

MODUL ELEKTRONIKA DAN MEKATRONIKA

DIODA SEMIKONDUKTOR

OLEH VIKA SARI



MODUL DIODA SEMIKONDUKTOR

Untuk Sekolah Menengah Kejuruan
Edisi Tahun 2017



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

MODUL DIODA SEMIKONDUKTOR

Copyright © 2017, Direktorat Pembinaan SMK

All rights Reserved

Pengarah

Drs. H. Mustaghfirin Amin, M.BA

Direktur Pembinaan SMK

Penanggung Jawab

Arie Wibowo Khurniawan, S.Si. M.Ak

Kasubdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Ketua Tim

Arfah Laidiah Razik, S.H., M.A.

Kasi Evaluasi, Subdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Penyusun

Vika Sari, S.Pd, M.Kom

(SMKN 1 Padang)

Desain dan Tata Letak

Rayi Citha Dwisendy, S.Ds

ISBN

Penerbit

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Komplek Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Gedung E, Lantai 13

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Salam Sejahtera,

Melalui Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 9 Tahun 2016 tentang Revitalisasi Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), dunia pendidikan khususnya SMK sangat terbantu karena akan terciptanya sinergi antar instansi dan lembaga terkait sesuai dengan tugas dan fungsi masing-masing dalam usaha mengangkat kualitas SMK. Kehadiran Buku Serial Revitalisasi SMK ini diharapkan dapat memudahkan penyebaran informasi bagaimana tentang Revitalisasi SMK yang baik dan benar kepada seluruh stakeholder sehingga bisa menghasilkan lulusan yang terampil, kreatif, inovatif, tangguh, dan sigap menghadapi tuntutan dunia global yang semakin pesat.

Buku Serial Revitalisasi SMK ini juga diharapkan dapat memberikan pelajaran yang berharga bagi para penyelenggara pendidikan Kejuruan, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan untuk mengembangkan pendidikan kejuruan yang semakin relevan dengan kebutuhan masyarakat yang senantiasa berubah dan berkembang sesuai tuntutan dunia usaha dan industri.

Tidak dapat dipungkiri bahwa pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam menghasilkan manusia Indonesia yang terampil dan berkeahlian dalam bidang-bidang yang sesuai dengan kebutuhan.

Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada semua pihak yang terus memberikan kontribusi dan dedikasinya untuk meningkatkan kualitas Sekolah Menengah Kejuruan. Buku ini diharapkan dapat menjadi media informasi terkait upaya peningkatan kualitas lulusan dan mutu Sumber Daya Manusia (SDM) di SMK yang harus dilakukan secara sistematis dan terukur.

Wassalamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 2017

Kasubdit Program Dan Evaluasi
Direktorat Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR PENULIS

Puji syukur kehadiran Allah SWT, dengan tersusunnya modul Komponen Semikonduktor Elektronika ini semoga dapat menambah khasanah referensi khususnya di bidang teknologi industri yang akhir-akhir berkembang begitu pesatnya di Indonesia.

Isi modul ini sengaja disajikan secara praktis dan lengkap sehingga dapat membantu para siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), guru serta para praktisi industri. Penekanan dan cakupan bidang yang dibahas dalam modul ini sangat membantu dan berperan sebagai sumbangsih pemikiran dalam mendukung pemecahan permasalahan yang selalu muncul didalam mempelajari dasar-dasar komponen aktif elektronika.

Oleh karena itu, modul ini disusun secara integratif antar disiplin ilmu elektronika yang mendukung sehingga skill yang diperlukan terkait satu dengan lainnya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu materi naskah serta dorongan semangat dalam penyelesaian modul ini. Penulis berharap dan terbuka untuk masukan serta kritik konstruktif dari para pembaca sehingga dimasa datang modul ini lebih sempurna dan implementatif.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI.....	i
KATA PENGANTAR PENULIS.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
PETA KOMPETENSI	vi
GLOSSARY	vii
BAB. I PENDAHULUAN.....	1
A. Standar Kompetensi.....	1
B. Deskripsi.....	23
C. Waktu.....	23
D. Prasyarat	23
E. Petunjuk Penggunaan Modul	24
F. Tujuan Akhir	24
G. Cek Penguasaan Standar Kompetensi.....	24
BAB. II PEMBELAJARAN	25
A. Rencana Belajar Peserta Diklat.....	25
B. Kegiatan belajar	25
Kegiatan Belajar 1	25
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	25
b. Uraian Materi	25
c. Rangkuman.....	36
d. Tugas.....	37
e. Tes Formatif.....	37
f. Kunci jawaban	37
g. Lembar Kerja.....	38
Kegiatan Belajar 2	53
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	53
b. Uraian Teori.....	53
c. Rangkuman.....	56
d. Tugas.....	56
e. Test Formatif	57

f. Kunci Jawaban	57
g. Lembar Kerja.....	57
Kegiatan Belajar 3	61
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	61
b. Uraian materi	61
c. Rangkuman.....	68
d. Tugas.....	68
e. Test Formatif	68
f. Kunci Jawaban	68
g. Lembar Kerja.....	69
Kegiatan Belajar 4	72
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	72
b. Uraian materi	72
c. Rangkuman.....	74
d. Tugas.....	75
e. Test Formatif	75
f. Kunci Jawaban	75
g. Lembar Kerja.....	77
BAB. III EVALUASI	79
A. Tes Tertulis.....	79
B. Tes Praktik.....	79
KUNCI JAWABAN	80
A. Tes Tertulis.....	80
Lembar Penilaian Tes Praktik.....	82
BAB. IV PENUTUP	85
DAFTAR PUSTAKA	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Simbol Dioda	26
Gambar 2. Dioda diberi reverse bias	26
Gambar 3. Dioda diberi forward bias.....	27
Gambar 4. (a). LED, (b). Dioda photo, (c). Dioda Varactor	28
Gambar 5. Dida dibias reverse.....	29
Gambar 6. Kurva Dioda Zener.....	31
Gambar 7. Posisi prob pengukuran dioda	32
Gambar 8. Posisi prob pengukuran dioda	33
Gambar 9. Posisi Prob pengukuran Dioda.....	34
Gambar 10. (a) Rangkaian dioda; (b) karakteristik dioda	34
Gambar 11. Menentukan resistansi statik pada titik operasi	35
Gambar 12. Definisi resistansi dinamik	36
Gambar 13. Menentukan resistansi dinamik pada titik Q	36
Gambar 14. Pemasangan Komponen Dioda	38
Gambar 15. Pengukuran karakteristik	40
Gambar 16. Rangkaian penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang	53
Gambar 17. Rangkaian penyearah gelombang Penuh	54
Gambar 18. Rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan.....	55
Gambar 19. Penyearah Setengah Gelombang	58
Gambar 20. Penyearah Gelombang Penuh.....	59
Gambar 21. Penyearah Dengan Jembatan.....	60
Gambar 22. Clipper positif	61
Gambar 23. Clipper dibias positif	62
Gambar 24. Rangkaian seri Clipper negatif	63
Gambar 25. Rangkaian seri Clipper positif	63
Gambar 26. Rangkaian Clipper Paralel Positif	64
Gambar 27 Rangkaian Clipper Paralel Negatif	64
Gambar 28. Rangkaian Clamper Sederhana.....	65
Gambar 29. Rangkaian Clamper Negatif dan Positif	66
Gambar 30. Doubler setengah gelombang	66
Gambar 31 Prinsip Kerja Doubler setengah gelombang.....	67
Gambar 32. Skema rangkaian clipper	68
Gambar 33. Bentuk gelombang output.....	68
Gambar 34. Rangkain Clipper.....	69
Gambar 35. Rangkaian Clipper Negatif	70
Gambar 36. Skema blok pencatu daya yang dilengkapi stabilisator tegangan	73
Gambar 37. Simbol dioda zener	73
Gambar 38. Stabilisasi dengan dioda zener	74
Gambar 39. Gambar rangkaian pengukuran dioda zener	77

PETA KOMPETENSI

STRUKTUR SKG TEKNIK ELEKTRONIKA

	TEKNIK ELEKTRONIKA AUDIO VIDEO (055)	TEKNIK ELEKTRONIKA KOMUNIKASI (057)	TEKNIK ELEKTRONIKA INDUSTRI (056)	TEKNIK MEKATRONIKA (058)	TEKNIK OTOTRONIK (059)
C3	PEREKAYASAAN SISTEM AUDIO	PEREKAYASAAN SISTEM KOMUNIKASI	PEREKAYASAAN SISTEM KONTROL INDUSTRI	PEREKAYASAAN KONTROL SISTEM MEKATRONIKA	PEREKAYASAAN ENGINE MANAGEMENT SYSTEM (EMS)
	PEREKAYASAAN SISTEM ANTENA PENERIMA	IPERKAYASAAN SISTEM PEMACAR & PENERIMA	PEREKAYASAAN SISTIM ROBOTIK	PEREKAYASAAN SISTEM MEKATRONIKA BERBASIS CAE (COMPUTER AIDED ENGINEERING)	PEREKAYASAAN CHASIS MANAGEMENT SYSTEM (CMS)
	PROYEK PERAKITAN ELEKTRONIKA AUDIO VIDEO	PROYEK PERAKITAN ELEKTRONIKA KOMUNIKASI	PROYEK PERAKITAN ELEKTRONIKA INDUSTRI	PEREKAYASAAN SISTEM ROBOTIK	PEREKAYASAAN COMFORT SAFETY AND INFORMATION TECHNOLOGY (CSIT)
	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN ELEKTRONIKA AUDIO	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN ELEKTRONIKA KOMUNIKASI	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN ELEKTRONIKA INDUSTRI	PERAWATAN DAN PERBAIKAN PERALATAN MEKATRONIKA	PERAWATAN DAN PERBAIKAN VEHICLE CONTROL SYSTEM (VCS)
	Penerapan Rangkaian Elektronika, Perencanaan Sistem Audio, Perencanaan Sistem Penerima Radio dan Televisi, Perencanaan Sistim Antena		Sensor dan Aktuator (elektrik, pneumatic, hidrolik), Rangkaian Elektronika, Komunikasi Data dan Interface		CAN & Sistem Komunikasi Jaringan Kendaraan Penumpang
C2	TEKNIK KERJA BENGKEL	TEKNIK LISTRIK	TEKNIK ELEKTRONIKA DASAR	TEKNIK MIKROPROSESOR	TEKNIK PEMROGRAMAN
C1	GAMBAR TEKNIK				

Versi 07.08.15

GLOSSARY

ISTILAH	KETERANGAN
<i>AC (Alternating Current)</i>	Arus bolak-balik
<i>Anoda</i>	Kutub positif dioda
<i>Bias</i>	Memberikan tegangan panjar
<i>Breakdown voltage</i>	Tegangan tembus
<i>Caracteristic dioda</i>	Sifat dari dioda
<i>cathode</i>	Kutub negative dioda
<i>Clipper</i>	Memangkas atau membuang atau meeotong
<i>Detector</i>	Pemisah
<i>Dioda</i>	Dua elektoda
<i>DC (Direc Current)</i>	Arus searah
<i>Forward bias</i>	Tegangan panjar maju
<i>Junction</i>	Pertemuan
<i>Reverse bias</i>	Tegangan panjar mundur
<i>Voltage reference</i>	Panutan tegangan
<i>Voltage regulation</i>	Pemantapan tegangan
<i>Voltage regulator</i>	Stabilisator tegangan

BAB I

PENDAHULUAN

A. Standar Kompetensi

Satuan Pendidikan : SMK

Mata Pelajaran : TEKNIK ELEKTRONIKA DASAR

Kelas : X

Kompetensi Inti* :

KI 1: Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

KI 2: Menghayati dan Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia

KI 3: Memahami, menerapkan dan menganalisa pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidangkerja yang spesifik untuk memecahkan masalah

KI 4: Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik dibawah pengawasan langsung

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.1.Memahami model	3.1.1. Memahami model atom semikonduktor	• Model atom semikonduktor	• Inkuiri dengan	A. Aspek penilaian siswa	6 JP	• Electronic devices :

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
atom bahan semikond uktor.	3.1.2.	Mendesripsikan model atom semikonduktor.	• pendekatan siklus belajar 5E • Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning- PjBL) • Model Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem Based Learning- PrBL) • Model Pembelajaran Berbasis Tugas (Task Based Learning- TBL) • Model Pembelajaran Berbasis Computer (Computer	meliputi: • Kognitif (pengetahuan) • Psikomorik (keterampilan) • Afektif (Sikap) B. Jenis Penilaian • Tulis • Lisan (Wawancara) • Praktek	4JP	conventiona l current version, Thomas L. Floyd, 2012 • Introduction to Electronics, Fifth Edition Earl D. Gates,2007 • Electronic Circuits Fundamenta ls and Applications , Third Edition, Mike Tooley, 2006 • Electronics Circuits and Systems, Owen Bishop, Fourth Edition, 2011 • Planning and InstallingPh
	3.1.3.	Mengkatagorikan macam-macam bahan semikonduktor berdasarkan data tabel periodik material.				
	3.1.4.	Mengklasifikasikan bahan pengotor (doped) semikonduktor berdasarkan data tabel periodik material				
	3.1.5.	Membedakan semikonduktor Tipe-P dan Tipe-N.				
	3.1.6.	Memahami proses pembentukan semikonduktor Tipe-PN.				
	3.1.7.	Memahami arah arus elektron dan arah arus lubang.				
	3.1.7.	Memahami arah arus elektron dan arah arus lubang.				
4.1.Menginter- prestasikan model atom bahan semi- konduktor.	4.1.1.	Menerapkan model atom pada macam-macam material semikonduktor.	• Model Pembelajaran Berbasis Computer (Computer			
	4.1.2.	Menerapkan macam-macam bahan semikonduktor sebagai				

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	bahan dasar komponen elektronik. 4.1.3. Menggambarkan model atom Bohr bahan semikonduktor menurut data tabel periodik material. 4.1.4. Membuat ilustrasi model atom Bohr untuk menjelaskan prinsip pengotoran semikonduktor menurut data tabel periodik material. 4.1.5. Memodelkan arah arus elektron dan arah arus lubang (hole) semikonduktor tipe P dan N. 4.1.6. Memodelkan proses pembentukan semikonduktor Tipe-PN. 4.1.7. Mendemonstrasikan arah arus elektron dan arah arus lubang semikonduktor persambungan PN		Based Learning (CBL)			otovoltaic SystemsA guide for installers, architects and engineers Second Edition, Zrinski, 2008
3.2.Menerapkan dioda semikonduktor	3.2.1. Memahami susunan fisis dan 3iode33iode penyearah. 3.2.2. Memahami prinsip kerja	- Susunan fisis dan 3iode33iode penyearah. - Prinsip kerja 3iode			3JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
sebagai penyearah	3.2.3. 4iode penyearah. Menginterpretasikan kurva arus-tegangan 4iode penyearah.	penyearah. • Interpretasi kurva arus-tegangan 4iode penyearah.				
	3.2.4. Mendefinisikan parameter 4iode penyearah.	• Definisi parameter 4iode penyearah. • Memodelkan komponen 4iode penyearah				
	3.2.5. Memodelkan komponen 4iode penyearah	• Interpretasi lembar data (<i>datasheet</i>) 4iode penyearah.				
	3.2.6. Menginterpretasikan lembar data (<i>datasheet</i>) 4iode penyearah.	• Merencana rangkaian penyearah setengah gelombang satu fasa.				
	3.2.7. Merencana rangkaian penyearah setengah gelombang penuh satu fasa.	• Perencanaan rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa.				
	3.2.9. Merencana satu fasa sederhana satu fasa (<i>unregulated power supply</i>).	• Perencanaan daya sederhana satu fasa (<i>unregulated power supply</i>).				
	3.2.10. Merencana macam-macam rangkaian <i>limiter</i> dan <i>clamper</i> .	• Perencanaan macam-macam				
	3.2.11. Merencana macam-macam rangkaian pelipat tegangan					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
		rangkaian <i>limiter</i> dan <i>clamper</i>. Perencanaan macam-macam rangkaian pelipat tegangan				
4.2. Menguji dioda semikond uktor sebagai penyearah	4.2.1. Menggambarkansusunan fisis dan simbol dioda penyearah menurut standar DIN dan ANSI. 4.2.2. Membuat model dioda untuk menjelaskan prinsip kerja dioda penyearah. 4.2.3. Melakukan pengukuran kurva arus tegangan dioda penyearah. 4.2.4. Membuat sebuah grafik untuk menampilkan hubungan arus tegangan dan menginterpretasikan parameter dioda penyearah 4.2.5. Menggunakan <i>datasheet</i> untuk memodelkan dioda sebagai piranti non ideal. 4.2.6. Menggunakan <i>datasheet</i> dioda sebagai dasar perencanaan rangkaian				3JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	4.2.7. Melakukan eksperimen rangkaian penyearah setengah gelombang dan gelombang penuh.	4.2.8. Melakukan eksperimen rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa 4.2.9. Membuat projek catu daya sederhana satu fasa, kemudian menerapkan pengujian dan pencarian kesalahan (<i>unregulated power supply</i>) menggunakan perangkat lunak. 4.2.10. Melakukan eksperimen dioda sebagai rangkaian <i>limiter</i> dan <i>clamper</i>. 4.2.11. Melakukan eksperimen dioda sebagai rangkaian pelipat tegangan.				
3.3.Merencanakan dioda zener sebagai rangkaian penstabil tegangan	3.3.1. Memahami susunan fisis, simbol, karakteristik dan prinsip kerja zener dioda.	- Susunan fisis, simbol, karakteristik dan prinsip kerja zener dioda. - Deskripsi kurva arus-tegangan zener dioda. - Pentingnya			3JP	
	3.3.2. Mendeskripsikan kurva arus-tegangan zener dioda.					
	3.3.3. Memahami pentingnya tahanan dalam dinamis					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.3. Menguji dioda zener sebagai rangkaian penstabil tegangan	zener dioda untuk berbagai macam arus zener. 3.3.4. Memahami hubungan tahanan dalam dioda zener dengan tegangan keluaran beban. 3.3.5. Mendesain rangkaian penstabil tegangan paralel menggunakan dioda zener. 3.3.6. Merencanakan dioda zener untuk keperluan tegangan referensi.	tahanan dalam dinamis zener dioda untuk berbagai macam arus zener. - Hubungan tahanan dalam dioda zener dengan tegangan keluaran beban. - Desain rangkaian penstabil tegangan paralel menggunakan dioda zener. - Perencanaan dioda zener untuk keperluan tegangan referensi.			4JP	
	4.3.1. Menggambarkan susunan fisis dan modelkan dioda zener 4.3.2. Menggambarkan sebuah grafik untuk menampilkan hubungan arus tegangan dan menginterpretasikan parameter dioda zener untuk kebutuhan arus, tegangan dan daya berbeda.					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	4.3.3.	Menerapkan datasheet dioda zener untuk menentukan tahanan dalam dan dimensi tingkat kestabilan rangkaian.				
	4.3.4.	Menggunakan <i>datasheet</i> dioda zener untuk keperluan eksperimen.				
	4.3.5.	Melakukan eksperimen rangkaian penstabil tegangan menggunakan dioda zener dan menginterpretasikan data hasil pengukuran.				
	4.3.6.	Memilih dioda zener untuk keperluan rangkaian tegangan referensi.				
3.4.Menerapkan dioda khusus seperti dioda LED, varaktor, Schottky, PIN, dan tunnel pada rangkaian elektronika	3.4.1.	Memahami susunan fisis, simbol, karakteristik dan prinsip kerja dioda khusus seperti dioda LED, varaktor, Schottky, PIN, dan tunnel.	- Susunan fisis, simbol, karakteristik dan prinsip kerja dioda khusus seperti dioda LED, varaktor, Schottky, PIN, dan tunnel. - Analisis hasil eksperimen berdasarkan data dari hasil		3JP	
	3.4.2.	Menganalisis hasil eksperimen berdasarkan data dari hasil pengukuran				

