

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

TEKNIK KELISTRIKAN DAN ELEKTRONIKA SURYA DAN ANGIN

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA & ANGIN

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan

KELOMPOK
KOMPETENSI

5



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2015

TEKNIK KELISTRIKAN DAN ELEKTRONIKA SURYA DAN ANGIN

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI SURYA & ANGIN

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI TERBARUKAN

Penyusun:

Tim PPPPTK

BMTI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN

2015

KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabatan Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP: 195908011985031002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang Lingkup.....	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	4
KEGIATAN PEMBELAJARAN.....	6
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PEMANFAATAN TIK DALAM PEMBELAJARAN	6
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	6
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI.....	6
C. URAIAN MATERI.....	7
D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN.....	33
LEMBAR KERJA KB 1: PEMANFAATAN TIK DALAM PEMBELAJARAN	41
E. Rangkuman	46
F. Tes Formatif	47
G. Kunci Jawaban.....	48
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : KOMPONEN AKTIF	49
A. Tujuan	49
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	49
C. Uraian Materi.....	49
D. Aktivitas Pembelajaran	93
E. Rangkuman	94
F. Test Formatif.....	95
G. Kunci Jawaban.....	96
LEMBAR KERJA KB-2.....	97

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : RANGKAIAN PENYEARAH DAN PENYETABIL.....	105
A. Tujuan	105
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	105
C. Uraian Materi	105
D. Aktivitas Pembelajaran	117
E. Rangkuman	118
F. Test Formatif.....	119
G. Kunci Jawaban.....	120
LEMBAR KERJA KB-3.....	122
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : RANGKAIAN TRANSISTOR SEBAGAI PENGUAT	132
A. Tujuan	132
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	132
C. Uraian Materi	132
D. Aktivitas Pembelajaran	165
E. Rangkuman	167
F. Test Formatif.....	168
G. Kunci Jawaban.....	169
LEMBAR KERJA KB-4.....	170
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : OPERATIONAL AMPLIFIER (OP-Amp).....	183
A. Tujuan	183
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	183
C. Uraian Materi	183
D. Aktivitas Pembelajaran	205
E. Rangkuman	213
F. Test Formatif.....	214
G. Kunci Jawaban.....	216
LEMBAR KERJA KB-5.....	218
PENUTUP	232
Uji Kompetensi.....	233
DAFTAR PUSTAKA	240

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur Dioda	50
Gambar 2. 2	Rangkaian Bias Maju.....	50
Gambar 2. 3	Rangkaian Bias Mundur	50
Gambar 2. 4	Grafik Hubungan Tegangan Bias dan Arus Dioda	51
Gambar 2. 5	Dioda ideal	52
Gambar 2. 6	Simbol Dioda Zener	53
Gambar 2. 7	Grafik arus dan tegangan.....	54
Gambar 2. 8	Grafik Arus dan Tegangan Rangkaian Dioda Zener	54
Gambar 2. 9	Mengukur Resistansi Transistor BJT	56
Gambar 2. 10	Indikator Transistor	57
Gambar 2. 11	Bentuk Transistor.....	58
Gambar 2. 12	Berbagai Macam Transistor	58
Gambar 2. 13	Arus Emitor	59
Gambar 2. 14	Simbol Jenis-jenis TransistorField Effect Transistor (FET)	60
Gambar 2. 15	Konstruksi fisik dari JFET dan simbolnya	61
Gambar 2. 16	Pembiasan pada JFET kanal-n	63
Gambar 2. 17	Penggolongan FET dan peta tegangan input/output	64
Gambar 2. 18	Diagram skematik FET.	64
Gambar 2. 19	Karakteristik output V_{DS} vs I_D	64
Gambar 2. 20	Rangkaian Common Source dan rangkaian penggantinya	65
Gambar 2. 21	Titik Kerja	66
Gambar 2. 22	Rangkaian ekuivalen JFET untuk sinyal kecil.....	67
Gambar 2. 23	Rangkaian saklar dengan FET.	68
Gambar 2. 24	Beberapa teknik pembiasan pada JFET kanal -n.....	69
Gambar 2. 25	Rangkaian Common Source dengan self-bias.....	70
Gambar 2. 26	Garis beban.....	71
Gambar 2. 27	rangkai Source Follower	71
Gambar 2. 28	Rangkaian Common Source.....	73
Gambar 2. 29	Simbol Transistor MOSFET Mode Depletion	74
Gambar 2. 30	Simbol Transistor MOSFET Mode Enhancement.....	74
Gambar 2. 31	Skematik MOSFET tipe-n	75
Gambar 2. 32	Struktur fisik N-MOSFET tipe Enhancement 2) PMOS tipe Enhancement ..	76
Gambar 2. 33	Grafik karakteristik MOSFET arus I_D sebagai fungsi V_{DS}	77
Gambar 2. 34	Struktur Persambungan MOSFET	80
Gambar 2. 35	Kapasitansi Parasitik MOSFET.....	83
Gambar 2. 36	Parameter W dan L Transistor MOS	84
Gambar 2. 37	Karakteristik Alih Tegangan	85
Gambar 2. 38	Noise Margin.....	86

Gambar 2. 39	Definisi Delay dalam gerbang logika.....	88
Gambar 2. 40	Simbol Gerbang NAND.....	91
Gambar 2. 41	Susunan NAND CMOS.....	91
Gambar 2. 42	Simbol Gerbang NOT	92
Gambar 2. 43	Rangkaian Inverter CMOS.....	92
Gambar 3. 1	Rangkaian penyearah setengah gelombang.....	106
Gambar 3. 2	Bentuk gelombang output penyearah setengah gelombang.....	107
Gambar 3. 3	Penyearah Gelombang Penuh	107
Gambar 3. 4	Bentuk Gelombang Penyearah Gelombang Penuh	108
Gambar 3. 5	Penyearah Gelombang Penuh dengan dua diode	108
Gambar 3. 6	Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda.....	109
Gambar 3. 7	Bentuk gelombang Penyearah Gelombang Penuh 4 dioda	110
Gambar 3. 8	resistor pembagi tegangan	111
Gambar 3. 9	Regulator tegangan dengan zener.....	112
Gambar 3. 10	contoh rangkaian regulator +12v dan -12v	113
Gambar 3. 11	contoh rangkaian regulator variabel menggunakan LM317	113
Gambar 3. 12	penggunaan TIP2955 / 2SC2955 (Transistor jengkol).....	114
Gambar 3. 13	Sumber arus konstan dengan sebuah transistor.....	115
Gambar 3. 14	rangkaian arus konstan dengan regulasi transistor.....	116
Gambar 3. 15	rangkaian arus konstan dengan regulasi JFE	117
Gambar 4. 1	Konfigurasi <i>common emitter</i>	133
Gambar 4. 2	Model phi.....	133
Gambar 4. 3	Konfigurasi <i>common base</i>	134
Gambar 4. 4	Konfigurasi <i>common collector</i>	135
Gambar 4. 5	Rangkaian Dasar Penguat Kelas A.....	136
Gambar 4. 6	Garis Beban dan Titik Q Kelas A.....	137
Gambar 4. 7	Rangkaian Imajiner Analisa ac Kelas A.....	137
Gambar 4. 8	Kurva Penguatan Kelas A	138
Gambar 4. 9	Titik Q penguat A, AB, dan B.....	139
Gambar 4. 10	Rangkaian Dasar Penguat Kelas B.....	140
Gambar 4. 11	Kurva Penguatan Kelas B	140
Gambar 4. 12	Overlapping Sinyal Keluaran Penguat Kelas AB	141
Gambar 4. 13	Rangkaian Dasar Penguat Kelas AB	142
Gambar 4. 14	Rangkaian Dasar Penguat Kelas C.....	143
Gambar 4. 15	Power Amplifier OCL.....	146
Gambar 4. 16	power amplifier model OTL	148

Gambar 4. 17	power amplifier model BTL yang dibentuk dari 2 buah OCL	148
Gambar 4. 18	Penguat push pull kelas A gandeng transformator	149
Gambar 4. 19	Rangkaian Amplifier Audio	149
Gambar 4. 20	Rangkaian Bias transistor kelas A Rangkaian Bias transistor kelas AB	152
Gambar 4. 21	Penyederhanaan Diagram Rangkaian Penguat Daya RF 2 GHz	153
Gambar 4. 22	Lay out PCB power amplifier RF	153
Gambar 4. 23	Representasi Ekuivalensi resistor pada frekuensi tinggi	154
Gambar 4. 24	epresentasi Ekuivalensi resistor wire wound pada frekuensi tinggi	154
Gambar 4. 25	harga impedansi absolute resistor metal film 2000 Ω pada frekuensi tinggi..	154
Gambar 4. 26	Rangkaian ekuivalen sebuah kapasitor pada frekuensi tinggi.....	154
Gambar 4. 27	Harga impedansi absolute kapasitor sebagai fungsi frekuensi	155
Gambar 4. 28	Konstruksi aktual multilayer kapasitor keramik	155
Gambar 4. 29	Resistansi dan kapasitansi terdistribusi pada inductor	155
Gambar 4. 30	Ekivalensi Rangkaian inductor pada frekuensi tinggi	155
Gambar 4. 31	Harga impedansi absolute induktor sebagai fungsi frekuensi.....	156
Gambar 4. 32	Diagram blok rangkaian osilator	156
Gambar 4. 33	Osilator Hartley.....	157
Gambar 4. 34	Oscilator Colpitts	159
Gambar 4. 35	Oscilator Armstrong.....	161
Gambar 4. 36	garis beban	161
Gambar 4. 37	Osilator pergeseran fasa.....	163
Gambar 4. 38	Osilator Kristal	164
Gambar 4. 39	Osilator Kristal	164
Gambar 5. 2	Rangkaian dasar Op-Amp	184
Gambar 5. 3	Keterangan Simbol untuk Terminal-Terminal Suatu OP-AMP.....	185
Gambar 5. 4	Pembuat Nol	186
Gambar 5. 5	Rangkaian Proporsional Pembalik Fasa.....	187
Gambar 5. 6	Pembalikan Fasa Sinyal Output (b); Terhadap Sinyal Input (c).....	187
Gambar 5. 7.	Rangkaian Penguat Membalik Dengan Menggunakan.....	188
Gambar 5. 8	Rangkaian OP-AMP	189
Gambar 5. 9	Rangkaian Proporsional dengan OP-AMP	190
Gambar 5. 10	Rangkaian Dasar Komparator	190
Gambar 5. 11	Bentuk Fisik IC LM324 Sebagai komparator	191
Gambar 5. 12	Pengaturan tegangan Referensi	192
Gambar 5. 13	Komparator tegangan Positif.....	193
Gambar 5. 14	Komparator tegangan Negatif	193
Gambar 5. 15	Komparator dengan hysteresis.....	194

Gambar 5. 16	Komparator inverting	194
Gambar 5. 17	komparator Detektor level tegangan	195
Gambar 5. 18	Penguat Penjumlah.....	195
Gambar 5. 19	Rangkaian Pengurangan	196
Gambar 5. 20	Differensiator OP-AMP	197
Gambar 5. 21	Integrator Amplifier	198
Gambar 5. 22	Rangkaian Integrator Praktis	199
Gambar 5. 23	Penguat Logaritmik.....	199
Gambar 5. 24	Penguat Diferensial.....	201
Gambar 5. 25	Tranduser Jembatan	202
Gambar 5. 26	Rangkaian OP-AMP Sebagai Penguat Instrumentasi.....	202
Gambar 5. 27	Rangkaian IN-AMP	203
Gambar 5. 28	likasi Instrumentasi Amplifier pada Pengukuran Torsi Turbin.....	203
Gambar 5. 29	OP-AMP menggunakan catu daya tunggal.	204

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kegiatan PKB adalah kegiatan keprofesian yang wajib dilakukan secara terus menerus oleh guru dan tenaga kependidikan agar kompetensinya terjaga dan terus ditingkatkan. Salah satu kegiatan PKB sesuai yang diamanatkan dalam Peraturan Menteri Negara dan Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya adalah kegiatan Pengembangan Diri. Kegiatan Pengembangan diri meliputi kegiatan diklat dan kegiatan kolektif guru.

Agar kegiatan pengembangan diri optimal diperlukan modul-modul yang digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada kegiatan diklat fungsional dan kegiatan kolektif guru dan tenaga kependidikan lainnya. Modul diklat adalah substansi materi pelatihan yang dikemas dalam suatu unit program pembelajaran yang terencana guna membantu pencapaian peningkatan kompetensi yang didesain dalam bentuk printed materials (bahan tercetak).

Penulisan modul didasarkan pada hasil peta modul dari masing-masing mapel yang terpetakan menjadi 4 (empat) jenjang. Keempat jenjang diklat dimaksud adalah (1) Diklat Jenjang Dasar; (2) Diklat Jenjang Lanjut; (3) Diklat Jenjang Menengah, dan (4) Diklat Jenjang Tinggi. Diklat jenjang dasar terdiri atas 5 (lima) grade, yaitu grade 1 s.d 5, diklat jenjang lanjut terdiri atas 2 (dua) grade, yaitu grade 6 dan 7, diklat menengah terdiri atas 2 (dua) grade, yaitu grade 8 dan 9, dan diklat jenjang tinggi adalah grade 10.

Modul diklat disusun untuk membantu guru dan tenaga kependidikan dalam meningkatkan kompetensinya, terutama kompetensi profesional dan kompetensi pedagogik. Modul tersebut digunakan sebagai sumber belajar (*learning resources*) dalam kegiatan pembelajaran tatap muka.

B. Tujuan

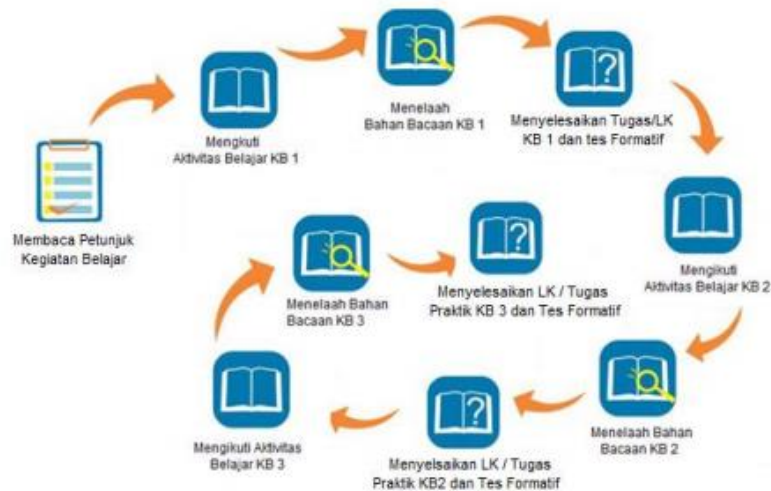
Penggunaan modul dalam diklat PKB dimaksudkan untuk mengatasi keterbatasan waktu, dan ruang peserta diklat, memudahkan peserta diklat belajar mandiri sesuai kemampuan, dan memungkinkan peserta diklat untuk mengukur atau mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.

Target kompetensi dan hasil pembelajaran yang diharapkan dapat dicapai melalui modul ini meliputi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional pada grade 3 (tiga). Setelah mempelajari materi pembelajaran pedagogi yaitu prosedur pengembangan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran pengelolaan utilitas, dan materi pembelajaran profesional tentang pengelolaan utilitas, guru kejuruan paket keahlian Elektronika Pesawat Udara diharapkan mampu:

1. Menentukan pengalaman belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diampu.
2. Memilih materi pembelajaran yang diampu yang terkait dengan pengalaman belajar dan tujuan pembelajaran.
3. Melakukan perawatan dan perbaikan rangkaian elektronika analog yang digunakan pada sistem pesawat udara.

C. Peta Kompetensi

Melalui materi pembelajaran ini, Saudara akan melakukan tahapan kegiatan pembelajaran kompetensi pedagogi dan profesional pada grade 4 (tiga) secara *one shoot training* dengan moda langsung (tatap muka).



Gambar diatas memperlihatkan Diagram Alur Pencapaian Kompetensi Grade 3. Pada pembelajaran kompetensi pedagogi, saudara akan mempelajari prosedur pengembangan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran rangkaian elektronika analog melalui beberapa aktivitas belajar antara lain mempelajari bahan bacaan, diskusi, studi kasus, mengerjakan tugas dan menyelesaikan test formatif. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 45 JP. Pada pembelajaran kompetensi profesional, saudara akan mengidentifikasi komponen elektronika, menganalisis dan mengevaluasi rangkaian elektronika yang terkait dengan mata pelajaran rangkaian elektronika analog melalui beberapa kegiatan antara lain diskusi, menyelesaikan Lembar Kerja (Uji Pemahaman materi), dan melakukan Tugas Praktik. Alokasi waktu yang disediakan untuk menyelesaikan materi pembelajaran ini adalah 105 JP.

D. Ruang Lingkup

Agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif, maka ruang lingkup penyajian materi pembelajaran dalam modul ini diorganisasikan menjadi 6 (empat) Kegiatan Belajar (KB), sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1 (satu) memuat sajian materi pedagogi. Bahan kajian ini merupakan implementasi pengembangan kurikulum pada mata pelajaran yang diampu guru kejuruan.

Kegiatan Belajar 2 (dua) memuat sajian materi komponen aktif. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 2 ini, dibagi menjadi 5 (lima) Bahan Bacaan, yaitu (1) Dioda Penyearah, (2) Dioda Zener, (3) Transistor Bipolar, (4) FET, dan (5) MOSFET.

Kegiatan Belajar 3 (tiga) memuat sajian materi rangkaian penyearah dan penyetabil. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 3 ini, dibagi menjadi 3 (tiga) Bahan Bacaan, yaitu (1) rangkaian penyearah, (2) rangkaian penyetabil tegangan, (3) Rangkaian penyetabil arus.

Kegiatan Belajar 4 (empat) memuat sajian materi rangkaian transistor sebagai penguat. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 4 ini, dibagi menjadi 4 (tiga) Bahan Bacaan, yaitu (1) Klasifikasi Penguat, (2) Penguat Frekuensi Rendah, (3) Penguat frekuensi Radio. (4) rangkaian osilator.

Kegiatan Belajar 5 (lima) memuat sajian materi Operational Amplifier. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 5 ini, dibagi menjadi 5 (lima) Bahan Bacaan, yaitu (1) Prinsip kerja dan Karakteristik OP-Amp, (2) penguat *inverting*, (3) Penguat Non-Inverting, (4) Komparator Analog dan (5) Penguat penjumlah.

Kegiatan Belajar 6 (enam) memuat sajian materi *electrical protection*. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar 6 ini, dibagi menjadi 3 (tiga) Bahan Bacaan, yaitu (1) Rangkaian Penyearah, (2) rangkaian penyetabil tegangan, (3) Rangkaian penyetabil arus.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

1. Materi pembelajaran utama rangkaian elektronika analog ini berada pada tingkatan grade 3 (tiga), terdiri dari materi pedagogi dan materi profesional. Materi pedagogi berisi bahan pembelajaran tentang implementasi pengembangan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran yang diampu guru dan materi profesional berisi bahan pembelajaran tentang prinsip dan prosedur pemeliharaan kompresor dan pompa. Materi pembelajaran dalam setiap Kegiatan Belajar, terbagi atas 3 (tiga) bagian, yaitu: Pengantar aktivitas pembelajaran, Uraian materi yang terbagi dalam beberapa Bahan Bacaan, Rincian aktivitas pembelajaran, Lembar Kerja/Tugas Praktek, Rangkuman dan Tes Formatif.

2. Materi pembelajaran ini terkait dengan dengan materi pembelajaran pada grade sebelumnya.
3. Waktu yang digunakan untuk mempelajari materi pembelajaran ini diperkirakan 150 JP, dengan rincian untuk materi pedagogi 45 JP dan untuk materi profesional 105 JP, melalui diklat PKB moda tatap muka.
4. Untuk memulai kegiatan pembelajaran, Saudara harus mulai dengan membaca Pengantar Aktivitas Belajar, menyiapkan dokumen-dokumen yang diperlukan/diminta, mengikuti tahap demi tahap kegiatan pembelajaran secara sistematis dan mengerjakan perintah-perintah kegiatan pembelajaran pada Lembar Kerja (LK) baik pada ranah pengetahuan maupun keterampilan. Untuk melengkapi pengetahuan, Saudara dapat membaca bahan bacaan yang telah disediakan dan sumber-sumber lain yang relevan. Pada akhir kegiatan Saudara akan dinilai oleh pengampu dengan menggunakan format penilaian yang sudah dipersiapkan.

BAB II

KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : PEMANFAATAN TIK DALAM PEMBELAJARAN

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta didik dapat menguraikan pengertian TIK secara tepat dan santun.
2. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta didik dapat menguraikan manfaat penggunaan TIK dalam kegiatan pembelajaran secara tepat dan santun.
3. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta didik dapat membedakan berbagai jenis teknologi informasi dan komunikasi yang mendukung kegiatan pembelajaran secara tepat dan teliti.
4. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta didik dapat menerapkan cara memilih jenis TIK yang sesuai kebutuhan untuk mendukung kegiatan pembelajaran secara tepat, jujur, dan proaktif.
5. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta didik dapat menerapkan contoh penggunaan TIK untuk mendukung pembelajaran yang diampu sesuai kebutuhan secara tepat dan inovatif.

B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

1. Macam-macam teknologi informasi dan komunikasi untuk kepentingan pembelajaran dipilih sesuai dengan kegunaannya
2. Teknologi informasi dan komunikasi diterapkan untuk mendukung pembelajaran yang diampu sesuai kebutuhan

C. URAIAN MATERI

Bahan bacaan 1: Pengertian Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK)

Teknologi informasi adalah seperangkat alat yang membantu pekerjaan berhubungan dengan pemrosesan informasi (Haag & Keen 1996). Komunikasi adalah suatu proses penyampaian informasi dari satu pihak kepada pihak lain agar terjadi hubungan saling mempengaruhi di antara keduanya. Jadi dapat disimpulkan bahwa teknologi informasi dan komunikasi adalah hasil rekayasa manusia terhadap proses penyampaian informasi dan proses penyampaian pesan dari satu pihak kepada pihak lain sehingga lebih cepat, lebih luas sebarannya dan lebih lama penyimpanannya. Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memuat semua teknologi yang berhubungan dengan penanganan informasi. Penanganan ini meliputi pengambilan, pengumpulan, pengolahan, penyimpanan, penyebaran, dan penyajian informasi.

TIK saat ini mengalami perkembangan pesat dan telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan termasuk dalam dunia pendidikan untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Perkembangan TIK dalam dunia pendidikan seiring dengan perkembangan *hardware* dan *software* yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran, sehingga saat ini perangkat TIK yang digunakan bukan hanya komputer, tetapi dipadukan dengan perangkat lain seperti *smartphone*, *interactive board* dan sebagainya. Fungsi TIK sebagai pendukung kegiatan pembelajaran antara lain sebagai berikut.

- mempermudah pencarian materi pelajaran sebagai sumber referensi
- membuat tampilan informasi yang interaktif sehingga kegiatan pembelajaran berlangsung dalam suasana menyenangkan
- mempermudah pengolahan dan penyimpanan informasi yang berkaitan dengan kegiatan pembelajaran, misalnya pengolahan nilai siswa

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) bukan merupakan teknologi yang berdiri sendiri, tetapi merupakan kombinasi dari *hardware* dan *software*. Hal penting yang harus diperhatikan dalam memanfaatkan TIK sebagai

media pembelajaran yaitu *hardware* dan *software* yang tersedia dan jenis metode pembelajaran yang akan digunakan. Beberapa pemanfaatan TIK dalam pembelajaran diantaranya presentasi, demonstrasi, eksperimen virtual, dan kelas virtual.

