meredupkan lampu penerangan, mengatur kecepatan bor listrik, mengatur alat dapur dan sebagainya.

Untuk keperluan yang hanya sebentar misalnya guna pengaturan kecepatan bor, triac tidak perlu dipasang pada penghantar panas. Tetapi kalau hendak dipakai secara terus-menerus (misalnya pengatur terangnya lampu) maka penghantar panas diperlukan.

Deret R_3-C_3 diperlukan untuk mencegah terganggunya pesawat-pesawat radio atau televisi, kalau potensio P sedang diputar-putar.



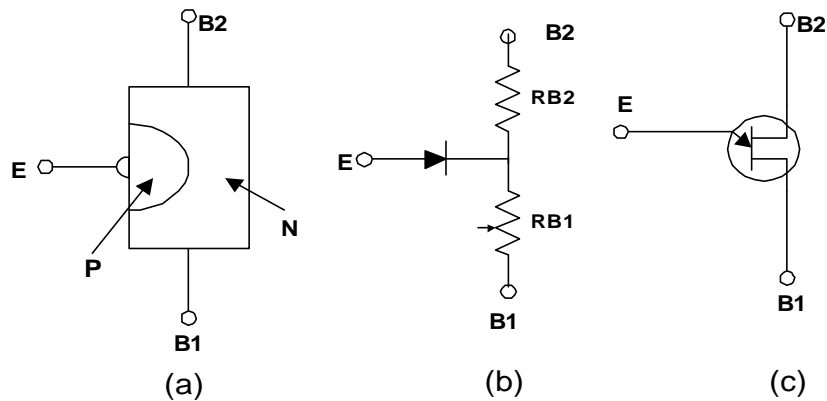
Gambar 4.15
Rangkaian peredup lampu penerangan dengan Triac

6. UJT (Uni Junction Transistor)

Uni Junction Transistor (UJT) merupakan komponen semikonduktor yang terdiri atas hubungan PN. Tipe P dihubungkan dengan Emitor, sedangkan tipe N membentuk Basis B1 dan B2. Komponen ini dikenal dengan nama “Dioda Dua Basis”. Bahan dasar terbuat dari silikon. Gambar 61(a) menunjukkan susunan dasar UJT.

Kira-kira di tengah batang silikon (materi tipe N) terdapatlah materi tipe P, ini akan bekerja sebagai emitor E, jadi pada tabung tersebut terdapat junction PN.

Rangkaian pengganti susunan dasar UJT terdapat pada gambar 61 berikut ini :



Gambar 4.16. Susunan dasar UJT

(a) Susunan dasar

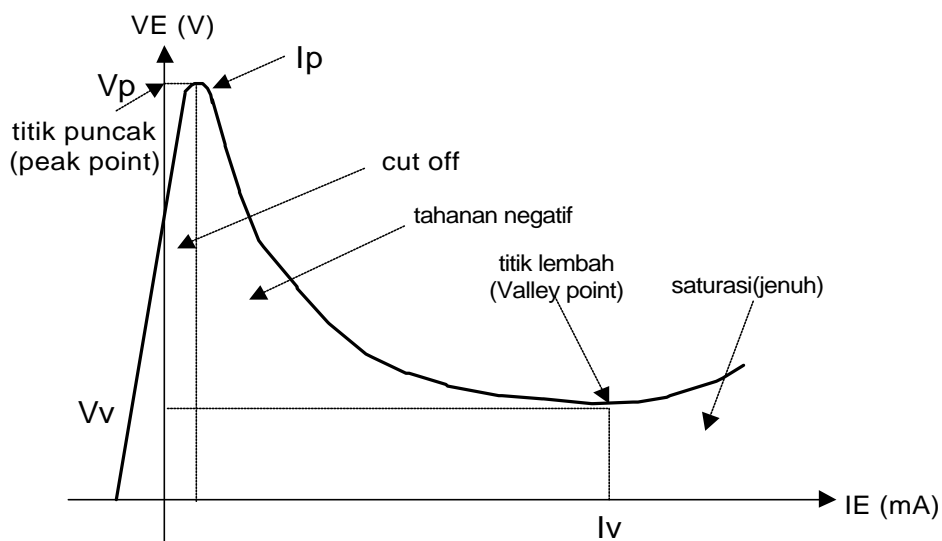
(b) Rangkaian ekivalen

(c) Simbol

a. Sifat Dasar UJT

Transistor jenis ini dapat dipandang sebagai suatu pembagi tegangan yang terdiri dari dua buah tahanan berderet yaitu R_{B1} dan R_{B2} . Adapun pertemuan antara PN bekerja sebagai dioda. Dioda akan menghantar/konduksi bila diberi tegangan bias maju. (Forward Bias) , sebaliknya dioda tidak akan menghantar bila diberi tegangan mundur (Reverse Bias).

b. Karakteristik UJT UJT hanya mempunyai satu junction PN, sehingga karakteristik dari komponen ini sangat berbeda dengan komponen yang lain, seperti gambar 62 berikut ini:



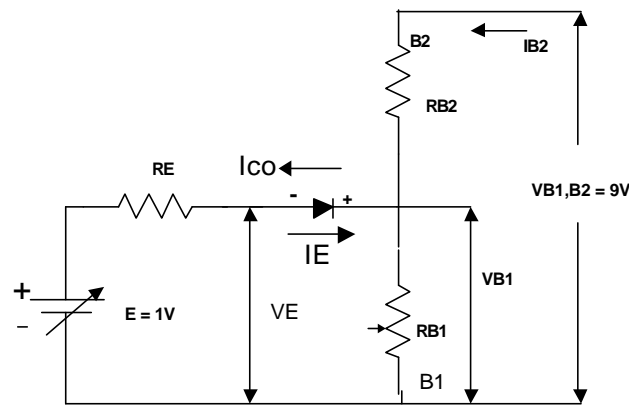
Gambar 4.17 Karakteristik UJT

Dari Gambar 62, karakteristik UJT tersebut adalah:

- 1) Di titik puncak (peak point) V_p dan titik lembah (valley point V_v , lengkung karakteristik mempunyai kelandaian (slope) = 0. Artinya di titik ini lengkung tidak naik dan juga tidak turun.
- 2) Dalam daerah di kiri V_p , tidak mengalir arus emitor I_E , sebab antara emitor dan basis 1 ada tegangan muka terbalik (reverse bias). Daerah di kiri V_p ini dinamai daerah sumbat.
- 3) Dalam daerah di kanan V_p ada arus emitor, sebab antara emitor dan basis 1 ada tegangan muka maju (forward bias).
- 4) Di antara titik-titik V_p dan V_v , kenaikan arus I_E menyebabkan turunnya tegangan V_E . Ini berarti bahwa dalam daerah ini terdapat perlawanan negatif (tahanan negatif).
- 5) Setelah melewati titik lembah V_v , kenaikan I_E dibarengi dengan kenaikan V_E . Daerah ini dinamakan daerah jenuh (saturasi).
- 6) Dalam hal ini V_p ditentukan oleh:
 - a) Tegangan antara $B_1 - B_2$.
 - b) Tegangan muka maju (forward bias) di antara emitor dan basis B_1 atau tegangan pada dioda.

c. Prinsip Kerja UJT

Prinsip kerja UJT tidak lain sebagai saklar input dari jenis transistor, ini diambil dari Emitor yang mempunyai tahanan. Tahanan ini mempunyai nilai yang cepat menurun jika tegangan input naik sampai level tertentu. Rangkaian ekivalennya dapat dilihat pada gambar 63 berikut ini:



Gambar 4.18 . Rangkaian ekivalen UJT

Cara Kerja UJT

- 1) Tahanan antara emitor dengan basis 1 yaitu R_{B1} dan antara emitor dengan basis 2 adalah R_{B2} . Jumlah kedua tahanan ini disebut tahanan antar basis (interbase resistant) R_{BB} .

$$R_{BB} = R_{B1} + R_{B2} \quad R_{IB} > R_{B2}$$

Nilai dari R_{B1} berbanding terbalik terhadap arus emiter I_E , sehingga dipasang resistor variabel.