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.4. Menguji dioda khusus seperti dioda LED, varaktor, Schottky, PIN, dan dioda tunnel pada rangkaian elektronika	4.4.1. Menerapkan dioda khusus (LED, varaktor, Schottky, PIN, dan tunnel) pada rangkaian elektronika. 4.4.2. Melakukan eksperimen dioda khusus seperti dioda LED, varaktor, Schottky, PIN, dan tunnel interpretasi data hasil pengukuran.	pengukuran			3JP	
3.5.Memahami konsep dasar Bipolar Junction Transistor (BJT) sebagai penguat dan pirnati saklar	3.5.1. Memahami susunan fisis, simbol dan prinsip kerja transistor 3.5.2. Menginterpretasikan karakteristik dan parameter transistor. 3.5.3. Mengkatagorikan bipolar transistor sebagai penguat tunggal satu tingkat sinyal kecil. 3.5.4. Mengkatagorikan bipolar transistor sebagai piranti saklar. 3.5.5. Memahami susunan fisis, simbol dan prinsip kerja phototransistor 3.5.6. Menginterpretasikan katagori	- Susunan fisis, simbol dan prinsip kerja transistor - Interprestasi karakteristik dan parameter transistor. - Mengkatagorikan bipolar transistor sebagai penguat tunggal satu tingkat sinyal kecil. - Mengkatagorikan bipolar transistor sebagai piranti saklar. - Susunan fisis, simbol dan prinsip			6JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.5. Menguji Bipolar Junction Transistor (BJT) sebagai penguat dan piranti saklar	3.5.7. (pengelompokan) transistor berdasarkan kemasannya Memahami prinsip dasar metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat dan piranti saklar	kerja phototransistor • Interpretasi kategori (pengelompokan) transistor berdasarkan kemasannya • Prinsip dasar metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat dan piranti saklar				
	4.5.1. Menggambar susunan fisis, simbol dan prinsip kerja berdasarkan arah arus transistor 4.5.2. Melakukan eksperimen dan interpretasi data pengukuran untuk mendimensikan parameter transistor. 4.5.3. Melakukan eksperimen bipolar transistor sebagai penguat tunggal satu tingkat sinyal kecil menggunakan perangkat lunak. 4.5.4. Melakukan eksperimen				8JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	bipolar transistor sebagai piranti saklar menggunakan perangkat lunak. 4.5.5. Menggambar susunan fisis, simbol untuk menjelaskan prinsip kerja phototransistor berdasarkan arah arus. 4.5.6. Membuat daftar katagori (pengelompokan) transistor berdasarkan kemasan atau tipe transistor 4.5.7. Mencobadan menerapkan metode pencarian kesalahan pada rangkaian transistor sebagai penguat dan piranti saklar					
3.6. Menentukan titik kerja (bias) DC transistor	3.6.1. Memahami penempatan titik kerja (<i>bias</i>) DC transistor 3.6.2. Menerapkan teknik bias tegangan tetap (<i>fix biased</i>) rangkaian transistor 3.6.3. Menerapkan teknik bias pembagi tegangan	• Penempatan titik kerja (<i>bias</i>) DC transistor • Penerapan teknik bias tegangan tetap (<i>fix biased</i>) rangkaian transistor • Menerapkan teknik			3JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.6. Menguji kestabilan titik kerja (bias) DC transistor	3.6.4. Menerapkan teknik bias umpan balik arus dan tegangan rangkaian transistor	bias pembagi tegangan rangkaian transistor - Menerapkan teknik bias umpan balik arus dan tegangan rangkaian transistor - Prinsip dasar metode pencarian kesalahan akibat pergeseran titik kerja DC transistor.				
	3.6.5. Memahami prinsip dasar metode pencarian kesalahan akibat pergeseran titik kerja DC transistor.				6JP	
4.6. Menguji kestabilan titik kerja (bias) DC transistor	4.6.1. Mendimensikan titik kerja (bias) DC transistor dan interpretasi data hasil eksperimen menggunakan perangkat lunak	bias pembagi tegangan rangkaian transistor - Menerapkan teknik bias umpan balik arus dan tegangan rangkaian transistor - Prinsip dasar metode pencarian kesalahan akibat pergeseran titik kerja DC transistor.				
	4.6.2. Melakukan eksperimen bias tegangan tetap (<i>fix biased</i>) rangkaian transistor dan interpretasi data hasil pengukuran					
	4.6.3. Melakukan eksperimen bias pembagi tegangan rangkaian transistor dan interpretasi data hasil pengukuran					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.7.Menerapkan transistor sebagai penguat sinyal kecil	4.6.4. Melakukan eksperimen bias umpan balik arus dan tegangan rangkaian transistor dan interpretasi data hasil pengukuran	4.6.5. Mencoba dan menerapkan metode pencarian kesalahan akibat pergeseran titik kerja DC transistor.			4JP	
	4.6.5. Mencoba dan menerapkan metode pencarian kesalahan akibat pergeseran titik kerja DC transistor.					
	3.7.1. Memahami konsep dasar transistor sebagai penguat komponen sinyal AC	- Konsep dasar transistor sebagai penguat komponen sinyal AC - Interpretasi model rangkaian pengganti transistor sebagai penguat komponen sinyal AC - Menerapkan rangkaian penguat transistor emitor bersama (<i>common-emitter transistor</i>) - Menerapkan rangkaian penguat transistor kolektor bersama (<i>common-collector transistor</i>)				
	3.7.2. Menginterpretasikan model rangkaian pengganti transistor sebagai penguat komponen sinyal AC					
	3.7.3. Menerapkan rangkaian penguat transistor emitor bersama (<i>common-emitter transistor</i>)					
	3.7.4. Menerapkan rangkaian penguat transistor kolektor bersama (<i>common-collector transistor</i>)					
	3.7.5. Menerapkan rangkaian					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	penguat transistor basis bersama (<i>common-base transistor</i>) 3.7.6. Menerapkan penguat bertingkat transistor sinyal kecil 3.7.7. Menerapkan penguat diferensial transistor sinyal kecil 3.7.8. Menerapkan metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat akibat pergeseran titik kerja DC transistor.	- Menerapkan rangkaian penguat transistor basis bersama (<i>common-base transistor</i>) - Menerapkan penguat bertingkat transistor sinyal kecil - Menerapkan penguat diferensial transistor sinyal kecil - Menerapkan metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat akibat pergeseran titik kerja DC transistor.				
4.7. Menguji transistor sebagai penguat sinyal kecil	4.7.1. Membuat model transistor sebagai penguat komponen sinyal AC untuk operasi frekuensi rendah 4.7.2. Mendimensikan parameter penguat menggunakan model rangkaian pengganti transistor sebagai penguat komponen				8JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	4.7.3.	sinyal AC Melakukan eksperimen rangkaian penguat transistor emitor bersama (<i>common-emitter</i> transistor)menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran				
	4.7.4.	Melakukan eksperimen rangkaian penguat transistor kolektor bersama (<i>common-collector transistor</i>) menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran				
	4.7.5.	Melakukan eksperimen rangkaian penguat transistor basis bersama (<i>common-base transistor</i>) menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran				
	4.7.6.	Melakukan eksperimen penguat bertingkat				

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	transistor sinyal kecil menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran 4.7.7. Melakukan eksperimen penguat diferensial transistor sinyal kecil menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran 4.7.8. Mencoba dan menerapkan metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat akibat pergeseran titik kerja DC transistor.					
3.8. Mendimensikan tanggapan frekuensi dan frekuensi batas penguat transistor	3.8.1. Memahami prinsip dasar tanggapan frekuensi dan frekuensi batas penguat transistor. 3.8.2. Mengkonversi satuan faktor penguatan (arus, tegangan, daya) kedalam satuan desibel. 3.8.3. Mendimensikan tanggapan frekuensi	- Prinsip dasar tanggapan frekuensi dan frekuensi batas penguat transistor. - Konversi satuan faktor penguatan (arus, tegangan, daya) kedalam satuan desibel.			8JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	penguat daerah frekuensi rendah. 3.8.4. Mendimensikan tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi tinggi. 3.8.5. Mendimensikan tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi rendah dan frekuensi tinggi (total).	- Mendimensikan tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi rendah. - Mendimensikan tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi tinggi. - Mendimensikan tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi rendah dan frekuensi tinggi (total).			8JP	
4.8. Mengukur tanggapan frekuensi dan frekuensi batas penguat transistor	4.8.1. Menggambarkan tanggapan frekuensi dan frekuensi batas penguat transistor menggunakan kertas semilog 4.8.2. Mencontohkan satuan faktor penguatan (arus, tegangan, daya) dalam satuan desibel 4.8.3. Melakukan eksperimen tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi rendah menggunakan perangkat					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran 4.8.4. Melakukan eksperimen tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi tinggi menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran 4.8.5. Melakukan eksperimen tanggapan frekuensi penguat daerah frekuensi rendah dan frekuensi tinggi (total) menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran 4.8.6. Melakukan eksperimen tanggapan frekuensi penguat bertingkat transistor menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.9. Menerapkan bi-polar transistor sebagai penguat daya.	3.9.1. Memahami konsep dasar dan klasifikasi penguat daya transistor	- Konsep dasar dan klasifikasi penguat daya transistor - Menerapkan rangkaian penguat daya transistor kelas A - Menerapkan rangkaian penguat daya <i>push-pull</i> transistor kelas B dan kelas AB - Menerapkan rangkaian penguat daya transistor kelas C - Menerapkan metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat daya akibat pergeseran titik kerja DC transistor.			8JP	
	3.9.2. Menerapkan rangkaian penguat daya transistor kelas A					
	3.9.3. Menerapkan rangkaian penguat daya <i>push-pull</i> transistor kelas B dan kelas AB					
	3.9.4. Menerapkan rangkaian penguat daya transistor kelas C					
	3.9.5. Menerapkan metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat daya akibat pergeseran titik kerja DC transistor.					
4.9. Menguji penguat daya transistor.	4.9.1. Memilih dan mengklasifikasi transistor untuk keperluan penguat daya transistor 4.9.2. Membangun dan melakukan eksperimen rangkaian penguat daya				8JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	transistor kelas A menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran					
	4.9.3. Membangun dan melakukan eksperimen rangkaian penguat daya <i>push-pull</i> transistor kelas B dan kelas AB					
	menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran					
	4.9.4. Membangun dan melakukan eksperimen rangkaian penguat daya transistor kelas C					
	menggunakan perangkat lunak dan pengujian perangkat keras serta interpretasi data hasil pengukuran					
	4.9.5. Mencoba dan menerapkan metode pencarian kesalahan transistor sebagai penguat daya akibat pergeseran titik kerja DC					

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
3.10.Menerapkan sistem konversi bilangan pada rangkaian logika	transistor. 3.10.1. Memahami sistem bilangan desimal, biner, oktal, dan heksadesimal. 3.10.2. Memahami konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan biner. 3.10.3. Memahami konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan oktal. 3.10.4. Memahami konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan heksadesimal. 3.10.5. Memahami konversi sistem bilangan biner ke sistem bilangan desimal. 3.10.6. Memahami konversi sistem bilangan oktal ke sistem bilangan desimal. 3.10.7. Memahami konversi sistem bilangan heksadesimal ke sistem bilangan desimal. 3.10.8. Memahami sistem bilangan pengkode biner (<i>binary encoding</i>)	- Sistem bilangan desimal, biner, oktal, dan heksadesimal. - Konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan biner. - Konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan oktal. - Konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan heksadesimal. - Konversi sistem bilangan biner ke sistem bilangan desimal. - Konversi sistem bilangan oktal ke sistem bilangan desimal. - Konversi sistem bilangan heksadesimal ke sistem bilangan desimal. - Sistem bilangan			4JP	

Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Pembelajaran*	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.10.Mencontohkan sistem konversi bilangan pada rangkaian logika	4.10.1. Mencontohkan sistem bilangan dan kode biner pada rangkaian elektronika digital. 4.10.2. Mencontohkan konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan biner. 4.10.3. Mencontohkan konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan oktal. 4.10.4. Menggunakan konversi sistem bilangan desimal ke sistem bilangan heksadesimal. 4.10.5. Menggunakan konversi sistem bilangan biner ke sistem bilangan desimal. 4.10.6. Menerapkan konversi sistem bilangan oktal ke sistem bilangan desimal. 4.10.7. Menerapkan konversi sistem bilangan heksadesimal ke sistem bilangan desimal. 4.10.8. Menerapkan sistem bilangan pengkode biner (binary encoding)	pengkode biner (<i>binary encoding</i>)			4JP	

B. Deskripsi

Dalam modul ini Anda akan mempelajari tentang komponen dioda, rangkaian klipper, dioda detektor, rangkaian penyearah, rangkaian pengubah tegangan menjadi kapasitansi dan rangkaian regulator sederhana. Maka diharapkan peserta dapat membuat dan menyusun beberapa komponen yang dirangkai dengan menggunakan breadboard menjadi satu kesatuan dalam sebuah rangkaian dan juga dapat mengukur bentuk gelombang dan besaran listriknya dengan menggunakan alat ukur Multi meter dan Osiloskop dengan benar.

C. Waktu

Durasi waktu yang dibutuhkan untuk kompetensi ini adalah 40 jam pembelajaran

D. Prasyarat

Dalam mempelajari modul ini diharapkan Anda telah mempelajari bahan-bahan setengah pengantar (semikonduktor), jenis-jenis bahan semikonduktor. Disamping itu pula anda juga harus mengetahui apa pengertian junction dioda (Dioda pertemuan), arus pada dioda dan juga karakteristik dioda. Selain dari yang tersebut diatas diharapkan anda menguasai fungsi dan kegunaan dari alat-alat ukur seperti oscilloscope dan alat ukur multimeter. Karena dalam menyelesaikan modul ini penggunaan alat multi meter dan oscilloscope sangat menentukan keberhasilan anda dalam menyelesaikan modul ini, maka fungsi masing-masing dari alat ukur tersebut juga harus dipahami dengan benar, khususnya fungsi tombol-tombol yang ada oscilloscope dalam melakukan praktek.

E. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti. Karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang Anda pelajari dengan modul-modul yang lain.
2. Kerjakan soal-soal dalam cek kemampuan untuk mengukur sampai sejauh mana pengetahuan yang telah Anda miliki.
3. Apabila dari soal dalam cek kemampuan telah Anda kerjakan dan 70 % terjawab dengan benar, maka Anda dapat langsung menuju Evaluasi untuk mengerjakan soal-soal tersebut. Tetapi apabila hasil jawaban Anda tidak mencapai 70 % benar, maka Anda harus mengikuti kegiatan pembelajaran dalam modul ini.
4. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan.
5. Pahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang dalam penguasaan suatu pekerjaan dengan membaca secara teliti. Kemudian kerjakan soal-soal evaluasi sebagai sarana latihan.
6. Untuk menjawab tes formatif usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari modul ini.

7. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru/instruktur.
8. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar Anda mendapatkan tambahan pengetahuan.

F. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan peserta dapat:

1. Memahami prinsip kerja Dioda
2. Menyebutkan jenis-jenis serta fungsi Dioda
3. Menjelaskan prinsip kerja rangkaian penyearah
4. Merangkai rangkaian penyearah
5. Melakukan pengukuran pada rangkaian penyearah dengan menggunakan alat ukur multi meter dan Osiloskop
6. Membuat rangkaian Regulator sederhana

G. Cek Penguasaan Standar Kompetensi

1. Tuliskan pengertian dari semikonduktor jenis *P*
2. Tuliskan pengertian dari semikonduktor jenis *N*
3. Jelaskan pengertian dari penyearah
4. Jelaskan pengertian dari penyearah setengah gelombang!
5. Jelaskan pengertian dari penyearah gelombang penuh
6. Tuliskan jenis-jenis dioda yang anda ketahui
7. Jelaskan pengertian dari dioda diberi forward bias dan reverse bias
8. Gambarkanlah karakteristik arah maju dari dioda penyearah.

BAB II

PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

B. Kegiatan belajar

Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, siswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan Pengertian dioda
2. Menjelaskan prinsip kerja dioda dan sifat-sifatnya
3. Menyebutkan jenis-jenis (type) dan fungsi dioda
4. Menampilkan karakteristik dioda secara langsung dengan mempergunakan osiloskop.

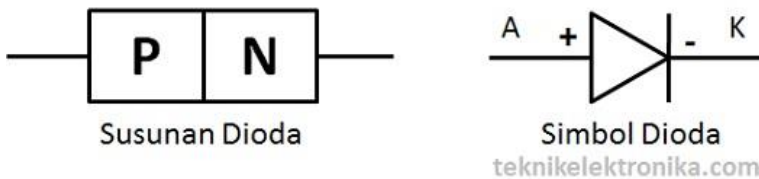
b. Uraian Materi

1. Pengertian Dioda

Dioda merupakan komponen semikonduktor yang paling sederhana. Kata dioda berasal dari pendekatan kata yaitu dua elektroda yang mana (di berarti dua) mempunyai dua buah elektroda yaitu anoda dan katoda. Dioda termasuk kedalam ketegori komponen elektronika aktif. Dioda terbentuk dari bahan semikonduktor tipe P dan N yang digabungkan. Dengan demikian dioda sering disebut PN junction. Dioda memiliki sifat dapat menghantarkan arus pada tegangan maju, serta menghambat arus pada tegangan balik (penyearah). Dioda memiliki dua kaki, yakni kaki anoda dan kaki katoda. Dioda disempurnakan oleh William Henry Eccles pada tahun 1919 dan mulai memperkenalkan istilah diode yang artinya dua jalur tersebut, walaupun sebelumnya sudah ada dioda kristal

(semikonduktor) yang dikembangkan oleh peneliti asal Jerman yaitu Karl Ferdinan Braun pada tahun 1874, dan dioda termionik pada tahun 1873 yang dikembangkan lagi prinsip kerjanya oleh FredericGutherie.

Adapun simbol dioda yaitu terdapat sebuah panah yang dilengkapi garis melintang di ujung panah tersebut. Maksud dari panah disini adalah bahwa dia adalah pin/kaki positif (+) sedangkan garis melintang diibaratkan pin/kaki Negatif (-). Berikut ini adalah simbolnya :



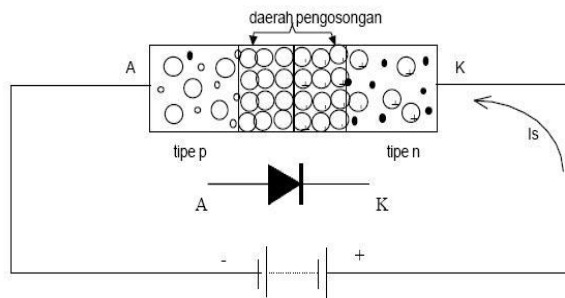
Gambar 1. Simbol Dioda

2. Prinsip Kerja Dioda

Dalam berbagai rangkaian elektronika komponen semikonduktor dioda sering kita jumpai jenis dan type yang berbeda beda tergantung dari model dan tujuan penggunaan rangkaian tersebut dibuat. Kata dioda berasal dari pendekatan kata yaitu dua elektroda yang mana (di berarti dua) mempunyai dua buah elektroda yaitu anoda dan katoda. Anoda digunakan untuk polaritas positif dan katoda untuk polaritas negatif. Didalam dioda terdapat junction (pertemuan) dimana daerah semikonduktor type-*p* dan semi konduktor type-*n* bertemu.

Bias Mundur (Reverse Bias)

Bias mundur adalah pemberian tegangan negatif baterai ke terminal anoda (A) dan tegangan positif ke terminal katoda (K) dari suatu dioda. Dengan kata lain, tegangan anoda katoda V_{AK} adalah negatif ($V_{AK} < 0$). Gambar 2 menunjukkan dioda diberi bia mundur.



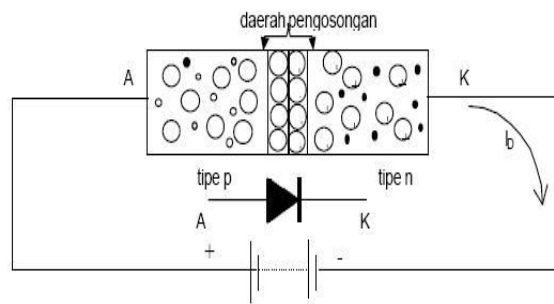
Gambar 2. Dioda diberi reverse bias

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

persambungan. Sehingga daerah pengosongan semakin lebar, dan arus yang disebabkan oleh pembawa mayoritas tidak ada yang mengalir. Sedangkan pembawa minoritas yang berupa elektron (pada bahan tipe p) dan hole (pada bahan tipe n) akan berkombinasi sehingga mengalir arus jenuh mundur (reverse saturation current) atau I_s . Arus ini dikatakan jenuh karena dengan cepat mencapai harga maksimum tanpa dipengaruhi besarnya tegangan baterai. Besarnya arus ini dipengaruhi oleh temperatur. Makin tinggi temperatur, makin besar harga I_s . Pada suhu ruang, besarnya I_s ini dalam skala mikro-ampere untuk dioda germanium, dan dalam skala nano-ampere untuk dioda silikon.

Bias Maju (Forward Bias)

Apabila tegangan positif baterai dihubungkan ke terminal Anoda (A) dan negatifnya ke terminal katoda (K), maka dioda disebut mendapatkan bias maju (forward bias). Dengan demikian $V_A - K$ adalah positif atau $V_A - K > 0$. Gambar 3 menunjukkan dioda diberi bias maju. Dengan pemberian polaritas tegangan seperti pada Gambar 2, yakni $V_A - K$ positif, maka pembawa mayoritas dari bahan tipe p (hole) akan tertarik oleh kutub negatif baterai melewati persambungan dan berkombinasi dengan elektron (pembawa mayoritas bahan tipe n). Demikian juga elektronnya akan tertarik oleh kutub positif baterai untuk melewati persambungan. Oleh karena itu daerah pengosongan terlihat semakin menyempit pada saat dioda diberi bias maju. Dan arus dioda yang disebabkan oleh pembawa mayoritas akan mengalir, yaitu I_D .



Gambar 3 Dioda diberi forward bias

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

Sifat-Sifat Dioda

a. Dioda Silikon:

1. menghantar dengan tegangan maju kira-kira 0.6 Volt
2. perlawanan maju cukup kecil
3. perlawanan terbalik sangat tinggi, dapat mencapai beberapa Mega ohm

4. Arus maju maksimum yang dibolehkan cukup besar, sampai 1000 A
5. Tegangan terbalik maksimum yang dibolehkan cukup tinggi, dapat mencapai 1000 V

b. Dioda Germanium:

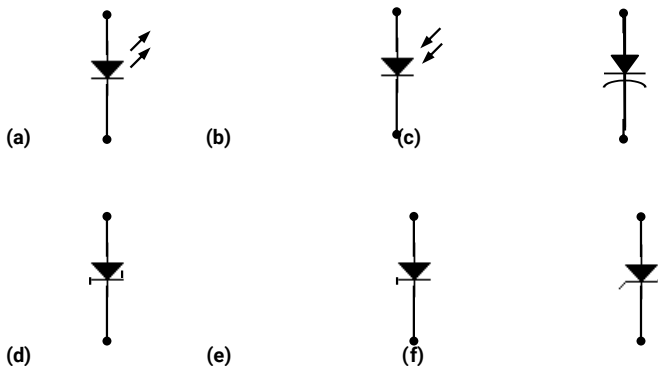
1. Menghantar dengan tegangan maju kira-kira 0,2 Volt
2. Perlawanan maju agak besar
3. Perlawanan terbalik kurang tinggi (kurang dari 1 M ohm)
4. Arus maju maksimum yang dibolehkan kurang besar
5. Tegangan terbalik maksimum yang dibolehkan kurang tinggi

3. Jenis-jenis Dioda

a. Dioda Pemancar Cahaya (LED)

Bila dioda dibias forward, electron pita konduksi melewati junction dan jatuh ke dalam hole. Pada saat elektron-elektron jatuh dari pita konduksi ke pita valensi, mereka memancarkan energi. Pada dioda Led energi dipancarkan sebagai cahaya, sedangkan pada dioda penyearah energi ini keluar sebagai panas. Dengan menggunakan bahan dasar pembuatan Led seperti gallium, arsen dan fosfor parik dapat membuat Led dengan memancarkan cahaya warna merah, kuning, dan infra merah (tak kelihatan).

Led yang menghasilkan pancaran yang kelihatan dapat berguna pada display peralatan, mesin hitung, jam digital dan lain-lain. Sedangkan Led infra merah dapat digunakan dalam sistem tanda bahaya pencuri dan lingkup lainnya yang membutuhkan cahaya tak kelihatan. Keuntungan lampu Led dibandingkan lampu pijar adalah umurnya panjang, tegangannya rendah dan saklar nyala matinya cepat. Gambar 4 dibawah ini menunjukkan lambang atau simbol dari macam dioda.



Gambar 4. (a). LED, (b). Dioda photo, (c). Dioda Varactor
(d). Dioda Schottky, (e). Dioda Step-recovery, (f). Dioda Zener

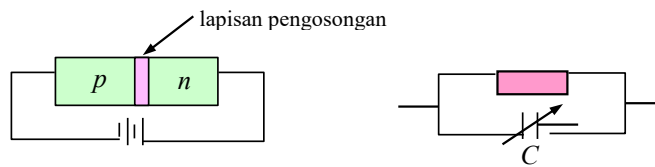
b. Dioda Photo

Energi thermal menghasilkan pembawa minoritas dalam dioda, makin tinggi suhu makin besar arus dioda yang terbias reverse. Energi cahaya juga menghasilkan pembawa

minoritas. Dengan menggunakan jendela kecil untuk membuka junction agar terkena sinar, pabrik dapat membuat *dioda photo*. Jika cahaya luar mengenai junction dioda photo yang dibias reverse akan dihasilkan pasangan electron-hole dalam lapisan pengosongan. Makin kuat cahaya makin banyak jumlah pembawa yang dihasilkan cahaya makin besar arus reverse. Oleh sebab itu dioda photo merupakan detektor cahaya yang baik sekali. Gambar 1b menunjukkan lambang atau symbol dari dioda photo

c. Dioda Varactor

Seperti kebanyakan komponen dengan kawat penghubung, dioda mempunyai kapasitansi bocor yang mempengaruhi kerja pada frekuensi tinggi, kapasitansi luar ini biasanya lebih kecil dari 1 pF. Yang lebih penting dari kapasitansi luar ini adalah kapasitansi dalam junction dioda. Kapasitansi dalam ini kita sebut juga kapasitansi peralihan C_T . Kata peralihan disini menyatakan peralihan dari bahan type-p ke type-n. Kapasitansi peralihan dikenal juga sebagai kapasitansi lapisan pengosongan, kapasitansi barrier dan kapasitansi junction. Apakah kapasitansi peralihan itu?. Perhatikan gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Dioda dibias reverse

Lapisan pengosongan melebar hingga perbedaan potensial sama dengan tegangan reverse yang diberikan. Makin besar tegangan reverse makin lebar lapisan pengosongan. Karena lapisan pengosongan hampir tak ada pembawa muatan ia berlaku seperti isolator atau dielektrik. Dengan demikian kita dapat membayangkan daerah p dan n dipisahkan oleh lapisan pengosongan seperti kapasitor keeping sejajar dan kapasitor sejajar ini sama dengan kapasitansi peralihan. Jika dinaikkan tegangan reverse membuat lapisan pengosongan menjadi lebar, sehingga seperti memisahkan keeping sejajar terpisah lebih jauh. Dan sebagai akibatnya kapasitansi peralihan dari dioda berkurang bila tegangan reverse bertambah. Dioda silicon yang memanfaatkan efek kapasitansi yang berubah-ubah ini disebut *varactor*.

Dalam banyak aplikasi menggantikan kapasitor yang ditala secara mekanik, dengan perkataan lain varaktor yang dipasang parallel dengan inductor merupakan rangkaian tangki resonansi. Dengan mengubah-ubah tegangan reverse pada varactor kita dapat mengubah frekuensi resonansi. Pengontrolan secara elektronik pada frekuensi resonansi sangat bermanfaat dalam penalaan dari jauh.

d. Dioda Schottky

Dioda schottky menggunakan logam emas, perak atau platina pada salah satu sisi junction dan silicon yang di dop (biasanya type-n) pada sisi yang lain. Dioda semacam ini adalah

piranti unipolar karena electron bebas merupakan pembawa mayoritas pada kedua sisi junction. Dan dioda Schottky ini tidak mempunyai lapisan pengosongan atau penyimpanan muatan, sehingga mengakibatkan ia dapat di switch nyala dan mati lebih cepat dari pada dioda bipolar. Sebagai hasilnya piranti ini dapat menyearahkan frekuensi diatas 300 Mhz dan jauh diatas kemampuan dioda bipolar.

e. Dioda Step-Recovery

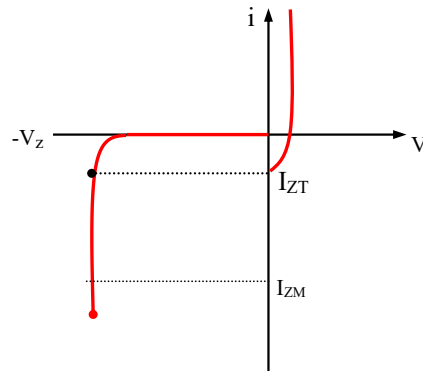
Dengan mengurangi tingkat doping dekat junction pabrik dapat membuat dioda step-recovery piranti yang memanfaatkan penyimpanan muatan. Selama konduksi forward dioda berlaku seperti dioda biasa dan bila dibias reverse dioda ini konduksi sementara lapisan pengosongan sedang diatur dan kemudian tiba-tiba saja arus reverse menjadi nol. Dalam keadaan ini seolah-olah dioda tiba-tiba terbuka menjepret (snaps open) seperti saklar, dan inilah sebabnya kenapa dioda step-recovery sering kali disebut dioda snap.

Dioda step-recovery digunakan dalam rangkaian pulsa dan digital untuk menghasilkan pulsa yang sangat cepat. Snap-off yang tiba-tiba dapat menghasilkan pensaklaran on-off kurang dari 1 ns. Dioda khusus ini juga digunakan dalam pengali frekuensi.

f. Dioda Zener

Dioda zener dibuat untuk bekerja pada daerah breakdown dan menghasilkan tegangan breakdown kira-kira dari 2 samapai 200 Volt. Dengan memberikan tegangan reverse melampaui tegangan breakdown zener, piranti berlaku seperti sumber tegangan konstan. Jika tegangan yang diberikan mencapai nilai breakdown, pembawa minoritas lapisan pengosongan dipercepat hingga mencapai kecepatan yang cukup tinggi untuk mengeluarkan electron dari orbit luar. Efek zener berbeda-beda, bila dioda di-dop banyak maka lapisan pengosongan amat sempit. sehingga medan listrik pada lapisan pengosongan sangat kuat.

Pada gambar .6 menunjukkan kurva tegangan arus dioda zener. Pada dioda zener breakdown mempunyai knee yang sangat tajam, diikuti dengan kenaikan arus yang hampir vertikal. Perhatikan bahwa tegangan kira-kira konstan sama dengan V_z pada sebagian besar daerah breakdown. Lembar data biasanya menentukan nilai V_z pada arus test I_{zT} tertentu diatas knee (perhatikan gambar berikut:



Gambar 6. Kurva Dioda Zener

Dissipasi daya dioda zener sama dengan perkalian tegangan dengan arusnya, yaitu:

$$P_Z = V_Z \times I_Z$$

Misalkan jika $V_Z = 13.6 \text{ V}$ dan $I_Z = 15 \text{ mA}$, Hitunglah daya dissipasi.