Pemanfaatan TIK dalam kegiatan pembelajaran setidaknya diharapkan dapat mengubah paradigma dalam proses pembelajaran yang semula *teacher based* menjadi *resource based*, dan yang semula *teacher centered* menjadi *student centered*.

Bahan Bacaan 2: Jenis-Jenis TIK yang digunakan dalam Kegiatan

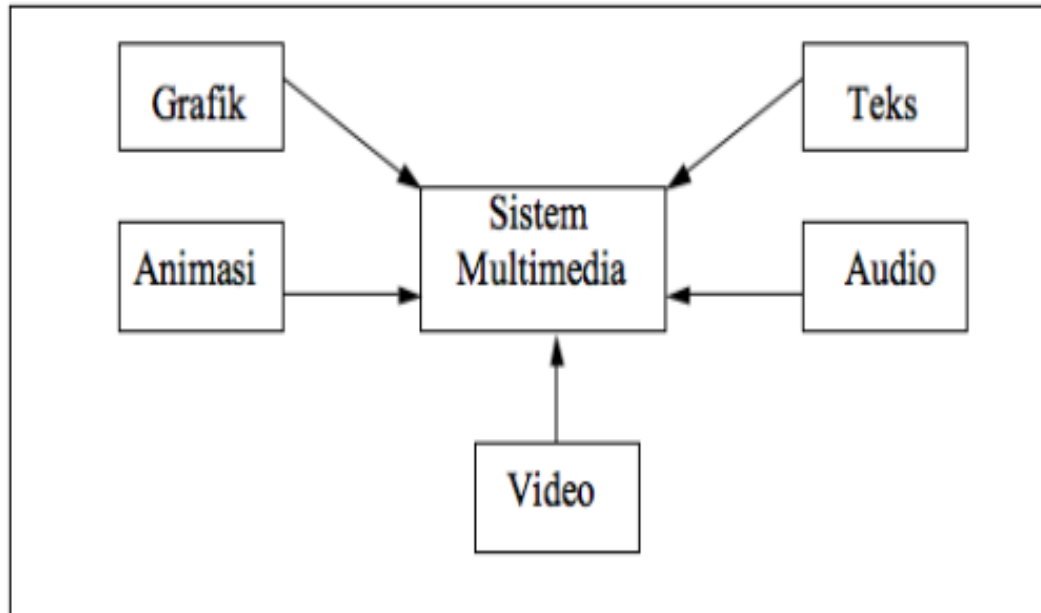
Pembelajaran

Sehubungan dengan fungsi TIK dalam kegiatan pembelajaran serta berbagai perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, maka berbagai jenis TIK dapat dikelompokkan sebagai berikut.

a. Teknologi Multimedia

Multimedia adalah penggunaan komputer untuk menyajikan dan menggabungkan teks, grafik, audio dan video menggunakan link dan alat yang memungkinkan pengguna menavigasi, berinteraksi, membuat dan berkomunikasi (F. Hofstetter 1995).

Teknologi Multimedia adalah perpaduan dari teknologi komputer baik perangkat keras maupun perangkat lunak dengan teknologi elektronik lainnya untuk menyampaikan suatu informasi yang interaktif (Vaughan Tay, 2014). Contoh media penyampai informasi adalah teks, gambar, foto, video, musik, animasi (gambar bergerak), Teknologi multimedia dapat menggabungkan beberapa media penyampai informasi, misalnya menggabungkan gambar dengan suara, atau dengan data lainnya dalam satu media. Penggabungan ini menghasilkan sebuah sistem multimedia sehingga penyampaian informasi lebih menarik dan interaktif daripada hanya menggunakan satu media saja, misalnya teks saja.



Saat ini pemanfaatan teknologi multimedia tidak hanya menggunakan komputer saja, tetapi menggunakan berbagai perangkat seperti kamera digital dan smartphone. Perangkat multimedia mencakup perangkat keras dan perangkat lunak. Contoh Perangkat keras multimedia antara lain kamera digital, *webcam*, *speaker*, *graphic card*, *sound card*, *printer*, *headset*, *scanner*, dan sebagainya. Contoh perangkat lunak multimedia antara lain yaitu perangkat lunak pengolah gambar, perangkat lunak pengolah video, perangkat lunak pengolah suara dan sebagainya.



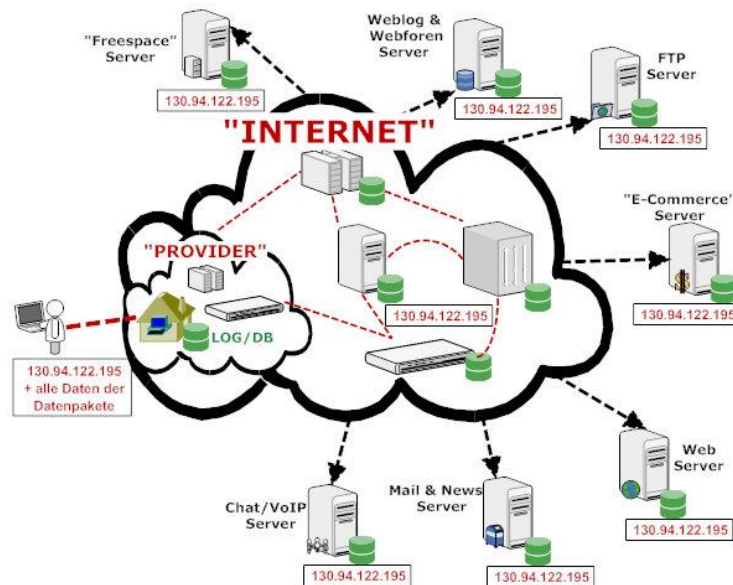
Multimedia terbagi menjadi dua kategori yaitu multimedia linier dan multimedia interaktif. Multimedia linier adalah suatu multimedia yang tidak dilengkapi alat pengontrol apapun yang dapat dioperasikan oleh pengguna. Multimedia ini berjalan secara sekuensial atau berurutan, contohnya film, film animasi. Multimedia interaktif adalah suatu multimedia yang dilengkapi dengan alat pengontrol yang dapat dioperasikan oleh pengguna, sehingga pengguna dapat memilih apa yang dikehendaki untuk proses selanjutnya. Contoh multimedia interaktif misalnya tutorial interaktif, game edukasi.

b. Teknologi Internet

Internet berasal dari kata interconnection-networking, merupakan sistem global dari seluruh jaringan komputer yang saling terhubung menggunakan standar Internet Protocol Suite (TCP/IP) dan memiliki dukungan komunikasi TCP /

Transmission Control Protocol (Greenlaw dan Hepp, 2002). Sejarah internet dimulai ketika dibentuknya Advanced Research Project Agency (ARPA) untuk melakukan penelitian jaringan komputer dan mendemonstrasikan bagaimana komunikasi dalam jarak yang tak terhingga dapat dilakukan menggunakan komputer.

Secara fisik, infrastruktur jaringan internet membentuk struktur pohon hirarkis. Kabel transmisi berkecepatan tinggi (high-speed backbone networks) berfungsi sebagai tulang punggung utama dari sistem komunikasi ini. Contohnya adalah media transmisi yang dibangun dan dimiliki oleh MCI dan AT&T (yang menghubungkan benua Amerika dengan negara-negara di belahan bumi lainnya). Akses kepada infrastruktur berkecepatan tinggi ini dapat dilakukan melalui simpul-simpul komunikasi yang dinamakan sebagai Network Access Points (NAPs), yang dibangun oleh berbagai perusahaan seperti Sprint dan Pacific Bell. Simpul-simpul inilah yang menjadi entry point bagi berbagai jaringan regional semacam CERFnet, Uunet, dan PSInet yang keberadaannya tersebar di berbagai negara di dunia. Jaringan regional ini biasanya akan membagi beban traffic yang dimiliki ke berbagai simpul NAPs agar tidak terjadi proses bottleneck yang menyebabkan berkurangnya kecepatan akses ke main backbone. Di level terendah, Internet Service Providers (ISPs) menyediakan jasanya untuk menghubungkan individu maupun perusahaan ke infrastruktur internet melalui salah satu jaringan regional yang ada. Dengan struktur seperti ini kinerja koneksi internet sangat bergantung dengan kinerja rute yang dilalui, mulai dari pemakai (user) sampai dengan ke internet backbone.



Internet menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan juga untuk kegiatan pembelajaran, diantaranya adalah sebagai berikut.

- **World Wide Web (www)**

World Wide Web adalah layanan internet yang paling populer saat ini. Untuk mengaksesnya dapat digunakan web browser seperti Internet Explorer, Netspace, Mozilla, Safari, dan sebagainya. Ketika seorang pengguna internet membuka sebuah *website* menggunakan browser maka artinya pengguna tersebut telah melakukan *browsing*.

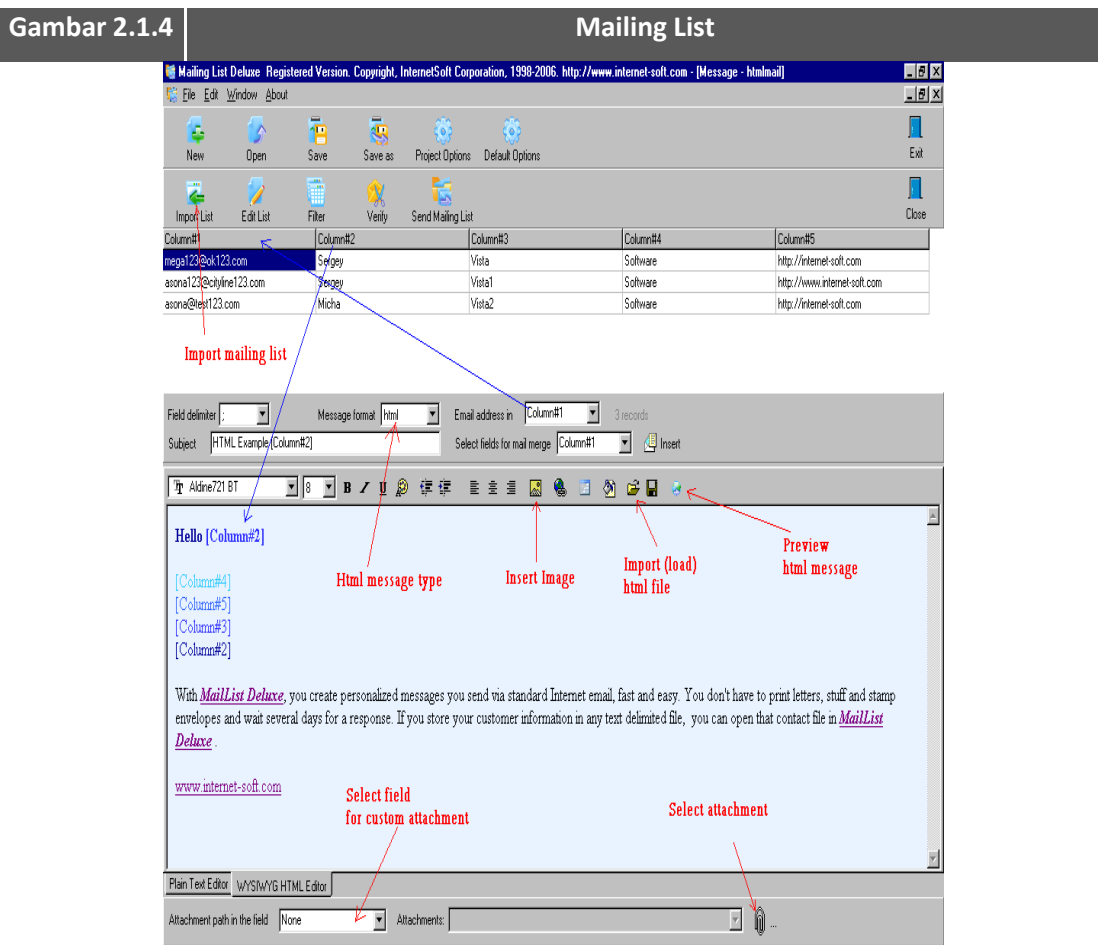
- **Electronic Mail (E-Mail)**

E-Mail (Elektronik Mail) adalah aplikasi yang memungkinkan para pengguna layanan ini saling berkirim pesan melalui alamat elektronik di internet. Protokol yang dipakai untuk mengirim-email adalah *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP). Sedangkan untuk *mendownload* (mengambil *file* di email) digunakan protokol POP (*Post Office Protocol*) atau IMAP (*Internet Message Acces Protocol*). Layanan yang sangat digemari sekarang ini adalah berbentuk Web Base E-mail Yaitu layanan email yang dapat di akses

menggunakan web browser. contohnya layanan Web Base E-mail adalah Yahoo , Gmail , Plasa , dan sebagainya.

- **Malling List (Millis)**

Malling List atau yang sering di kenal dengan Millis. yaitu layanan internet sebagai pengembangan dari e-mail yang di fungsikan untuk berdiskusi. Sejumlah orang yang memiliki e-mail membentuk suatu kelompok, dari kelompok ini pengguna email bisa saling bertukar informasi



- **Search Engine**

Search engine adalah mesin pencari, yang dapat mencari informasi-informasi yang ada di internet dengan lebih mudah, hanya dengan mengetik kata kunci

(*keyword*). Beberapa *search engine* yang dapat digunakan antar lain Google, Yahoo, Alvista, Wisenut, Alltheweb, Looksmart, HotBot dan lain-lain.

- **FTP (File Transfer Protocol)**

FTP (*File Transfer Protocol*) adalah salah satu fasilitas yang di kembangkan pada awal perkembangan internet. FTP memungkinkan para pemakai internet untuk terhubung ke suatu komputer di internet lalu mengakses isi direktori yang ada di dalam komputer tersebut dan dapat memindahkan (*copy file*) ke komputer lokal miliknya.

- **IRC (Internet Relay Chatting)**

IRC (Internet Relay Chatting) adalah fasilitas di internet yang dikembangkan sekitar 1980 dikenal dengan sebutan *chat* saja , yang sebenarnya merupakan pengembangan dari *Utilitytalk* di sistem UNIX. IRC memungkinkan para pemakai di internet untuk saling berbicara secara langsung dengan menggunakan teks atau dengan menuliskan teks pada komputer.

- **Teleconference**

Teleconference merupakan fasilitas layanan internet yang dapat digunakan untuk berbincang-bincang dengan cara yang kompleks yaitu mulai dari suara hingga gambar, sehingga seolah-olah pengguna dapat langsung berhadapan dengan lawan bicara. Fasilitas ini merupakan pengembangan dari chatting. Komputer yang digunakan untuk teleconference ini harus dilengkapi dengan *Web Camera (Webcam)*, *Sound card*, *Tv Tunner* , dan *VoIP*.

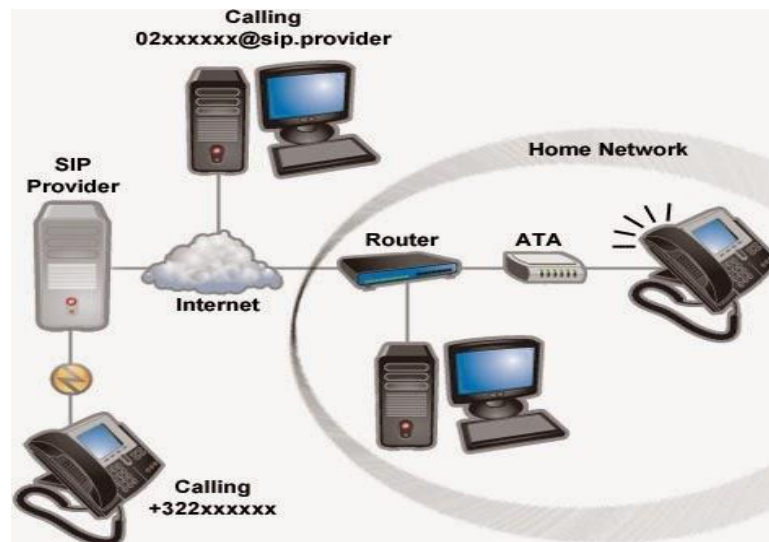
- **Internet Telephony**

Fasilitas internet ini memungkinkan para pengguna untuk berbicara melalui internet seperti layaknya menggunakan pesawat telepon. Namun, terminal yang digunakan berupa komputer yang dilengkapi alat penerima dan mikrofon, alamat situs yang di menyediakan informasi lebih lanjut tentang Internet Telephony diantaranya www.net2phone.com atau www.buddytalk.com

Pada masa mendatang, arus informasi akan makin meningkat melalui jaringan internet yang bersifat global di seluruh dunia. Dengan kondisi ini, maka pendidikan khususnya kegiatan pembelajaran tidak dapat terlepas dari keberadaan komputer dan internet sebagai alat bantu utama. Internet memungkinkan guru dan siswa menggali informasi tentang materi pelajaran secara mudah. Guru dan Siswa dapat mengunduh materi pelajaran dari berbagai sumber di internet menggunakan search engine misalnya google. Internet juga memungkinkan pembelajaran dilakukan kapanpun dan dimanapun. Secara ilustratif dapat digambarkan pada masa mendatang isi tas siswa sekolah bukan lagi buku, melainkan komputer notebook dengan akses internet tanpa kabel (nirkabel) yang berisi materi-materi pelajaran untuk dilihat dan didengar. Hal itu menunjukkan bahwa perlengkapan siswa sekolah pada masa yang akan datang berupa perlengkapan bernuansa internet sebagai alat bantu belajar.

c. Teknologi Mobile Computing

Mobile Computing adalah suatu istilah yang digunakan untuk menggambarkan



aplikasi pada piranti berukuran kecil, *portable*, tanpa kabel (nirkabel) serta mendukung komunikasi. *Mobile computing* tidak terlepas dari perkembangan *mobile device*. Contoh *mobile device* misalnya *mobile phone*, PC Tablet, PDA. *Mobile phone* saat ini banyak digunakan semua orang untuk berkomunikasi.

Mobile phone dapat menjangkau masyarakat luas karena memiliki banyak variasi dan harganya terjangkau. *Mobile phone* yang ada saat ini sudah banyak dilengkapi fitur teknologi terkini seperti *wifi*, *bluetooth*, *mobile hotspot*, sehingga pengguna dapat mengakses internet menggunakan *mobile phone*. Dengan demikian siswa dan guru dapat mencari informasi materi pelajaran menggunakan *mobile phone* yang terhubung ke internet.

Gambar 2.1.6

Mobile Device



d. Teknologi Augmented Reality (AR)

RonaldT.Azuma (1997:2) mendefinisikan *augmented reality* sebagai penggabungan benda-benda nyata dan maya di *lingkungan* nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata, dan terdapat integrasi antarbenda dalam tiga dimensi, yaitu benda maya terintegrasi dalam dunia nyata. Secara umum untuk membangun aplikasi *augmented reality* dibutuhkan minimal komponen-komponen sebagai berikut:

- *Input Device*

Input device atau alat input berfungsi sebagai sensor untuk menerima input dalam dunia nyata. *Input device* yang biasa digunakan dalam AR adalah kamera, kamera pada *handphone* atau *webcam* saat ini banyak digunakan sebagai *input device* bagi aplikasi AR.

- *Output Device*

Output device atau alat output berfungsi sebagai *display* hasil AR. *Output device* yang biasa digunakan adalah monitor dan *Head Mounted Display* (HMD). *Head Mounted Display* adalah alat yang digunakan di kepala, mirip kacamata, untuk menampilkan hasil AR. *Head Mounted Display* biasanya sudah terintegrasi dengan kamera di bagian atasnya, sehingga selain sebagai alat *output* juga sebagai alat *input*. Gambar *Head Mounted Display* (HMD) dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Gambar 2.1.7

Head Mounted Display (Broll W dan Lindt, 2004)



- *Tracker*

Tracker adalah alat pelacak agar benda maya tambahan yang dihasilkan berjalan secara realtime dan interaktif walaupun benda nyata yang jadi induknya digeser-geser, benda maya tambahannya tetap mengikuti benda nyata yang jadi induknya. Biasanya tracker ini berupa marker atau penanda semacam striker serupa QR Code yang bisa ditempel/dipasang di benda nyata. Contoh marker dapat dilihat pada gambar berikut ini.

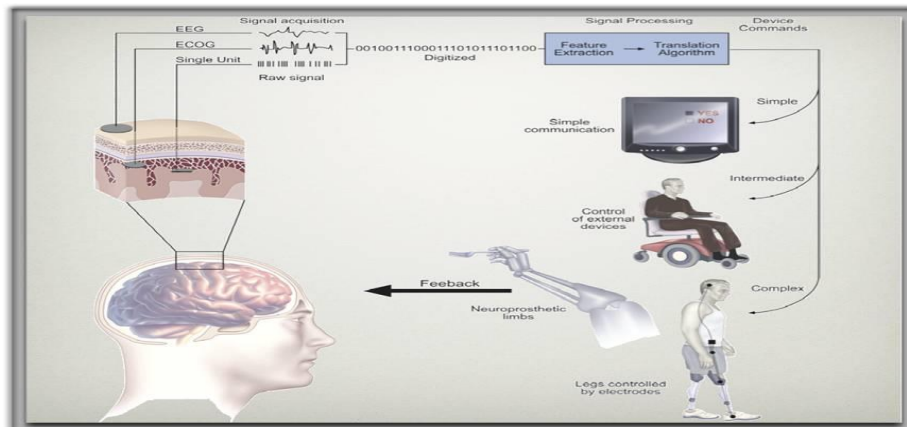


- Komputer

Komputer berfungsi sebagai alat pemroses agar program AR bisa berjalan. Komputer disini bisa berupa PC atau *embedded system* yang dipasang pada alat (contohnya dipasang di *Head Mounted Display*).

e. Teknologi *Brain Computer Interface*

Brain computer interface (BCI) adalah jalur komunikasi langsung antara otak dan perangkat eksternal (Jonathan R. Wolpaw, Niels Birbaumer, Dennis J. McFarland, Gert Pfurtscheller, Theresa M. Vaughan. 2002. "Brain-computer interfaces for communication and control". *Clinical Neurophysiology*. Ireland: Elsevier. Vol. 113, pp 767-791). BCI sering diarahkan untuk membantu, menambah, atau memperbaiki fungsi kognitif atau sensorik-motorik manusia. Sinyal gelombang Alpha yang dihasilkan otak ketika bereaksi terhadap suatu kondisi dibaca oleh teknologi *Brain Computer Interface*. Sinyal gelombang analog ini kemudian dikonversi ke bilangan biner untuk mengendalikan suatu objek di komputer. Pemrosesan sinyal gelombang otak sehingga dapat dihubungkan dengan aplikasi BCI dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Simulasi pembacaan perintah otak ini diuji coba dengan memasang suatu alat pendeteksi gelombang alpha pada kepala manusia. Alat yang menggunakan sumber arus DC yang terukur, dikoneksikan ke komputer, dimana pengguna mencoba untuk menggerakkan suatu balok dari suatu tempat ke tempat lainnya hanya dengan memikirkannya dalam otak, objek-objek tersebut bergerak menurut keinginan manusia. Alat ini sebenarnya memiliki konsep awal untuk mengendalikan robot melalui pikiran, hanya dengan berkonsentrasi terhadap suatu objek dan perintah yang ingin manusia berikan maka robot akan bereaksi sesuai dengan keinginan manusia. *Brain Computer Interface* sekarang pengembangannya lebih ditujukan pada *Human Computer Interaction* (HCI) untuk membantu para penyandang cacat yang tidak dapat melihat, berbicara, bahkan tidak dapat menggunakan mouse dan keyboard karena lumpuh, sehingga para penyandang cacat ini dapat berinteraksi dengan komputer dan mempelajari apapun yang diinginkan.