- 2) R_{B1} dan R_{B2} merupakan pembagi tegangan, sehingga tegangan pada R_{B1} adalah :

$$V_{R_{B1}} = R_{B1} / R_{BB} \times V_{BB}$$

- 3) Antara terminal-terminal B_1 - B_2 diberi tegangan $V_{B1} B_2 = 9$ Volt. Maka terjadilah pembagian tegangan anantara R_{B1} dan R_{B2} .

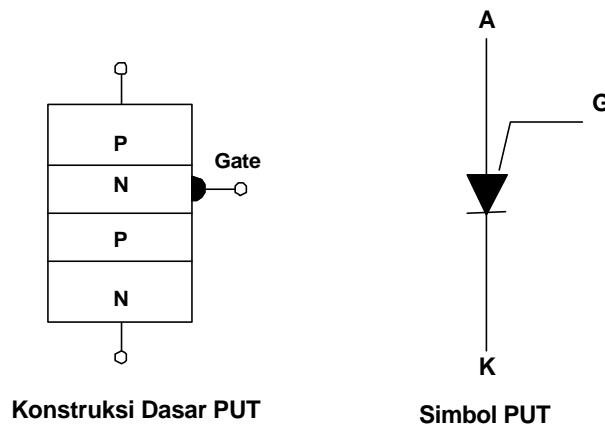
Seperti gambar 63, cara kerjanya adalah sebagai berikut:

- 1) Mula-mula tegangan catu pada emiter sama dengan nol, maka dioda emiter berada dalam keadaan Reverse bias. Bila tegangan ini diperbesar maka V_E akan ikut bertambah besar, tetapi emiter tidak akan menghantar sebelum $V_E > V_{B1} + V_k$. (V_k = Knee Voltage dari Dioda tersebut).
- 2) Setelah $V_E > V_{B1} + V_k$, maka dioda dalam keadaan Forward bias dan mulai menghantar. Oleh kerana daerah P mendapat doping yang berat, sedangkan daerah N mendapat doping yang ringan, maka pada saat forward bias banyak hole dari daerah P ini yang tidak dapat berkombinasi dengan elektron bebas dari daerah N

- 3). Hole-hole tersebut akan merupakan suatu pembawa muatan positif pada daerah basis $1' (B_1)$ terjadi hubung singkat.
- 4). Dari sini jelas bahwa Emitor pada UJT berfungsi sebagai saklar dan saklar ini akan tetap tinggal tertutup selama arus Emitor masih lebih besar dari suatu harga tertentu yang disebut "Valley Current".

4. PUT (Programmable Unijunction Transistor)

PUT adalah Uni Junction Transistor yang diprogram. Programmable Unijunction Transistor berguna dalam pembuatan osilator dengan tegangan yang dapat di kendalikan

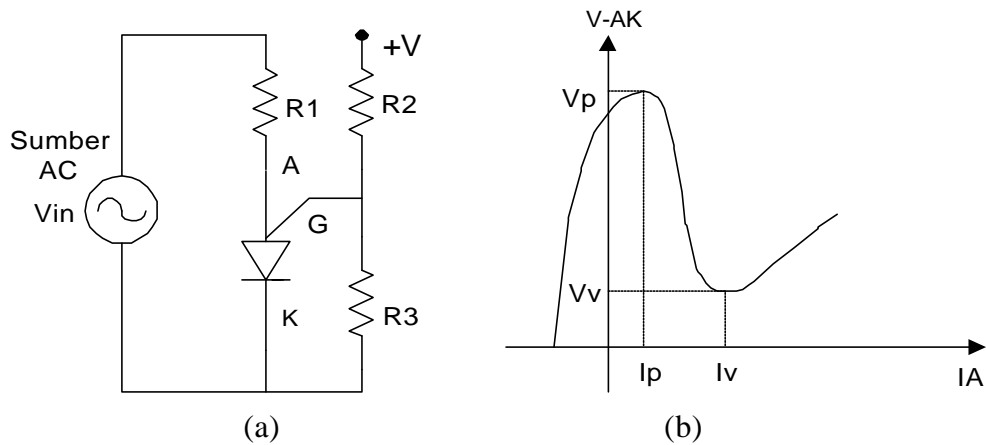


Gambar 4.19
Konstruksi dasar dan Simbol PUT

Gerbang ini selalu dipanjar positif terhadap katodanya. Bila anoda mendapat tegangan gerbang sekitar 0,7 volt maka junction PN menjadi forward bias dan PUT menjadi on, sedang bila tegangan anodanya jatuh dibawah level ini maka PUT menjadi off.

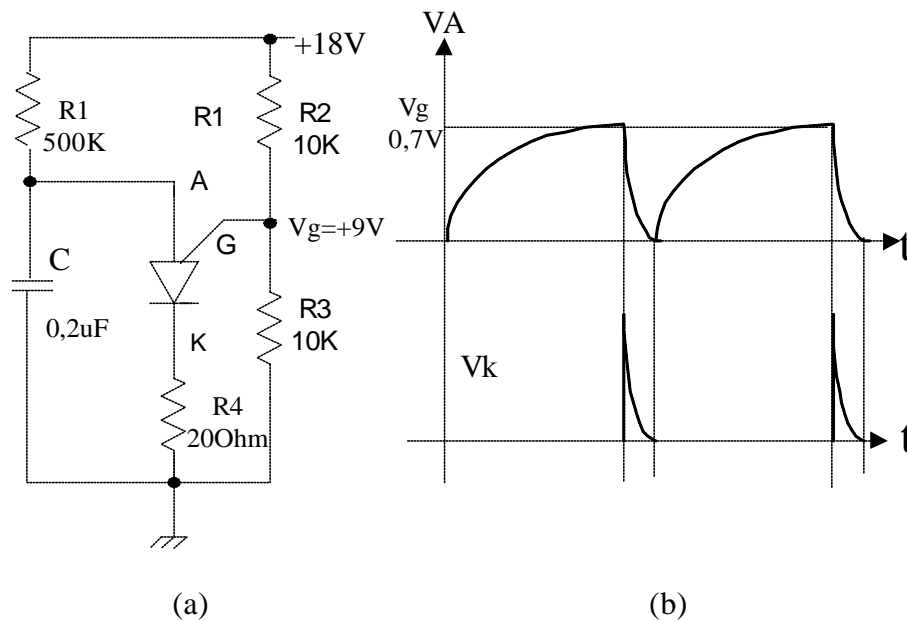
a. Prinsip Kerja dan Karakteristik PUT

Gerbang ini dapat dipanjar sesuai tegangan yang diperlukan dengan memakai memakai pembagi tegangan, bila tegangan anodanya mencapai level yang telah diprogramkan ini, maka PUT akan on.



Gambar 4.20 (a) Contoh rangkaian panjar PUT
(b) Kurva karakteristik PUT

Karakteristik dari PUT ini sama seperti UJT sehingga PUT dapat dipakai sebagai pengganti UJT. Salah satu sirkitnya adalah sbb :



Gambar 4.21
. Rangkaian UJT (a) Rangkaian (b) Bentuk Output

Prinsip kerjanya sebagai berikut:

Gerbangnya dipanjar pada tegangan + 9 V dengan menggunakan pembagi tegangan R_2 dan R_3 . Apabila sumber Dc dihubungkan, PUT masih dalam keadaan off dan kapasitor mengisi muatan sampai + 18 volt melalui R_1 . Apabila tegangan kapasitor sudah mencapai nilai $V_G + 0,7$ volt maka PUT konduksi (On) dan kapasitor akan

mengosongkan muatan dengan cepat melalui tahanan dari PUT yang rendah terus ke R4 selama pengosongan ini. Kejadian ini akan berulang sesuai waktu pengisian dan pengosongan kapasitor.