Jawab: $P_Z = 13,6 \times 0,015 = 0,204 \text{ W}$

Selama P_Z kurang dari rating daya $P_{Z \text{ maks}}$ dioda zener tidak akan rusak. Dioda zener yang ada dipasaran mempunyai rating daya dari $\frac{1}{4} \text{ W}$ sampai lebih dari 50 W . Lembar data kerap kali menspesifikasikan arus maksimum dioda zener yang dapat ditangani tanpa melampaui rating dayanya. Arus maksimum diberi tanda I_{ZM} . Hubungan antara I_{ZM} dan rating daya adalah:

$$I_{Z \text{ max}} = \frac{P_{Z \text{ max}}}{V_Z}$$

Penggunaan dioda Zener sangat luas, kedua setelah dioda penyearah. Dioda silikon ini dioptimumkan bekerja pada daerah breakdown dan dioda zener adalah tulang punggung *regulator tegangan*. Jika dioda zener bekerja dalam daerah breakdown, bertambahnya tegangan sedikit akan menghasilkan pertambahan arus yang besar. Ini menandakan bahwa dioda zener mempunyai impedansi yang kecil. Impedansi dapat dihitung dengan bantuan rumus:

$$Z_Z = \frac{\Delta V}{\Delta i}$$

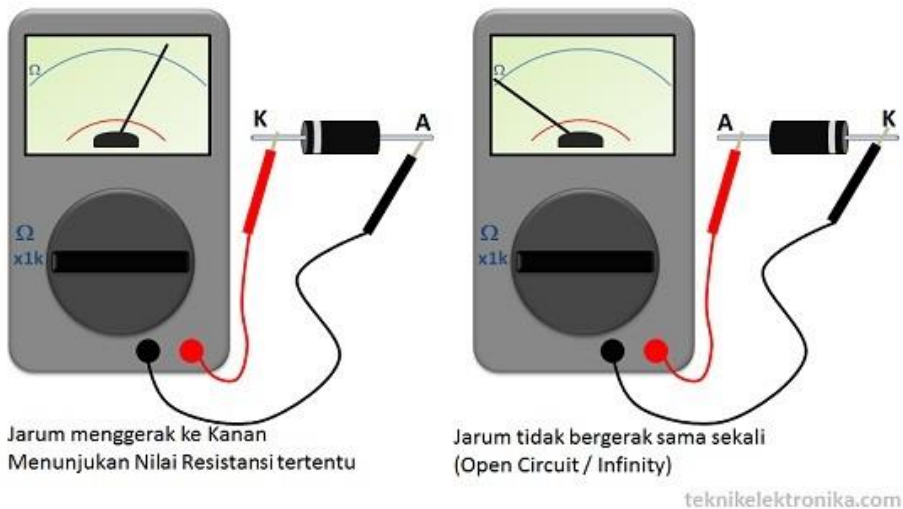
4. Cara pengukuran dioda

Untuk mengetahui apakah sebuah dioda dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya, maka diperlukan pengukuran terhadap dioda tersebut dengan menggunakan multimeter.

Cara mengukur dioda dengan multimeter analog:

1. Aturkan posisi saklar pada posisi OHM ($\times 1k$ atau $\times 100$)
2. Hubungkan probe merah pada terminal katoda
3. Hubungkan probe hitam pada terminal anoda
4. Baca hasil pengukuran di display Multimeter
5. Jarum pada display multimeter harus bergerak kekanan
6. Balikan probe merah ke terminal anoda dan probe hitam pada terminal katoda
7. Baca hasil pengukuran di display multimeter
8. Jarum harus tidak bergerak (jika jarum bergerak, maka dioda tersebut berkemungkinan sudah rusak)

Cara Mengukur Dioda dengan Multimeter Analog



Gambar 7. Posisi prob pengukuran dioda

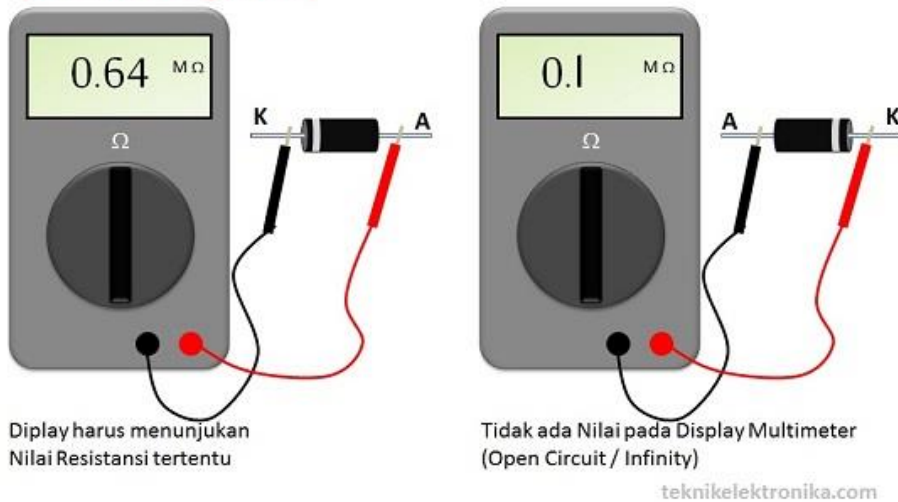
Cara mengukur dioda dengan multimeter digital:

Pada umumnya multimeter digital menyediakan pengukuran untuk fungsi dioda. Jika tidak ada, maka kita juga dapat mengukur dioda dengan fungsi ohm pada multimeter digital dengan cara berikut:

1. Aturkan posisi saklar pada posisi OHM
2. Hubungkan probe hitam pada terminal katoda
3. Hubungkan probe merah pada terminal anoda
4. Baca hasil di display multimeter

5. Display harus menunjukkan nilai tertentu (misalnya 0.64Mohm)
6. Balikan probe hitam ke terminal anoda dan probe merah ke katoda
7. Baca hasil pengukuran di display multimeter
8. Nilai resistansinya adalah Infinity (tak terhingga) atau open circuit (jika terdapat nilai tertentu, maka dioda tersebut berkemungkinan sudah rusak)

Cara Mengukur Dioda dengan Multimeter Digital (Memakai Fungsi Ohm)

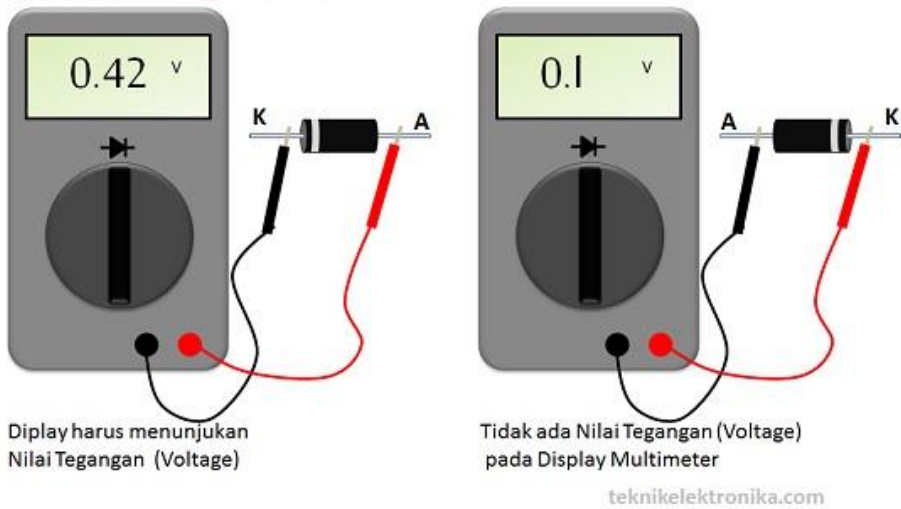


Gambar 8. Posisi prob pengukuran dioda

Cara mengukur dioda dengan multimeter digital (menggunakan fungsi dioda):

1. Aturkan posisi saklar pada posisi dioda
2. Hubungkan probe hitam pada terminal katoda
3. Hubungkan probe merah pada terminal anoda
4. Baca hasil pengukuran di display multimeter
5. Display harus menunjukkan nilai tertentu (Misalnya 0.42 V)
6. Balikkan probe hitam ke terminal anoda dan probe merah ke katoda
7. Baca hasil pengukuran di display multimeter
8. Tidak terdapat nilai tegangan pada display multimeter (jika terdapat nilai tertentu, maka dioda tersebut kemungkinan sudah rusak)

Cara Mengukur Dioda dengan Multimeter Digital (Memakai Fungsi Dioda)



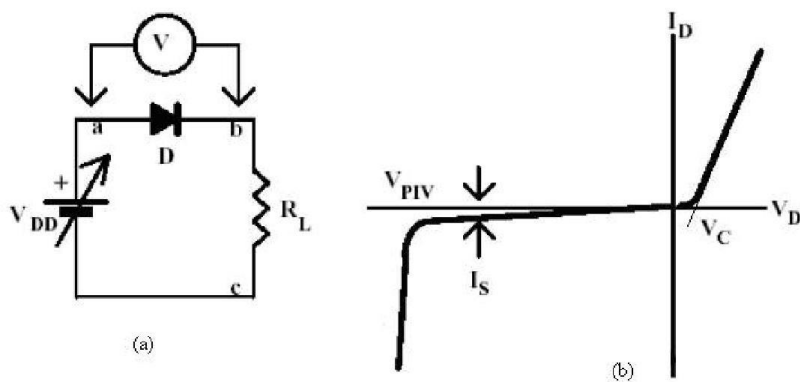
Gambar 9. Posisi Prob pengukuran Dioda

Catatan penting:

Hal yang perlu diperhatikan disini adalah cara mengukur dioda dengan menggunakan multimeter analog dan digital adalah terbalik. Perhatikan posisi probe merah (+) dan Probe hitamnya(-)

5. Karakteristik dioda

Kita dapat menyelidiki karakteristik statik dioda, dengan cara memasang dioda seri dengan sebuah catu daya dc dan sebuah resistor. Kurva karakteristik statik dioda merupakan fungsi dari arus I_D (arus yang melalui dioda) terhadap tegangan V_D (beda tegangan antara titik a dan b) (lihat gambar 10 (a) dan gambar 10 (b))



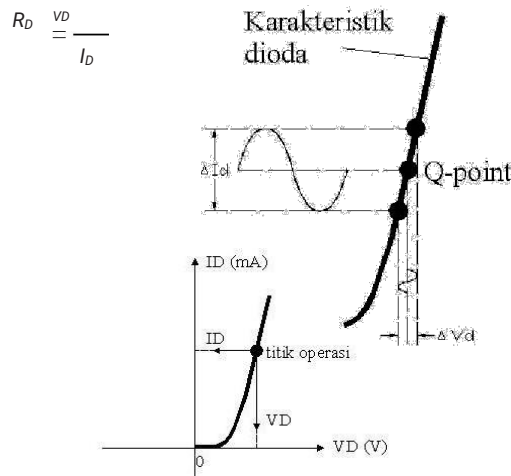
Gambar 10. (a) Rangkaian dioda; (b) karakteristik dioda

Karakteristik statik dioda dapat diperoleh dengan mengubah VDD lalu mengukur tegangan dioda (VD) dan arus yang melalui dioda (ID). Bila harga VDD diubah, maka arus ID dan tegangan VD akan berubah pula. Jika anoda berada pada tegangan lebih tinggi daripada katoda (VD positif) dioda dikatakan mendapat bias *forward* atau bias maju. Bila VD negatif disebut bias *reverse* atau bias mundur. Pada Gambar 10, VC disebut *cut-in-voltage* atau tegangan hidup, IS arus saturasi dan VPIV adalah *peak-inverse voltage*. Bila kita mempunyai karakteristik statik dioda dan kita tahu harga VDD dan RL, maka harga arus ID dan VD dapat kita tentukan sebagai berikut. Dari Gambar 2.1.

$$V_{DD} = V_D + I_D R_L \quad \text{atau} \quad I_D = \frac{V_D}{R_L} + \frac{V_{DD}}{R_L}$$

DC atau Resistansi statis dioda

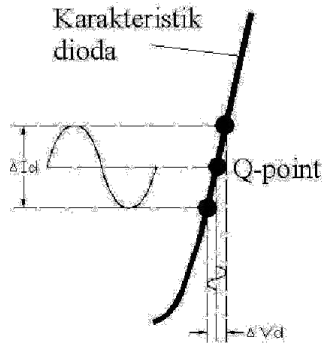
Aplikasi tegangan dc pada rangkaian yang berisi dioda semikonduktor akan menghasilkan titik operasi pada kurva karakteristik yang tidak akan berubah terhadap waktu atau disebut resistansi statis. Resistansi statis dioda pada titik operasi dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :



Gambar 11. Menentukan resistansi statik pada titik operasi

AC atau Resistansi dinamis dioda

Pada input sinusoidal terjadi variasi Input yang akan menggerakkan titik operasi naik dan turun pada daerah karakteristik dan menetapkan perubahan yang spesifik pada arus dan tegangan seperti pada Gambar 12. jika tidak ada variasi sinyal, titik operasi adalah *Q-point*.

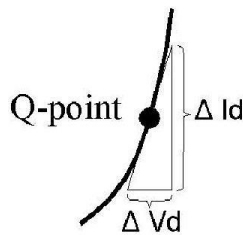


Gambar 12. Definisi resistansi dinamik

Garis lurus membentuk tangen pada kurva melalui *Q-point* seperti pada Gambar 13, akan menentukan perubahan tegangan dan arus yang dapat digunakan untuk menentukan resistansi dinamik dari karakteristik dioda. Resistansi dinamik dioda dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$r_D = \frac{V_D}{\Delta I_D} = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D}$$

Dimana Δ menandakan perubahan nilai



Gambar 13. Menentukan resistansi dinamik pada titik Q

c. Rangkuman

1. Jika pada material jenis P dan material jenis N yang saling dipertemukan maka diperoleh yang dinamakan sebuah dioda. Karena dioda ini dibuat dengan jalan mempertemukan bahan jenis P dengan bahan jenis N maka dioda ini juga dinamakan dioda pertemuan.
2. Jika dari anoda dioda kita hubungkan dengan kutub positif sumber arus sedangkan katodanya kita hubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus maka mengalir arus listrik dengan kuat lewat dioda.
3. Jika anoda kita koneksikan dengan kutub negatif sumber, sedangkan katodanya kita koneksikan pada positif sumber maka tidak akan ada arus yang mengalir.

4. Arus listrik pada dioda akan dapat mengalir dari pada anoda ke katoda, akan tetapi arus tidak dapat mengalir dari arah katoda ke anoda

d. Tugas

1. Gambarkan bentuk fisik dioda pada kertas milimeter A4
2. Gambarkan rangkaian yang menggambarkan prinsip kerja dioda
3. Jelaskan kondisi yang dibangun oleh arah maju dan arah mundur pada p-n dioda dan bagaimana pengaruh hasil arusnya!
4. Jelaskan bagaimana anda mengingat ketetapan arah maju dan arah mundur dari sebuah dioda!
5. Jelaskan bagaimana anda menentukan terminal dioda!
6. Berikanlah contoh penggunaan dioda!

e. Tes Formatif

1. Tuliskan jenis-jenis dioda yang anda ketahui
2. Jelaskan sifat-sifat dioda silikon dan germanium.

f. Kunci jawaban

- Dioda rectifier, dioda photo, LED, dioda zener, dioda varaktor, dioda schottky.

- Sifat-Sifat Dioda

- a. Dioda Silikon:

- menghantar dengan tegangan maju kira-kira 0.6 Volt
- perlawanan maju cukup kecil
- perlawanan terbalik sangat tinggi, dapat mencapai beberapa Mega ohm
- Arus maju maksimum yang dibolehkan cukup besar, sampai 1000 A
- Tegangan terbalik maksimum yang dibolehkan cukup tinggi, dapat mencapai 1000 V

- b. Dioda Germanium:

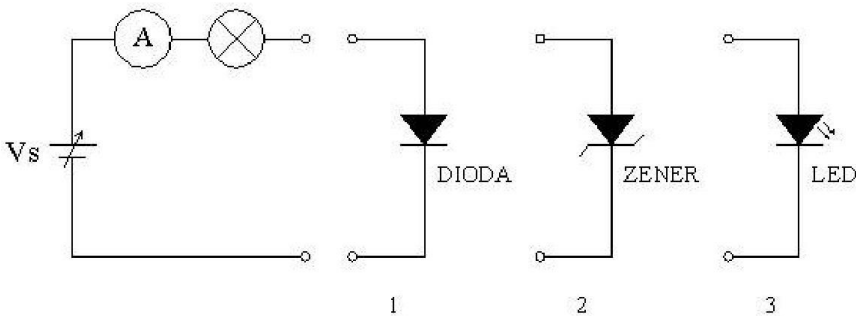
- Menghantar dengan tegangan maju kira-kira 0,2 Volt
- Perlawanan maju agak besar
- Perlawanan terbalik kurang tinggi (kurang dari 1 M ohm)
- Arus maju maksimum yang dibolehkan kurang besar
- Tegangan terbalik maksimum yang dibolehkan kurang tinggi

g. Lembar Kerja
Lembar Kerja 1

1. Alat dan bahan

- a. Power Supply DC
- b. Multimeter
- c. Lampu Pijar 6 V
- d. Dioda : IN 60; IN 4007; 6CC13; BZX 6V8; LED.
- e. Kabel Penghubung.

2. Gambar kerja



Gambar 14. Pemasangan Komponen Dioda

3. Langkah kerja

1. Buatlah rangkaian seperti gambar diatas, berikanlah sumber tegangan DC (V_s) 2V, 4V dan 6V.
2. Amatilah besar tegangan, arus, dan keadaan lampu. Masukkanlah hasilnya pada Tabel 1.
3. Balik Polaritas dioda (bias mundur), berikanlah sumber tegangan DC (V_s) 2V, 4V dan 6V.
4. Amatilah besar arus, tegangan, keadaan lampu, Masukkanlah hasilnya pada Tabel 2.