Bahan Bacaan 3: Contoh Penerapan TIK dalam Kegiatan Pembelajaran

Integrasi berbagai teknologi informasi dan komunikasimisalnya integrasi teknologi internet dan teknologi multimedia dapat memberikan pengalaman belajar yang berbeda bagi peserta didik, sehingga pembelajaran menjadi menyenangkan.

Penggunaan TIK dalam kegiatan pembelajaran bahkan dapat membantu peserta didik berkebutuhan khusus (penyandang cacat) sehingga mempunyai kesempatan belajar yang sama dengan peserta didik lain. Itulah beberapa hal yang menjadi alasan perlunya penerapan TIK dalam kegiatan pembelajaran. Contoh penerapan TIK yang memadukan berbagai *hardware* dan *software* dalam kegiatan pembelajaran akan dijelaskan secara terperinci berikut ini.

a. Multimedia Interaktif

Multimedia interaktif merupakan media yang terdiri dari banyak komponen (text, gambar, animasi, audio, video) yang saling terintegrasi dan mampu untuk berinteraksi dengan penggunanya. Karakteristik terpenting dari multimedia interaktif adalah siswa tidak hanya memperhatikan media atau objek saja, melainkan juga dituntut untuk berinteraksi selama mengikuti pembelajaran. Multimedia interaktif terdiri dari berbagai model, diantaranya yaitu:

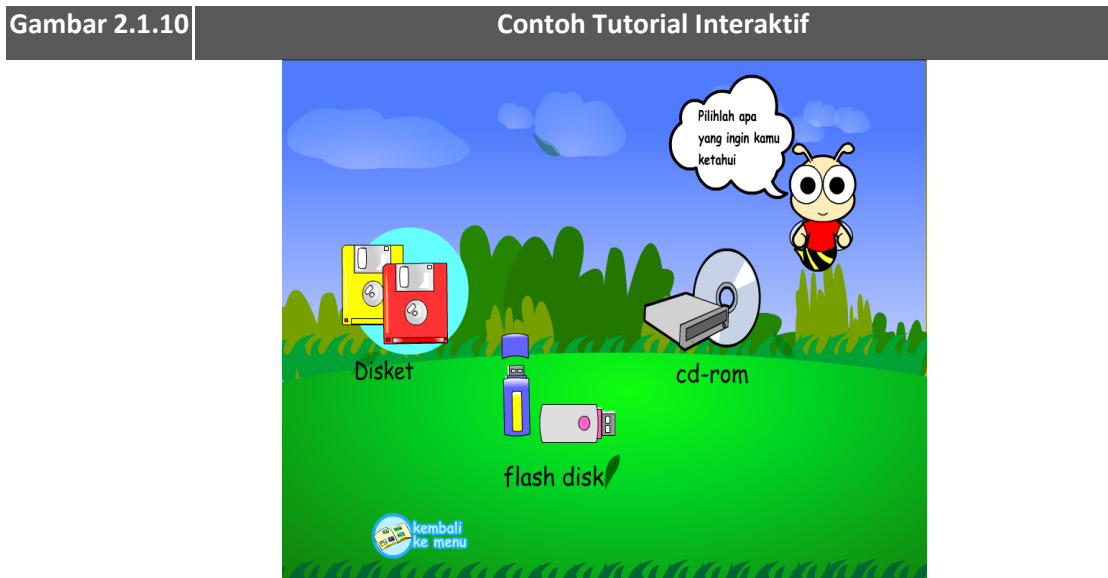
- Tutorial interaktif

Model tutorial interaktif (biasa dikenal dengan nama CD interaktif) adalah multimedia interaktif yang didesain untuk berperan sebagai tutor bagi siswa. Artinya bahwa model tutorial ini disajikan dalam format dialog dengan siswa. Model tutorial berisi konsep, penjelasan, rumus-rumus, prinsip, bagan, tabel, definisi, istilah dan latihan. Model ini, selain menyajikan informasi isi bahan pelajaran, juga memuat beberapa pertanyaan sebagai berikut.

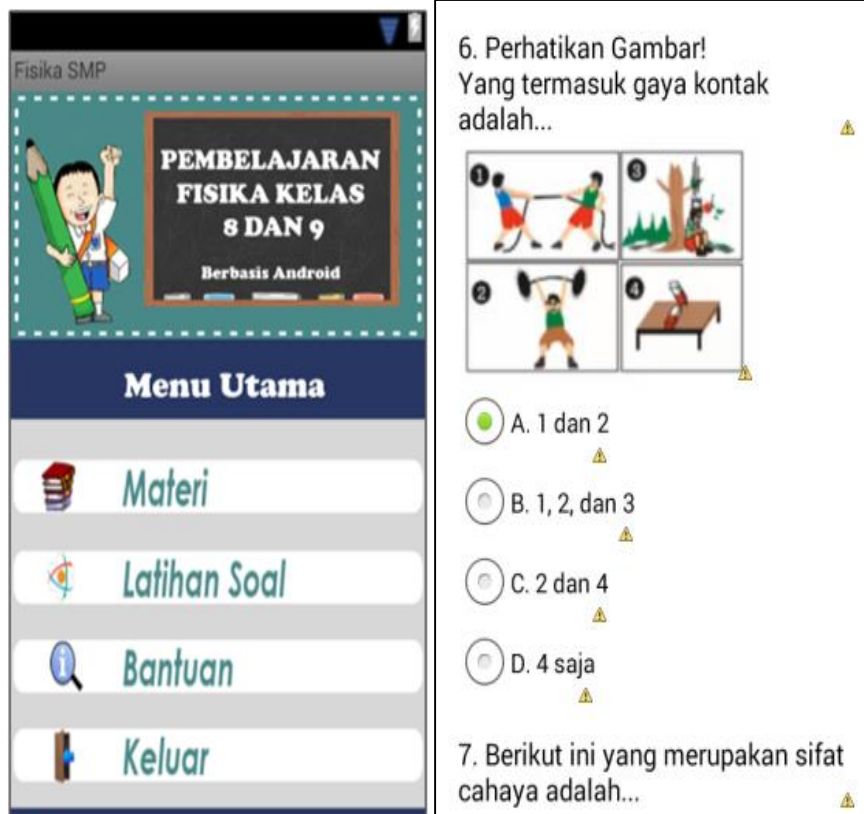
- apakah akan melanjutkan kegiatan belajar berdasarkan pemahaman dan penguasaan siswa;
- apakah siswa meneruskan untuk mempelajari bahan dan informasi baru;
- apakah akan mereview bahan pelajaran sebelumnya;
- apakah akan mengikuti pembelajaran remedial.

Tujuan utama model tutorial adalah menyediakan dukungan terhadap pembelajaran dengan buku teks dan memberikan pemahaman secara tuntas (mastery) kepada siswa mengenai materi atau bahan pelajaran yang sedang dipelajarinya. Siswa dapat diberi kesempatan untuk memilih topik-topik pembelajaran yang ingin dipelajari dalam suatu mata pelajaran. Dalam

interaksi pembelajaran berbentuk tutorial interaktif ini, informasi dan pengetahuan dikomunikasikan sedemikian rupa seperti situasi di kelas pada waktu guru menyampaikan materi pelajaran. Model tutorial interaktif ini dapat dibuat menggunakan berbagai software diantaranya yaitu Power Point, Adobe Flash, dan sebagainya. Contoh tutorial interaktif terlihat pada gambar berikut ini.



Saat ini tutorial interaktif juga sudah banyak dikembangkan pada mobile device misalnya smartphone android, yang memiliki kelebihan dalam hal portabilitas dan ukuran yang lebih kecil sehingga mudah dibawa kemana saja dibandingkan dengan personal computer. Contoh tutorial interaktif yang dikembangkan pada smartphone terlihat pada gambar berikut ini.



- Simulator

Model simulator pada dasarnya merupakan salah satu strategi pembelajaran yang bertujuan memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret melalui penciptaan tiruan-tiruan bentuk pengalaman yang mendekati suasana yang sebenarnya (Erik, 2009:21). Tujuan dari pembelajaran melalui model simulasi berorientasi pada upaya dalam memberikan pengalaman nyata kepada siswa melalui peniruan suasana. Misalnya simulator penjadwalan proses pada CPU sebuah komputer, dimana pengguna dapat melihat urutan proses yang terjadi ketika CPU komputer memproses beberapa instruksi yang diberikan, simulator perbaikan dan perawatan mobil, dimana pengguna seolah-olah melakukan aktifitas memperbaiki dan merawat mobil seperti

keadaan nyata di bengkel mobil. Contoh simulator dapat terlihat pada gambar berikut ini.

Gambar 2.1.12

Simulator *Car Engine*



Gambar 2.1.13

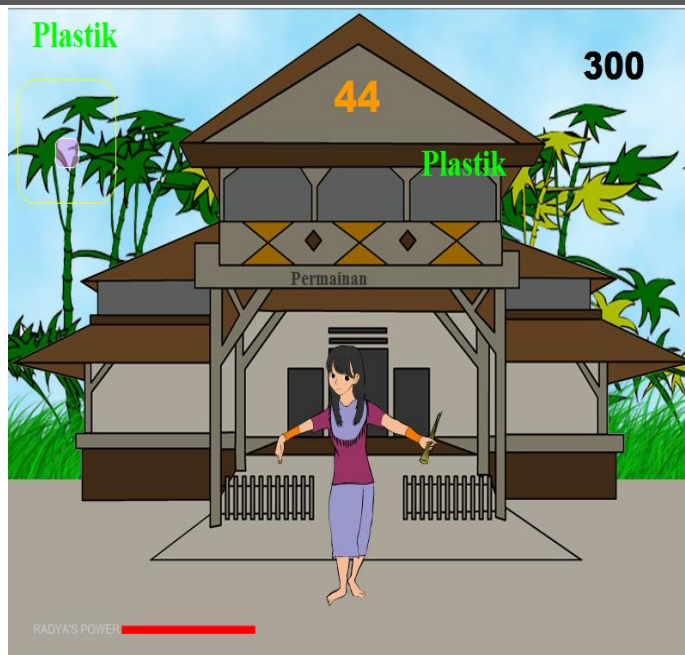
Simulator *Car Engine*



- **Game Edukasi**

Model game edukasi merupakan salah satu bentuk model multimedia interaktif yang didesain untuk membangkitkan kegembiraan pada siswa sehingga dapat meningkatkan kemungkinan tersimpannya lebih lama konsep, pengetahuan ataupun keterampilan yang diharapkan dapat diperoleh siswa dari game tersebut. Tujuan dari model game edukasi adalah untuk menyediakan suasana (lingkungan) yang memberikan fasilitas belajar yang menambah kemampuan siswa. Model permainan tidak perlu menirukan realita namun dapat memiliki karakter yang menyediakan tantangan bagi siswa. Keseluruhan model game ini memiliki komponen dasar sebagai pembangkit motivasi dengan memunculkan cara berkompetisi untuk mencapai sesuatu.

Interaksi berbentuk permainan akan bersifat instruksional apabila pengetahuan dan keterampilan yang terdapat di dalamnya bersifat akademik dan mengandung unsur pelatihan. Sama halnya dengan model lain, game edukasi harus mengandung tingkat kesulitan tertentu dan memberikan umpan balik terhadap tanggapan yang dikemukakan oleh siswa. Dalam model permainan, umpan balik diberikan dalam bentuk skor atau nilai standar yang dicapai setelah melakukan serangkaian permainan. Dalam program berbentuk permainan harus ada aturan yang dapat dipakai sebagai acuan untuk menentukan pengguna yang keluar sebagai pemenang. Penentuan pemenang dalam permainan ditentukan berdasarkan skor yang dicapai kemudian dibandingkan dengan prestasi belajar standar yang harus dicapai. Bentuk game edukasi yang disajikan tetap mengacu pada proses belajar-mengajar dan dengan model game edukasi ini diharapkan terjadi aktifitas belajar sambil bermain. Dengan demikian siswa tidak merasa bahwa mereka sesungguhnya sedang belajar. Contoh game edukasi terlihat pada gambar berikut ini.



Seiring perkembangan TIK, game edukasi juga sudah diterapkan pada mobile device, misalnya game edukasi yang dapat dijalankan pada smartphone android.

b. Interactive board

Interactive board adalah papan tulis digital yang memiliki layar sensitif bila disentuh dan bekerja mirip dengan sistem komputer, karena papan tulis ini dapat menyimpan informasi yang pernah ditulis di atasnya. Papan tulis interaktif adalah salah satu aplikasi teknologi layar sentuh (touchscreen). Papan tulis interaktif banyak digunakan sebagai media presentasi. Teknologi papan tulis interaktif memungkinkan terjadinya perekaman presentasi dan pemeriksaan apabila terjadi kesalahan.

Papan tulis interaktif bekerja layaknya komputer. Papan tulis akan dihubungkan ke suatu layar/LCD yang lebih besar (proyektor). Cara mengoperasikan dengan alat yang dikenal sebagai pena tanpa tinta. Pena tanpa tinta sebagai mouse (dalam laptop) dan LCD pada papan tulis interaktif sebagai

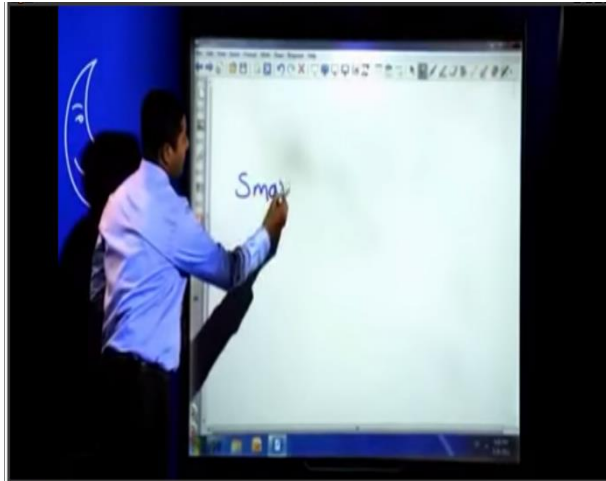
layar monitor. Pena tanpa tinta sebagai alat tulis ini memiliki dua fungsi. Pertama, pena diprogram dapat menampilkan warna yang berbeda (layaknya pena biasa), antara lain biru, hitam, merah, dan hijau. Kedua, pena juga berfungsi sebagai penghapus. Ketika telah tersambung dengan komputer dan proyektor, papan tulis ini dapat langsung bekerja.

Papan Tulis Interaktif, merupakan sebuah papan tulis besar yang menggunakan teknologi sentuh untuk mendeteksi input pengguna (misalnya interaksi bergulir) yang setara dengan perangkat input PC biasa, seperti mouse atau keyboard. Sebuah proyektor digunakan untuk menampilkan video output komputer ke papan tulis, yang kemudian bertindak sebagai layar sentuh besar. Papan tulis interaktif biasanya telah disediakan pula alat-alat tulis digital yang menggunakan pena tanpa tinta atau pena digital, menggantikan alat tulis papan tulis tradisional, spidol. Pena tanpa tinta ini bekerja dengan menggunakan digitizer aktif yang mengontrol komputer guna masukan informasi untuk kemampuan menulis seperti menggambar atau tulisan tangan.

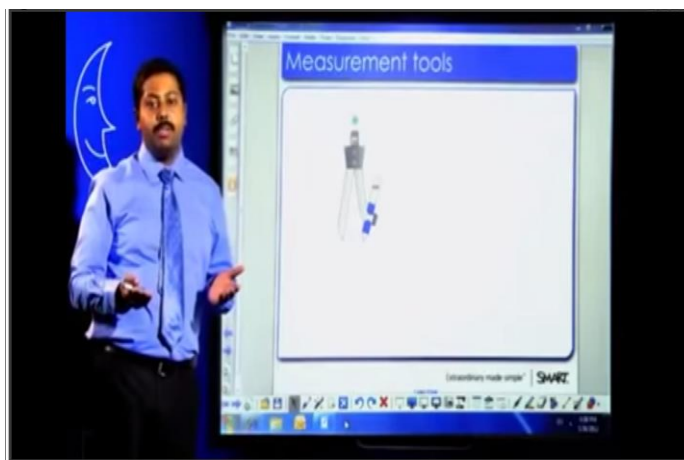
Gambar 2.1.15 **Perangkat Interactive Board (Smartboard 480, Smarttech, 2010)**



Gambar 2.1.16 Menulis pada Interactive Board (Smartboard 480, Smarttech, 2010)



Gambar 2.1.17 Alat Pengukur pada *Interactive Board* (Smartboard 480, Smarttech, 2010)



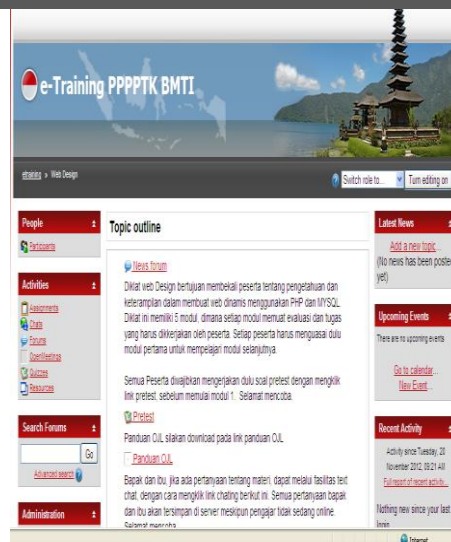
c. E-Learning

E-Learning adalah salah satu contoh pemanfaatan TIK dalam pembelajaran yang memadukan penggunaan teknologi internet, teknologi web, dan teknologi multimedia. Banyak pakar yang menguraikan pengertian e-learning dari berbagai sudut pandang. Definisi yang sering digunakan banyak pihak adalah sebagai berikut:

- E-learning merupakan suatu jenis belajar mengajar yang memungkinkan tersampainya bahan ajar ke siswa dengan menggunakan media internet, intranet atau media jaringan komputer (Hartley 2001 dan Romi Wahono,2003);
- E-learning adalah sistem pendidikan yang menggunakan aplikasi elektronik untuk mendukung belajar mengajar dengan menggunakan media, jaringan komputer, maupun komputer standalone (Learn Frame.com, 2003 dan Romi Wahono,2003);

Sistem e-Learning berbasis web dapat diakses menggunakan jaringan intranet dan jaringan internet. Kemudahan akses internet saat ini mendukung penggunaan e-Learning berbasis web. Sebuah sistem e-Learning berbasis web belum tentu melingkupi seluruh kebutuhan pengguna. Demikian juga belum tentu sebuah sistem e-Learning harus memasukkan semua fitur-fitur. Pengembangan system e-Learning berbasis web didasarkan kepada kebutuhan pengguna yang sebenarnya (user needs). Contoh e-Learning berbasis web terlihat pada gambar berikut ini.

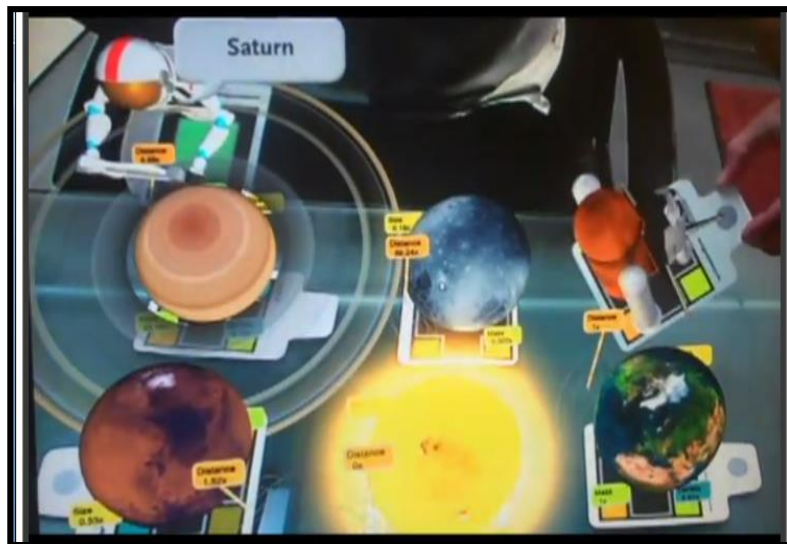
Gambar 2.1.18 Contoh e-Learning Berbasis Web



d. Magic Book

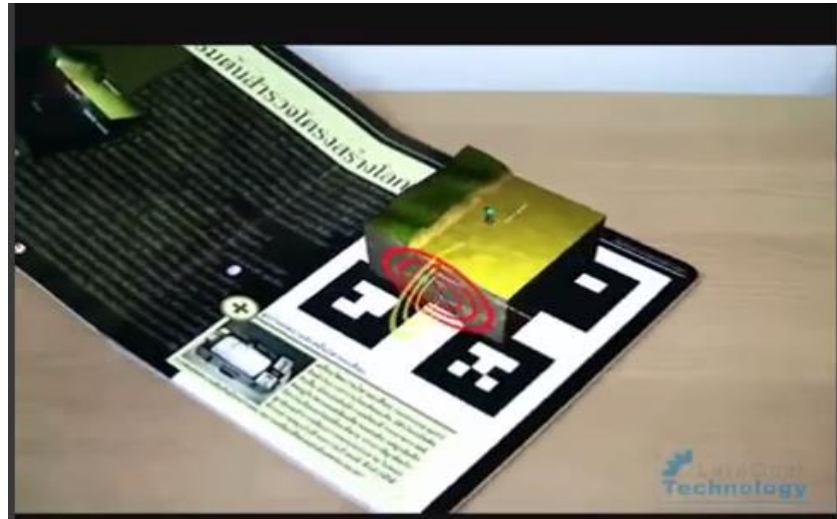
Penerapan augmented reality sebagai media pembelajaran bisa dalam berbagai bentuk, misalnya berupa magic book, AR comic book, dan sebagainya. Penerapan teknologi ini digunakan pada berbagai jenjang pendidikan, baik dasar, menengah, maupun pendidikan tinggi. Berbagai bidang studi seperti Fisika, Biologi, Geografi bahkan bidang studi yang berhubungan dengan kompetensi keterampilan psikomotorik seperti otomotif, arsitek, elektronika, dan sebagainya dapat menerapkan teknologi ini sebagai alat bantu dalam kegiatan pembelajaran. Saat ini di Indonesia memang masih jarang penggunaan teknologi ini dalam kegiatan pembelajaran di sekolah, tetapi di luar negeri teknologi ini telah banyak diterapkan, hal ini terkait dengan penggunaan peralatan serta sumber daya manusia untuk pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality. Contoh Media pembelajaran yang menggunakan teknologi augmented reality dapat dilihat pada beberapa gambar berikut ini.