Latihan 6

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan tepat dan jelas:

1. Batas tegangan sebuah dioda shockley mulai menghantar disebut dengan tegangan
2. Salah satu penggunaan dioda shockley adalah pada rangkaian
3. Sebutkan terminal (elektroda-elektroda) yang terdapat pada SCR.
4. SCR akan tetap menghantar apabila gatenya mendapat tegangan (tersulut), tetapi akan off (tidak menghantar) kembali apabila
5. Sebutkan terminal-terminal pada komponen SCS.
6. Dioda hanya dapat dipergunakan pada rangkaian DC, tetapi DIAC dapai dipergunakan pada rangkaian
7. Keuntungan penggunaan TRIAC dibandingkan SCR adalah
8. Sebutkan salah satu penggunaan PUT.

EVALUASI

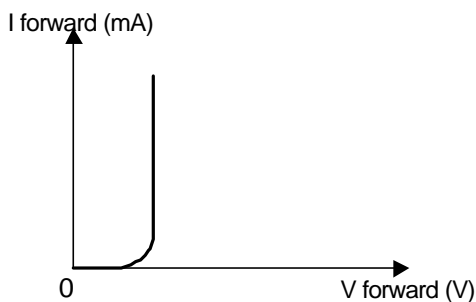
1. Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan komponen semikonduktor adalah.....
2. Semikonduktor Tipe P didapatkan dengan mendoping bahan dasar Germanium (Ge) dan Silikon (Si) dengan unsur bahan atom bermuatan +3, seperti.....
3. Elektron valensi dari Germanium dan Silikon adalah.....
4. Tegangan muka (bias) terbagi dua macam, yaitu.....
5. Sebuah dioda apabila inputnya diberi tegangan AC, maka outputnya akan berbentuk tegangan.....
6. Besar VBE untuk transistor Silikon adalahVolt.
7. Pemberian tegangan panjar pada transistor tipe NPN, kolektor diberi panjar.....
8. Beta (?) sebuah transistor merupakan perbandingan arus kolektor terhadap.....
9. JFET mempunyai tiga buah elektroda (terminal) yaitu.....

10. Pemberian panjar pada JFET kanal N, terminal Source (S) mendapat polaritas..... terhadap Drain (D)
11. DE MOSFET dapat beroperasi dengan memberikan tegangan gate positif maupun negatif, sedangkan E MOSFET hanya beroperasi apabila gate mendapat tegangan.....
12. SCR akan menghantar apabila Tegangan Anoda lebih positif dari Katoda, dan Gate mendapat tegangan lebih.....dari Katoda dan lebih..... dari Anoda.
13. SCR hanya mempunyai tiga terminal, sedangkan SCS mempunyai empat terminal yaitu....
14. Sebuah dioda penyearah akan menghantar bila mendapat forward bias, tetapi Diac akan tetap menghantar dalam keadaan.....
15. Sebuah komponen UJT akan bekerja apabila Basis 1 (B_1) lebih positif Basis 2 (B_2) dan tegangan pada Emitor (E) lebih.....dari (B_1).

Kunci jawaban

Latihan 1

1. Orbit luar dari atom silikon dan germanium terdiri dari empat elaktron (bervalensi 4).
2. Pertemuan daerah semikonduktor tipe-P dan tipe-N.
3. Tegangan panjar yang diberikan pada dioda.
- 4.



5. a. Dengan tanda (garis) pada ujung badan dioda tersebut.
b. Dengan menggunakan Ohmmeter.

Latihan 2

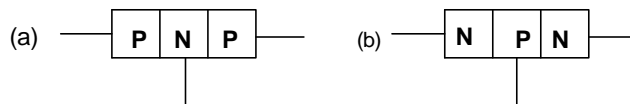
1. Melewatkan setengah siklus positif saja.
2. Sebagai filter untuk meratakan gelombang output.
3. Center Tap (CT).
4. Membuang tegangan sinyal di atas atau di bawah level tegangan tertentu.
5. Mendorong sinyal ke atas atau ke bawah level 0 Volt.

Latihan 3

1. E 2. A 3. D 4. C 5. C

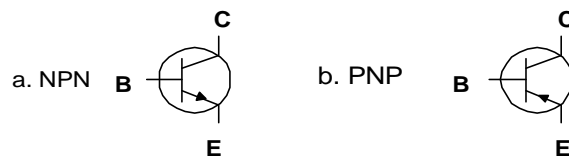
Latihan 4

1.



2. Emitor, Kolektor, dan Basis

3.



4. a. NPN : memberi tegangan muka maju, positif battery pada Basis dan negatif battery pada Emitor.
Memberi tegangan muka terbalik, positif battery pada Kolektor dan kutup negatif battery pada Basis.
 - b. PNP : memberi tegangan muka maju, positif battery pada Emitor dan negatif battery pada Basis
Memberi tagangan muka terbalik, positif battery pada Basis dan negatif pada Kolektor.
5. Titik operasi sebuah transistor dalam keadaan aktif.

Latihan 5

1. Pengaturan arus dengan medan listrik
2. DE MOSFET dan E MOSFET

3. Positif dan negatif.
4. JFET kanal P dan kanal N
5. a. Bekerja berdasarkan aliran pembawa muatan mayoritas saja.
b. Relatif lebih tahan terhadap radiasi.
c. Mempunyai stabilitas termis yang baik.

Latihan 6

1. Tegangan patah simetris (breakover) arah maju (forward-breakover).
2. Rangkaian osilator relaksasi.
3. Anoda (A), Katoda (K), dan Gate(G).
4. a. Tegangan Anoda jatuh ke nol.
b. Tegangan Anoda berubah polaritas
c. Tegangan Katoda berubah polaritas.
d. Kuat arus mencapai harga minimum.
5. Anoda(A), Katoda(K), Gate 1(G1), dan Gate 2(G2).
6. Rangkaian DC dan AC.
7. SCR hanya dapat menghantarkan arus ke satu arah saja, sedangkan TRIAC sesara dua arah.
8. Pembuatan osilator dengan tegangan yang dapat dikendalikan.

Kunci Jawaban Evaluasi

1. Silikon dan Germanium.
2. Indium
3. 4 buah
4. Forward bias dan Reverse bias.
5. Tegangan DC
6. 0,7 Volt
7. Positif
8. Arus Basis
9. Drain (D), Source (S), dan Gate (G).

10. Negatif
11. Positif
12. Positif dari Katoda dan Negatif dari Anoda
13. Anoda (A), katoda (K). Gate1(G_1), gate 2 (G_2)
14. Forward dan Reverse.
15. Positif.

KEGIATAN BELAJAR 5

PENGATURAN MOTOR DC DAN AC

a. Tujuan Kegiatan Belajar

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

1. Menyebutkan beberapa metoda pengaturan kecepatan motor.
2. Menyelesaikan persoalan-persoalan matematik untuk pengaturan kecepatan motor.
3. Memberikan contoh penggunaan sistem pengaturan motor DC dan AC.

b. Uraian Materi

Pengaturan kecepatan motor DC atau AC sangat berperan dalam keperluan proses industri. Pada proses industri biasanya merupakan suatu sistem yang mana besaran-besaran energi seperti listrik, elektronika, pneumatik dan mekanik merupakan satu kesatuan yang biasanya tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain. Pengaturan kecepatan motor DC mempunyai karakteristik kopel kecepatan yang sangat menguntungkan dibandingkan dengan motor-motor lainnya. Telah diketahui bahwa untuk motor arus searah (DC) dapat diturunkan rumus sebagai berikut :

$$E_a = C \cdot n \cdot f$$

$$E_a = V_t - I_a \cdot R_a$$

$$N = (V_t - I_a \cdot R_a) / C \cdot f$$

Kecepatan (n) dapat diatur dengan mengubah-ubah R_a dan V_t

E_a = Tegangan Induksi

F = Flux / total

N = Putaran (rpm)