4. Tabel pengamatan

1. Tabel 1 untuk Gambar 1

Type Dioda	V_s (Volt)	I (mA)	V_d (Volt)	Keadaan Lampu	Keterangan
IN 60	2				
	4				
	6				
IN 4007	2				
	4				
	6				
6 CC13	2				

	4				
	6				
BZX 6V8	2				
	4				
	6				
LED	2				
	4				
	6				

2. Tabel 2 untuk Gambar 1 dengan polaritas dioda dibalik

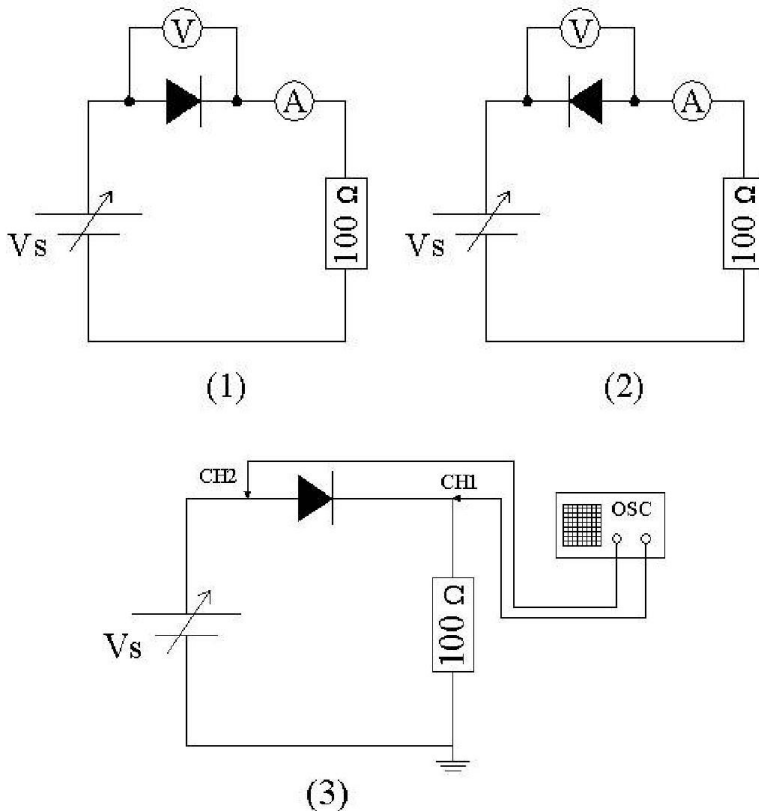
Type Dioda	Vs (Volt)	I (mA)	Vd (Volt)	Keadaan Lampu	Keterangan
IN 60	2				
	4				
	6				
IN 4007	2				
	4				
	6				
6 CC13	2				
	4				
	6				
BZX 6V8	2				
	4				
	6				
LED	2				
	4				
	6				

Lembar kerja 2

1. Alat dan bahan

- Power Supply DC
- Power Supply AC
- Osiloskop
- Multimeter
- Dioda germanium, silicon dan Zener.
- Resistor $100\ \Omega$

2. Gambar Kerja



Gambar 15. Pengukuran karakteristik

3. Langkah Kerja

- Buatlah rangkaian seperti Gambar 15 (1), pergunakanlah dioda germanium, catatlah hasil pengukuran pada Tabel 1!
- Buatlah rangkaian seperti Gambar 15 (2), pergunakanlah dioda germanium, catatlah hasil pengukuran pada Tabel 1!
- Ulangi prosedur 1 dan 2 pergunakanlah dioda silikon, catatlah hasil pengukuran pada Tabel 2
- Ulangi prosedur 1 dan 2 pergunakanlah dioda zener, catatlah hasil pengukuran pada Tabel 3
- Buatlah rangkaian seperti Gambar 15. (3),. Hidupkanlah osiloskop pada **format DISPLAY X-Y**, naikkanlah tegangan sumber DC secara perlahan-lahan sampai maksimum. Gambarlah pada

kertas grafik yang nampak pada layar !. Pergunakanlah dioda germanium, silikon dan zener secara bergantian.

4. Tabel Pengamatan Hasil Pengukuran

Tabel 1 : Dioda germanium

Bias Maju		Bias Mundur	
VF(Volt)	IF(mA)	VR(Volt)	IR(mA)
	0,5	1	
	2	3	
	5	6	
	7	8	
	10	10	
	15	12	
	20	14	
	30	16	
	40	18	
	50	20	

Tabel 2 : Dioda Silikon

Bias Maju		Bias Mundur	
VF(Volt)	IF(mA)	VR(Volt)	IR(mA)
	0,5	1	
	2	3	
	5	6	
	7	8	
	10	10	
	15	12	
	20	14	
	30	16	
	40	18	
	50	20	

Tabel 3 : Dioda Zener

Bias Maju		Bias Mundur	
VF(Volt)	IF(mA)	VR(Volt)	IR(mA)
	0,5	1	
	2	3	
	5	6	
	7	8	
	10	10	
	15	12	
	20	14	
	30	16	
	40	18	
	50	20	

Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 2, siswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan prinsip kerja dari rangkaian penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang
2. Merakit komponen rangkaian $\frac{1}{2}$ gelombang
3. Membuktikan kerja dari rangkaian $\frac{1}{2}$ gelombang melalui pengukuran

b. Uraian Teori

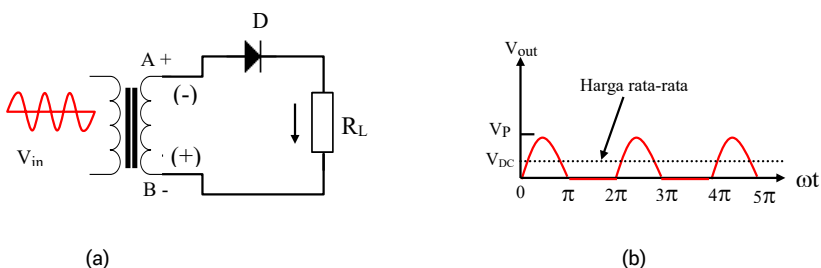
Penyearah (Rectifier)

Seperti telah kita ketahui bahwa hampir semua peralatan elektronika menggunakan power suplay (catu daya arus searah). Sudah barang tentu dalam hal ini kita berusaha untuk mendapatkan suatu sumber arus searah yang disesuaikan dengan prinsip-prinsip ekonomis dan keuntungan lainnya yang sesuai dengan persyaratan diatas adalah mendapatkan arus searah dari sumber arus bolak balik atau arus AC (Alternating Current). Rangkaian yang dimaksud disini adalah rangkaian penyearah gelombang yaitu dari sumber tegangan sinyal AC diubah menjadi bentuk sinyal DC (Direct Current). Rangkaian penyearah ini terdiri dari:

- Rangkaian penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang (Half wave Rectifier)
- Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 buah dioda
- Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 4 buah dioda

a. Penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang (Half wave Rectifier)

Seperti diperlihatkan pada gambar 16 suatu deretan dioda dan R kita berikan tegangan bolak-balik. Karena tegangan yang diberikan pada input trafo bolak-balik maka pada suatu saat terminal A adalah positif sedangkan terminal B adalah negatif. Dan pada saat berikutnya terminal A menjadi negatif dan terminal B yang jadi positif dan seterusnya bergantian setiap setengah periode.



Gambar 16. Rangkaian penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang
Skema Rangkaian
Gelombang Output

Pada saat terminal A positif dioda mendapat tegangan maju maka mengalir arus, dan pada saat terminal A negatif dioda mendapat tegangan terbalik dan tidak ada arus mengalir. Dengan demikian pada dioda mengalir arus yang bentuknya dilukiskan seperti gambar 16 b. Arus ini tidak lagi bolak bali melainkan searah tapi tidak rata melainkan berdenyut-denyut, karenanya arus ini pun dinamai arus

searah denyut (pulsating direct current). Arus denyut inipun membangkitkan tegangan pada R dan bentuk tegangan pada R adalah belahan positif dari pada bentuk arus bolak balik yang dimasukkan deretan dioda dan R.

Tujuan dari rangkaian penyearah adalah untuk memperoleh arus searah dari sumber arus bolak balik, dan kemampuan menyearahkannya dapat dilihat dengan menghitung besarnya komponen arus searah atau harga rata-rata pulsa searahnya, yaitu:

$$I_{DC} = \frac{I_m 0,318}{\pi}$$

Besarnya I_m adalah: $I_m = I \sqrt{2} = 1,414 I$ sehingga:

$$I_{DC} = \frac{1,414 I}{\pi} = 0,45 I$$

sedangkan tegangan searahnya adalah harga rata-rata dari setengah gelombang sinus yang positif sehingga:

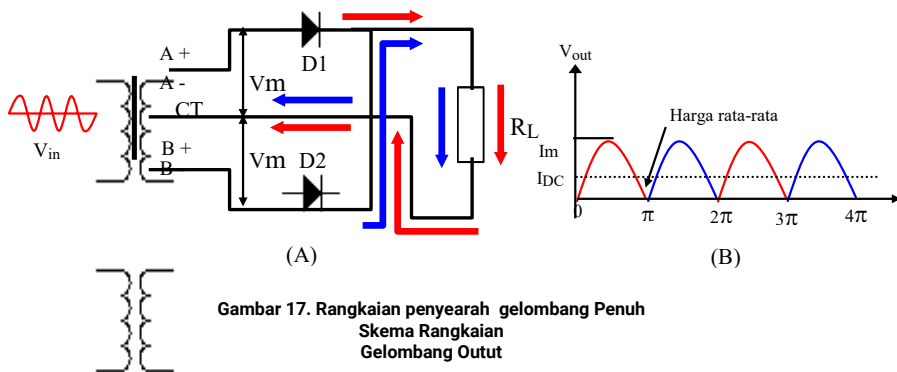
$$E_{DC} = \frac{E_m}{\pi} = 0,318 E_m$$

Perioda dari sinyal output adalah sama dengan perioda sinyal input. Setiap siklus input menghasilkan satu siklus output. Inilah sebabnya mengapa frekuensi output dari penyearah setengah gelombang sama dengan frekuensi input

$$f_{out} = f_{in}$$

b. Penyearah gelombang penuh dengan 2 buah dioda (Full wave Rectifier)

Untuk memperoleh perataan yang lebih sempurna, maka dipakailah dua buah dioda sebagai penyearah rangkap. Guna memahami apakah yang diperoleh dari dua dioda, mari terlebih dulu kita pelajari rangkaian di Gambar 17.



Gambar 17. Rangkaian penyearah gelombang Penuh
Skema Rangkaian
Gelombang Output

Dari rangkaian penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang telah kita ketahui bahwa beban hanya dilalui arus selama setengah periode. Sehingga untuk mendapatkan arus selama satu periode secara penuh dilakukan dengan menambah satu dioda lagi, dengan tujuan menyearahkan setengah gelombang lainnya seperti yang diperlihatkan pada gambar diatas.

Besarnya harga rata-rata pulsa arus yang melalui beban adalah dua kali harga rata-rata penyearah setengah gelombang yaitu:

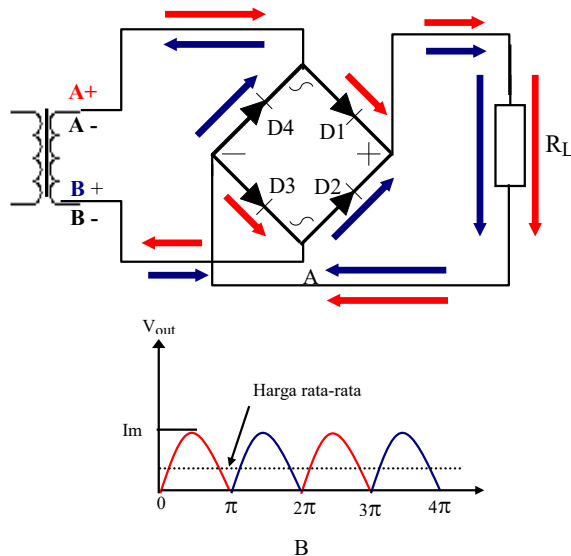
$$I_{DC} = \frac{2 I_m}{\pi}$$

Sedangkan harga rata-rata tegangan searahnya adalah:

$$E_{DC} = \frac{2 E_m}{\pi} = 0,645 E_m$$

c. Penyearah gelombang penuh dengan 4 buah dioda (Sistim Jembatan)

Rangkaian penyearah sistim jembatan ini adalah rangkaian penyearah gelombang penuh tetapi tidak menggunakan center tap pada trafonya (seperti pada penyearah gelombang penuh yang menggunakan 2 buah dioda. Perhatikan gambar 18 dibawah ini



Gambar 18. Rangkaian penyearah gelombang penuh sistem jembatan

Pada saat A positif sementara B negatif, maka jalannya arus setengah siklus pertama adalah dari titik A+ melalui D1, R_L D3 dan kembali ke sumber. Dalam gambar ditunjukkan dengan tanda panah warna merah. Selanjutnya setengah siklus periode berikutnya adalah titik B menjadi positif dan

titik A jadi negative, sehingga jalannya arus adalah dari titik B+ menuju D2, RL ,D4 dan kembali ke sumber. Demikian seterusnya untuk proses berikutnya kembali lagi titik A jadi positif dan titik B negative demikian seterusnya setiap setengah perioda.

c. Rangkuman

- Rangkaian penyearah terdiri dari dua bagian yaitu:
 - Penyearah setengah gelombang (Half Wave Rectifier)
 - Penyearag Gelombang penuh (Full Wave Rectifier) dengan dua buah dioda dan dengan empat buah dioda atau lebih dikenal penyearah dengan sistim jembatan.
- Pada rangkaian penyearah setengah gelombang menunjukkan bahwa $\frac{1}{2}$ perioda positif dari tegangan input akan memberikan bias forward pada dioda, sehingga dioda akan konduksi selama $\frac{1}{2}$ peroida positif. Tetapi untuk $\frac{1}{2}$ perioda negatif dioda dibias reverse dan hanya arus reverse kecil yang mengalir.
- Tegangan dimana arus bertambah dengan cepat disebut tegangan knee dari dioda.
- Untuk dioda silikon tegangan knee sama dengan potensial barrier kira-kira 0,6 Volt dan dioda germanium mempunyai tegangan knee kira-kira 0,2 V
- Dengan menggunakan harga positif untuk arus dan tegangan forward dan harga negatif untuk arus dan tegangan reverse maka kita dapat menggambarkan kurva forward dan reverse dari dari sebuah grafik.
- Harga rata-rata dari sinyal setengah gelombang adalah:

$$V_{DC} = \frac{E_m}{\pi}$$

Frekuensi outnya adalah setiap periode dari sinyal oputput sama dengan periode sinyal input, sehingga

$$f_{out} = f_{in}$$

- Harga rata-rata dari sinyal gelombang penuh adalah

$$V_{DC} = \frac{2 E_m}{\pi}$$

Dan besarnya frekuensi outputnya adalah periode sinyal output setengah periode sinyal input, atau dengan kata lain tiap siklus input menghasilkan dua siklus output sehingga $f_{out} = 2f_{in}$

d. Tugas

- Gambarkanlah rangkaian serta gelombang output dari rangkaian penyearah:
 - Setengah gelombang
 - Gelombangpenuh dengan dua buah dioda
 - Gelombang penuh dengan empat buah dioda
- Tuliskan kelemahan dan kelebihan penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang dibanding dengan penyearah gelombang penuh.

e. Test Formatif

1. Bila pada rangkaian penyearah gelombang penuh terukur tegangan maksimum pada sekundanya sebesar 68 V. Berapakah besar tegangan beban dc, frekuensi output dan tegangan inverse puncak?
2. Jelaskan pengertian dari dioda dibias forward dan dibias reverse
3. Gambarkan kurva dioda penyearah dengan arah maju dan arah mundur secara lengkap

f. Kunci Jawaban

1. Tegangan beban rata-rata adalah:

$$V_{DC} = \frac{2 E_m}{\pi} = \frac{2 \times 68}{\pi} = 43,3 \text{ V}$$

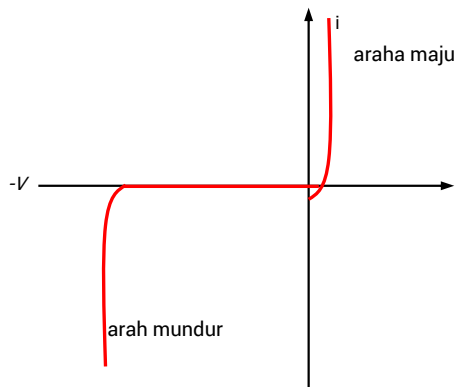
Frekuensi output adalah: $f_{out} = 2f_{in}$

$$= 2 \times 50 = 100\text{Hz}$$

tengangan inverse puncak pada setiap dioda adalah: $PIV = V_m = 68 \text{ V}$

2. Jika arus konvensional mengalir searah dengan anak panah dioda maka dioda tersebut dibias forward dan sebaliknya bila arus konvensional berusaha mengalir berlawanan arah dengan anak panah dioda maka dioda dibias reverse.

3 .



g. Lembar Kerja

Lembar kerja 1

1. Alat dan Bahan

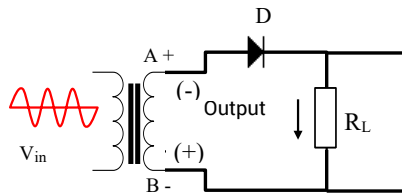
a. Breadboard	1 buah
b. Resistor 2K7	1 buah
c. Dioda 1N 4001	1 buah
d. Trafo 1 Amper	1 buah
e. Multimeter	1 buah
f. Oscilloscope	1 buah
g. Kabel penghubung	secukupnya

2. Keselamatan Kerja

- a. Periksa meja kerja sebelum dimulai pekerjaan.
- b. Hati-hati dalam mengerjakan tidak boleh ceroboh.
- c. Periksa semua komponen yang diperlukan apakah sudah lengkap dan periksa apakah dalam keadaan baik.
- d. Jika pekerjaan anda telah selesai rapikan kembali meja kerja anda dan semua alat dan bahan yang dipinjam dikembalikan dalam keadaan baik

3. Langkah Kerja

- a. Buatlah rangkaian pada papan percobaan (Breadboard) seperti pada gambar 19 dibawah ini.