Gambar 2.1.19 AR Magic Book Planet (Popar Books, 2009)



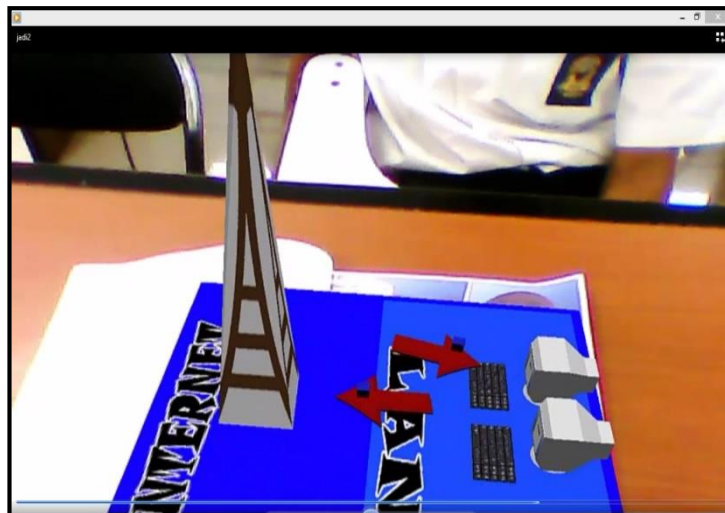
Gambar 2.1.20

AR Magic Book Earth (Learn Gear Technology, 2008)



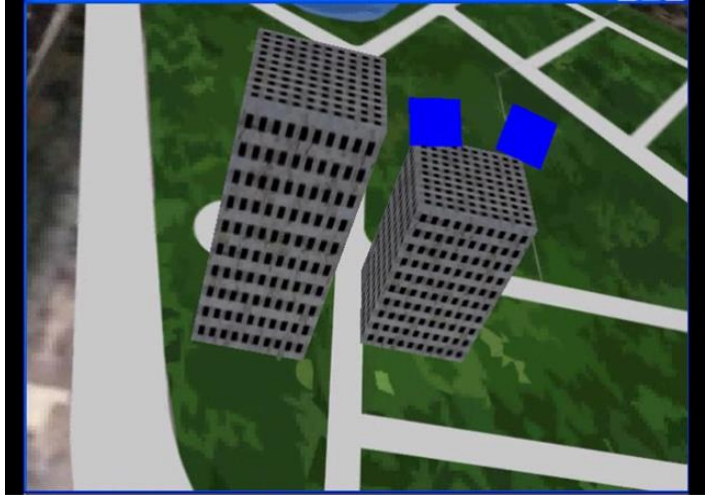
Gambar 2.1.21

AR Comic Book Cara Kerja Web (AR Comic Book Web Design, Dwi Wahyu Widiastuti, 2013)



Gambar 2.1.22

AR Residential Area Design (Tim ARAD STEI ITB, 2008)



Augmented reality yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran di kelas dapat dilihat pada beberapa gambar berikut ini.

Gambar 2.1.23

Augmented Reality in Classroom (Learn Gear Technology, 2008)



Penerapan teknologi augmented reality dalam bidang pendidikan mengalami perkembangan pesat. Saat ini teknologi augmented reality sudah dapat diterapkan pada mobile device seperti tablet dan smartphone. Berikut ini adalah

beberapa contoh penerapan augmented reality sebagai media pembelajaran yang menggunakan mobile device.

Gambar 2.1.24 AR Based ABC Learning Book (Shidiquii A, 2012)



Gambar 2.1.25 AR Interactive Flash Card (Cyber Kids 2012)



Media pembelajaran yang menerapkan augmented reality dapat mengakomodasi berbagai gaya belajar peserta didik (Learn Gear Technology, 2008). Media pembelajaran yang menggunakan teknologi ini dilengkapi visualisasi benda 3D sehingga mengakomodasi visual learner, adanya suara juga mengakomodasi audio learner, serta interaksi pengguna menggunakan virtual hand mengakomodasi kinesthetic learner (Learn Gear Technology, 2008).

Berikut adalah contoh aplikasi augmented reality yang mengakomodasi berbagai learning style menggunakan peralatan berupa Head Mounted Display.

Gambar 2.1.26 *AR For Multiple Intelligence (Learn Gear Technology 2008)*



D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Aktivitas Pengantar Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok)

Pemanfaatan TIK dalam pembelajaran dapat menggunakan berbagai jenis TIK diantaranya teknologi internet, teknologi multimedia, teknologi augmented reality, teknologi mobile, teknologi Brain Computer Interface. Pemilihan jenis TIK yang akan digunakan disesuaikan dengan kebutuhan serta hardware dan software yang tersedia di sekolah masing-masing.

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Anda untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

- Sebutkan peralatan yang harus Anda siapkan sebelum mempelajari materi pembelajaran ini !
- Jelaskan kompetensi apa saja yang harus Anda capai dalam mempelajari materi pembelajaran ini !
- Sebutkan bahan bacaan apa saja yang ada di materi pembelajaran ini !
- Jelaskan cara Anda mempelajari materi pembelajaran ini !

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan LK- 00. Jika Anda dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Anda bisa melanjutkan pembelajaran dengan melakukan Aktivitas Pembelajaran 1 berikut ini.

Aktivitas 1 Diskusi dan menggali informasi perlunya pemanfaatan TIK dalam pembelajaran

Siapkan komputer Anda untuk terhubung ke internet, jika komputer Anda belum terhubung ke internet, mintalah bantuan kepada fasilitator/widyaiswara. Pelajari bahan bacaan 1, lalu diskusikan dan gali informasi melalui internet tentang beberapa permasalahan berikut ini dalam kelompok Anda.

- Jelaskan, mengapa TIK diperlukan dalam kegiatan pembelajaran di kelas?
- Jelaskan apa keuntungan yang diperoleh jika menggunakan TIK dalam kegiatan pembelajaran !
- Bagaimana cara memilih jenis TIK yang sesuai dengan kegiatan pembelajaran sesuai dengan mata pelajaran yang diampu !

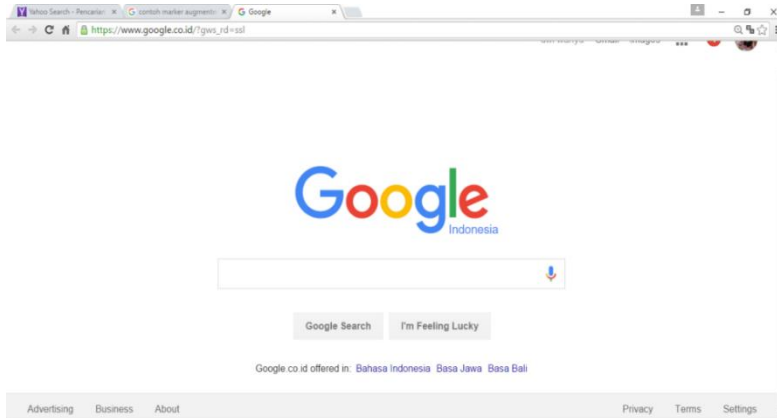
Jawablah permasalahan tersebut dalam kelompok dan tuliskan jawabannya pada LK 1.0. Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Aktivitas 2 Mengamati gambar dan menggali informasi jenis-jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran

TIK bukanlah teknologi yang berdiri sendiri, tetapi merupakan perpaduan hardware dan software. Terkait dengan pemanfaatan TIK dalam pembelajaran, ada berbagai jenis TIK yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Pelajari bahan bacaan 2, amati semua gambar yang ada pada bahan bacaan 2 dan beberapa gambar berikut ini.

Gambar 2.1.27

Search Engine Google



Gambar 2.1.28

Augmented Reality In Classroom (Learn Gear Technology, 2008)



Selanjutnya diskusikan dalam kelompok Anda dan gali informasi melalui internet tentang beberapa permasalahan berikut ini.

- Setelah mempelajari bahan bacaan 2 dan mengamati semua gambar yang ada, bagaimana pengelompokan jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran ?

- Bagaimana cara yang tepat untuk memilih jenis TIK yang sesuai kebutuhan sehingga teknologi yang sudah ada tepat guna dan mendukung tercapainya kompetensi dalam pembelajaran ?

Jawablah permasalahan tersebut dalam kelompok dan tuliskan jawabannya pada LK 2.0. Selanjutnya salah satu kelompok mempresentasikan hasil diskusinya dan kelompok lain memberi tanggapan, dan widyaiswara/fasilitator bersama peserta didik memberi kesimpulan untuk penguatan materi.

Aktivitas 3 Diskusi dan menggali informasi penerapan TIK dalam pembelajaran

Siapkan komputer Anda untuk terhubung ke internet, jika komputer Anda belum terhubung ke internet, mintalah bantuan kepada fasilitator/widyaiswara. Pelajari bahan bacaan 3, lalu diskusikan dan gali informasi melalui internet tentang beberapa permasalahan berikut ini dalam kelompok Anda.

- Setelah mempelajari bahan bacaan 3, dari beberapa contoh penerapan TIK yang diberikan, contoh mana yang memungkinkan dan sesuai untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah Anda !
- Mengapa contoh tersebut dipilih?
- Bagaimana langkah yang dilakukan untuk menerapkan TIK tersebut dalam kegiatan pembelajaran di kelas ?

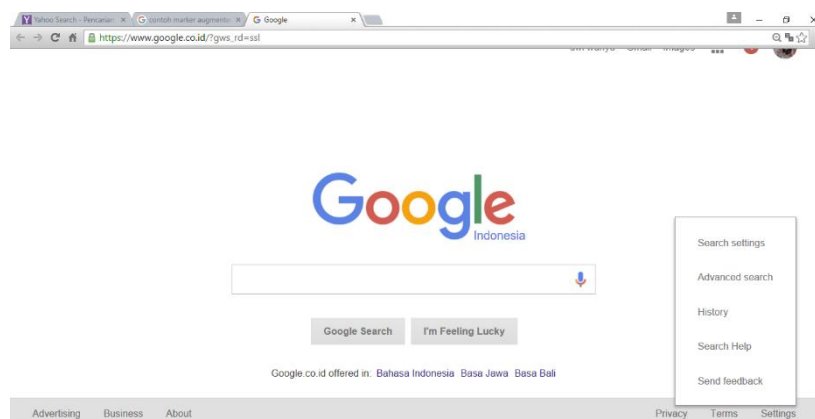
Jawablah permasalahan tersebut dalam kelompok dan tuliskan jawabannya pada LK 3.0. Jika semua permasalahan telah terjawab lanjutkan untuk melakukan aktivitas 4 praktek pemanfaatan TIK berikut ini.

Aktivitas 4 Praktek pemanfaatan TIK dalam kegiatan pembelajaran

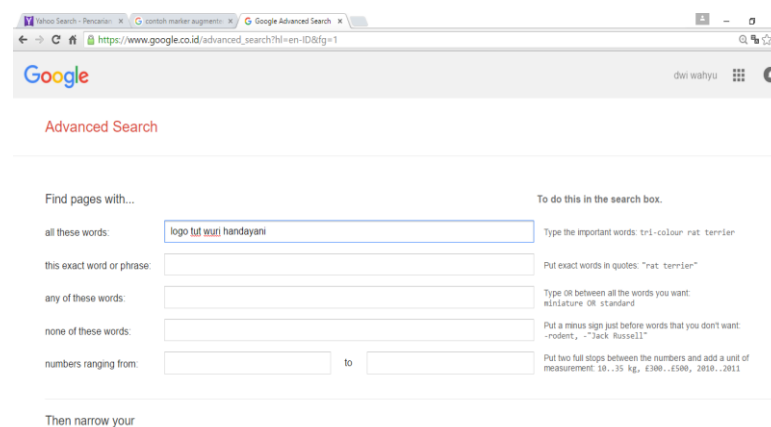
- a. Pemanfaatan teknologi internet dalam pembelajaran dimungkinkan dengan mencari informasi mengenai materi pelajaran melalui Search Engine Google. Anda diminta untuk memanfaatkan teknologi internet dalam mencari materi pelajaran yang diampu. Lakukan langkah-langkah berikut ini.

- Siapkan komputer Anda terhubung ke internet, jika belum terhubung mintalah bantuan fasilitator/pengajar atau teknisi.
- Amati beberapa gambar berikut ini.

Gambar 2.1.29 Advance Search pada Google

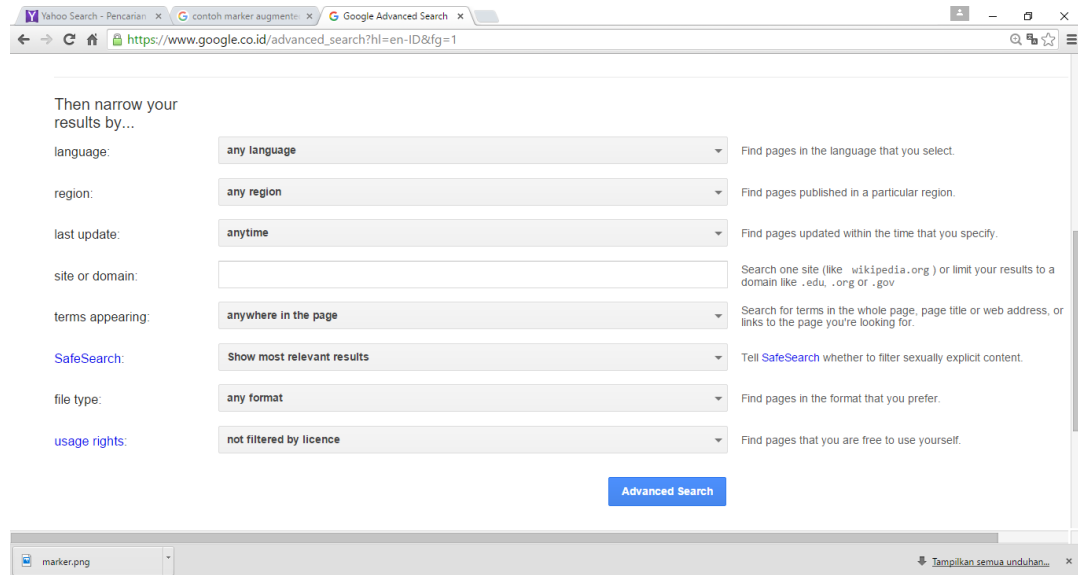


Gambar 2.1.30 Penulisan kata kunci Advance Search



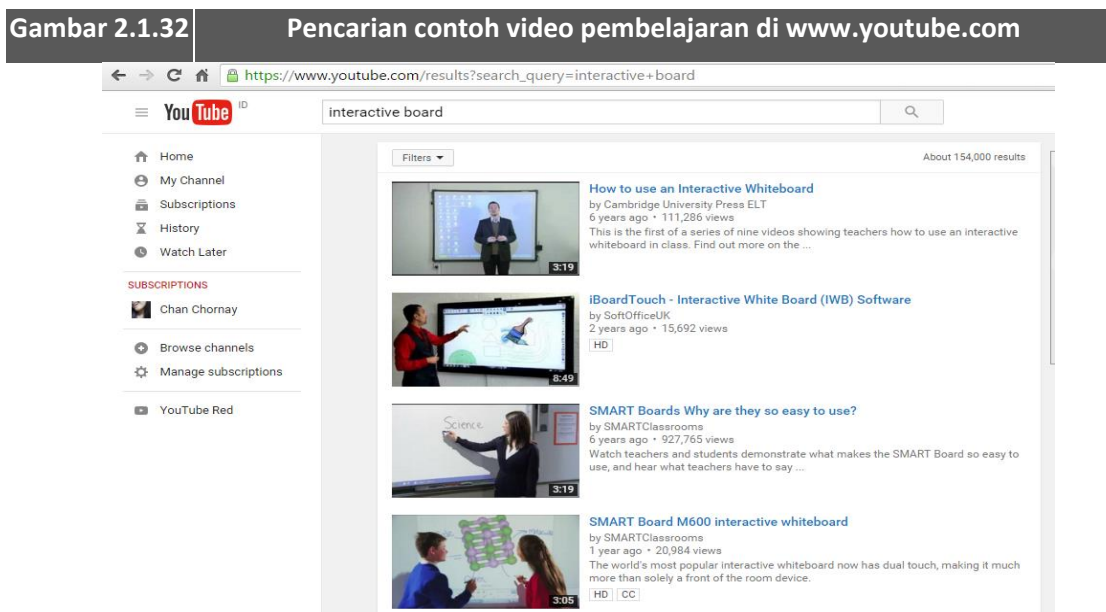
Gambar 2.1.31

Pemilihan tipe file pada Advance Search



- Bukalah website [www. google.com](http://www.google.com), lalu gunakan teknik Advance Search untuk mencari logo Tut Wuri Handayani dengan format file png. Caranya setelah website google terbuka, klik menu images, lalu klik setting, pilih advancesearch, tulis logo tut wuri handayani, typeof image pilih png pada kotak pencarian, seperti terlihat pada gambar point b. Simpan file hasil pencarian tersebut dengan cara klik kanan pada gambar logo tut wuri handayani, lalu pilih save image as (simpan gambar sebagai) dan simpan file tersebut pada folder yang tersedia.
 - Carilah materi pelajaran yang diampu dengan cara yang sama pada point c, tetapi untuk kata kunci pada kotak pencarian tuliskan kata atau kalimat yang menunjukkan materi yang akan dicari, sebagai contoh tuliskan definisi gerak lurus melingkar beraturan dengan tipe file pdf pada kotak pencarian, lalu simpan file yang ditemukan dalam folder yang tersedia.
- b. Mengoperasikan fasilitas e-mail. Pilih salah satu layanan Email yang free diantaranya Gmail. Gunakan browser untuk membuka www.gmail.com, lalu lakukan hal berikut ini.

- Daftarkan alamat e-mail yang baru, dengan cara klik tombol Sign Up, lalu isilah data sesuai permintaan Gmail.
 - Lakukan pengiriman file gambar logo Tut wuri handayani yang sudah dilakukan pada point 1 ke email duniakertasku@gmail.com
- c. E-learning adalah salah satu contoh penerapan TIK yang memadukan teknologi multimedia dan teknologi internet. E-learning memungkinkan belajar dilakukan kapan saja dan dimana saja. Carilah informasi melalui internet tentang fitur-fitur minimal yang harus ada dalam sebuah system e-Learning berbasis web dan kerjakan hasil pencarian informasi tersebut pada LK 4.0.
- d. Perkembangan TIK dalam bidang *hardware* dan *software* memungkinkan munculnya jenis TIK terkini yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran, diantaranya pemanfaatan *interactive board*, *teknologi augmented reality* dan *teknologi brain computer interface*. Selanjutnyacarilah file video tentang *interactive board*, *augmented reality* dan *brain computer interface* pada www.youtube.com, dengan cara berikut ini.
- Bukalah website www.youtube.com, lalu tuliskan *interactive board* pada kotak pencari seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Klik dua kali pada salah satu video yang ingindilihat. Setelah melihat video tersebut, tuliskan hasil pengamatan Anda tentang Interactive Board pada LK 4.0.

- Lakukan hal yang sama untuk melihat video tentang augmented reality dengan menuliskan augmented reality in classroom pada kotak pencarian, lalu klik dua kali salah satu video yang ingin dilihat. Setelah melihat video tersebut, tuliskan hasil pengamatan Anda tentang video Augmented reality pada LK 4.0.
- e. Salah satu jenis TIK yang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan pembelajaran adalah teknologi multimedia. Teknologi multimedia dalam pembelajaran dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti yang telah dijelaskan pada bahan bacaan 3, diantaranya dengan membuat laporan menggunakan software power point. Buatlah laporan hasil pengerjaan kelompok Anda menggunakan software power point dengan memperhatikan beberapa aspek berikut ini.
- Internet sebagai sumber informasi dan referensi
 - Manfaat dan keuntungan menggunakan E-Mail
 - Cara melakukan pencarian materi pelajaran dengan teknik Advance search pada www.google.com
 - Cara mengirim email yang memuat file lampiran (attachment)
 - Hasil pengamatan tentang video interactive board
 - Hasil pengamatan tentang video augmented reality

Aktivitas praktek ini dilakukan secara kelompok sesuai arahan fasilitator/widyaiswara. Hasil diskusi kelompok dipresentasikan sehingga terjadi pertukaran informasi antara satu kelompok dengan kelompok yang lain. Aktivitas pembelajaran ini diharapkan dapat menguatkan pemahaman peserta didik akan pemanfaatan TIK dalam pembelajaran.

LEMBAR KERJA KB 1: PEMANFAATAN TIK DALAM PEMBELAJARAN

LK 0.0 Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

1. Sebutkan peralatan yang harus disiapkan sebelum mempelajari materi pembelajaran ini !

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Jelaskan kompetensi apa saja yang harus dicapai dalam mempelajari materi pembelajaran ini !

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Sebutkan bahan bacaan apa saja yang ada di materi pembelajaran ini !

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Jelaskan cara Anda mempelajari materi pembelajaran ini !

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LK 1.0 Diskusi dan Menggali Informasi perlunya pemanfaatan TIK dalam pembelajaran

1. Jelaskan mengapa TIK diperlukan dalam kegiatan pembelajaran di kelas?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Jelaskan apa keuntungan yang diperoleh jika menggunakan TIK dalam kegiatan pembelajaran !

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Bagaimana cara memilih jenis TIK yang sesuai dengan kegiatan pembelajaran sesuai dengan mata pelajaran yang diampu !

.....

.....

.....

.....

LK 2.0 Mengamati gambar dan menggali informasi jenis-jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran

1. Setelah mempelajari bahan bacaan 2 dan mengamati semua gambar yang ada, bagaimana pengelompokan jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana cara yang tepat untuk memilih jenis TIK yang sesuai kebutuhan sehingga teknologi yang sudah ada tepat guna dan mendukung tercapainya kompetensi dalam pembelajaran ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LK 3.0 Diskusi dan menggali informasi penerapan TIK dalam pembelajaran

1. Setelah Anda mempelajari bahan bacaan 3, dari beberapa contoh penerapan TIK yang diberikan, contoh mana yang memungkinkan dan sesuai untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah Anda !

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa Anda memilih contoh tersebut ?

.....

.....

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

3. Bagaimana langkah yang Anda lakukan untuk menerapkan TIK tersebut dalam kegiatan pembelajaran di kelas ?

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

LK 4.0 Pemanfaatan TIK dalam pembelajaran

1. Carilah informasi melalui internet tentang fitur-fitur minimal yang harus ada dalam sebuah system e-Learning berbasis web !

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

2. Tuliskan hasil pengamatan Anda tentang video Interactive Board hasil pencarian kelompok Anda pada Aktivitas Belajar 4!

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

3. Tuliskan hasil pengamatan Anda tentang video Augmented reality hasil pencarian kelompok Anda pada Aktivitas Belajar 4!

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

4. Buatlah laporan hasil praktek Aktivitas Belajar 4 menggunakan software power point dengan memperhatikan beberapa aspek berikut ini.
 - Internet sebagai sumber informasi dan referensi
 - Manfaat dan keuntungan menggunakan E-Mail
 - Cara melakukan pencarian materi pelajaran dengan teknik Advance search pada www.google.com
 - Cara mengirim email yang memuat file lampiran (attachment)
 - Hasil pengamatan tentang video interactive board
 - Hasil pengamatan tentang video augmented reality

E. Rangkuman

Teknologi informasi dan komunikasi adalah hasil rekayasa manusia terhadap proses penyampaian informasi dan proses penyampaian pesan dari satu pihak kepada pihak lain sehingga lebih cepat, lebih luas sebarannya dan lebih lama penyimpanannya. Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memuat semua teknologi yang berhubungan dengan penanganan informasi. Penanganan ini meliputi pengambilan, pengumpulan, pengolahan, penyimpanan, penyebaran, dan penyajian informasi.