C = (Pa) x (2 / 60) = konstanta

A = Jalan paralel konduktor jangkar

Z = Jumlah konduktor jangkar

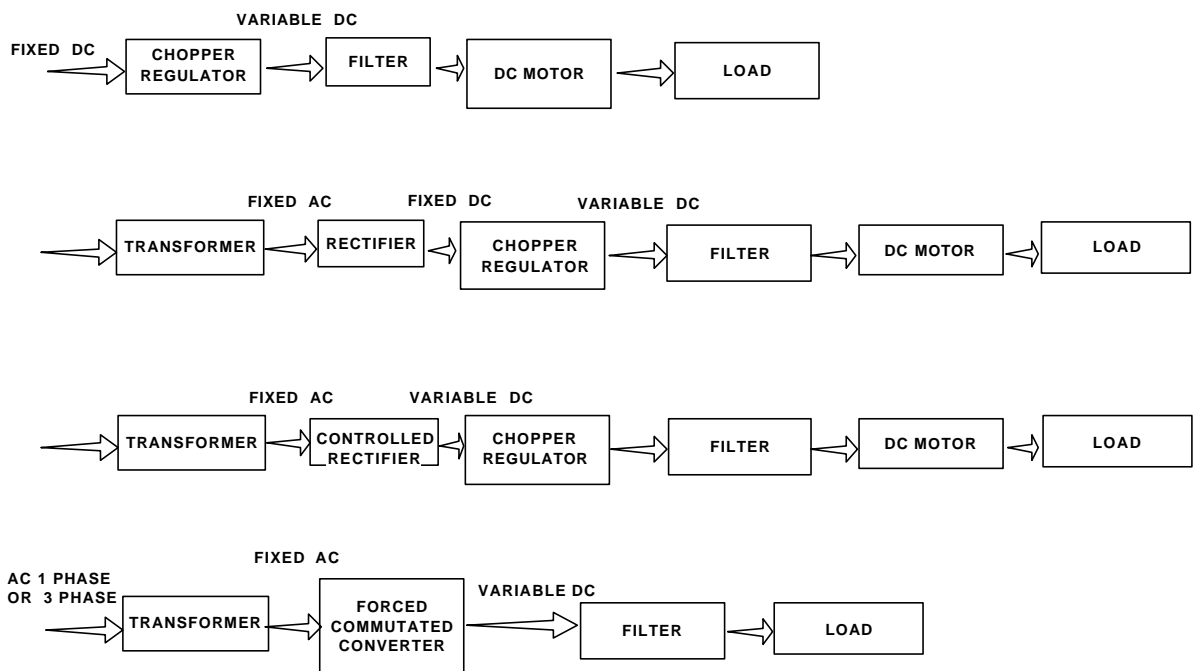
Pengaturan kecepatan dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Pengaturan kecepatan dengan mengatur medan shunt (f)
2. Pengaturan kecepatan dengan mengatur R_a
3. Pengaturan kecepatan dengan mengatur V_t

Pengaturan kecepatan motor arus searah (DC) akan lebih sempurna bila menggunakan thyristor dengan hubungan rangkaian tertentu dapat menghasilkan tegangan searah.

Tegangan searah ini diatur dengan mengatur putaran dan kopel motor arus searah.

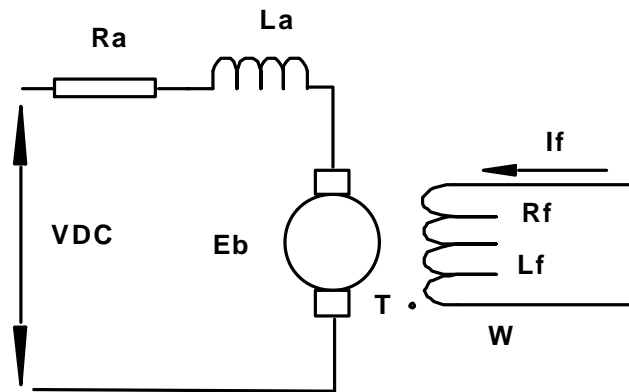
Bila sumber tegangan arus searah dilakukan dengan sistem chopper, pengaturan sistem chopper tidak mengakibatkan rugi daya.



Gambar 5.1

Diagram blok pengatur kecepatan motor DC

Gambar skema diatas menunjukkan pengaturan kecepatan motor DC dari sumber AC dan DC. Pada gambar tersebut diperlihatkan perbedaannya. Model pada motor DC diperlihatkan pada gambar berikut ini



Gambar 5.2
Model motor DC

R_a = Tahanan Jangkar

L_a = Induksi Jangkar

R_f = Tahanan Medan

L_f = Induktansi Medan

Persamaan dasar untuk mesin DC kecepatan dan torsi

$$W = E_b / K_b \cdot f$$

$$T = K_t \cdot f \cdot I_a$$

Dimana

W = Kecepatan motor dalam radial / detik

E_b = Tegangan Medan balik dari motor

K_b = Kecepatan Konstanta Motor

F = Flux pada mesin

T = Torsi yang dibangkitkan oleh motor

K_t = Torsi konstanta

I_a = Arus jangkar

$$E_b = V_{dc} - I_a \cdot R_a$$

$$V_{dc} = \text{Tegangan catu pada motor}$$

$$R_a = \text{Tahanan Jangkar}$$

Kecepatan motor DC (ω) adalah fungsi tegangan emf balik (E_b), konstanta motor (K_b) dan Flux (Φ), sedangkan torsi yang dibangkitkan oleh motor fungsi dari torsi konstant, flux dan arus jangkar pada motor.

Jadi kecepatan motor DC dapat bervariasi dari nilai kecepatan 0 sampai maksimum

Tegangan keluaran dalam arus medan

Jika tegangan keluaran harmoniknya diabaikan, maka untuk penyearah 3 fasa gelombang penuh dengan kelambatan sudut α tegangan medan (E_f) diperlihatkan oleh persamaan :

$$E_f = \frac{3 E_m}{p} \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Arus medan } I_f = \frac{3 E_m}{p} \cdot R_f \cdot \cos \alpha$$

Tegangan output dalam rangkaian jangkar

Jika SCR digunakan sebagai penyearah fasa terkontrol untuk rangkaian jangkar, tegangan output dapat bervariasi tergantung pada sudut penyalakan SCR.

$$\text{Tegangan jangkar } E_a = \frac{3 E_m}{p} \cdot \cos \alpha$$

Torsi yang dibangkitkan oleh motor diberikan oleh persamaan :

$$T_m = K_m \cdot I_f \cdot I_a$$

Arus jangkar I_a diberikan oleh

$$I_a = \frac{E_a - K_b \cdot \omega}{R_a}$$

c. Tugas 1

1. Sebutkan 3 cara pengaturan kecepatan motor DC

d. Tes formatif 1

Suatu motor DC yang dikontrol oleh rangkaian jembatan 1 fasa gelombang penuh dengan kecepatan 20 hp, 460 V, 1000 rpm. Arus jangkar motor 35 ampere dan tahanan jangkar = 15 Ohm

Tegangan catu AC = 480 V. Emf balik motor konstan adalah $K_b \cdot \dot{\theta} = 0,45 \text{ V / rpm}$.

Arus motor terus menerus tanpa kerutan. Operasi penyearah (mesin DC digunakan sebagai motor) Hitunglah torsi

f. Kunci jawaban tes formatif 1

$$K_b \cdot \dot{\theta} = 0,45 \text{ V / rpm}$$

$$0,45 \times 60 / 2 \text{ V sec / rad} = 4,297 \text{ V sec / rad}$$

$$T = K_b \cdot \dot{\theta} \cdot I_a = 4,297 \times 35 = 150,4 \text{ NM}$$

KEGIATAN BELAJAR 6

PENGENALAN CONVERTER DAN INVERTER

a. Tujuan Kegiatan Belajar

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

1. Membuat diagram blok AC to DC converter.
2. Memberikan contoh penggunaan DC to AC converter

b. Uraian Materi

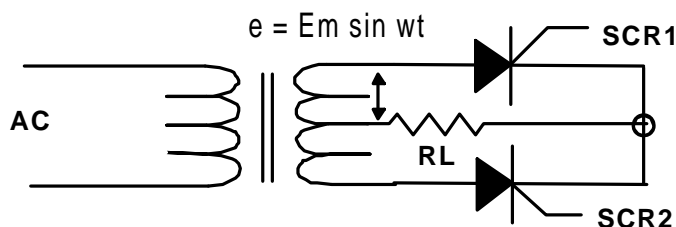
Power elektronik (elektronika daya) sangat ideal untuk pengaturan daya besar. Penggunaan elektronika daya dimulai dari tabung, thyatron daya besar, pengapian dan penyearah mercury. Elektronika daya sangat penting dalam pengaturan daya besar.