Gambar 19. Penyearah Setengah Gelombang

- b. Ukur dan catat hasil pengamatan bentuk gelombang sebelum dan sesudah dioda. Amati besarnya amplitude, polaritas dan frekuensi dari gelombang tersebut
- c. Balikkanlah diodanya dan ulangi langkah 2 diatas
- d. Ukur dan catat tegangan pada sekunder trafo dan tegangan bebannya.
- e. Hasil pengukuran masukkan dalam daftar isian dibawah ini.

Hasil Pengamatan:

a. Bentuk Gelombang:

1. Sebelum Dioda :
2. Setelah Dioda :
3. Amplituda (Vm) : ... Vol
4. Frekuensi : ... (Hz)

b. Bentuk Gelombang Dioda dibalik

1. Sebelum Dioda :
2. Setelah Dioda :
3. Amplituda (Vm) : ... Volt
4. Frekuensi : ... (Hz)

c. Tegangan pada sekunder Trafo : ... Volt

d. Tegangan pada beban : ... Volt

Lembar kerja 2: Penyearah Gelombang Penuh

1. Alat dan Bahan

- | | |
|---------------------|--------|
| a. Breadboard | 1 buah |
| b. Resistor 4K7 | 1 buah |
| c. Dioda 1N 4001 | 2 buah |
| d. Trafo CT 1 Amper | 1 buah |
| e. Multimeter | 1 buah |

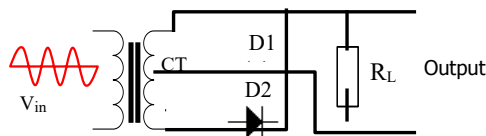
- f. Oscilloscope 1 buah
- g. Kabel penghubung secukupnya

2. Keselamatan Kerja

- a. Periksa meja kerja sebelum dimulai pekerjaan.
- b. Hati-hati dalam mengerjakan tidak boleh ceroboh.
- c. Periksa semua komponen yang diperlukan apakah sudah lengkap dan periksa apakah dalam keadaan baik.
- d. Jika pekerjaan anda telah selesai rapikan kembali meja kerja anda dan semua alat dan bahan yang dipinjam dikembalikan dalam keadaan baik

3. Langkah Kerja

- a. Buatlah rangkaian pada papan percobaan (Breadboard) seperti pada gambar 20 dibawah ini.



Gambar 20. Penyearah Gelombang Penuh

- b. Ukur dan catat besarnya tegangan yang terdapat pada sekunder trafo (bagian atas dan bawah dari CT), dan tegangan pada beban, serta besarnya amplitudo dan frekuensi dari gelombang tersebut.
- c. Balikkan arah dari kedua diodanya dan ulangi langkah 2 diatas
- d. Lepaskan dioda D2 dan ulangi langkah 2 diatas.
- e. Hasil pengukuran masukkan pada daftar isian dibawah ini.

Hasil Pengukuran:

a. Bentuk Gelombang:

1. Sekunder trafo :
(bagian atas)
2. Sekunder trafo :
(bagian bawah) :
3. Amplituda (V_m) : ... Volt
4. Frekuensi : ... (Hz)
5. Tegangan output: ... (Volt)

b. Bentuk Gelombang Dioda dibalik

1. Sekunder trafo :
(bagian atas)
2. Sekunder trafo :
(bagian atas)
3. Amplituda (V_m) : ... Volt
4. Frekuensi : ... (Hz)
5. Tegangan Output : ... (Volt)

b. Selah D2 dilepas :

Lembar Kerja 3: Penyearah Setengah Gelombang dengan Sistim Jembatan

1. Alat dan Bahan

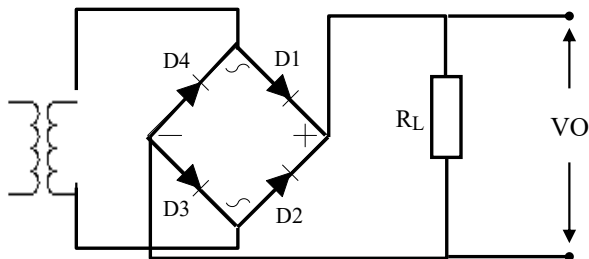
- | | |
|---------------------------|------------|
| a. Breadboard | 1 buah |
| b. Resistor 10 K | 1 buah |
| c. Dioda IN 4001 | 4 buah |
| d. Trafo 1 Amper tanpa CT | 1 buah |
| e. Multimeter | 1 buah |
| f. Oscilloscope | 1 buah |
| g. Kabel penghubung | secukupnya |

2. Keselamatan Kerja

- Periksa meja kerja sebelum dimulai pekerjaan
- Hati-hati dalam mengerjakan tidak boleh ceroboh
- Periksa semua komponen yang diperlukan apakah sudah lengkap dan periksa apakah dalam keadaan baik
- Jika pekerjaan anda telah selesai rapikan kembali meja kerja anda dan semua alat dan bahan yang dipinjam dikembalikan dalam keadaan baik.

3. Langkah Kerja

- Buatlah rangkaian pada papan percobaan (Breadboard) seperti pada gambar 21 dibawah ini



Gambar 21. Penyearah Dengan Jembatan

- Gambarlah bentuk gelombang yang anda amati pada sekunder trafo
- Ukur dan catat besarnya tegangan amplitudo dan frekuensinya serta tegangan pada beban (output)
- Hasil pengukuran masukkan dalam daftar isian dibawah ini.

Hasil Pengukuran:

- Bentuk Gelombang pada:
 - Sekunder traf :
 - Amplitudo : ... Volt
 - Frekuensi : ... (Hz)

b. Bentuk gelombang pada:

1. Output :..... (VO)
2. Amplituda (Vm) :... Volt
3. Frekuensi :... (Hz)
4. Tegangan output :... (Volt)

Kegiatan Belajar 3

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah melakukan kegiatan belajar 3, siswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan dioda sebagai klipper
2. Menjelaskan dioda sebagai Pelipat Tegangan
3. Menjelaskan dioda sebagai detector

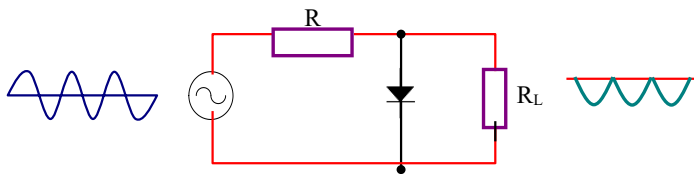
b. Uraian materi

• Clipper

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

a. Clipper Positif

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 22. tegangan output bagian positifnya semua dipotong. Cara kerja rangkaian adalah sebagai berikut: selama setengah siklus positif tegangan input dioda konduksi, dengan demikian kita dapat membayangkan dalam kondisi ini dioda seperti saklar tertutup. Tegangan pada hubungan singkat harus sama dengan nol, oleh sebab itu tegangan output sama dengan nol selama tiap-tiap setengah siklus positif sehingga semua tegangan jatuh pada resistor (R)



Gambar 22. Clipper positif

Selama setengah siklus negatif, dioda terbias reverse dan kelihatan terbuka dan sebagai akibatnya rangkaian membentuk pembagi tegangan dengan output:

$$V_{\text{out}} = \frac{R_L}{R + R_L} V_{\text{in}}$$

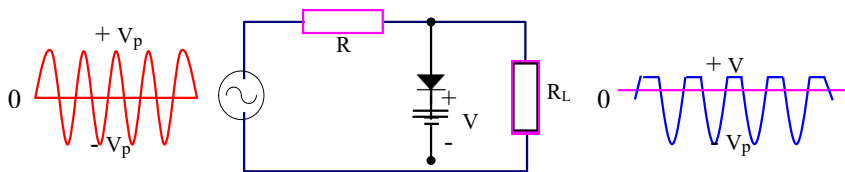
Selama setengah siklus negatif, dioda terbias reverse dan kelihatan seperti terbuka, dan sebagai akibatnya rangkaian membentuk pembagi tegangan dengan output:

$$V_{out} = \frac{R_L}{R + R_L} V_P$$

Dan biasanya R_L jauh lebih besar dari pada R sehingga $V_{out} \cong -V_P$. Selama setengah siklus positif dioda konduksi dan seluruh tegangan jatuh pada R dan sebaliknya pada setengah siklus negatif dioda off, dan karena R_L jauh lebih besar dari R sehingga hampir seluruh tegangan setengah siklus negatif muncul pada R_L . Seperti yang diperlihatkan pada gambar 22 semua sinyal diatas level 0 V telah dipotong. Clipper positif disebut juga *pembatas positif* (positive limiter), karena tegangan output dibatasi maksimum 0 Volt.

b. Clipper di Bias

Dalam beberapa aplikasi anda mungkin level pemotongan tidak 0 V, maka dengan bantuan clipper di bias anda dapat menggeser level pemotongan positif atau level negatif yang diinginkan. Pada gambar 23 menunjukkan clipper di bias, agar dioda dapat konduksi tegangan input harus lebih besar dari pada $+V$. Ketika V_{in} lebih besar daripada $+V$ dioda berlaku seperti saklar tertutup dan tegangan output sama dengan $+V$ dan tegangan output tetap pada $+V$ selama tegangan input melebihi $+V$. Ketika tegangan input kurang dari $+V$ dioda terbuka dan rangkaian kembali pada pembagi tegangan. Clipper dibias berarti membuang semua sinyal diatas level $+V$



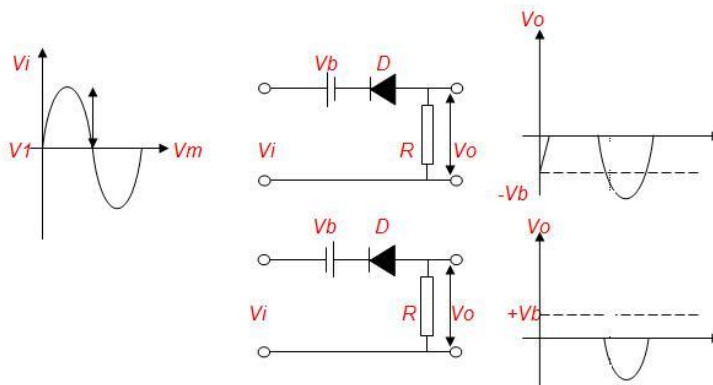
Gambar 23. Clipper dibias positif

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

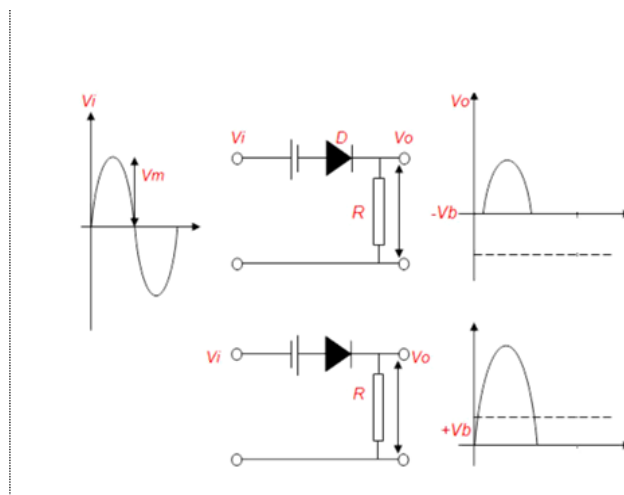
Petunjuk untuk menganalisa rangkaian clipper seri adalah sebagai berikut:

1. Perhatikan arah dioda

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



Gambar 24. Rangkaian seri Clipper negatif

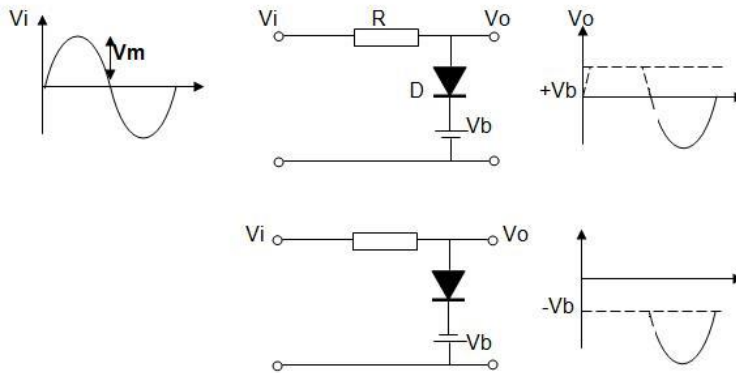


Gambar 25. Rangkaian seri Clipper positif

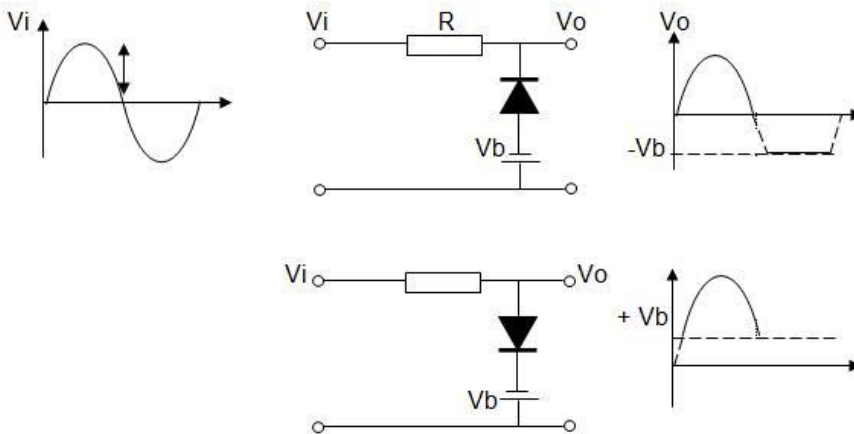
Petunjuk untuk menganalisa rangkaian clipper paralel adalah sebagai berikut:

1. Perhatikan arah dioda.

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



Gambar 26. Rangkaian Clipper Paralel Positif



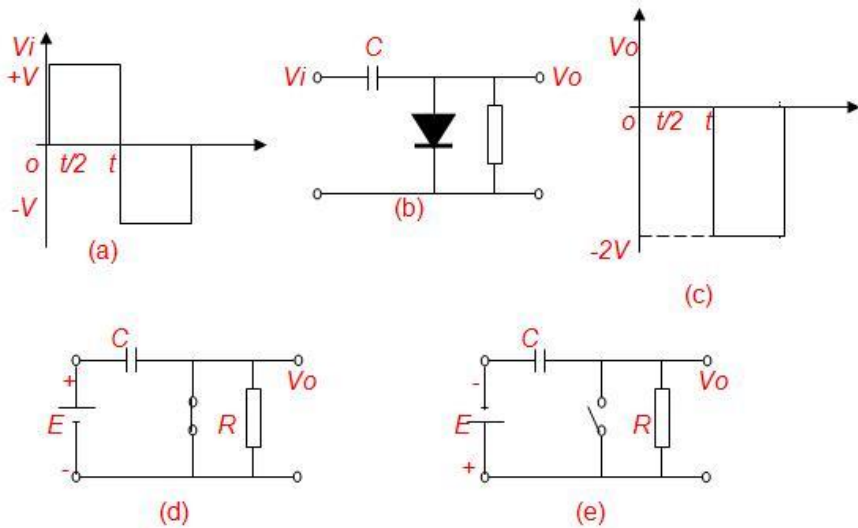
Gambar 27 Rangkaian Clipper Paralel Negatif

• Rangkaian Clamper

Rangkaian Clamper (penggeser) digunakan untuk menggeser suatu sinyal ke level dc yang lain. Rangkaian Clamper paling tidak harus mempunyai sebuah kapasitor, dioda, dan resistor, disamping itu bisa pula ditambahkan sebuah baterai. Harga R dan C harus dipilih sedemikian rupa sehingga konstanta waktu RC

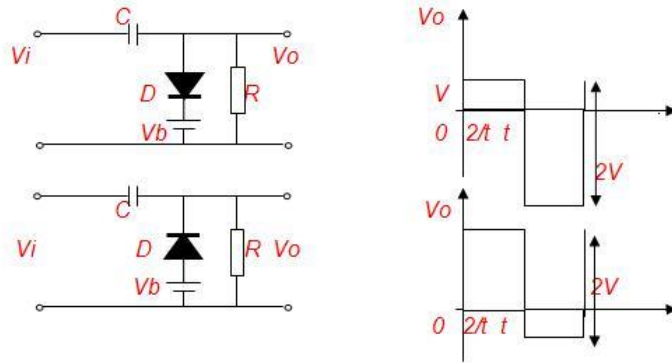
cukup besar agar tidak terjadi pengosongan muatan yang cukup berarti saat dioda tidak menghantar. Dalam analisa ini dianggap didodanya adalah ideal.