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) bukan merupakan teknologi yang berdiri sendiri, tetapi merupakan kombinasi dari *hardware* dan *software*. Hal penting yang harus diperhatikan dalam memanfaatkan TIK sebagai media pembelajaran yaitu *hardware* dan *software* yang tersedia dan jenis metode pembelajaran yang akan digunakan. Saat ini banyak hardware dan software yang dapat digunakan untuk pengembangan media pembelajaran diantaranya smartphone yang memiliki portabilitas dan ukuran kecil sehingga mudah dibawa kemana saja. Pemanfaatan

software untuk pengembangan media pembelajaran berbasis TIK diantaranya penggunaan Power Point untuk membuat presentasi, Adobe Flash untuk membuat game edukasi dan tutorial interaktif serta masih banyak software lain yang dipadukan dengan hardware yang ada dan digunakan sebagai alat bantu belajar.

Jenis-jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran diantaranya yaitu teknologi multimedia, teknologi internet, teknologi augmented reality, dan sebagainya. Contoh penerapan TIK dalam pembelajaran misalnya e-Learning yang memadukan teknologi multimedia dan teknologi internet, sehingga belajar dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja. Pemanfaatan teknologi augmented reality misalnya dalam bentuk *magic book*, yang memungkinkan peserta didik mengalami pengalaman yang berbeda sehingga pembelajaran berlangsung dalam suasana menyenangkan. Pemanfaatan TIK dalam kegiatan pembelajaran diharapkan dapat mengubah paradigma dalam proses pembelajaran yang semula *teacher based* menjadi *resource based*, dan yang semula *teacher centered* menjadi *student centered*.

F. Tes Formatif

1. Jelaskan pengertian teknologi informasi dan komunikasi!
2. Jelaskan manfaat penggunaan TIK dalam kegiatan pembelajaran !
3. Jelaskan jenis-jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran!
4. Berikan contoh pemanfaatan teknologi internet dalam kegiatan pembelajaran!
5. Berikan contoh pemanfaatan teknologi multimedia dalam kegiatan pembelajaran !

G. Kunci Jawaban

1. Pengertian TIK adalah hasil rekayasa manusia terhadap proses penyampaian informasi dan proses penyampaian pesan dari satu pihak kepada pihak lain sehingga lebih cepat, lebih luas sebarannya dan lebih lama penyimpanannya
2. Manfaat penggunaan TIK yaitu TIK sebagai alat bantu belajar, TIK sebagai media pembelajaran, dan TIK sebagai ilmu pengetahuan.
3. Jenis-jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran yaitu teknologi internet, teknologi multimedia, teknologi augmented reality, teknologi brain computer interface.
4. Contoh pemanfaatan teknologi internet dalam kegiatan pembelajaran yaitu pencarian informasi materi pelajaran dengan search engine google, penerapan e-Learning di sekolah.
5. Contoh pemanfaatan teknologi multimedia dalam kegiatan pembelajaran yaitu penggunaan tutorial interaktif dalam pembelajaran, pembuatan presentasi multimedia, penggunaan interactive board.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : KOMPONEN AKTIF

A. Tujuan

- a. Setelah mengamati berbagai macam komponen aktif, peserta dapat menafsirkan karakteristik diode penyearah dengan teliti
- b. Setelah membaca teks bahan bacaan, peserta dapat menafsirkan karakteristik diode zener dengan teliti dan hati-hati.
- c. Setelah mengikuti kegiatan praktikum peserta dapat Menafsirkan karakteristik Transistor bipolar.
- d. Setelah membaca teks bahan bacaan, peserta dapat menafsirkan karakteristik FET dengan teliti dan hati-hati.
- e. Setelah membaca teks bahan bacaan, peserta dapat menafsirkan karakteristik MOSFET dengan teliti dan hati-hati.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mempelajari Kegiatan belajar ini peserta diklat dapat

- a. Menafsirkan karakteristik diode penyearah
- b. Menafsirkan karakteristik diode zener
- c. Menafsirkan karakteristik Transistor bipolar
- d. Menafsirkan karakteristik FET
- e. Menafsirkan karakteristik MOSFET

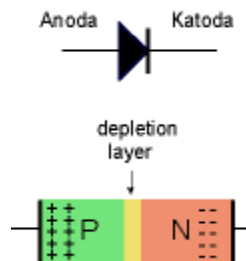
C. Uraian Materi

a. Dioda Penyearah

Dioda memiliki fungsi yang unik, yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Struktur dioda tidak lain adalah sambungan semikonduktor P dan N. Satu sisi adalah semikonduktor dengan tipe P dan satu sisinya yang lain adalah tipe N. Dengan struktur demikian arus hanya akan dapat mengalir dari sisi P menuju sisi N.

Gambar 2. 1

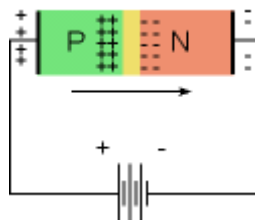
Struktur Dioda



Gambar di atas menunjukkan sambungan PN dengan sedikit porsi kecil yang disebut lapisan deplesi (*depletion layer*) dan terdapat keseimbangan *hole* dan elektron. Seperti yang sudah diketahui, pada sisi P banyak terbentuk *hole-hole* yang siap menerima elektron sedangkan di sisi N banyak terdapat elektron-elektron yang siap untuk bebas merdeka. Lalu jika diberi bias positif, dengan arti kata memberi tegangan potensial sisi P lebih besar dari sisi N, elektron dari sisi N dengan serta merta akan bergerak untuk mengisi *hole* di sisi P. Tentu saja jika elektron mengisi *hole* di sisi P maka akan terbentuk *hole* pada sisi N karena ditinggal elektron. Ini disebut aliran *hole* dari P menuju N dan jika menggunakan terminologi arus listrik maka dikatakan terjadi aliran listrik dari sisi P ke sisi N.

Gambar 2. 2

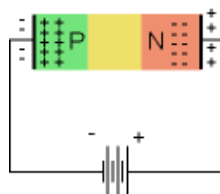
Rangkaian Bias Maju



Sebaliknya, apakah yang terjadi apabila polaritas tegangan dibalik dengan memberikan bias negatif (*reverse bias*). Dalam hal ini, sisi N mendapat polaritas tegangan lebih besar dari sisi P.

Gambar 2. 3

Rangkaian Bias Mundur

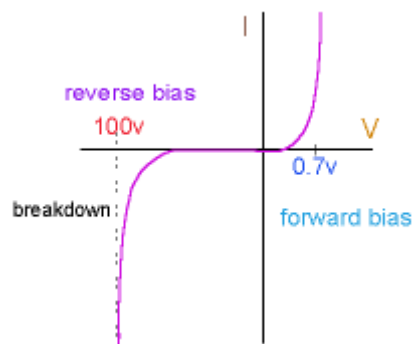


Tentu jawabanya adalah tidak akan terjadi perpindahan elektron atau aliran *hole* dari P ke N maupun sebaliknya. *Hole* dan elektron masing-masing tertarik ke arah kutub berlawanan. Bahkan lapisan deplesi (*depletion layer*) semakin besar dan menghalangi terjadinya arus.

Demikianlah penjelasan bagaimana dioda hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Dengan tegangan bias maju yang kecil saja dioda sudah menjadi konduktor. Tidak serta merta di atas 0 volt tetapi memang tegangan beberapa volt di atas nol baru bisa terjadi konduksi. Ini disebabkan karena adanya dinding deplesi (*depletion layer*). Pada dioda yang terbuat dari bahan Silikon tegangan konduksi adalah di atas 0.7 volt. Kira-kira 0.2 volt batas minimum untuk dioda yang terbuat dari bahan Germanium.

Gambar 2. 4

Grafik Hubungan Tegangan Bias dan Arus Dioda



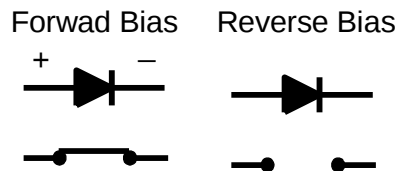
Sebaliknya, untuk bias negatif dioda tidak dapat mengalirkan arus memang ada batasnya. Sampai beberapa puluh bahkan ratusan volt baru terjadi *breakdown* dan dioda tidak lagi dapat menahan aliran elektron yang terbentuk di lapisan deplesi.

Tegangan di mana arus mulai bertambah secara cepat disebut tegangan lutut (*knee*) atau *offset*. Pada dioda silikon, tegangan ini sama dengan potensial barier, sekitar 0,7 V. (Dioda germanium mempunyai tegangan *offset* 0,3 V). Tegangan di mana arus mulai bertambah secara cepat disebut tegangan lutut (*knee*) atau *offset*. Pada dioda silikon, tegangan ini sama dengan potensial barier, sekitar 0,7 V.

Pendekatan diode

Gambar 2. 5

Dioda ideal



Marilah kita dekati karakteristik dioda. Apa yang dilakukan oleh dioda?. Dioda konduk dengan baik dalam arah *forward* dan buruk dalam arah *reverse*. Jika diambil inti sarinya maka yang kita peroleh adalah suatu dioda ideal berlaku sebagai konduktor yang sempurna (bertegangan nol) bila diberi *forward* bias dan berlaku sebagai isolator yang sempurna (berarus nol) bila diberi *reverse* bias. Dalam istilah rangkaian, dioda ideal berlaku seperti saklar (*switch*).

Pendekatan Kedua

Kita membutuhkan tegangan *offset* sekitar 0,7 V sebelum dioda silikon konduk dengan baik. Tegangan sumber besar, 0,7 V tidak menjadi persoalan. Akan tetapi, jika tegangan sumber tidak besar maka kita harus memperhitungkan adanya tegangan lutut tersebut.

Pendekatan Ketiga

Pada pendekatan ketiga dari dioda, kita perhitungkan tahanan bulk RB. Seperti yang lalu, dioda konduk pada 0,7V

$$V_F = 0,7V + I F R_B$$

a) Tahanan DC dari Dioda

Jika *Anda* menghitung perbandingan dari tegangan total dioda terhadap arus total dioda, *Anda* akan memperoleh tahanan dc dioda tersebut. Dalam arah *forward* tahanan dc ini diberi simbol RF dan dalam arah *reverse* diberi simbol RR.

Tahanan *forward*

Dioda adalah tahanan yang nonlinier. Oleh karena itu, tahanan dc-nya bervariasi dengan arus yang melaluinya. Sebagai contoh adalah beberapa pasang arus dan tegangan *forward* untuk tipe 1N914 : 10 mA pada 0,65 V, 30 mA pada 0,75 V, dan 50 mA pada 0,85 V. Pada titik pertama tahanan dc-nya adalah 65, 25 dan 17 ohm. Perhatikan bahwa tahanan dc berkurang bila arus naik. Dalam setiap hal, tahanan *forward* adalah kecil.

Tahanan *Reverse*

Merupakan dua pasang arus dan tegangan *reverse* untuk 1N914; 25 nA pada 20V ; 5 PA pada 75 V. Pada titik pertama, tahanan dc-nya adalah 800M Ohm dan Pada titik kedua, 15 MegaOhm.

Perhatikanlah bahwa tahanan dc berkurang bila kita mendekati tegangan *breakdown* (75 V). Walaupun demikian, tahanan *reverse* dioda tetap tinggi, masih dalam ukuran MegaOhm.

b. Dioda Zener

Dioda Zener bekerja di daerah *breakdown*. Dioda ini merupakan tulang punggung dari pengatur tegangan, yaitu rangkaian yang menjaga tegangan beban tetap.

Gambar 2. 6

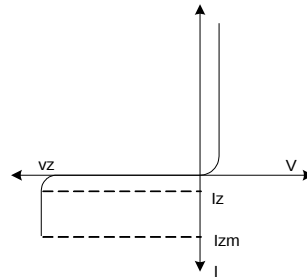
Simbol Dioda Zener



Grafik Arus dan Tegangan

Gambar 2. 7

Grafik arus dan tegangan



Batas Kemampuan Maksimum

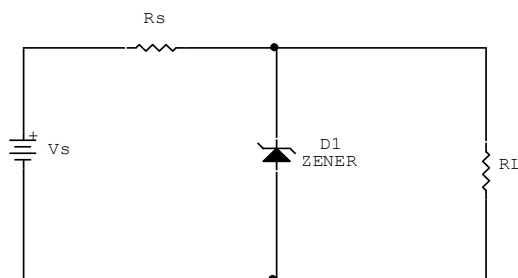
Penyerapan daya pada dioda zener sama dengan hasil kali tegangan dan arusnya.

$$P_z = V_z I_z$$

Dioda zener yang dibeli di pasaran mempunyai batas kemampuan $\frac{1}{4}$ W sampai 50 W.

Gambar 2. 8

Grafik Arus dan Tegangan Rangkaian Dioda Zener



Contoh Soal

Dioda zener mempunyai $V_z = 10V$. Gunakan pendekatan zener ideal untuk menghitung arus zener minimum dan maksimum jika $V_s = 20-40V$ dan $R_s = 820\Omega$.

Jika rangkaian tersebut belum di pasang beban R_L ?

$$I_s = \frac{V_s - 10}{R_s}$$

$$I_{z \min} = \frac{20 - 10}{820} = 12,2mA$$

$$I_{z \max} = \frac{40 - 10}{820} = 36,6mA$$

Tegangan theveninnya adalah

$$V_{th} = \frac{RL}{RL + RS} \cdot V_s$$

Arus seri adalah

$$I_s = \frac{V_s - V_z}{R_s}$$

Arus zener adalah

$$I_s = I_z + I_L$$

c. Transistor Bipolar

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, pemotong (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik dan diatur berdasarkan arus inputnya *Bipolar Junction Transistor* (BJT) atau tegangan inputnya *Field Effect Transistor* (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal. Tegangan atau arus yang dipasang di satu terminalnya yang mengatur arus yang lebih besar melalui 2 terminal lainnya. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronika modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai *logic gate*, memori, dan komponen-komponen lainnya.

Pada awalnya ada dua tipe dasar transistor, yaitu *Bipolar Junction Transistor* (BJT atau transistor bipolar) dan *Field-Effect Transistor* (FET) yang masing-masing bekerja secara berbeda.

Transistor bipolar dinamakan demikian karena kanal konduksi utamanya menggunakan dua polaritas pembawa muatan elektron dan lubang untuk membawa arus listrik. Dalam BJT, arus listrik utama harus melewati satu daerah/lapisan

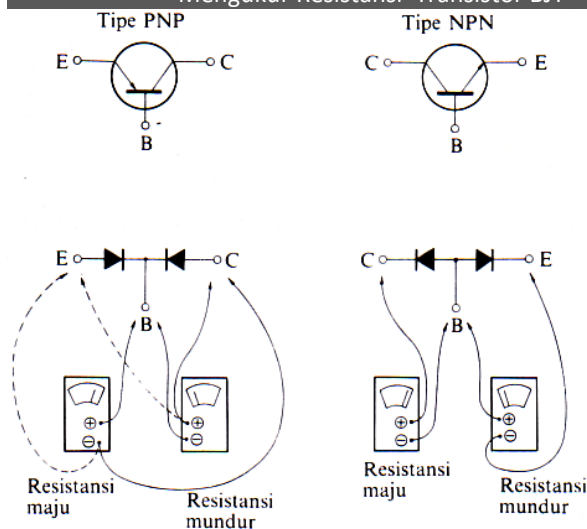
pembatas yang dinamakan depletion zone dan ketebalan lapisan ini dapat diatur dengan kecepatan tinggi dengan tujuan untuk mengatur aliran arus utama tersebut. FET (dinamakan juga transistor unipolar) hanya menggunakan satu jenis pembawa muatan (elektron atau hole, tergantung dari tipe FET). Dalam FET, arus listrik utama mengalir dalam satu kanal konduksi sempit dengan *depletion zone* di kedua sisinya (dibandingkan dengan transistor bipolar di mana daerah basis memotong arah arus listrik utama). Sementara itu, ketebalan dari daerah perbatasan ini dapat diubah dengan perubahan tegangan yang diberikan untuk mengubah ketebalan kanal konduksi tersebut. Lihat artikel untuk masing-masing tipe transistor tersebut untuk mendapatkan penjelasan yang lebih lanjut.

BJT (*Bipolar Junction Transistor*) adalah salah satu dari dua jenis transistor. Cara kerja BJT dapat dibayangkan sebagai dua dioda yang terminal positif atau negatifnya berdempet sehingga ada tiga terminal. Ketiga terminal tersebut adalah emiter (E), kolektor (C), dan basis (B).

Perubahan arus listrik dalam jumlah kecil pada terminal basis dapat menghasilkan perubahan arus listrik dalam jumlah besar pada terminal kolektor. Prinsip inilah yang mendasari penggunaan transistor sebagai penguat elektronik. Rasio antara arus pada kolektor dengan arus pada basis biasanya dilambangkan dengan β atau h_{FE} . β dan biasanya berkisar sekitar 100 untuk transistor-transistor BJT.

Gambar 2. 9

Mengukur Resistansi Transistor BJT

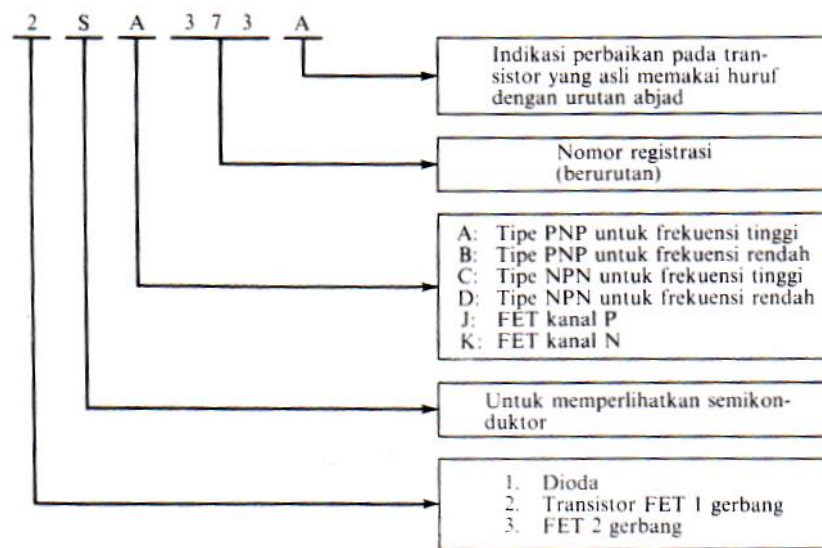


Indikasi transistor

Sebuah transistor diberi indikasi/nama seperti misalnya 2S 0. . . , Sementara itu, IS berarti sebuah dioda. Metoda indikasi ditunjukkan pada Gbr. 2.39 Huruf A, B, C dan D diikuti 2S memperlihatkan karakteristik transistor karena itu sangat penting untuk diketahui.

Gambar 2. 10

Indikator Transistor

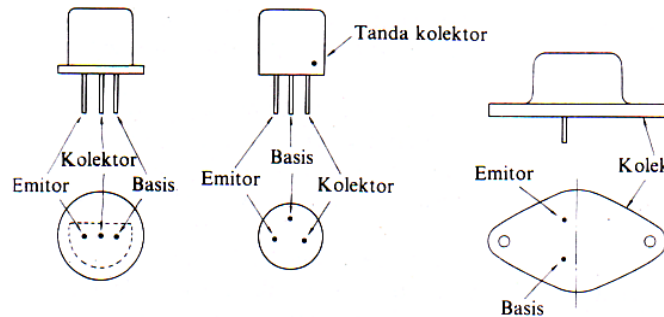


Karakteristik transistor

Pada karakteristik transistor sebuah huruf yang menyatakan frekuensi yang digunakan dan tipe dari *junction* (hubungan) adalah sangat penting, bersama batas maksimum, penguatan arus (h_{FF} atau h_{fe}), juga frekuensi *cut off* (patah) transistor. Semuanya diperlihatkan pada daftar karakteristik. Karakteristik tersebut berubah pada pemakaian frekuensi yang melebihi f_{a_b} (f_{β}). Jika transistor diganti dengan tipe yang sama maka tidak timbul masalah. Akan tetapi, jika diganti dengan tipe yang berbeda maka tidak akan bekerja bahkan mungkin menjadi rusak.

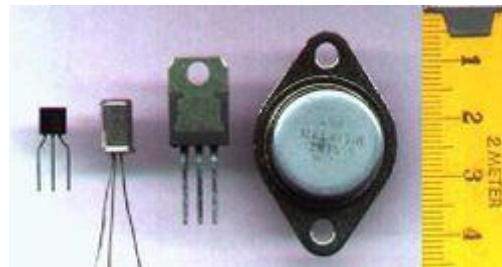
Gambar 2. 11

Bentuk Transistor



Gambar 2. 12

Berbagai Macam Transistor



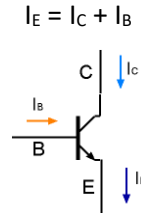
Arus bias

Ada tiga konfigurasi yang umum untuk merangkai transistor, yaitu rangkaian *Common Emitter* (CE), *Common Collector* (CC), dan *Common Base* (CB). Akan tetapi, saat ini akan dijelaskan lebih detail mengenai konfigurasi transistor rangkaian CE. Dengan menganalisa rangkaian CE dapat diketahui beberapa parameter penting dan berguna terutama untuk memilih transistor yang tepat untuk aplikasi tertentu. Tentu untuk aplikasi pengolahan sinyal frekuensi audio semestinya tidak menggunakan transistor power sebagai contohnya.

\

Arus Emiter

Dari hukum Kirchhoff diketahui bahwa jumlah arus yang masuk ke satu titik akan sama jumlahnya dengan arus yang keluar. Jika hukum tersebut diaplikasikan pada transistor maka hukum itu menjelaskan hubungan.



Persamaan (1) tersebut mengatakan arus emiter I_E adalah jumlah dari arus kolektor I_C dengan arus base I_B . Arus I_B sangat kecil sekali atau disebutkan $I_B \ll I_C$ karena itu dapat di nyatakan

$$I_E = I_C$$

Alpha (α)

Pada tabel data transistor (*databook*) sering dijumpai spesifikasi α_{dc} (alpha dc) yang tidak lain adalah

$$\alpha_{dc} = I_C / I_E$$

Defenisinya adalah perbandingan arus kolektor terhadap arus emitor.

Besar arus kolektor umumnya hampir sama dengan besar arus emiter. Oleh karena itu, idealnya besar α_{dc} adalah = 1 (satu). Akan tetapi, umumnya transistor yang ada memiliki α_{dc} kurang lebih antara 0.95 sampai 0.99.

Beta (β)

Beta didefenisikan sebagai besar perbandingan antara arus kolektor dengan arus base.

$$\beta = I_C / I_B$$

β adalah parameter yang menunjukkan kemampuan penguatan arus (*current gain*) dari suatu transistor. Parameter ini tertera di *databook* transistor dan sangat membantu para perancang rangkaian elektronika dalam merencanakan rangkaianannya.

Misalnya, jika suatu transistor diketahui besar $\beta=250$ dan diinginkan arus kolektor sebesar 10 mA maka berapakah arus bias base yang diperlukan. Tentu jawabannya sangat mudah, yaitu

$$I_B = I_C / \beta = 10\text{mA} / 250 = 40 \text{ } \mu\text{A}$$

Arus yang terjadi pada kolektor transistor yang memiliki $\beta = 200$ jika diberi arus bias base sebesar 0.1mA adalah

$$I_C = \beta \cdot I_B = 200 \times 0.1\text{mA} = 20 \text{ mA}$$

Berdasarkan rumusan ini, lebih terlihat definisi penguatan arus transistor, yaitu sekali lagi, arus base yang kecil menjadi arus kolektor yang lebih besar.