Komponen yang banyak digunakan dalam elektronika daya adalah SCR, dengan pengembangan semikonduktor sebagai sakelar yang dipakai dalam pengaturan daya AC dan DC. Modulasi daya dari 10 watt s/d 100 Mega Watt

AC to DC Converter

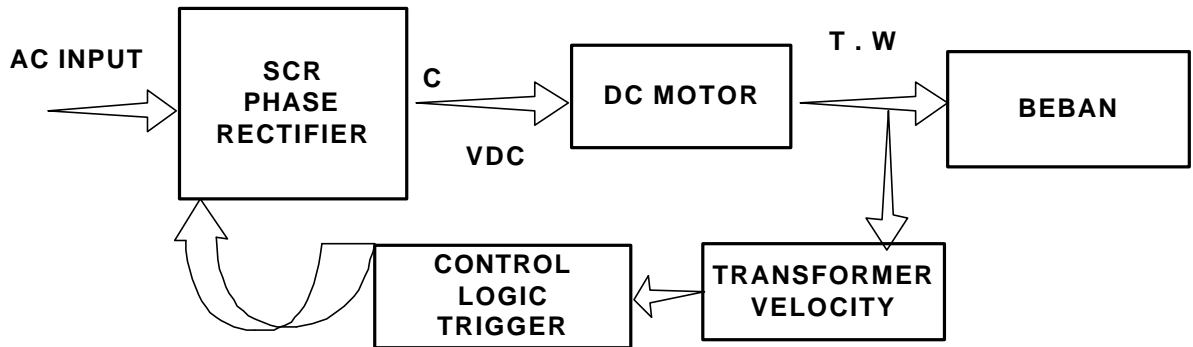
SCR banyak digunakan untuk penyearah terkendali tegangan variable DC dan suatu tegangan AC konstan dan sumber frekwensi.

Perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 6.1

Rangkaian pengatur full wave



Gambar 6.2

Diagram blok pengatur kecepatan motor DC

Tegangan beban diekspresikan sebagai :

$$E_d = E_m / p (1 + \cos a)$$

Tegangan keluaran DC adalah fungsi dari kelambatan sudut

$$E_d = 0 \text{ untuk } a = 130 \text{ derajat}$$

Tegangan variable DC penyearah pengatur fasa digunakan untuk pengaturan kecepatan motor DC

DC to AC Converter

Pembalik DC ke AC dipergunakan untuk merubah tegangan input.

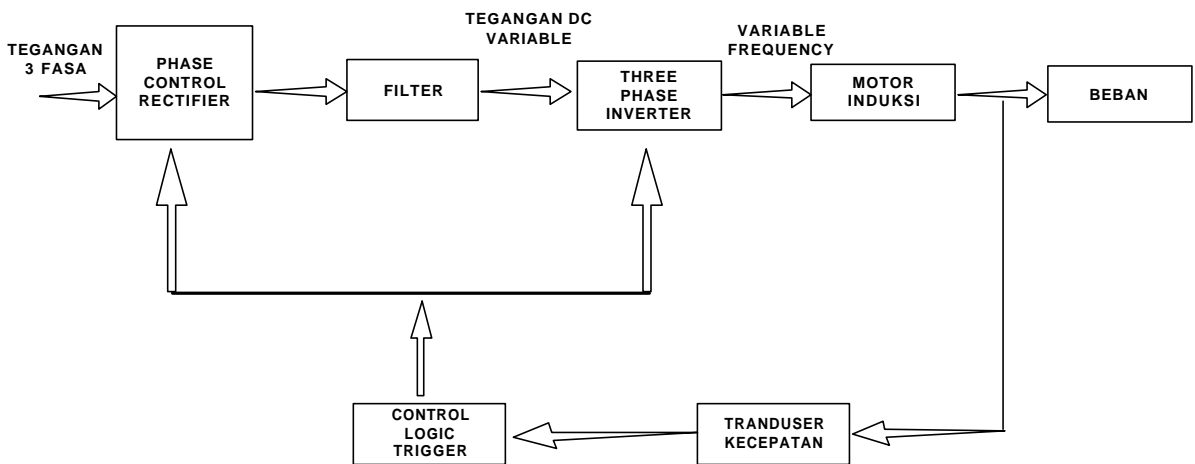
1. Tegangan batere DC atau frekwensi variable dari tegangan AC (satu phasa atau tiga phasa)
2. Tegangan input AC disearahkan menjadi DC kemudian dibalikan ke satu phasa atau 3 phasa atau tegangan keluaran dengan frekwensi variable

Penggunaan pembalik sebagai berikut :

1. Pembangkit frekwensi 60 Hz tegangan AC tertentu dari sumber tegangan DC seperti pembangkit Solar, Batere dan Daya Angin.

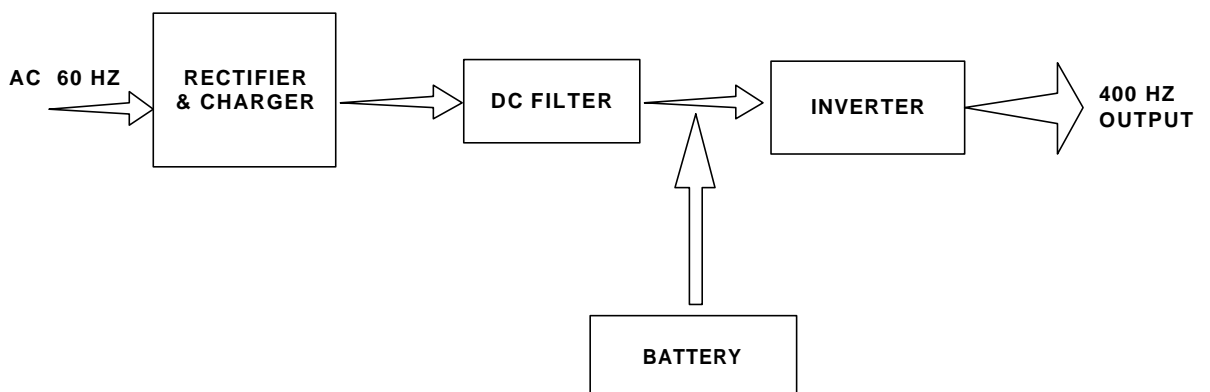
2. Pengatur kecepatan motor 3 fasa atau motor sinkron
3. Uninterrupted Power Supply Sistem (UPS)
4. Panas Induksi
5. Power Supply Standby

Berikut ini perhatikanlah skema pengaturan kecepatan motor induksi dan diagram blok UPS.



Gambar 6.3

Skema pengaturan kecepatan
Motor induksi



Gambar 6.4

Diagram Blok UPS

c. Tugas 1

1. Buatlah rangkaian converter AC ke DC dan jelaskan cara kerjanya
2. Buatlah rangkaian salah satu penggunaan DC to AC converter

d. Tes formatif 1

Suatu converter AC ke DC seperti gambar 6.1.