Sebuah rangkaian clamper sederhana (tanpa baterai) terdiri atas sebuah R, D, dan C terlihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Rangkaian Clamper Sederhana

Gambar 28 (a) adalah gelombang kotak yang menjadi sinyal input rangkaian clamper (b). Pada saat $0 - T/2$ sinyal input adalah positif sebesar $+V$, sehingga Dioda menghantar (ON). Kapasitor mengisi muatan dengan cepat melalui tahanan dioda yang rendah (seperti hubung singkat, karena dioda ideal). Pada saat ini sinyal output pada R adalah nol (Gambar d). Kemudian saat $T/2 - T$ sinyal input berubah ke negatif, sehingga dioda tidak menghantar (OFF) (Gambar e). Kapasitor membuang muatan sangat lambat, karena RC dibuat cukup lama. Sehingga pengosongan tegangan ini tidak berarti dibanding dengan sinyal output. Sinyal output merupakan penjumlahan tegangan input $-V$ dan tegangan pada kapasitor $-V$, yaitu sebesar $-2V$ (Gambar c). Terlihat pada Gambar 28 c bahwa sinyal output merupakan bentuk gelombang kotak (seperti gelombang input) yang level dc nya sudah bergeser kearah negatif sebesar $-V$. Besarnya penggeseran ini bisa divariasi dengan menambahkan sebuah baterai secara seri dengan dioda. Disamping itu arah penggeseran juga bisa dinuat kearah positif dengan cara membalik arah dioda. Beberapa rangkaian clamper negatif dan positif dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Rangkaian Clamper Negatif dan Positif

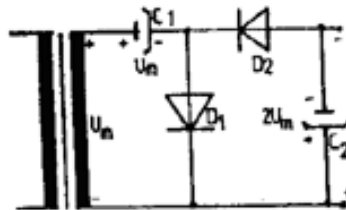
- **Dioda Sebagai Pelipat Tegangan (Voltage multiplier)**

Sebagai pelipatganda tegangan dari suatu sumber tegangan bolak-balik, maka dapat dibuat rangkaian pelipatganda yang dasarnya adalah merupakan rangkaian penyearah tegangan. Besar tegangan yang dilipatkan dapat diatur mulai dari dua kali lipat, tiga kali lipat atau seterusnya. Sebagai contoh jika anda menghendaki kelipatan dua dari tegangan output suatu penyearah sebagai berikut : Jika diketahui tegangan efektif (rms) suatu sumber ac adalah 4,5 volt, maka tegangan maksimum (U_m) adalah $4,5 \times \sqrt{2} = 6,3$ volt. Jika tegangan tersebut dilewatkan pada rangkaian pelipat dua, maka tegangan output yang dihasilkan adalah $V_{out} = 2 \times 6,3 \text{ volt} = \pm 12,6 \text{ volt}$.

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

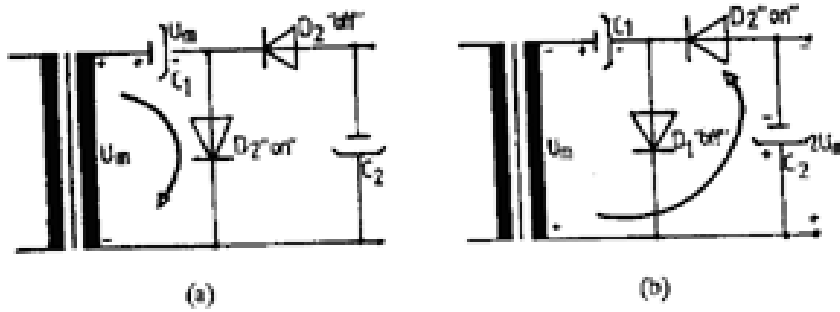
Pelipat Dua (Doubler)

Ada dua macam rangkaian pelipat dua ini, yaitu untuk setengah gelombang dan gelombang penuh. Rangkaian doubler setengah gelombang seperti terlihat pada gambar (30) dan rangkaian ini dikenal sebagai *Rangkaian Villard* atau *Cascade*.



Gambar 30. Doubler setengah gelombang

Prinsip kerja rangkaian tersebut, maka ikuti gambar 31 berikut :



Gambar 31 Prinsip Kerja Doubler setengah gelombang

Ketika setengah periode tegangan trafo sisi sekunder sedang positif, maka dioda D_1 menghantar sedangkan dioda D_2 –off. Kapasitor C_1 mengisi muatan hingga mencapai tegangan maksimumnya (U_m). Secara ideal D_1 terhubung singkat selama setengah periode tersebut dan tegangan input mengisi kapasitor C_1 hingga U_m dengan polaritas seperti pada gambar 31.(a). Pada setengah periode berikutnya sedang negatif, dioda D_1 off dan dioda D_2 menghantar dan C_2 mengisi muatannya. Pada saat D_2 terhubung singkat selama setengah periode negatif dan D_1 membuka kembali, kita dapat menjumlahkan tegangan yang ada pada jaringan sehingga akan ditemukan bahwa $U_{C2}=2 U_m$.

Jika paralel dengan kapasitor C_2 tidak dibebani, maka kedua kapasitor tersebut akan tetap bermuatan, yaitu $U_{C1} = U_m$ dan $U_{C2} = 2 U_m$. Jika output doubler ini dihubungkan dengan sebuah beban, misalnya resistor, maka tegangan U_{C2} akan turun selama setengah periode positif dan kapasitor tersebut akan mengisi kembali hingga $2 U_m$ pada setengah periode negatifnya. Dengan menggunakan rangkaian pelipat tegangan (voltage multiplier) pada sekunder trafo yang relatif kecil dapat diperoleh tegangan searah keluaran sebesar dua, tiga, empat atau lebih kali lipat tegangan input. Rangkaian ini banyak digunakan pada pembangkit tegangan tinggi namun dengan arus yang kecil seperti pada catu daya tabung gambar.

• Detektor dioda

Detektor berfungsi menceraikan sinyal informasi dari sinyal pembawa, pekerjaan deteksi tersebut disebut juga *de modulasi* dan pada hakekatnya suatu pekerjaan penyearahan (rectifying). Pekerjaan penyearahan yang terjadi pada sirkit detector dan di dalam pencatu daya pada hakekatnya tidak ada perbedaan azas. Oleh sebab itu sekema dasar dari sirkit detector juga tidak berbeda dengan sekema dasar sebuah pencatu daya. Bila rangkaian detector kita bandingkan dengan rangkaian sebuah pencatu daya maka akan terdapat kesamaan dan perbedaan, antara lain yaitu:

Detektor	Pencatu Daya
➤ Frekuensi operasinya 255 Khz ➤ Tegangan kerjanya kecil (10V atau kurang) ➤ Arusnya sangat kecil (dalam uA) ➤ Amplitodo tegangan bolak-balik disirkit masukan bervariasi (oleh adanya	➤ Frekuensi operasinya 50 Hz ➤ Tegangan kerjanya kecil/ besar ➤ sesuai keperluan. ➤ Arusnya besar (dalam mA / Amper) ➤ Amplitodo tegangan bolak-balikdi sirkit masukan konstan (berasal dari jaringan

modulasi).	listrik).
➤ Di sirket keluaran terdapat tegangan rata dan juga tegangan bb dengan frekuensi rendah.	➤ Di sirket keluaran terdapat hanya tegangan rata (tegangan bb nya kecil sehingga boleh diabaikan)

c. Rangkuman

1. Rangkaian Pemotong dapat digunakan sebagai ukuran pelindung, mencegah sinyal dari melebihi batas pemotongan.
2. Manfaat rangkaian clamper adalah menambahkan nilai DC pada sinyal AC.
3. Pelipat tegangan paling dasar adalah Pelipat Setengah Gelombang.
4. Pelipat Gelombang Penuh adalah sirkuit unggul sebagai sebuah Pelipat.
5. Detektor berfungsi menceraikan sinyal informasi dari sinyal pembawa, pekerjaan deteksi tersebut disebut juga *de modulasi* dan pada hakekatnya suatu pekerjaan penyearahan (rectifying).

d. Tugas

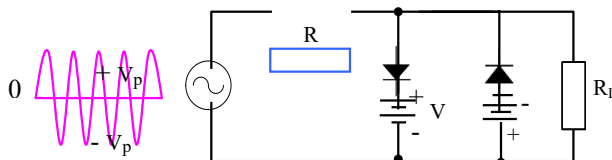
1. Jelaskan fungsi rangkaian clipper, clamper, dan pelipat tegangan.
2. Tuliskan jenis-jenis rangkaian clipper

e. Test Formatif

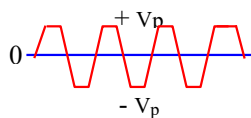
1. Gambarkanlah sebuah rangkaian clipper yang dapat membuang (memangkas) belahan positif dan juga belahan negatifnya
2. Jelaskan pengertian dari dioda schottky.

f. Kunci Jawaban

1.



Gambar 32. Skema rangkaian clipper



Gambar 33. Bentuk gelombang output

2. Dioda schottky menggunakan logam emas, perak atau platina pada salah satu sisi junction dan silicon yang di dop (biasanya type-n) pada sisi yang alain. Dan dioda Schottky ini tidak mempunyai lapisan pengosongan atau penyimpanan muatan, sehingga mengakibatkan ia dapat di switch nyala dan mati lebih cepat dari pada dioda bipolar. Sebagai hasilnya piranti ini dapat menyearahkan frekuensi diatas 300 Mhz dan jauh diatas kemampuan dioda bipolar.

g. Lembar Kerja

Lembar kerja 1

1. Alat dan bahan

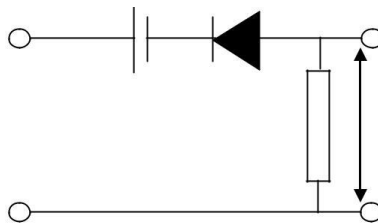
- a. Multimeter
- b. Osiloskop
- c. Dioda IN 4002, 1 buah
- d. Trafo step down 0,5 Amp
- e. Resistor 1 Kohm 1 buah

2. Keselamatan Kerja

- a. Periksa meja kerja sebelum dimulai pekerjaan
- b. Hati-hati dalam mengerjakan tidak boleh ceroboh
- c. Periksa semua komponen yang diperlukan apakah sudah lengkap dan periksa apakah dalam keadaan baik
- d. Jika pekerjaan anda telah selesai rapikan kembali meja kerja anda dan semua alat dan bahan yang dipinjam dikembalikan dalam keadaan baik.

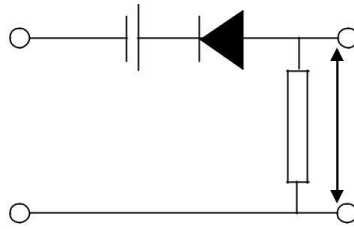
3. Langkah Kerja

- a. Buatlah rangkaian dioda sebagai pemotong (clipper) seperti gambar berikut :



Gambar 34. Rangkaian Clipper

- b. Setelah dirangkai benar, hubungkan dengan sumber tegangan AC 30 Volt.
- c. Amatilah tegangan inputnya dengan CRO, catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel
- d. Amati pengamatan pada outputnya catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel pengukuran
- e. Selanjutnya putuskan hubungan sumber tegangan 30 Volt AC dari rangkaian,
- f. Balikan polaritas sumber DC (baterai), seperti gambar berikut untuk menjadi rangkaian Dioda sebagai Pemotong (clipper) negatif :



Gambar 35. Rangkaian Clipper Negatif

- g. Hubungkan kembali rangkaian dengan sumber tegangan 30 VoltAC
- h. Amati kembali tegangan inputnya dengan CRO, catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel pengukuran
- i. Amati pula pada outputnya catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel berikut.

4. Hasil Pengukuran

Tabel Pengamatan dioda sebagai clipper positif

Komponen yang diamati	Vin (volt)	Vout (volt)	Hasil keluaran (CRO)
Dioda			
Beban Resistor (RL)			

Tabel Pengamatan dioda sebagai clipper negatif

Komponen yang diamati	Vin (volt)	Vout (volt)	Hasil keluaran (CRO)
Dioda			
Beban Resistor (RL)			

Lembar Kerja 2

1. Persiapkan Alat dan Bahan
 - a. Multimeter
 - b. Osiloskop

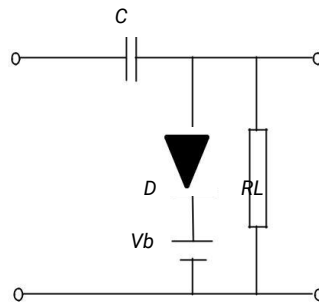
- c. Dioda IN 4002, 1 buah
- d. Trafo step down 0,5 Amp
- e. Resistor 1ohm 1 buah

2. Keselamatan Kerja

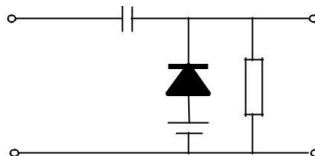
- a. Periksa meja kerja sebelum dimulai pekerjaan
- b. Hati-hati dalam mengerjakan tidak boleh ceroboh
- c. Periksa semua komponen yang diperlukan apakah sudah lengkap dan periksa apakah dalam keadaan baik
- d. Jika pekerjaan anda telah selesai rapikan kembali meja kerja anda dan semua alat dan bahan yang dipinjam dikembalikan dalam keadaan baik.

3. Langkah Kerja

- a. Buatlah rangkaian dioda sebagai penggeser (clammer) seperti gambar berikut :



- b. Hubungkan kembali rangkaian dengan sumber tegangan 30 Volt AC
- c. Amati kembali tegangan inputnya dengan CRO, catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel
- d. Amati pula pada outputnya catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel
- e. Selanjutnya putuskan hubungan sumber tegangan 30 Volt AC dari rangkaian,
- f. Balikan polaritas dioda seperti gambar berikut untuk menjadi rangkaian Dioda sebagai Penggeser(clammer) negatif



- g. Hubungkan kembali rangkaian dengan sumber tegangan 30 Volt AC
- h. Amati kembali tegangan inputnya dengan CRO, catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel
- i. Amati pula pada outputnya catatlah hasil pengukuran tersebut pada Tabel!

4. Tabel Pengukuran

Tabel Pengamatan dioda sebagai clamper positif

Komponen yang diamati	Vin (volt)	Vout (volt)	Hasil keluaran (CRO)
Dioda			
Beban Resistor (RL)			

Tabel Pengamatan dioda sebagai clamper negatif

Komponen yang diamati	Vin (volt)	Vout (volt)	Hasil keluaran (CRO)
Dioda			
Beban Resistor (RL)			

Kegiatan Belajar 4

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar ini diharapkan peserta dapat:

- Prinsip kerja dari dioda zener sebagai voltage regulator.
 - Karakteristik Dioda Zener
 - Regulator tegangan dengan dioda Zener
- Membuat sebuah rangkaian regulator sederhana (Voltage Regulation)

b. Uraian materi

Prinsip kerja dioda zener

Kuat arus yang dikeluarkan oleh sebuah pencatu daya akan berubah-ubah bila pada tegangan input berubah-ubah dan besarnya beban berubah-ubah. Oleh karena perubahan-perubahan kuat arus tersebut maka tegangan dibeban juga akan berubah-ubah, sebab pencatu daya mempunyai perlawanan dalam yang cukup besar. Perubahan-perubahan tegangan jepit akan dapat berakibat pada:

- 1) dalam penguat bunyi, yang mana bunyi yang dikeluarkan pengeras suara akan cacat (distortion)
- 2) sistim elektronik lain, dapat mengganggu beroperasinya sistim.

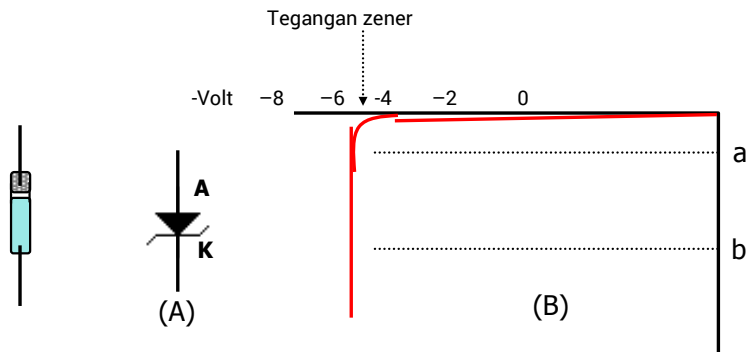
Mengingat kejadian tersebut diatas maka pencatu daya yang mencatu arus besar perlulah dimantapkan atau distabilkan tegangan jepitnya, artinya tegangan jepit perlu diusahakan agar tidak bervariasi (berubah-ubah). Guna keperluan pemantapan tegangan (*voltage regulation*) itu maka pada sirkit keluaran dari catu daya tersebut ditambahkan suatu rangkaian stabilisator tegangan (*voltage regulator*). Sebagai alat stabilisasi dalam pencatu daya dipakailah sebuah dioda zener. Dengan demikian rang keseluruhan sebuah pencatu daya dengan stabilisasinya dapat dilihat secara blok diagram pada gambar dibawah ini



Gambar 36. Skema blok pencatu daya yang dilengkapi stabilisator tegangan

Karakteristik Dioda Zener

Dioda zener adalah sebuah dioda yang terbuat dari bahan silikon dan dioda ini mempunyai karakteristik terbalik, perhatikan gambar 37 dibawah ini. Kalau kita lihat bahwa kalau tegangan muka terbalik kita naikkan dengan berangsur-angsur maka pada suatu saat (pada gambar di titik $-7V$) kuat arus yang mengalir naiklah dengan tiba-tiba (senyong-konyong). Titik dimana hal ini terjadi dinamakan tegangan tembus (*break down voltage*) atau tegangan zener.



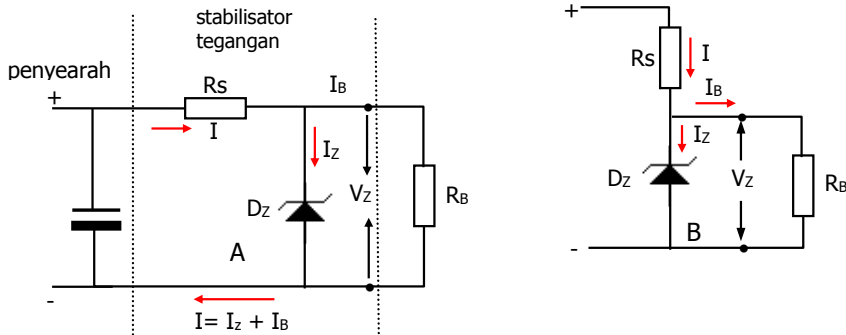
Gambar 37.