Secara umum, transistor dapat dibeda-bedakan berdasarkan banyak kategori, yaitu :

- Materi semikonduktor; germanium, silikon, gallium arsenide.
- Kemasan fisik; *through hole metal*, *through hole plastic*, *surface mount*, *ic*, dan lain-lain.
- Tipe; UJT, BJT, JFET, IGFET (MOSFET), IGBT, HBT, MISFET, VMOSFET, serta pengembangan dari transistor, yaitu *Integrated Circuit (IC)* dan lain-lain.
- Polaritas; NPN atau N-channel, PNP atau P-channel.
- Maximum kapasitas daya; *low power*, *medium power*, *high power*.
- Maximum frekuensi kerja; *low*, *medium*, atau *high frequency*, *rf transistor*, *microwave*, dan lain-lain.
- Aplikasi; amplifier, saklar, *general purpose*, audio, tegangan tinggi, dan lain-lain.

Gambar 2. 14

Simbol Jenis-jenis TransistorField Effect Transistor (FET)

 NPN	 NPN1	 NJFET	 NIGBT	 NDMOS	 NEMOS
 PNP	 PNP1	 PJFET	 PIGBT	 PDMOS	 PEMOS
Transistor	Darlington	JFET	IGBT	D MOSFET	E MOSFET

Pada FET hanya menggunakan satu jenis pembawa muatan, dikelompokkan sebagai devais unipolar. Dibandingkan dengan BJT, FET memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah:

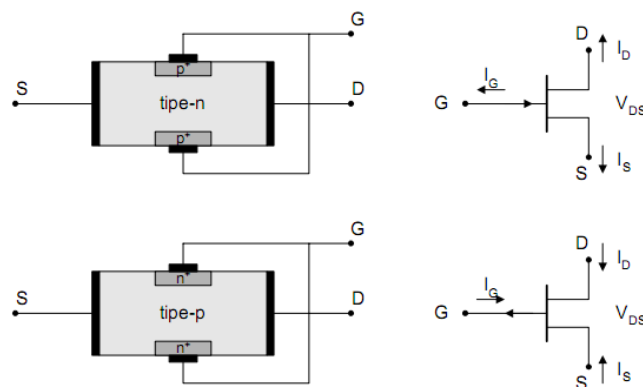
\Hambatan dalam input sangat bcsar, yaitu sekitar - $10^6 \Omega$ untuk JFET (Junction FET) dan - $10^8 \Omega$ untuk MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET)

1. Noisenya kecil, karena pembawa muatan pada FET tidak melewati hubungan p-n sama sekali.
2. densitas FET sangat tinggi sehingga dapat dibentuk rangkaian integrasi lebih padat
3. Lebih stabil terhadap suhu
4. Disamping itu kekurangan FET dibandingkan dengan BJT adalah:
5. Kecepatan *switchingnya* lebih rendah/lambat
6. Tidak mampu menanggapi daya besar, walaupun saat ini sudah ada FET yang mampu bekerja untuk daya besar.

Konstruksi fisik simbul JFET ditunjukkan gambar berikut:

Gambar 2. 15

Konstruksi fisik dari JFET dan simbulnya



FET memiliki 3 terminal yaitu Source(S), Drain(D), dan Gate(G). Source adalah terminal tempat pembawa muatan mayoritas masuk ke kanal untuk menyediakan arus melalui kanal. Drain adalah terminal arus meninggalkan kanal. Gate adalah

elektroda yang mengontrol konduktansi antara Source dan Drain. Sinyal input diberikan pada terminal Drain. Sedangkan Substrate atau bulk umumnya dihubungkan dengan Source. Material pada substrate biasanya netral atau *didope* sedikit.

Umumnya sinyal input diberikan pada terminal Gate. Dalam rangkaian input, terminal Gate dan kanal bertindak seolah-olah sebagai kapasitor plat sejajar, dan konduktivitas kanal dapat diubah oleh tegangan Gate terhadap Source. Untuk kanal-n, tegangan positif pada Gate menginduksi muatan negatif pada kanal sehingga ada aliran elektron dari Source ke Drain.

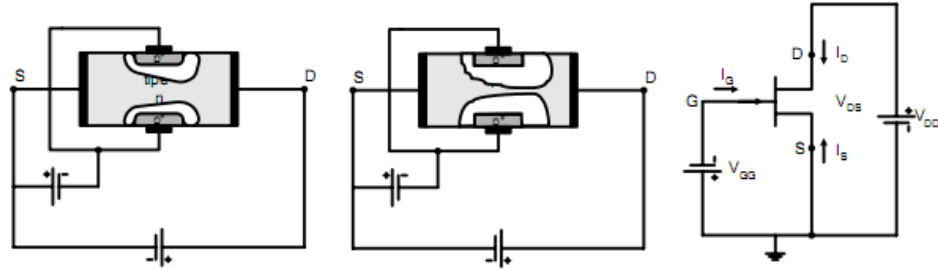
Ada analogi yang sangat mirip antara JFET dengan BJT. Banyak formula-formula dalam rangkaian JFET mirip dengan formula pada BJT, yaitu dengan menganalogikan sbb:

Bipolar	JFET
Emiter	Source
Basis	Gate
Kolektor	Drain

d. Pembiasan pada JFET

JFET tidak bekerja berdasarkan arus listrik melainkan akibat medan listrik yang terjadi tegangan input ke terminal gerbang (Gate). Medan listrik dipakai untuk mengontrol lebar saluran tempat terjadinya konduksi antara terminal pembuangan (Drain) dan sumber (Source). Sehingga FET akan sangat efektif jika mendapat tegangan disamping memiliki impedansi input yang sangat besar dalam orde $\sim M\Omega$.

Arus Drain melalui satu jenis bahan semikonduktor, yaitu tipe-n untuk kanal-n dan tipe-p untuk kanal-p. Pada JFET kanal-n pembawa muatannya adalah elektron bebas, sehingga terminal D harus diberi potensial positif. Selanjutnya JFET kanal-n dibias dengan cara seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



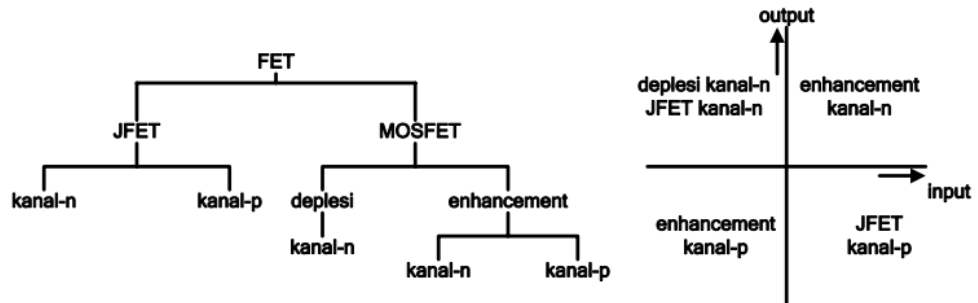
Sebagai pendekatan tidak ada arus yang mengalir pada Gate $I_G = 0$, hal ini karena hambatan dalam input JFET $= \infty$.

Perhatikan lapisan deplesi yang terbentuk akibat pembiasan, lebar lapisan deplesi ini bervariasi terhadap V_{DS} . Kanal-n tsb akan tertutup yaitu lebar kanal = 0 terjadi pada saat $V_{DS} = V_p$ (dengan V_p adalah tegangan pinch-off/penjepit) dan untuk $V_{DS} > V_p$ praktis hambatan Drain tak berubah.

Pada JFET, junction Field effect transistor, Gate dan kanal membentuk hubungan PN konvensional, namun memiliki hambatan dalam besar akibat bias mundur. Sedangkan pada IGFET, Insulated Gate Field Effect Transistor, atau MOSFET, Metal Oxide Semiconductor FET, memiliki elektroda yang terpisah dari kanal oleh lapisan tipis SiO_2 . Tegangan yang diberikan pada Gate dapat menginduksikan muatan di kanal untuk mengontrol arus Drain. Hambatan dalam inputnya sangat besar dan tidak bergantung pada polaritas tegangan Gate, disamping itu juga relatif tidak terpengaruh oleh suhu. Ada dua tipe MOSFET yaitu tipe *enhancement* dan tipe *depletion*. Pada tipe *enhancement* arus pada kanal hanya terjadi jika diberi tegangan Gate. Sedangkan pada tipe *depletion* arus pada kanal dapat terjadi pada saat tegangan Gate = 0. Dalam simbol skematik tipe *enhancement* ditandai dengan garis putus-putus pada kanal, sedangkan tipe *depletion* ditandai dengan garis utuh untuk kanal. Secara skematik pengelompokkan FET dan peta tegangan output (dengan Source di-ground-kan) diberikan berikut ini.

Gambar 2. 17

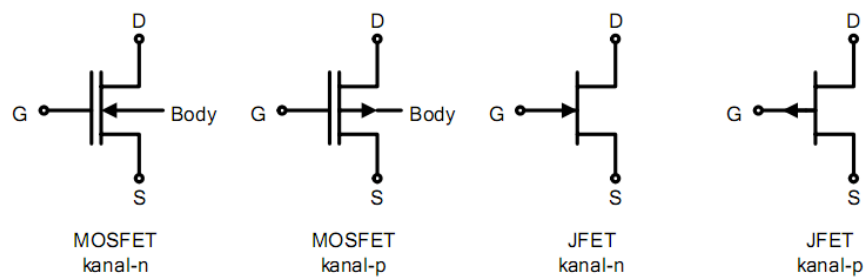
Penggolongan FET dan peta tegangan input/output



Sedangkan diagram skematik dari berbagai tipe FET ditunjukkan pada gambar berikut ini.

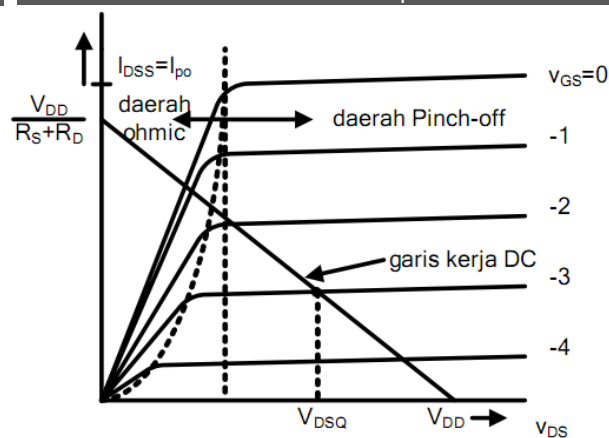
Gambar 2. 18

Diagram skematik FET.



Karakteristik JFET Karakteristik output JFET kanal-n pada konfigurasi CS (common-source) dengan $v_{GS} \leq 0$ ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 2. 19

Karakteristik output V_{DS} vs I_D 

JFET berlaku sebagai devais linear sampai daerah depleksi pada bias mundur G-S yang memperlebar kanal, dikenal sebagai kondisi *pinchoff*: Hubungan antara i_D terhadap v_{GS} bersifat kuadratik, sebagai:

$$i_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{v_{GS}}{V_{po}} \right)^2$$

dengan I_{DSS} : arus drain pada saat $v_{GS} = 0$ volt,

merupakan arussaturasi pada ssat Gate terhubung singkat. $I_{DSS} = k_I T^{-3/2}$

$$\Delta V_{PO} = -k_V \Delta T$$

V_{PO} : tegangan drain pada saat pinch-off = - $V_{GS(off)}$.

K_1 dan k_V : konstanta yang bergantung pada jenis FET

Nilai $V_{GS(off)}$ sulit diukur secara akurat, sedangkan besaran I_{DSS} dan g_{m0} lebih mudah diukur dengan ketelitian tinggi. Untuk itu bisa dilakukan pendekatan yaitu:

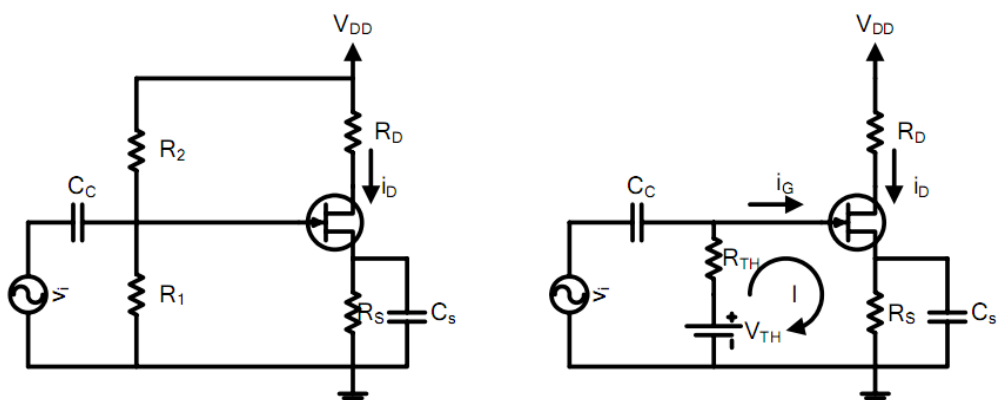
$$V_{GS(off)} = \frac{-2I_{DSS}}{g_{m0}}$$

Garis Kerja

Berikut ini rangkaian common source dari FET berikut rangkaian pengganti Thevenin pada bagian inputnya.

Gambar 2. 20

Rangkaian Common Source dan rangkaian penggantinya



Dari rangkaian pengganti tsb terlihat bahwa V_{TH} dan R_{TH} , adalah tegangan dan hambatan pengganti Thevenin, yaitu

$$V_{th} = V_{DD} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ dan } R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Selanjutnya untuk loop I, untuk $I_G = 0$ diperoleh

$$i_D = \frac{V_{GG}}{R_S} - \frac{v_{GS}}{R_S},$$

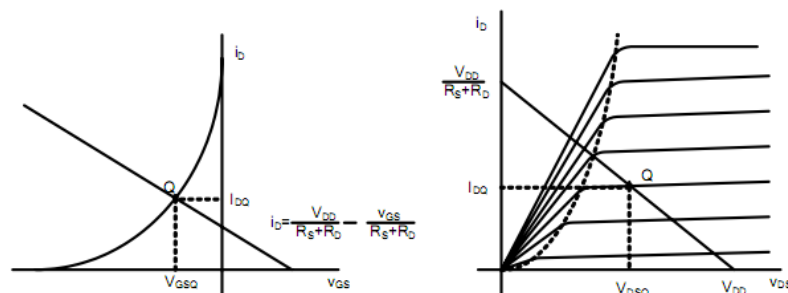
$$i_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{v_{GS}}{V_{po}} \right)^2$$

persamaan ini merupakan persamaan garis lurus antara i_D dan V_{GS} dikenal sebagai garis *bias transfer*, dengan $V_{GG} = V_{th}$. Titik potong dengan persamaan sebagai berikut : merupakan titik kerja, seperti ditunjukkan pada gambar 2.21. Sedangkan dari loop D-S, arus drain dapat dihitung yaitu sebesar

$$i_D = \frac{V_{DD}}{R_S + R_D} - \frac{V_{DS}}{R_S + R_D}.$$

Gambar 2. 21

Titik Kerja



Pada Gambar 5b , Titik kerja V_{DSQ} dicari dengan

$$V_{DSQ} = V_{DD} - (R_S + R_D) I_{DQ}$$

Dari kurva transkonduktansi I_D VS. V_{GS} berbentuk kurva kuadratik yang menunjukkan bahwa nilai transkonduktansi bergantung pada V_{GS} yang dapat didekati dengan pendekatan linear sebagai :

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right),$$

Dengan transkonduktansi maksimum adalah

$$g_{m0} = g_m \Big|_{V_{GS}=0}.$$

$$I_d = g_m V_{gs} + \frac{1}{r_{ds}} V_{ds}$$

$$g_m = \frac{I_d}{V_{gs}} \Big|_{V_{ds}=0}$$

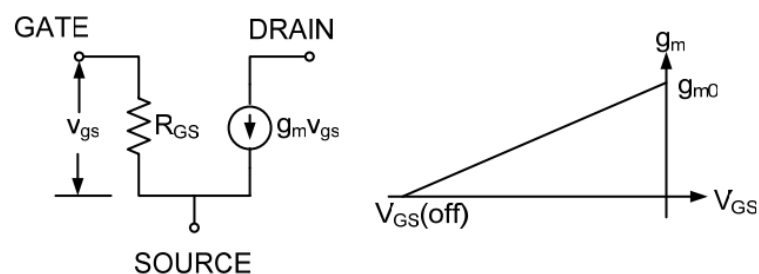
Dengan g_m transkonduktansi bersama,

$$r_{ds} = \frac{1}{g_{ds}} : \text{hambatan drain, } r_{ds} = \frac{V_{ds}}{I_d} \Big|_{V_{gs}=0}.$$

Rangkaian ekivalennya ditunjukkan pada gambar berikut ini.

Gambar 2. 22

Rangkaian ekivalen JFET untuk sinyal kecil



Contoh :

Transistor FET 2N5457 diketahui $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$ dan $g_{m0} = 5000 \text{ } \mu\text{S}$. Tentukan (a) nilai $V_{GS(off)}$ dan (b) nilai g_m pada saat $V_{GS} = -2 \text{ V}$

Solusi:

Tegangan $V_{GS(off)}$ dicari dengan menggunakan persamaan

$$V_{GS(off)} = \frac{-2I_{DSS}}{g_{m0}}, \text{ sehingga } V_{GS(off)} = -3,2 \text{ V}$$

Transkonduktansi dicari dengan ,

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right),$$

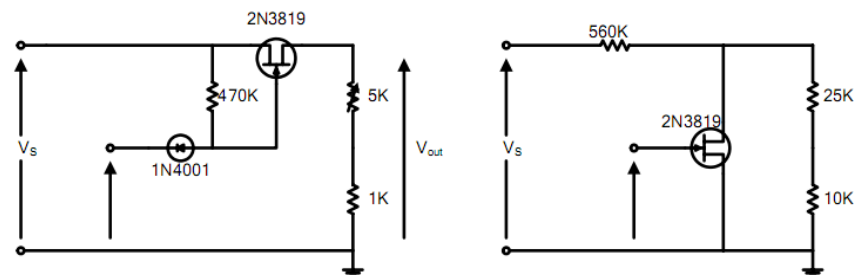
sehingga diperoleh $g_m = 1875 \text{ } \mu\text{S}$.

FET sebagai saklar

Rangkaian saklar dengan FET ditunjukkan pada Gambar 2.23. Agar FET terkonduksi antara D dan S perlu tegangan $V_{GS} = 0$. Sehingga dari Gambar 2.3a pulsa negatif ke dioda akan mematikan FET sedangkan pada Gambar 4b jika ada pulsa negatif akan mematikan FET akibatnya sinyal melewati beban.

Gambar 2. 23

Rangkaian saklar dengan FET.



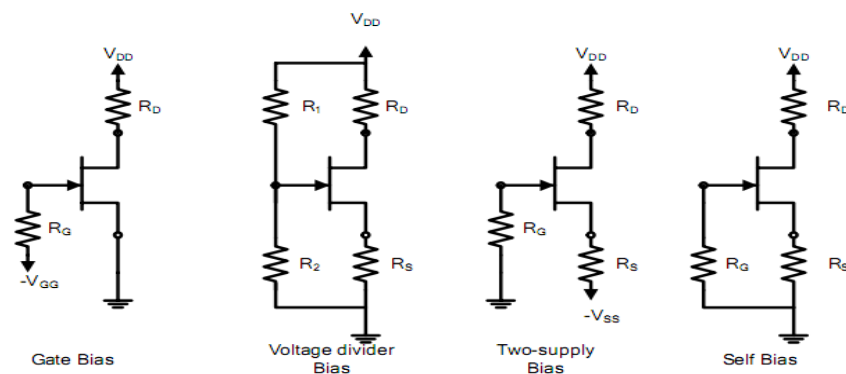
FET sebagai penguat

Untuk membuat JFET berfungsi sebagai penguat, ada banyak cara pembiasan, namun yang perlu diingat bahwa antara Gate dengan Source harus mendapat bias

mundur. Cara yang paling buruk dilakukan dengan *pembiasan Gate* yaitu dengan memberikan tegangan V_{GG} pada terminal Gate. Cara ini tidak baik karena titik kerja Q bervariasi terhadap I_{DSS} dan $V_{GS(off)}$. Beberapa teknik pembiasan ditunjukkan pada gambar berikut ini.

Gambar 2. 24

Beberapa teknik pembiasan pada JFET kanal -n.



Self Bias pada Common Source

Rangkaian Common Source dengan metoda pembiasan self-bias ditunjukkan pada gambar berikut ini. Hambatan R_G digunakan untuk menjaga tegangan gate $V_{ON} = 0$ volt. Pada saat Gate dalam keadaan open, menyebabkan tegangan Gate menjad negatf sehingga FET akan *pinch-off*. Dengan adanya R_G ini timbul arus bocor dalam orde $\sim nA$ dan perlu dipilih nilai R_G agar $V_{GN} = 0$ volt (arus I_G diabaikan).

Hal ini berarti $I_D = I_S$ sehingga akan terjadi beda potensial di Source sebesar:

$$V_S = I_D R_S$$

$$V_{GS} = -I_D R_S \text{ (dengan } V_{GN} = 0 \text{ V)}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D$$

$$V_{DS} = V_D - V_S.$$

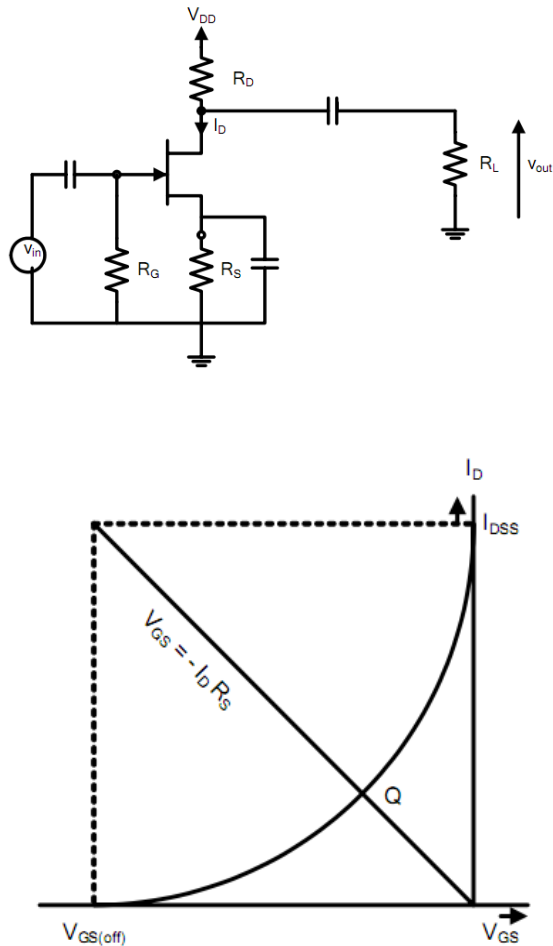
Pemilihan nilai R_S optimum jika diketahui kurva transkonduktasi (I_D VS- V_{GS})

$$R_S = \frac{-V_{GS(off)}}{I_{DSS}}.$$

Dari relasi $V_{GS} = -I_D \cdot R_S$ menunjukkan bahwa kurva linear, kurva ini memotong kurva transkonduktansi di titik Q (titik operasi FET), seperti ditunjukkan dalam gambar.