Diketahui $E_m = 220V \cos a$

Berapa tegangan yang disearahkan pada beban ?

e. Kunci jawaban tes formatif 1

$$E_d = 220 / \sqrt{2} (1 + \cos 0) \text{ volt}$$

$$= 220/1,41 (1 + 1)$$

$$= 140,12 \text{ Volt}$$

Jadi tegangan searah yang diberikan pada beban = 140,12 Volt

III. EVALUASI

A. MATRIX METODE PENILAIAN UNTUK SETIAP ELEMEN KOMPETENSI

a. Alternative soal penilaian

KUK Metode	1.1	1.2	1.3	1.4
Wawancara	v	v	v	v
Tertulis	v	v	v	v
Praktek	v	v	v	v

b. Fix (setelah dikonfirmasi dengan siswa dan disetujui)

KUK Metode	1.1	1.2	1.3	1.4
Wawancara				
Tertulis				
Praktek				

Siswa

Guru Assesor

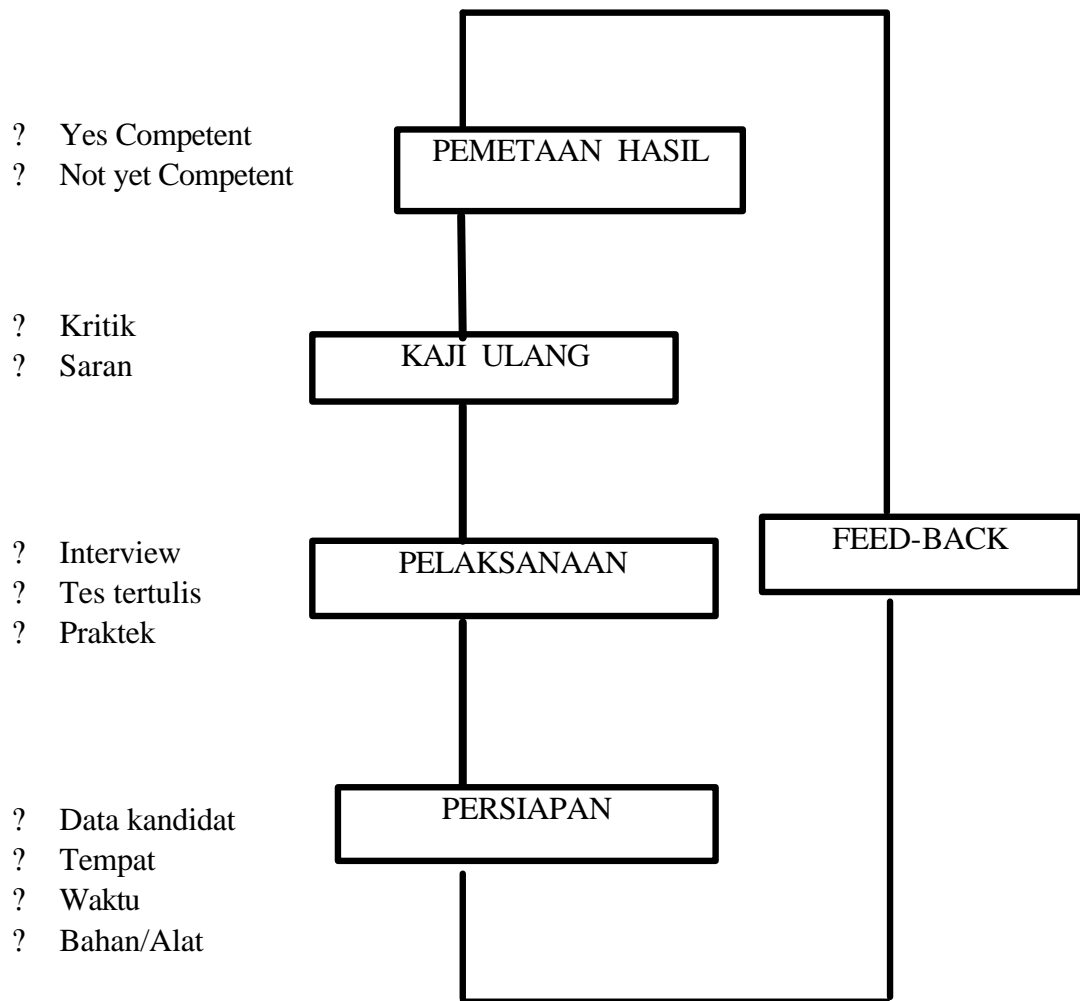
.....

.....

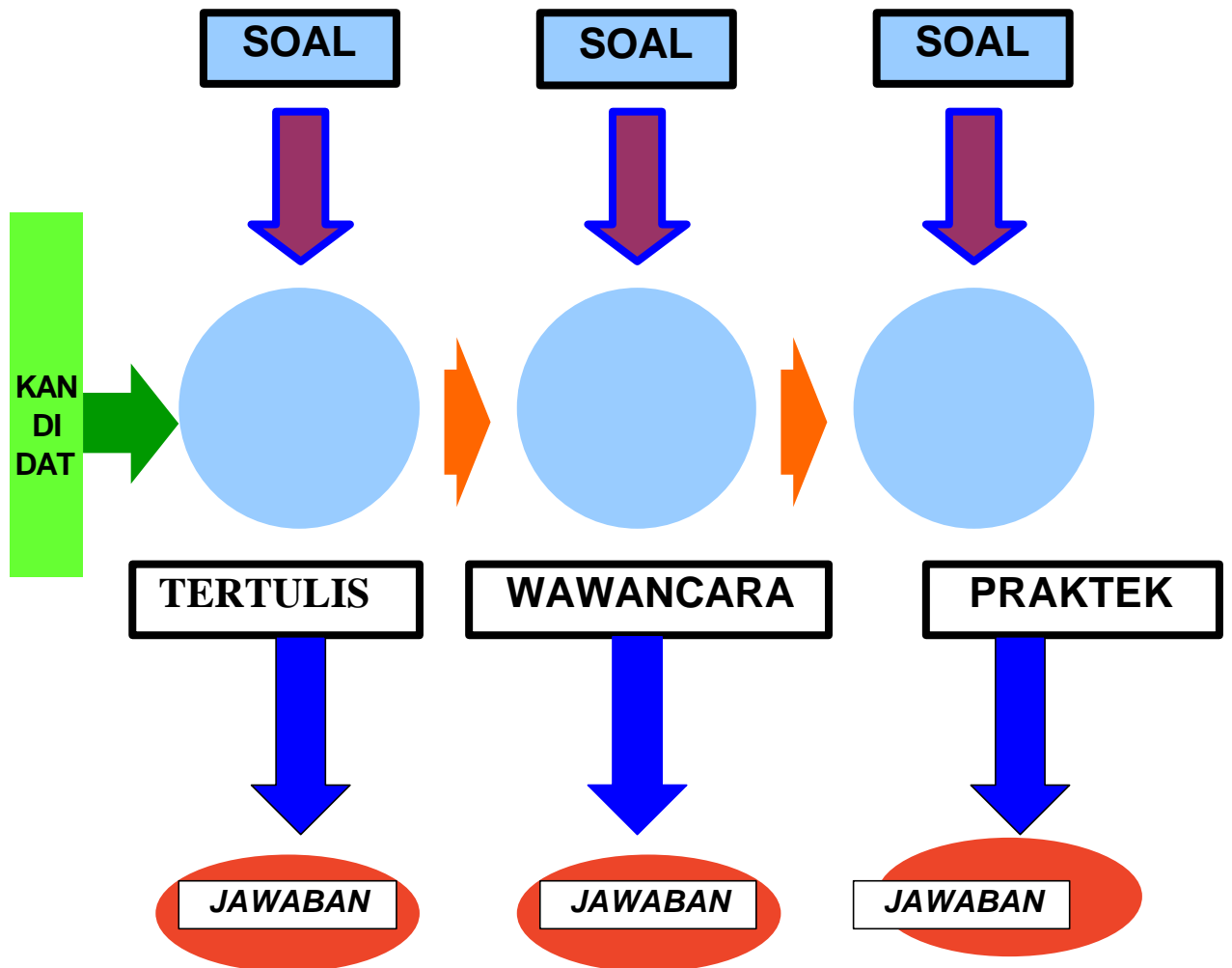
B. MATRIX ALAT UKUR / SOAL

KUK	Wawancara	Waktu	Tertulis	Waktu	Praktek	Waktu
1.1	1	2'	1	2'	1	10'
1.2	1	1'	1	4'	1	20'
1.3	1	2'	1	3'	1	40'
1.4	1	2'	1	4'	1	30'
Jumlah	4	7'	4	13'	4	100'
Jumlah total		100'				

C. ALUR PELAKSANAAN ASSESMENT



D. ALUR PELAKSANAAN TES



E. INTERVIEW TEST (TES METODE WAWANCARA)

Nama siswa :

Tanggal :

Beri tanda (v) pada kolom “ Yes “ atau “ No “ dari pertanyaan- pertanyaan yang dijawab oleh kandidat

No.	Pertanyaan	Yes	No	Ket.
1.	Komponen apa yang digunakan untuk merubah tegangan AC menjadi tegangan DC			
2.	Apa yang dilakukan untuk mengetahui polaritas dioda ?			
3.	Apa fungsi dari Multimeter ?			
4.	Apa arti “ A ” (Anoda) dan “ K “ (Katoda) ?			
Hasil : Catatan :				

Guru Assesor

Siswa

.....