A. Simbol dioda zener
B. Karakteristik dioda zener

Pada gambar tegangan zener terlihat bahwa meskipun arus yang mengalir bervariasi antara harga a–b, namun tegangan pada dioda adalah tetap konstan pada -7 volt. Kejadian ini akan dapat kita manfaatkan untuk pekerjaan pemantapan (stabilisasi) dalam pencatu daya. Arus setinggi titik b tidak boleh melampaui harga maksimum agar dioda tidak rusak karenanya.

Regulator tegangan dengan dioda Zener

Rangkaian regulator (stabilisasi) tegangan yang menerapkan dioda zener dirangkai ke pencatu daya seperti diperlihatkan pada gambar 38 dibawah ini. Bagi pencatu daya maka perlawanan R_s dan dioda zener adalah berderet lihat gambar B. Arus yang mengalir lewat R_s kemudian terbagi, sebagian lewat D_z dan sebagian lain lewat beban R_B . Dengan harga R_s yang tepat maka dioda akan secara sendirinya menyitel diri zener pada tegangan ($=$ tegangan jepit, V_Z) yang konstan. Jika arus beban naik maka arus dioda I_z akan turun, demikian juga bila arus beban turun maka arus dioda akan naik dengan otomatis. Tetapi meskipun arus dioda berubah-ubah namun tegangan nya tetap konstan besarnya



Gambar 38. Stabilisasi dengan dioda zener

Dengan dipasang nya dioda zener kerut-kerut tegangan yang masih sisa di keluaran pencatu daya akan ditindasnya sekali lagi. Oleh kondisi ini maka dioda pun dinamai pula tapis elektronik atau tapis dinamik. Hal itu dapat terjadi sebab dioda mempunyai perlawanan yang sangat kecil terhadap kerut tersebut, sehingga tegangan kerut itupun terhubung singkat olehnya

c. Rangkuman

1. Dioda zener terbuat dari bahan silikon yang dioptimalkan untuk bekerja pada daerah breakdown, dan juga sering disebut dioda breakdown. Dioda zener adalah tulang punggung regulator tegangan.
2. Jika dioda zener bekerja pada daerah breakdown, bertambahnya tegangan sedikit akan menambah arus yang besar, ini artinya dioda zener mempunyai inpedansi yang kecil. Inpedansi dapat ditung dengan rumus:

$$Z_z = \frac{\Delta V}{\Delta i}$$

3. Kian kecil harga z_z kian baik stabilisasinya dan harga z_z tidak akan melebihi 50 ohm.
4. Dioda Zener dipakai dengan memberi tegangan terbalik untuk keperluan pemantapan tegangan atau panutan tegangan (voltage reverence)
5. Dioda zener yang khusus untuk keperluan panutan dinamai dioda referensi mempunyai tegangan tembus yang praktis konstan meskipun tegangan sumber bervariasi.
6. Titik dimana arus tiba-tiba naik dengan sekonyong-konyong disebut tegangan tembus dioda zener atau teganga breakdown.

7. Agar regulator zener menjaga tegangan output konstan, dioda zener harus tetap pada daerah breakdown untuk semua kondisi kerja. Keadaan yang paling jelek terjadi pada tegangan sumber minimum dan arus beban maksimum karena arus zener menjadi minimum. Dengan bantuan persamaan kita mendapatkan resistansi pembatas seri maksimum yang diperbolehkan:

$$R_{S \text{ (maks)}} = \frac{V_{in \text{ (min)}} - V_{out}}{I_{L \text{ (maks)}}}$$

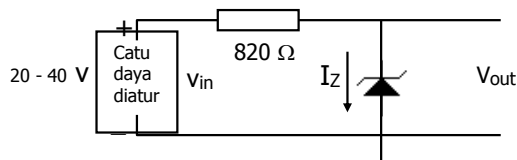
$V_{in \text{ (min)}}$	resistansi R_s terbesar yang diizinkan
R_s	tegangan sumber terkecil
V_{out}	tegangan breakdown zener
$I_{L \text{ (maks)}}$	arus beban terbesar yang masih mungkin

d. Tugas

1. Gambarkanlah sebuah rangkaian regulator zener sederhana dengan output 12 Volt dengan sumber tegangan input 30 Volt
2. Tuliskan persyaratan yang harus diperhatikan dalam membangun sebuah regulator zener agar dioda zener bekerja dengan baik.

e. Test Formatif

1. Dioda zener disebut juga dioda
2. Dioda zener harus dirangkai dengan polaritas. artinya
3. Dioda zener rangkaian regulator dibawah ini mempunyai $V_z = 10$ Volt dan $r_z = 7 \Omega$. Tentukan harga V_{out} dan tentukan arus zener minimum dan maksimum



f. Kunci Jawaban

1. Dioda breakdown
2. terbalik (reverse) artinya bagian anoda zener dihubungkan dengan negative baterai dan kutub katodanya terhubung dengan positif sumber.
3. Tegangan yang dikenakan (20–40 V) selalu lebih besar dari tegangan breakdown. Dengan demikian tegangan outputnya adalah: $V_{out} = V_z = 10$ V

Arus zener minimum terjadi pada tegangan sumber minimum, dengan hukum ohm, maka

$$I_{Z \text{ (min)}} = \frac{V_{in \text{ (min)}} - V_z}{R}$$

$$I_z (\text{min}) = \frac{20 - 10}{820}$$

$$I_z (\text{min}) = 12,2 \text{ mA}$$

Arus zener maksimum terjadi jika tegangan sumber maksimum:

$$I_z (\text{max}) = \frac{V_{in (\text{max})} - V_z}{R}$$

$$I_z (\text{max}) = \frac{40 - 10}{820}$$

$$I_z (\text{max}) = 36.6 \text{ mA}$$

g. Lembar Kerja

Membuat rangkai regulator sederhana

1. Alat dan Bahan

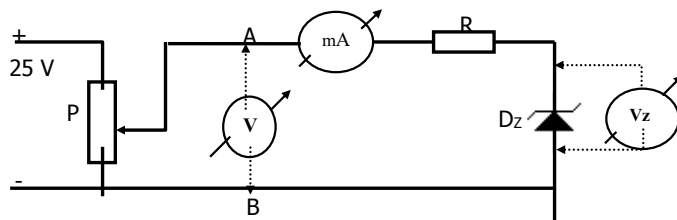
- | | |
|---------------------------------|--------|
| a. Catu daya 0 – 25 Volt | 1 buah |
| b. Papan percobaan (Breadboard | 1 buah |
| c. Voltmeter | 2 buah |
| d. Milli Amper | 1 buah |
| e. Dioda zener ZL 12 | 1 buah |
| f. Resistor 270 Ohm | 1 buah |
| g. Potensiometer 50 K/1w | 1 buah |

2. Keselamatan Kerja

- Periksa meja kerja sebelum dimulai pekerjaan.
- Hati-hati dalam mengerjakan tidak boleh ceroboh.
- Periksa semua komponen yang diperlukan apakah sudah lengkap dan periksa apakah dalam keadaan baik.
- Jika pekerjaan anda telah selesai rapikan kembali meja kerja anda dan semua alat dan bahan yang dipinjam dikembalikan dalam keadaan baik

3. Langkah Kerja

- Bangunlah rangkain pada papan percobaan (breadboard) seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 39. Gambar rangkaian pengukuran dioda zener

Besarnya R dapat ditemukan dengan rumus:

$$R = \frac{V_{ABmaks} - V_Z}{I_{Zmaks}}$$

Dan perlawanan dioda bagi arus bolak balik:

$$r_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$

- b. Aturlah potencimeter P agar tegangan antara A – B sebesar 2 Volt
- c. Bacalah tegangan yang terukur pada dioda dan besarnya arus pada alat ukur mA dan catat hasilnya masukkan dalam tabel.
- d. Lanjutkan pengukuran-pengukuran untuk mengisi daftar berikutnya

Tabel Pengamatan

V_{AB} Volt	V_Z Volt	I_Z mA
1		
2		
3		
4		
dst		

BAB III EVALUASI

A. Tes Tertulis

Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

1. Sebutkan pengertian dari dioda juntion
2. Tuliskan sifat-sifat dari dioda
3. Tuliskan macam macam dioda yang anda ketahui
4. Jelaskan pengertian dari penyearah
5. Rangkaian penyearah dapat digolongkan menjadi ... dan tuliskan
6. Sebuah penyearah rangkap, pada setengah lilitan sekunder terdapat tegangan maksimum 28,3 V. Tentukanlah Tegangan beban rata-rata, frekuensi output dan tegangan inverse puncak (VIP)
7. Jelaskan prinsip kerja dari rangkaian penyearah dengan sistim jembatan
8. Buatlah rangkaian yang dapat memangkas gelombang belahan positif 4 Volt dan belahan negatifnya sebesar 3 Volt

B. Tes Praktik

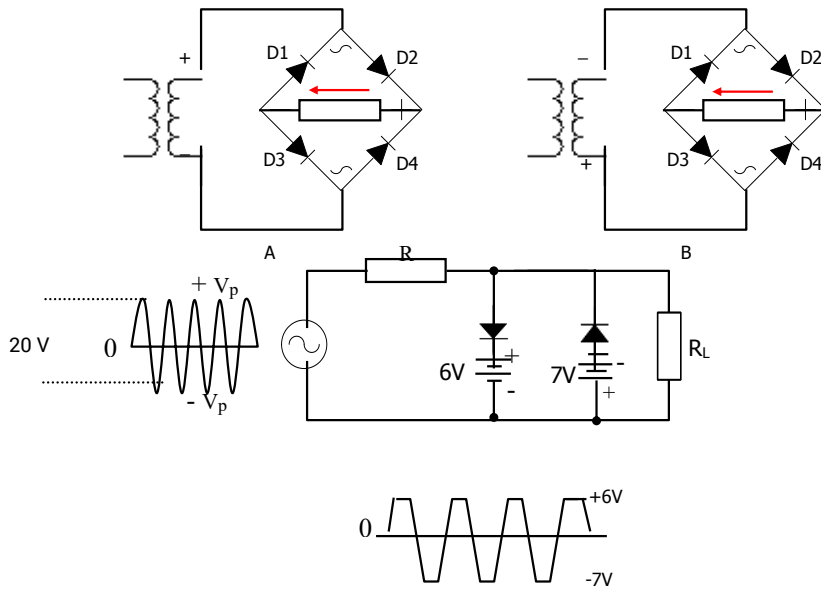
Dalam pekerjaan dilab elektronika kita tak lepas dari pemakaian sebuah alat ukur catu daya regulator, dan regulator ini biasanya mempunyai tegangan output yang dapat diatur sesuai dengan keperluan.

Rencanakanlah sebuah rangkaian regulator dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Tegangan output bervariasi (dapat diatur)
2. Arus maksimum 1 Amper
3. Bisa menggunakan lebih dari satu dioda zener bila diperlukan
4. Lengkapi dengan analisa perhitungan

KUNCI JAWABAN**A. Tes Tertulis**

1. Dioda junction (pertemuan) dimana daerah semikonduktor type-*p* dan semi konduktor type-*n* bertemu.
2. Sifat-Sifat Dioda
 - a. Dioda Silikon:
 1. menghantar dengan tegangan maju kira-kira 0.6 Volt
 2. perlawanan maju cukup kecil
 3. perlawanan terbalik sangat tinggi, dapat mencapai beberapa Mega ohm
 4. Arus maju maksimum yang dibolehkan cukup besar, sampai 1000 A
 5. Tegangan terbalik maksimum yang dibolehkan cukup tinggi, dapat mencapai 1000 V
 - b. Dioda Germanium:
 1. Menghantar dengan tegangan maju kira-kira 0,2 Volt
 2. Perlawanan maju agak besar
 3. Perlawanan terbalik kurang tinggi (kurang dari 1 M ohm)
 4. Arus maju maksimum yang dibolehkan kurang besar.
 5. Tegangan terbalik maksimum yang dibolehkan kurang tinggi
3. Dioda photo, dioda penyearah, dioda zener, dioda led, dioda varactor, dioda schottky dan dioda step recovery
4. Untuk mensearahkan sinyal Ac menjadi sinyal DC atau dengan kata lain mengubah tegan bolak balik menjadi tegangan searah
5. Rangkaian penyearah dapat dibagi menjadi bagian yaitu rangkaian penyearah $\frac{1}{2}$ gelombang dan rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 buah dioda dan 4 buah dioda.
6. $V_{dc} = 2V_m/\pi = 2 \times 28,3/\pi = 18$ Volt
 Frekuensi output: $f_{out} = 2f_{in} = 2 \times 50 \text{ Hz} = 100\text{Hz}$
 Tegangan Inverse Puncak: $PIV = 2.V_m = 2 \times 28,3 = 56,6$ Volt
7. Selama setengah siklus positif tegangan sekunder dioda D2 dan D3 dibias forward, oleh sebab itu arus beban kearah kiri (ihat gambar A). Selama setengah siklus negative, dioda D4 dan D1 dibias forward dan arus beban kearah kiri (gambar B)



Lembar Penilaian Tes Praktik

Nama Peserta :

No. Induk :

Program Keahlian :

Nama Jenis Pekerjaan :

PEDOMAN PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
1	2	3	4	5
I.	Perencanaan			
	1.1. Persiapan alat dan bahan	5		
	1.2. Menganalisa komponen	5		
	Sub total	10		
II.	Membuat rangkaian			
	2.1. Menentukan nilai komponen	5		
	2.2. Pemasangan komponen	5		
	Sub total	10		
III.	Proses (Sistematika & Cara Kerja)			
	3.1. Tata letak komponen	10		
	3.2. Penempatan alat ukur	10		
	3.3. Rangkaian sesuai gambar kerja	10		
	Sub total	30		
IV.	Kualitas Produk Kerja			
	4.1. Hasil pengukuran sesuai dengan teori	15		
	4.2 Hasil pengukuran tidak sesuai dengan teori	5		
	4.2. Pekerjaan diselesaikan dengan waktu yang telah ditentukan	10		
	Sub total	30		
V.	Sikap/Etos Kerja			
	5.1. Tanggung jawab	2		
	5.2. Ketelitian	3		
	5.3. Inisiatif	3		
	5.4. Kemandirian	2		
	Sub total	10		
VI.	Laporan			
	6.1. Sistematika penyusunan laporan	4		
	6.2. Kelengkapan bukti fisik	6		
	Sub total	10		
	Total	100		

KRITERIA PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Kriteria Penilaian	Skor
I.	Perencanaan 1.1. Persiapan alat dan bahan 1.2. Menganalisa jenis komponen	● Alat dan bahan disiapkan sesuai kebutuhan	5
		● Alat dan bahan disiapkan tidak sesuai kebutuhan	1
		● Merencanakan sesuai dengan gambar	5
		● Perencanaan tidak sesuai dengan gambar	1
II.	Proses (Sistematika & Cara Kerja) 3.1. Cara membuat rangkaian 3.2. Cara melakukan tata letak komponen 3.3. Cara menempatkan alat ukur	● Rangkaian dibuat sesuai dengan gambar	10
		● Rangkaian dibuat tidak sesuai dengan gambar	1
		● Tata letak komponen rapi dan teratur	10
		● Tata letak komponen semrawut	1
		● Penempatan alat ukur mudah dibaca	10
		● Penempatan alat ukur sulit dibaca	1
III.	Kualitas Produk Kerja 4.1. Hasil pengukuran sesuai dengan teori 4.3. Pekerjaan diselesaikan dengan waktu yang telah ditentukan	● Hasil pengukuran sesuai dengan teori	10
		● Hasil pengukuran tidak sesuai dengan teori	1
		● Menyelesaikan pekerjaan lebih cepat dari waktu yang ditentukan	8
		● Menyelesaikan pekerjaan tepat waktu	10
IV.	Sikap/Etos Kerja 5.1. Tanggung jawab	● Menyelesaikan pekerjaan melebihi waktu yang ditentukan	2
		● Membereskan kembali alat dan bahan	

	5.2. Ketelitian	yang dipergunakan ● Tidak membereskan alat dan bahan yang dipergunakan ● Tidak banyak melakukan kesalahan kerja ● Banyak melakukan kesalahan kerja	2 1 3 1
	5.3. Inisiatif	● Memiliki inisiatif bekerja ● Kurang/tidak memiliki inisiatif kerja	3 1
	5.4. Kemandirian	● Bekerja tanpa banyak diperintah ● Bekerja dengan banyak diperintah	2 1
V.	Laporan		
	6.1. Sistematika penyusunan laporan	● Laporan disusun sesuai sistematika yang telah ditentukan ● Laporan disusun tanpa sistematika	4 1
	6.2. Kelengkapan bukti fisik	● Melampirkan bukti fisik hasil pengukuran ● Tidak melampirkan bukti fisik	6 2

BAB IV PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, maka Anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah dipelajari. Dan apabila Anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka Anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya. Mintalah pada pengajar/instruktur untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaiannya dilakukan langsung dari pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang berkompeten apabila Anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila Anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari instruktur atau berupa porto folio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi bagi pihak industri atau asosiasi profesi. Kemudian selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standard pemenuhan kompetensi tertentu dan bila memenuhi syarat Anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh dunia industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Malvino, 1984, Prinsi-prinsip Elektronik, Edisi Kedua. Erlangga Jakarta

Wasito S, 1983, Pelajaran Elektronika 1A, sirkuit arus searah, Karya Utama Jakarta, Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

Wasito S, 1984, Vademikum Elektronika , PT Gramedia, Jakarta