Gambar 2. 25

Rangkaian Common Source dengan self-bias.



Dari Gambar 6a di atas , diketahui menggunakan FET dengan $I_{DSS} = 6 \text{ mA}$, $V_{GS(off)} = -4 \text{ V}$. Jika diberi $V_{DD} = 20 \text{ V}$, $R_D = 5,6 \text{ k}\Omega$ dan dikehendaki $V_{DQ} = 12 \text{ V}$, maka diperoleh:

$$V_{RD} = V_{DD} - V_{DQ} = 20 \text{ V} - 12 \text{ V} = 8 \text{ V}$$

$$I_{DQ} = \frac{V_{RD}}{R_D} = \frac{8 \text{ V}}{5,6 \text{ k}\Omega} = 1,4 \text{ mA}$$

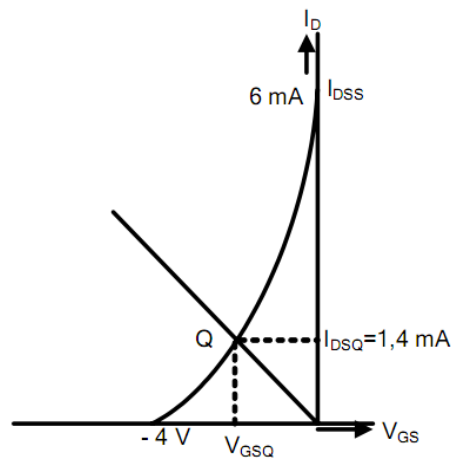
Untuk menghitung V_{GS} dilakukan dengan memanfaatkan persamaan

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right)^2$$

yaitu dengan membuat $I_D = I_{DQ}$ diperoleh $V_{GSQ} = -2,1 \text{ V}$ (atau dapat dilakukan dengan menggunakan kurva transkonduktansi seperti gambar berikut ini).

Gambar 2. 26

Garis beban



Selanjutnya diperoleh

$$R_S = \frac{-V_{GSQ}}{I_{DQ}} = \frac{2,08 \text{ V}}{1,4 \text{ mA}} = 1,5 \text{ k}\Omega,$$

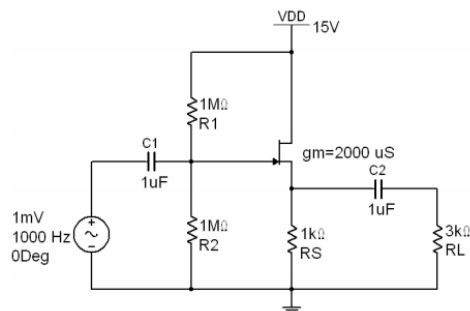
sedangkan R_G yang cocok adalah $470 \text{ k}\Omega$.

Contoh:

Perhatikan rangkaian Source Follower berikut ini.

Gambar 2. 27

rangkaian Source Follower



Analisa DC

Tegangan gate adalah

Tegangan Gate adalah

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = 7,5 \text{ V}$$

Tegangan source $V_S = V_G = 7,5 \text{ V}$ (pada saat $V_{GS} = 0$) Diperoleh tegangan antara drain dan source $V_{DS} = V_{DD} - V_S = 7,5 \text{ V}$

Arus drain

$$I_D = \frac{V_S}{R_S} = \frac{7,5 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 7,5 \text{ mA}$$

Analisa AC

Hambatan source, $r_s = R_S // R_L = 1 \text{ k}\Omega // 3 \text{ k}\Omega = 750 \Omega$

Penguatan tegangan adalah

$$A_V = \frac{g_m r_s v_{in}}{(1 + g_m r_s) v_{in}} = \frac{g_m r_s}{(1 + g_m r_s)} = 0,6$$

Rangkaian *Common Source*

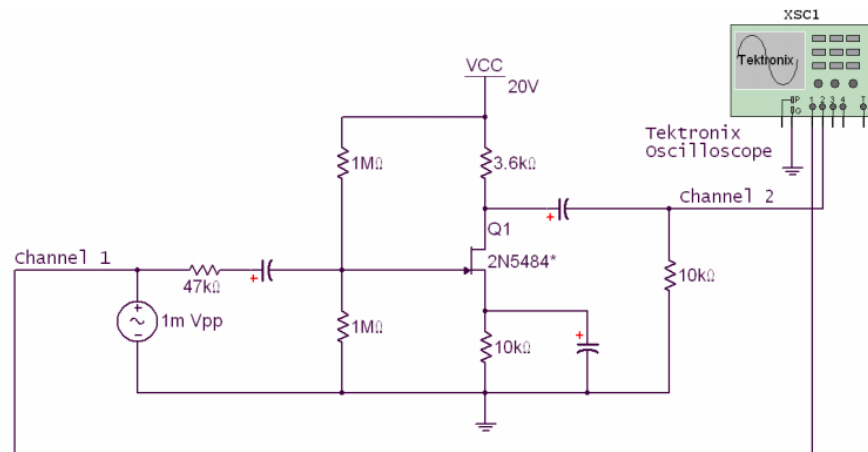
Jika diketahui $g_m = 5000 \mu\text{S}$

Pada saat analisa AC, diperoleh hambatan drain adalah $r_d = R_D // R_L = 3,6 \text{ k}\Omega // 10 \text{ k}\Omega = 2,65 \text{ k}\Omega$,

Sehingga penguatan tegangan adalah

$$A_V = -g_m r_d = -(5000 \mu\text{S})(2,65 \text{ k}\Omega) = -13,3$$

Ada beda fasa antara input dan output sebesar 180° .

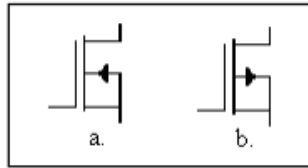


e. MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan silikon ini yang akan digunakan sebagai landasan (substrat) penguras (drain), sumber (source), dan gerbang (gate). Selanjutnya transistor ini dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (Bipolar Junction Transistor), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah. Bila dilihat dari cara kerjanya, transistor MOS dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1.1 Transistor Mode Pengosongan (Transistor Mode Depletion)

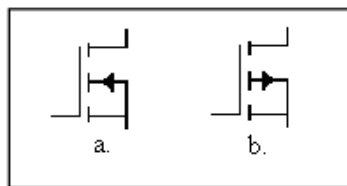
Pada transistor mode depletion, antara drain dan source terdapat saluran yang menghubungkan dua terminal tersebut, dimana saluran tersebut mempunyai fungsi sebagai saluran tempat mengalirnya elektron bebas. Lebar dari saluran itu sendiri dapat dikendalikan oleh tegangan gerbang. Transistor MOSFET mode pengosongan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar 2.29.



(a). N-Channel Depletion (b). P-Channel Depletion

1.2. Transistor Mode peningkatan (Transistor Mode Enhancement)

Transistor mode *enhancement* ini pada fisiknya tidak memiliki saluran antara drain dan sourcenya karena lapisan bulk meluas dengan lapisan SiO₂ pada terminal gate. Transistor MOSFET mode peningkatan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar 2. \



(a). N-Channel Enhancement (b). P-Channel Enhancement

Dilihat dari jenis saluran yang digunakan, transistor MOSFET dapat dikelompokkan menjadi tiga, antara lain:

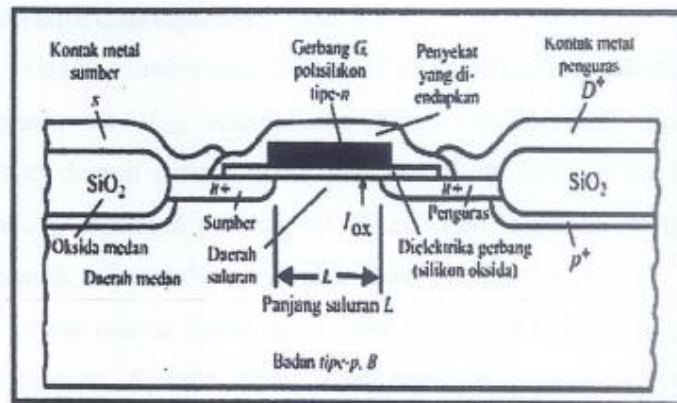
NMOS

Transistor NMOS terbuat dari substrat dasar tipe p dengan daerah source dan drain didifusikan tipe n+ dan daerah kanal terbentuk pada 3 permukaan tipe n. NMOS yang umumnya banyak digunakan adalah NMOS jenis enhancement, dimana pada jenis ini source NMOS sebagian besar akan dihubungkan dengan $-V_{ss}$ mengingat struktur dari MOS itu sendiri hampir tidak memungkinkan untuk dihubungkan dengan $+V_{dd}$. Dalam aplikasi gerbang NMOS dapat dikombinasikan dengan resistor, PMOS, atau dengan

NMOS lainnya sesuai dengan karakteristik gerbang yang akan dibuat. Sebagai contoh sebuah NMOS dan resistor digabungkan menjadi sebuah gerbang NOT. Negatif MOS adalah MOSFET yang mengalirkan arus penguras sumber menggunakan saluran dari bahan electron, sehingga arus yang mengalir jika tegangan gerbang lebih positif dari substrat dan nilai mutlaknya lebih besar dari V_T (Voltage Treshold). Skematik MOSFET tipe-n ditunjukkan dalam Gambar 3

Gambar 2. 31

Skematik MOSFET tipe-n



Sumber: Hodges-Jackson 1987: 37

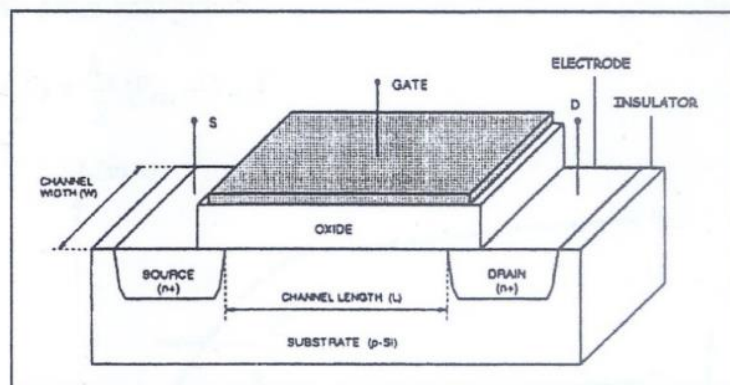
PMOS

Transistor PMOS terbuat dari substrat dasar tipe-n dengan daerah source dan drain didifusikan tipe p+ dan daerah kanal terbentuk pada permukaan tipe p. Positif MOS adalah MOSFET yang mengalirkan arus penguras sumber melalui saluran positif berupa hole, dimana arus akan mengalir jika tegangan gerbang lebih negative terhadap substrat dan nilai mutlaknya lebih besar dari V_T . PMOS yang umumnya banyak digunakan adalah PMOS jenis enhancement, dimana pada jenis ini source PMOS sebagian besar akan 4 dihubungkan dengan +Vdd mengingat struktur dari MOS itu sendiri hampir tidak memungkinkan untuk dihubungkan dengan -Vss. Dalam aplikasi gerbang PMOS dapat dikombinasikan dengan resistor, NMOS, atau dengan PMOS lainnya sesuai dengan karakteristik gerbang yang akan dibuat. Sebagai contoh sebuah PMOS dan resistor digabungkan menjadi sebuah gerbang NOT.

CMOS (Complementary MOS)

MOSFET tipe complementary ini mengalirkan arus penguras sumber melalui saluran tipe-n dan tipe-p secara bergantian sesuai dengan tegangan yang dimasukkan pada gerbangnya (gate). 1. 2. Bentuk Dasar MOSFET 1) NMOS tipe Enhancement Struktur transistor NMOS terdiri atas substrat tipe-p dengan daerah source dan drain diberi difusi n^+ . Diantara daerah source dan drain terdapat suatu daerah sempit dari substrat p yang disebut channel yang ditutupi oleh lapisan tang penghantar (isolator) yang terbuat dari SiO_2 . Panjang channel disebut Length (L) dan lebarnya disebut Width (W). Gerbang (gate) terbuat dari polisilikon dan ditutup oleh penyekat yang diendapkan. Struktur transistor NMOS terdiri atas substrat tipe-p dan tipe-n. kedua parameter ini sangat penting untuk mengontrol MOSFET. Parameter yang tidak kalah penting adalah ketebalan lapisan oksida yang menutupi daerah channel (t_{ox}). Di atas lapisan insulating tersebut didepositkan polycrystalline silicon (polysilicone) electrode, yang disebut dengan gerbang (gate). struktur fisik NMOSFET tipe enhancement ditunjukkan dalam Gambar 4.

Gambar 2. 32 Struktur fisik N-MOSFET tipe Enhancement 2) PMOS tipe Enhancement



Struktur transistor PMOS terdiri atas substrat tipe-n dengan daerah source dan drain diberi difusi p^+ , dan untuk kondisi yang lain adalah sama dengan NMOS. 1. 3. Karakteristik dan Operasi MOSFET Grafik karakteristik MOSFET (NMOS) arus I_D sebagai fungsi V_{DS} dengan paramet V_{GS} ditunjukkan dalam Gambar 5. Pada MOSFET terdapat tiga daerah operasi yaitu daerah cut-off, linear dan saturasi. Pada daerah cut-off, tegangan gerbang lebih kecil dari tegangan ambang, sehingga tidak terbentuk

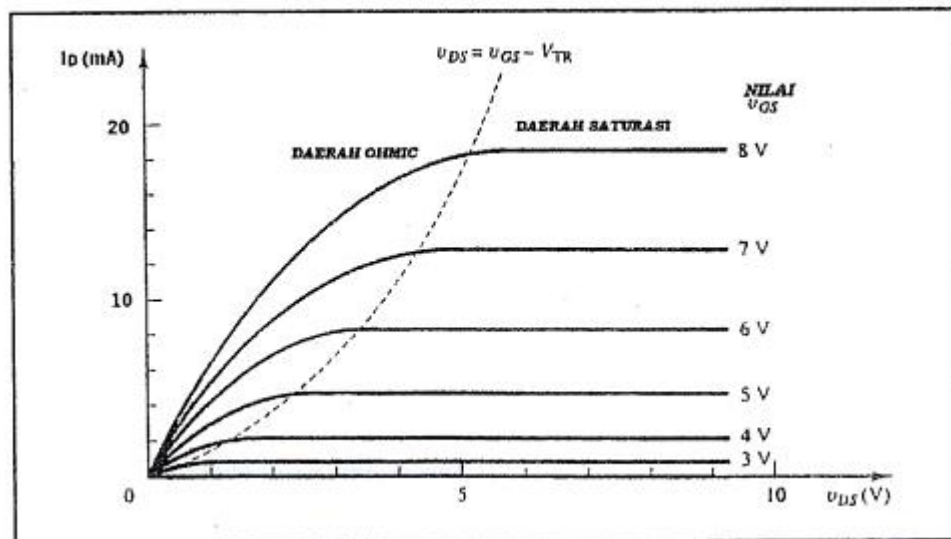
saluran, dan arus tidak dapat mengalir ($I_D = 0$). Pada daerah linear, pada awalnya gerbang diberi tegangan hingga terbentuk saluran.

$$I_D (\text{LIN}) = k_n \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

Apabila drain diberi tegangan yang kecil, maka elektron akan mengalir dari source menuju drain atau arus akan mengalir dari drain ke source. Selanjutnya saluran tersebut akan bertindak sebagai suatu tahanan, sehingga arus drain (I_D) akan sebanding dengan tegangan drain. $I_D (\text{LIN}) = k_n (1)$ Apabila tegangan drain tersu ditingkatkan hingga tegangan pada gate menjadi netral, lapisan inversi saluran pada sisi drain akan hilang, dan mencapai suatu titik yang disebut titik pinch-off. Pada titik pinch-off ini merupakan permulaan dari daerah kerja saturasi. Apabila melebihi titik ini, peningkatan tegangan drain tidak akan mengubah arus drain, sehingga arus drain tetap (konstan).

Gambar 2. 33

Grafik karakteristik MOSFET arus I_D sebagai fungsi V_{DS} dengan parameter V_{GS} Sumber: Geiger, Allen, Strader, 1990: 151



Bentuk operasi untuk MOSFET saluran-p adalah sama seperti pada transistor MOSFET saluran-n. pernyataan arus drain identik dengan polaritas tegangan dan arah arus terbalik.

- Cutoff = $V_{SG,p} \leq -V_{TP}$

$$I_D(\text{OFF}) = 0$$

- Linear = $V_{SG,p} \geq -V_{TP}$, dan $V_{SD,p} \leq V_{SG,p} + V_{TP}$

$$I_{D,p}(\text{LIN}) = k_p \left[(V_{SG,p} - V_{TP}) V_{SD,p} - \frac{V_{SD,p}^2}{2} \right]$$

- Saturasi = $V_{SG,p} \geq -V_{TP}$, dan $V_{SD,p} \geq V_{SG,p} + V_{TP}$

$$I_{D}(\text{SAT}) = \frac{k_p}{2} (V_{SG,p} - V_{TP})^2$$

Tegangan Ambang (Threshold Voltage)

Tegangan ambang dapat didefinisikan sebagai tegangan minimal yang diperlukan suatu sistem (dalam hal ini transistor MOS) untuk mulai mengalir atau dalam sebuah MOS adalah tegangan antara gate dan ground yang menyebabkan arus antara drain dan source maksimal (saturasi). Tegangan ambang ini diatur dengan menggunakan perubahan konsentrasi doping. Tegangan ambang untuk MOSFET dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_T = V_{T0} + \gamma \left(\sqrt{|-2\phi_F|} + V_{SB} - \sqrt{|2\phi_F|} \right)$$

Dengan :

V_T = tegangan ambang (V)

V_{T0} = tegangan ambang untuk $V_{SB} = 0$ (V)

γ = efek bias body $(V_{1/2})\gamma$

V_{SB} = tegangan source-body (bulk)

ϕ_F = potensial fermi (V) ϕ Dengan tegangan body (bulk) dihubungkan ground ($V_B = 0V$).

Dalam analisis teknologi CMOS efek bias badan tidak perlu dimasukkan dalam perhitungan (Haznedar, 1990). Logika dasar CMOS dapat dibias dengan $V_T = V_{T0}$, sehingga untuk memudahkan penulisan, V_T akan digunakan untuk menyatakan tegangan ambang jika $V_T = V_{T0}$.

$$\gamma = \frac{\sqrt{2q \cdot N_a \cdot E_s}}{C_{ox}}$$

q adalah besar muatan,

N_a adalah jumlah pembawa muatan mayoritas akseptor,

F potensial fermi ϕE_s adalah permitivitas silikon,

C_{ox} adalah kapasitansi persatuan luas. atau potensial keseimbangan elektrostatik (equilibrium electrostatic). Besarnya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\phi_F = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{n_i}{p} \right) \quad (\text{Semikonduktor tipe-p})$$

$$\phi_F = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{n}{n_i} \right)$$

(Semikonduktor tipe-n)

k adalah konstanta boltzman, T adalah temperatur dalam kelvin, q besaran muatan dalam coulomb, dan p dan n adalah konsentrasi pembawa muatan mayoritas (dianggap sama dengan konsentrasi doping N_a , n_i adalah konsentrasi pembawa muatan dalam semikonduktor intrinsik.

Jika VSB MOSFET adalah positif, maka akan meningkatkan tegangan ambang efektif untuk MOSFET kanal-n. Dalam rangkaian terintegrasi NMOS, substrat selalu dihubungkan dengan tegangan paling negatif dalam sistem, sehingga analisis karakteristik fungsi alih akan mendekati keakuratannya. Pada kebanyakan chip MOS,

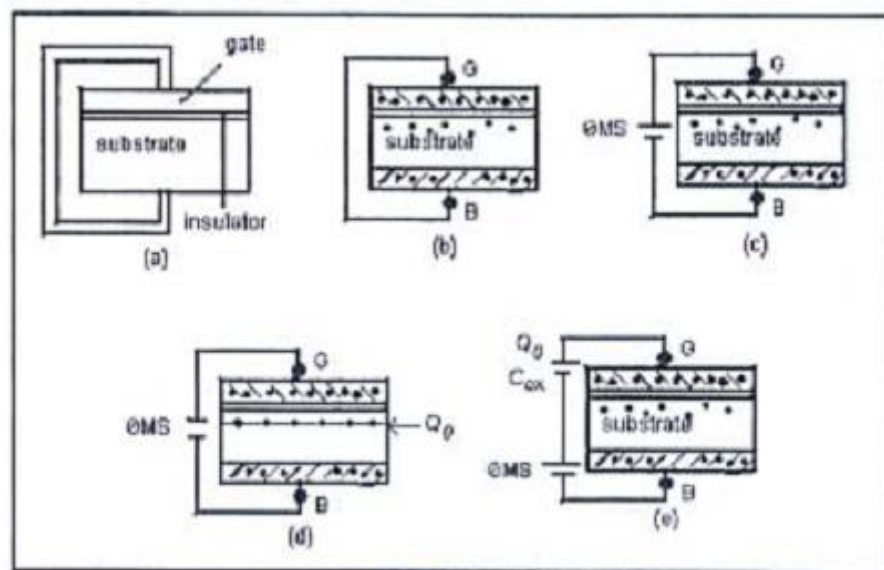
untuk mengubah tegangan ambang dilakukan dengan mengubah konsentrasi doping saluran yang diatur oleh banyaknya ion yang ditanamkan (implant) ke saluran. Penambahan implant tipe-p menyebabkan tegangan ambang lebih positif dan sebaliknya penambahan implant tipe-n menyebabkan tegangan ambang lebih negatif. Tegangan ambang disimbolkan dengan V_{TN} untuk implant tipe-n dan V_{TP} untuk implant tipe-p.

Persambungan MOSFET

Dalam persambungan MOSFET, untuk membedakan dengan terminal sumber S, terminal gerbang diberi simbol G dan terminal substrat diberi simbol B (bulk/body) seperti dalam Gambar 2.34.