.....

F. WRITEN TEST (TES METODE TERTULIS)

Nama kandidat :

Tanggal :

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini dengan singkat dan benar

? Jelaskan dengan perkataan sendiri apa itu dioda
.....
.....

? Apa yang harus diperhatikan untuk keselamatan kerja pada saat menyolder dioda
.....
.....

? Alat ukur apa yang sesuai digunakan untuk mengetes dioda
.....
.....

4. Apa yang terjadi bila terjadi kesalahan pemasangan polaritas power supply pada dioda
.....
.....

Hasil :

Catatan guru asesor :

Guru assessor

Siswa

.....

.....

G. PRAKTEK

Mengecek dan memasang Komponen –komponen penyearah gelombang penuh pada PCB

Nama :

Tanggal :

TUGAS

Lakukan pengecekan dan pemasangan komponen-komponen penyearah gelombang penuh pada PCB dengan benar dan aman dibawah ini.

1. Siapkan peralatan - peralatan
2. Siapkan komponen - komponen
- ? Siapkan sirkit lengkap penyearah gelombang penuh, pilih komponen diod, trafo, dioda dan kondensator
Pasanglah sesuai dengan ukuran lubang pada PCB
- ? Pasang komponen dioda pada PCB

H. PRACTICAL CHECK LIST

TUGAS : MENGIDENTIFIKASI KOMPONEN DAN PERALATAN PENYEARAH GELOMBANG PENUH PADA PCB

Nama :

Tanggal :

Beri tanda (v) pada kolom “ Yes “ atau “ No “ dari pertanyaan-pertanyaan yang dijawab oleh siswa

No.	Pertanyaan	Yes	No	Ket.
1.	Memeriksa gambar kerja /sirkuit			
2.	Memeriksa jenis, dan kondisi fisik dan jumlah komponen yang diperlukan			
3.	Memeriksa kondisi fisik dan jangkauan ukur multimeter			
4.	Memeriksa alat tangan untuk melipat kaki komponen (pinset)			
5.	Memeriksa PCB, layout jalurnya dan lubang untuk komponen-komponen			
Hasil :				
Guru assessor		Siswa		
.....			

I. PRACTICAL CHECK LIST

**TUGAS : MENGECEK KOMPONEN DAN PERALATAN
PENYEARAH GELOMBANG PENUH**

Nama :

Tanggal :

Beri tanda (v) pada kolom “ Yes “ atau “ No “ dari pertanyaan-pertanyaan yang dijawab oleh kandidat

No.	Pertanyaan	Yes	No	Ket.
1.	Mengecek trafo, dioda dan kapasitor secara fisikal			
2.	Mengecek komponen-komponen menggunakan multimeter dengan benar			
3.	Mengecek alat tangan untuk melipat kaki komponen (pinset)			
4.	Mengecek PCB, layout jalurnya dan lubang untuk komponen-komponen dengan multimeter			
Hasil :				
Guru assessor		Siswa		
.....			

J. PRACTICAL CHECKLIST

TUGAS : MENYIAPKAN KAKI-KAKI KOMPONEN SESUAI DENGAN UKURAN LUBANG PADA PCB

Nama :

Tanggal :

Beri tanda (v) pada kolom “ Yes “ atau “ No “ dari pertanyaan-pertanyaan yang dijawab oleh kandidat

No.	Pertanyaan	Yes	No	Ket.
1.	Melipat kaki-kaki komponen dioda dan transistor dengan pinset membentuk sudut 90 derajat			
2.	Menyiapkan kesesuaian lubang pada PCB dengan besarnya kaki-kaki komponen			
Hasil :				
Guru assessor		Siswa		
.....			

K. PRACTICAL CHECKLIST

TUGAS : MEMASANG KOMPONEN PADA PCB

Nama :

Tanggal :

Beri tanda (v) pada kolom “ Yes “ atau “ No “ dari pertanyaan-pertanyaan yang dijawab oleh kandidat

No.	Pertanyaan	Yes	No	Ket.
1.	Memasang dioda pada lubang di PCB			
2.	Memasang dioda pada lubang PCB dengan polaritas + dan _ nya tidak terbalik			
3.	Memasang kondensator pada PCB dengan posisi yang benar dan aman			
Hasil :				
Guru assessor		Siswa		
.....			

L. PENGECEKAN DAN PEMASANGAN KOMPONEN KOMPONEN DAN PERALATAN UNTUK PENYEARAH GELOMBANG PENUH PADA PCB

Nama :

Tanggal :

CATATAN HASIL KEGIATAN

Guru asesor

Siswa

M. REKAPITULASI HASIL ASSESMENT

Pengecekan dan pemasangan komponen-komponen Penyearah gelombang penuh pada PCB

Nama :

Tanggal :

Beri tanda (v) pada kolom “ Yes “ atau “ No “ dari pertanyaan-pertanyaan yang dijawab oleh kandidat

NO.	METODA PENILAIAN	KOMPETEN	BELUM KOMPETEN	KET.
1.	WAWANCARA			
2.	TERTULIS			
3.	PRAKTEK			

Catatan :

HASIL

KOMPETEN

BELUM KOMPETEN

Guru assessor

Siswa

.....

.....

N. UMPAN BALIK

Mengecek dan memasang komponen-komponen Penyearah gelombang penuh pada PCB

Berilah rekomendasi pada kolom yang tersedia

No	Pernyataan	Rekomendasi			Ket.
		<i>Cukup</i>	<i>Sedang</i>	<i>Baik</i>	
1	Persiapan yang telah dilakukan				
2	Penjelasan yang di terima sehubungan dengan pelaksanaan uji kompetensi				
3	Komunikasi selama pengujian berlangsung				
4	Sikap dan performance asesor selama melakukan assessment				
5	Keobyektipan dalam melakukan penilaian				
6	Penyelenggaraan secara keseluruhan				
Hal-hal lain :					
Siswa		Guru Asesor			
.....				

O. KUNCI JAWABAN

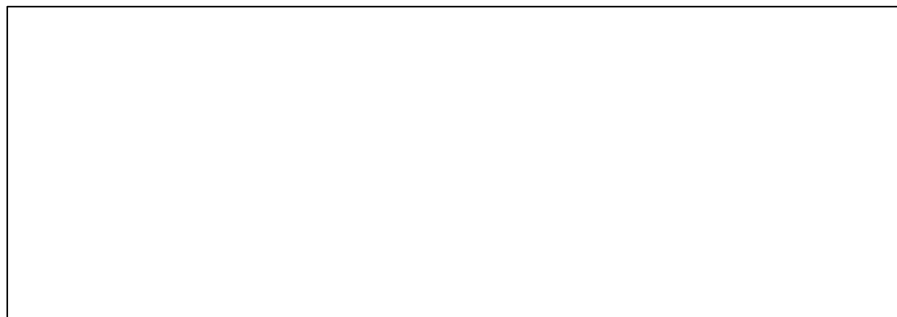
Kunci jawaban Interview Test (Test Metode Wawancara)

1. Tang lancip
2. Tanda titik (dot) dan notch pada IC
3. Untuk mengukur tegangan dc, ac, ohm dan arus listrik
4. Solder side adalah bidang PCB untuk menyolder kaki-kaki komponen, sedangkan komponen side adalah bidang PCB untuk memasang komponen-komponen

Kunci jawaban Writen Test (Test Metode Tertulis)

- A. Dioda adalah komponen elektronika/listrik yang dapat merubah tegangan arus bolak-balik menjadi tegangan arus searah
- B. membersihkan kakai-kakinya dan polaritas tidak boleh terbalik
- C. Multimeter
- D. Akan rusak

P. GAMBAR KERJA / SIRKIT



Q. JALUR LAYOUT PCB



Guru Asesor

.....
NIP

**REKAPITULASI HASIL PENILAIAN KOMPETENSI
MODUL ELEKTRONIKA DAYA**

No.	KUK	Pengetahuan	Keterampilan	Sikap	Nilai	Ket
1	1.1					
2	1.2					
3	1.3					
4	1.4					
5	2.1					
6	2.2					
7	2.3					
8	3.1					
9	3.2					
10	3.3					
11	3.4					
12	4.1					
13	4.2					
14	4.3					
15	5.1					
16	5.2					
17	5.3					
18	5.4					
Nilai Total					80	B

DAFTAR PUSTAKA

- N.G.Hingorani, *High Power Elelctronics*, Scientific American, Novembar 1993.
- R. Nelson, *Transmission Power Flow Control*, IEEE Transactions on Power Delivery, April 1994.
- Floyd, Thomas L. *Elektronic Device*. Bell & Howell Company. Columbus. 1984
- Hasan, Esan. *Rangkaian Elektronika Dasar*. Ganeca Exact. Bandung. 1990
- Jansen, J.H & Setiawan, E, Ir. *Transistor Sebagai Penguat Linear*. Binacipta. Jakarta. 1985
- Malvino, Albert Paulh. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Erlangga. Jakarta. 1986.
- Raras, Anggono, *Komponen Rangkaian Elektronika*. Karya Utama. Jakarta. 1986
- Sutrisno. *Elektronika Teori dan Penerapannya*, ITB Bandung, 1983.
- Wasito S. *Teknik Arus Searah*. Karya Utama. Jakarta. 1987.
- Yohanes, HC, Drs. *Dasar-dasar Elektronika*. Ghalia Indonesia. 1983.
- Malcolm Plant and Dr. Jan Stuart, *School Council Modular Courses in Technology Instrumentation*, Publisher Oliver & Boyd 1979
- Timothy J. Maloney, *Industrial Solid State Electronics – Device and system*, Publisher Pernick Printing Corp. Puyat, Manila 1987
- Floy, Romas L *Electronic Devices*, Publisher, Mentril 1978
- Boylestad & Nashelsky, *Eletronic Devices and Circuit Theory*, Publisher, Pretice Hall 1979
- , *Microcomputer Sensing Control System*, Publisher, King Instrument Electronics Co., Ltd 1980
- Delton T. Horn, *Home Remote Control & Automation Projects*, Publisher, TAB Book Mc Graw Hill 1991
- J. Ash, *Transducers*, Publisher, Box Hill TAFE College Australia 1991
- Delton T. Horn, *Optoelectronics Projects*, Publisher, TAB Book Mc Graw Hill 1991
- Roger W. Prewitt & Steven W. Fardo, *Transducers, Experimentation & Applications*, Publisher : Howard W. Sams & Co., Inc. 1979

STORYBOARD

Judul Modul Pembelajaran: ELEKTRONIKA DAYA

Bidang Keahlian : KETENAGALISTRIKAN

Program Keahlian : TEKNIK PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK

No	URUTAN PEMBELAJARAN	NARASI	SIMULASI PEMBELAJARAN SESUAI URUTAN TOPIK								KETERANGAN SIMULASI
			Animasi	Gambar	Video	Audio	Simulasi Praktek	Latihan	Evaluasi	Skor	
1	DESKRIPSI MATERI	Berisi system penyearah dengan dioda, transistor, FET, timer, Thyristor dan UJT, pengaturan motor dc/ac serta konverter dan inverter	-	v	-	v	-	v	v		
2	PRASYARAT	- Dasar Elektronika - Komponen Elektronika Daya - Dasar AC dan DC	-	-	-	v	-	v	v		

No	URUTAN PEMBELAJARAN	NARASI	SIMULASI PEMBELAJARAN SESUAI URUTAN TOPIK								KETERANGAN SIMULASI
			Animasi	Gambar	Video	Audio	Simulasi Praktek	Latihan	Evaluasi	Skor	
3	PETA KEDUDUKAN MODUL	Berada setelah rangkaian digital, dasar elektronika dan prinsip arus searah	-	-	-	v	-	v	-		
4	PERISTILAHAN	Berisi terminologi-terminologi komponen dasar, motor dc, motor ac dan generator ac/dc.	-	-	-	v	-	-	-		
5	PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	Mengacu kepada kompetensi industri, setiap selesai praktek dibuat laporan oleh siswa dengan perlengkapan yang diperlukan	-	v	-	v	v	v	V		
6	KEGIATAN BELAJAR 1 6.1. Penjelasan Umum	Berisi dioda penyearah	-	v	-	v	-	v	V		

No	URUTAN PEMBELAJARAN	NARASI	SIMULASI PEMBELAJARAN SESUAI URUTAN TOPIK								KETERANGAN SIMULASI
			Animasi	Gambar	Video	Audio	Simulasi Praktek	Latihan	Evaluasi	Skor	
		dimana rangkaian, spesifikasi dan fungsi komponen diidentifikasi	-	v	-	v	-	v	v		
	6.2. Uraian Sub Materi	Atom, Silikon, Germanium, Karakteristik Dioda, Penyearah, Kapasitor	-	v	-	v	-	v	V		
	Evaluasi	Diarahkan kepada pemahaman dan operasi kerja komponen	-	v	-	v	-	v	v		
7	PEMBELAJARAN 1 7.1. Penjelasan Umum	Pilih 3 kegiatan belajar yang berada pada modul	-	-	-	v	-	v	v		
	7.2. Penjelasan Materi Materi 1: Thyristor dan UJT	Dioda Shockley, SCR,SCS, Diac, Triac, UJT dan PUT	-	v	-	v	v	v	v		

No	URUTAN PEMBELAJARAN	NARASI	SIMULASI PEMBELAJARAN SESUAI URUTAN TOPIK								KETERANGAN SIMULASI
			Animasi	Gambar	Video	Audio	Simulasi Praktek	Latihan	Evaluasi	Skor	
	Evaluasi	Evaluasi dilakukan dengan soal pemahaman-pemahaman symbol-simbol komponen dan cara kerja	-	v	-	v	-	v	v		
	Materi 1: Pengaturan Motor DC dan AC	Kecepatan motor, pengaturan kecepatan motor serta pengaturan motor dc dan ac	-	v	-	v	v	v	v		
	Evaluasi	Menghitung nilai torsi motor dc 1 fase 20 hp, +60v, 100 rpm	-	v	-	v	-	v	v		
	Materi 2: Pengenalan Konverter dan Inverter	AC to DC Converter dengan SCR, DC to AC Converter	-	v	-	v	v	v	v		

No	URUTAN PEMBELAJARAN	NARASI	SIMULASI PEMBELAJARAN SESUAI URUTAN TOPIK								KETERANGAN SIMULASI
			Animasi	Gambar	Video	Audio	Simulasi Praktek	Latihan	Evaluasi	Skor	
	Evaluasi	Menghitung tegangan yang disearahkan pada beban bila $E_m = 220\text{ V}$ Cos ?	-	v	-	v	-	v	v		
8	POST TEST/ EVALUASI AKHIR	Mempraktekkan Dioda, Transistor, FET, Timer, Thyristor dan UJT dan pengontrolan motor DC/ AC	-	v	-	v	-	v	v		