Gambar 2. 34

Struktur Persambungan MOSFET



Sumber : Suprpto, 2000:7

Besarnya potensial statik di antara gerbang dan substrat tergantung pada konsentrasi atom ketidakmurniannya dan tidak bergantung pada bahan diantaranya. Secara matematis dapat ditulis.

$$\sum_{gerbang}^{bulk} (potensial\ statik) = \phi_{bulk}$$

Dengan : $\phi_{\text{gerbang}} = \text{potensial batang gerbang}$

$\phi_{\text{bulk}} = \text{potensial bahan substrat}$

Keberadaan potensial statik ini menyebabkan muatan timbul pada kedua sisi isolator, dalam hal ini silikon dioksida. Muatan batas ini akan hilang jika potensial total dalam loop tertutup gerbang SiO_2 substrat-gerbang sama dengan nol. Untuk mencapai kondisi demikian, maka:

$$\phi_{\text{VGB}} = \phi_{\text{ms}}$$

Dengan ϕ_{ms} adalah potensial statik antara gerbang dan bulk, didefinisikan sebagai:

$\phi_{\text{ms}} = \phi_{\text{gerbang}} - \phi_{\text{bulk}}$. Potensial statik persambungan MOS tidak hanya dipengaruhi ϕ_{ms} pengaruh lainnya dihasilkan oleh muatan oksida silikon yang ditumbuhkan selama proses pabrikasinya. Proses kontaminasi dan ionisasi menyebabkan muatan timbul dalam silikon dioksida. Pemberian muatan ini adalah penambahan muatan tidak bergerak yang besarnya tidak tergantung tegangan. Pengaruh muatan terhadap persambungan MOS dimodelkan sebagai suatu lapisan tunggal SiO_2 bermuatan Q_0 positif maka dalam substrat terbentuk atom-atom acceptor. Sedangkan di permukaannya tertumpuk elektron, sehingga saluran terbentuk. Untuk menghilangkan pengaruh ini perlu diberikan muatan sebesar $-Q_0$ pada gerbang dengan jalan memberikan suatu sumber tegangan luar dengan terminal negatif pada gerbang. ϕ_{ox} adalah potensial gerbang terhadap substrat melalui potensial oksida silikon (SiO_2). Besarnya potensial ini adalah : $\phi_{\text{ox}} = \frac{Q_0}{C_{\text{ox}}} = (12)$ Dengan : C_{ox} = kapasitansi persatuan luas $C_{\text{ox}} = \frac{\epsilon_{\text{ox}}}{t_{\text{ox}}}$ t_{ox} = ketebalan silikon dioksida ϵ_{ox} = permitivitas ruang hampa = $8.86 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ Untuk muatan maupun kapasitasnya dinyatakan dalam A/Q_0 dan A_{ox} dapat $\phi_{\text{ox}} = \frac{Q_0}{C_{\text{ox}}} = \frac{Q_0}{\epsilon_{\text{ox}} / t_{\text{ox}}} = \frac{Q_0 t_{\text{ox}}}{\epsilon_{\text{ox}}}$ A adalah luas melintang dioksida silikon. Potensial oksida silikon (dinyatakan: (13) Tegangan yang digunakan untuk menetralkan persambungan MOS adalah tegangan pita datar (flat Band Voltage) dan disimbolkan dengan V_{FB} . Besarnya tegangan pita datar ini adalah : (14) Pada rangkaian tertutup persambungan MOS terdapat empat macam tegangan, yaitu: 1) Tegangan sumber luar (V_{GB}) 2) Tegangan oksida silikon (ϕ_{ox}) 3) Tegangan permukaan (ϕ_{ms}) 4) Tegangan kontak (Tegangan sumber luar yang besarnya tidak sama menimbulkan tegangan permukaan di permukaan substrat. Hal ini terjadi untuk mencapai keadaan

setimbang. Secara matematis dapat ditulis: $q_s + q_{ox} + q_{VGB} = 0$ konstan, maka perubahan nilai VGB akan menyebabkan perubahan q_s dan q_{ox} . Karena variasi nilai VGB dan VFB memberikan empat macam keadaan pada sambungan MOS, yaitu: 1) Kondisi pita datar (Flat Band Condition) Pada kondisi ini muatan permukaan dan tegangan permukaan tidak timbul atau sama dengan nol. $q_{VGB} = q_{VFB}$, $Q_{sc} = 0$, 2) Akumulasi (Accumulation) $q_{ox} < 0$, $Q_{sc} = q_{ox} + q_{VGB}$, $Q_{sc} < 0$. Kondisi ini tercapai pada saat $V_{GB} < V_{FB}$. Pada saat ini muatan pada gerbang relatif lebih negatif terhadap muatan pada saat $V_{GB} = V_{FB}$. Oleh karena itu, lubang akan tertumpuk di permukaan sebagai akibatnya timbul muatan dan tegangan di permukaan: $V_{GB} < V_{FB}$, $Q_{sc} < 0$, $V_{GB} < V_{FB}$ maka muatan positif ditimbulkan di gerbang. Akibatnya lubang-lubang di permukaan di tekan ke bawah dan meninggalkan ion-ion akseptor bermuatan negatif. Muatan yang ditimbulkan oleh ion-ion ini disebut sebagai muatan pengatur. Besarnya muatan di dalam semikonduktor yang ditimbulkan saat ini adalah: q_s . Cox (16) $Q_{sc} = Q_{SG} - Q_0 = (V_{GB} - V_{FB}) \cdot C_{ox}$. Sehingga besarnya pengatur muatan pengatur: (17) q_s adalah konstanta dielektrik silikon. Dimana 4) Kondisi pembalikan (inversion) Untuk $V_{GB} > V_{FB}$ maka akan tertarik ke permukaan. Sehingga di permukaan substrat bertipe sebaiknya (n). elektron di dalam substrat sebagai pembawa minoritas.

Karakteristik Arus Tegangan

Bila V_{GS} lebih besar dari V_T terdapat sebuah saluran penghantar dan V_{DS} menyebabkan arus hanyut (I_D) mengalir dari drain ke source. Tegangan V_{DS} menyebabkan prategangan balik (reverse bias) yang besar dari drain ke body daripada dari source ke body. Jadi terdapat lapisan pengosongan yang lebih lebar pada drain.

$$I_D = k \frac{W}{L} \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

Parameter transkonduktansi adalah $k = k' (W/L)$. substitusi persamaan 19 dengan parameter transkonduksi menghasilkan persamaan:

$$I_D = \frac{k}{2} [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$$

Jika : $V_{GS} = V_T$

$V_{DS} = (V_{GS} - V_T)$

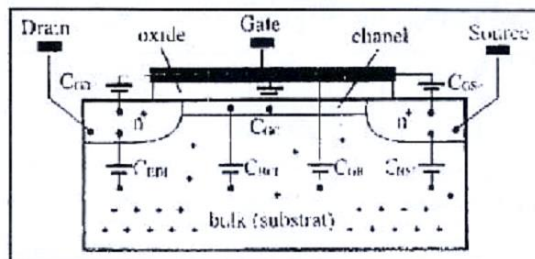
maka : $I_D = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_T)^2$

Kapasitansi Transistor MOSFET

Semua waktu respon alih MOSFET digital sebanding dengan kapasitansi keluaran (C_{out}). Minimalisasi C_{out} menjadi objek terpenting dalam perancangan rangkaian logika berkecepatan tinggi. Kapasitansi serpih MOSFET akan dipertimbangkan dalam proses fabrikasi dan ukuran layout.

Gambar 2. 35

Kapasitansi Parasitik MOSFET.



Sumber: Geiger, 1990: 162

Beberapa struktur kapasitansi terkumpul (lumped) setara yang dikenalkan sebagai model adalah non-linier (tergantung tegangan) ditunjukkan dalam Gambar 2.7 Perhitungan hanya dalam perkiraan rata-rata sehingga analisis yang lebih akurat memerlukan simulasi komputer. Walaupun tidak dapat ditentukan dengan pasti simpul keluaran kapasitansi (C_{out}), tetapi perkiraan dapat diperoleh relatif langsung dengan pemodelan. Ini dilakukan dengan mengisolasi kapasitansi intrinsik. Kapasitansi MOSFET yang dibuta akan mendekati kesesuaian dengan setiap transistor dalam rangkaian. Nilai C_{out} untuk perantara gerbang logika dapat dibuat dengan menggabungkan kapasitansi MOSFET dengan kapasitansi saluran C_{out} . Karena

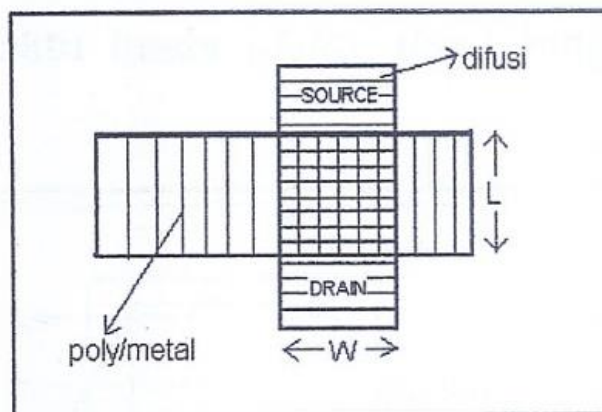
keduanya adalah paralel, maka dapat langsung dijumlahkan dengan C_{out} sebagai kapasitansi tersendiri. Besar kapasitansi C_{out} menentukan waktu tunda rambatan dan besar perkalian daya tunda (power delay product). Kapasitansi dalam model ditentukan juga oleh ukuran geometris dari panjang dan lebar gerbang serta ukuran panjang difusi muatan ion dalam saluran dan sumber.

Lebar dan Panjang (Width dan Length)

Transistor MOS dapat dibuat dengan menyilangkan sebuah poly atau logam (metal) dengan sebuah difusi seperti dalam Gambar 8. Masing- masing poly atau metal dan difusi memiliki luas yang terdiri atas lebar (Width) dan panjang (Length) dan disimbolkan dengan W dan L . Nilai W dan L ini akan mempengaruhi dimensi dan beberapa parameter lain dalam perancangan.

Gambar 2. 36

Parameter W dan L Transistor MOS



Ukuran W dan L ini merupakan parameter terpenting dalam sebuah perancangan Transistor MOS. Perbedaan perbandingan ukuran W dan L diusahakan harus sekecil mungkin untuk memperoleh kerapatan rangkaian dan kecepatan proses yang tinggi, yang akhirnya akan menghasilkan performansi yang tinggi.

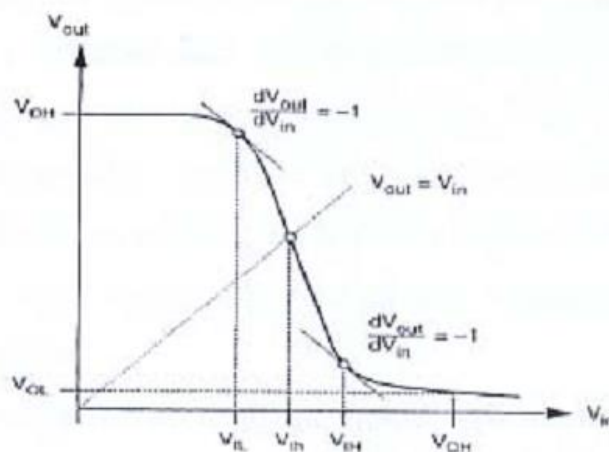
Definisi Level Logika dan Noise Margin

Sistem digital dalam skala besar selalu terdiri atas interkoneksi gerbang-gerbang dengan jenis family sama. Terdapat gerbang yang bertugas sebagai input port yang

menerima informasi digital. Gerbang masukan ini mengirim sinyal keluarannya ke gerbang lain, yang tentunya dimungkinkan terdapat lagi gerbang setelahnya. Bila sebuah karakter digital ditransmisikan antar gerbang maka level tegangan $V(1)$, merepresentasikan logika 1 dan level tegangan $V(0)$ mempresentasikan logika 0. Setiap level tegangan harus secara konsisten diproduksi oleh setiap gerbang. Secara konversi, level tegangan $V(1)$ dan $V(0)$ dinamakan V_{OH} dan V_{OL} yang ditunjukkan dalam Gambar 10. Nilai V_{OH} dan V_{OL} harus didefinisikan secara konsisten sehingga sebuah inverter yang menerima nilai V_{IL} harus didefinisikan secara konsisten sehingga tegangan V_{OH} . Bila inverter tersebut menerima V_{IH} sebagai masukan maka akan mengeluarkan tegangan V_{OL} .

Gambar 2. 37

Karakteristik Alih Tegangan



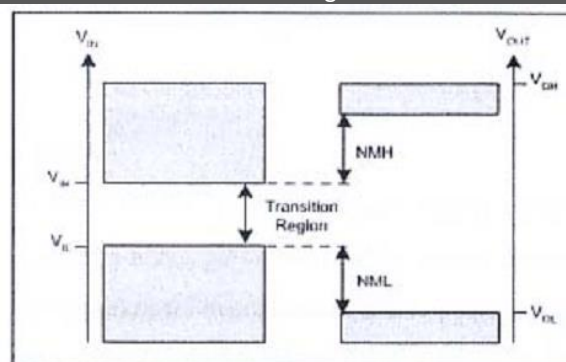
Sumber: Kang, 1996: 137

Hubungan antara V_{OH} dan V_{OL} adalah hal yang cukup penting pada grafik VTC. Grafik VTC yang ditunjukkan dalam Gambar 5, kemiringan grafik untuk nilai yang dapat diterima minimal adalah -1. Kemiringan -1 terletak pada titik-titik kritis pada grafik (titik belok). Nilai tegangan keluaran di antara dua titik kemiringan ini dinamakan daerah logika tak tentu. Pada kenyataannya, nilai aktual tegangan yang diterima oleh sebuah gerbang dapat berada di bawah V_{OH} atau diatas V_{OL} . fluktuasi tegangan dapat terjadi karena interferensi elektromagnetik pada jalur interkoneksi, resonansi dari komponen L dan C parasitik atau memang karena nilai tegangan yang dihasilkan

berada dalam kondisi seperti ini. Sebagai konsekuensi, sebuah gerbang harus memproses nilai tegangan yang tidak ideal. Bila sebuah sistem digital bekerja maka deviasi pada nilai VOH dan VOL pada setiap gate harus direndam dan bukan diperkuat. Penguatan fluktuasi tegangan atau noise akan menyebabkan nilai tegangan jatuh pada daerah logika tak tentu. Pada titik dimana kemiringan grafik VTC adalah -1 (titik kritis) didefinisikan nilai tegangan VIH dan VIL. Letak VIH dan VIL ditunjukkan dalam Gambar 10. Nilai tegangan masukan ini menunjukkan nilai tertinggi tegangan masukan yang dapat diterima dengan nilai 0 dan masih bisa mengeluarkan nilai 1 yang dapat diterima oleh gerbang lain. VIH didefinisikan sebagai nilai terkecil yang dapat diterima oleh sebuah gerbang dengan nilai 1 dan masih bisa mengeluarkan nilai 0 yang dapat diterima oleh gerbang lain. Ketika keluaran dari sebuah gerbang logika digunakan sebagai masukan gerbang lain, hubungan antara VOH, VIH, VOL, VIL menjadi penting. Gambar 11 menunjukkan parameter lain yaitu noise margin. Noise margin menunjukkan ketahanan relatif sebuah logika terhadap noise. Noise margin sebuah logika diketahui dengan mengevaluasi karakteristik sebuah single inverter. Bila sebuah sinyal yang dikirimkan oleh sebuah gerbang berlogika 1 maka secara ideal, masukan untuk gerbang berikutnya bernilai VOH. Namun seandainya nilai tersebut jatuh sehingga bernilai VIH maka masih akan dianggap berlogika 1. Fluktuasi noise akan menjadi permasalahan hanya jika tegangan jatuh di bawah nilai VIH. Perbedaan nilai VOH dan VIH merepresentasikan daerah yang diterima berlogika 1, disebut NMH,

Gambar 2. 38

Noise Margin

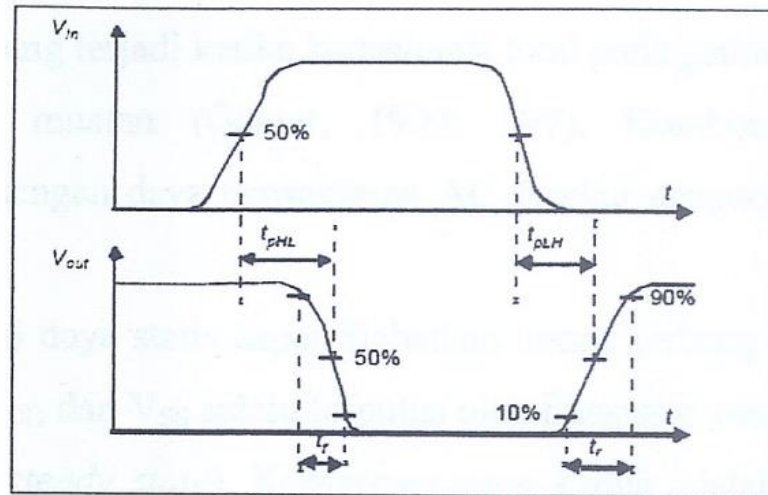


Sumber: Kang, 1996: 140

$NMH = V_{OH} - V_{IH}$ (28) dengan: V_{OH} = Nilai ideal logika 1 V_{IH} = Nilai minimum logika 1 yang bisa diterima Parameter NMH berlaku untuk tegangan masukan tinggi. Semakin besar nilai NMH maka akan semakin tahan suatu gerbang terhadap perubahan level logika pada daerah logika 1. Bila sebuah sinyal yang dikirimkan oleh sebuah gerbang berlogika 0 maka secara ideal, masukan untuk gerbang berikutnya bernilai V_{OL} . namun seandainya nilai tersebut naik sehingga bernilai V_{IL} maka masih akan dianggap berlogika 0. Fluktuasi noise akan menjadi permasalahan hanya jika tegangan naik di atas V_{IL} . Perbedaan nilai V_{IL} dan V_{OL} merepresentasikan daerah yang diterima berlogika 0, disebut NML, $NML = V_{IL} - V_{OL}$ (29) dengan : V_{OL} = Nilai ideal logika 0 V_{IL} = Nilai maksimum logika 0 yang bisa diterima Parameter NML berlaku untuk tegangan masukan rendah. Semakin besar nilai NML maka akan semakin tahan suatu gerbang terhadap perubahan level logika daripada daerah logika 0. Secara umum, suatu gerbang dikatakan memiliki noise margin tinggi bila memiliki NML dan NMH yang besar.

Propagation Delay

Kecepatan operasi gerbang digital diukur melalui tiga parameter yaitu rise time (waktu naik), fall time (waktu turun) dan propagation delay. Parameter ini mempengaruhi keseluruhan waktu delay yang dihasilkan ketika gerbang melakukan transisi dari keadaan satu ke lainnya. Delay terjadi karena terdapat efek kapasitansi yang terdapat pada gerbang masukan dan keluaran. Selain itu, efek kapasitansi juga timbul pada jalur koneksi antar gerbang.



Sumber: Rabaey, 1999: 117

Rise time (t_r) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk berubah dari 10% VDD ke 90% VDD untuk gerbang dengan tegangan “LOW” 0V dan tegangan “HIGH” VDD. Fall time (t_f) didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk berubah dari 90% VDD ke 10% VDD. Propagation delay diukur antara dua titik pada gelombang masukan dan keluaran seperti terlihat dalam Gambar 2.17. Propagation Delay ketika transisi keluaran dari logika “LOW” ke “HIGH” dinamakan t_{PLH} . Sedangkan transisi keluaran logika “HIGH” ke “LOW” dinamakan t_{PHL} .

Disipasi Daya

Disipasi daya (power dissipation) merupakan daya yang dikonsumsi oleh suatu gerbang. Disipasi daya dalam sistem CMOS dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu: disipasi daya statis, daya pensaklaran (switching) DC yang terjadi pada saat kedua transistor menghantarkan secara bersamaan dalam waktu yang sangat singkat dan daya pensaklaran AC yang terjadi ketika kapaitansi total pada gerbang menyimpan dan melepaskan muatan (Geiger, 1990: 597). Kombinasi dari daya pensaklaran DC dengan daya pensaklaran AC disebut dengan disipasi daya dinamis.

Disipasi daya statis dapat diabaikan untuk gerbang logika CMOS. Jalur DC antara VDD dan VSS selalu terputus oleh transistor yang cut off dalam keadaan mantap (steady state). Komponen yang kedua adalah disipasi daya yang disebabkan pensaklaran DC, terjadi karena masukan gerbang berada pada daerah transisi. Ketika kedua transistor menghantar membentuk jalur antara VDD ke VSS. Untuk gerbang logika disipasi daya rata-rata pensaklaran DC meningkat dengan meningkatnya waktu switching sinyal masukan. Disipasi daya yang disebabkan pensaklaran DC hanya berpengaruh sekitar 10% terhadap disipasi daya total sistem CMOS.

Komponen utama disipasi daya CMOS adalah daya pensaklaran AC. Bila kapasitansi total gerbang termasuk kapasitansi parasitik dan kapasitor beban adalah C dan nilai tegangan catu VDD adalah V, maka energi yang diberikan pada kapasitor adalah

$$E = \int_0^{\infty} V_i(t) dt = CV^2$$

Karena energi total yang dapat diserap dan disimpan kapasitor adalah $1/2 CV^2$ atau setengah dari jumlah energi harus dilepaskan. Ketika kapasitor dalam siklus melepas muatan, mulai jumlah energi yang disimpan sebelumnya akan dilepaskan pula. Sehingga energi keseluruhan yang dilepas kapasitor dalam satu siklus adalah CV^2 . Bila frekuensi operasi, maka disipasi daya rata-rata adalah,

$$P = C_L V_{DD}^2 f$$

Analisis ini menunjukkan bahwa rata-rata disipasi daya AC pada CMOS sebanding dengan kapasitansi total, kuadrat dari tegangan catu dan frekuensi operasi. Dalam suatu rangkaian terintegrasi, frekuensi kerja akan naik karena ukuran transistor yang semakin kecil. Bila frekuensi kerja naik sementara tegangan catu dan kapasitansi gerbang diturunkan maka disipasi daya akan turun. Oleh karena itu, dalam rangkaian terintegrasi sistem logika CMOS banyak digunakan. Dalam kondisi keluaran gerbang IC tanpa beban, jika ICCL merupakan arus yang ditarik dari catu daya pada saat keluaran gerbang IC berlogika rendah dan ICCH merupakan arus yang ditarik dari catu daya pada saat keluaran gerbang IC berlogika tinggi, maka daya rata-rata yang dikonsumsi sebuah IC adalah

$$P_D(rata - rata) = \frac{I_{CCH} + I_{CCL}}{2} \times V_{DD}$$

$$= I_{CC}(rata - rata) \times V_{DD}$$

Suatu gerbang logika yang ideal haruslah cepat dan membutuhkan ukuran kecepatan dan daya minimum. Salah satu parameter yang dipergunakan untuk menunjukkan ukuran kecepatan dan daya minimum sebuah gerbang adalah power delay product (PDP). Semakin kecil nilai PDP, maka semakin dekat gerbang logika tersebut ke bentuk ideal. PDP didefinisikan sebagai hasil kali antara propagation delay dengan disipasi daya rata-rata.

$$PDP = t_{dly} \cdot P$$

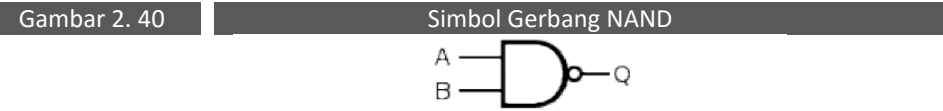
Fan Out Logika CMOS

Bila sebuah inverter referensi menggerakkan ke gerbang inverter yang berkonfigurasi sama, maka banyaknya k inverter yang tersambung akan memberikan pengaruh pada performansi rangkaian. Jumlah dari gerbang yang digerakkan oleh sebuah gerbang disebut fan out gerbang tersebut. Bila terdapat k gerbang yang tersambung maka fan out rangkaian tersebut adalah k. DC transfer Characteristic beberapa famili logika yang umum tidak dipengaruhi oleh fan out terutama family logika yang akan dibuat menggunakan teknologi MOS. Gate transistor MOS dilapisi oksida insulator sehingga secara teori tidak ada arus DC yang mengalir melintasi gate. Oleh karena itu, secara teori arus masukan gerbang adalah nol dan fan out gerbang secara teori tidak berhingga.

NAND CMOS

Struktur Gerbang NAND pada dasarnya merupakan gerbang AND yang diberi inverter pada keluarannya dan hanya akan memiliki nilai logika keluaran 1 apabila salah satu masukannya 0, dan akan memiliki nilai keluaran 0 jika seluruh masukannya bernilai 1. Simbol gerbang NAND akan ditunjukkan dalam Gambar 13 kebenaran akan

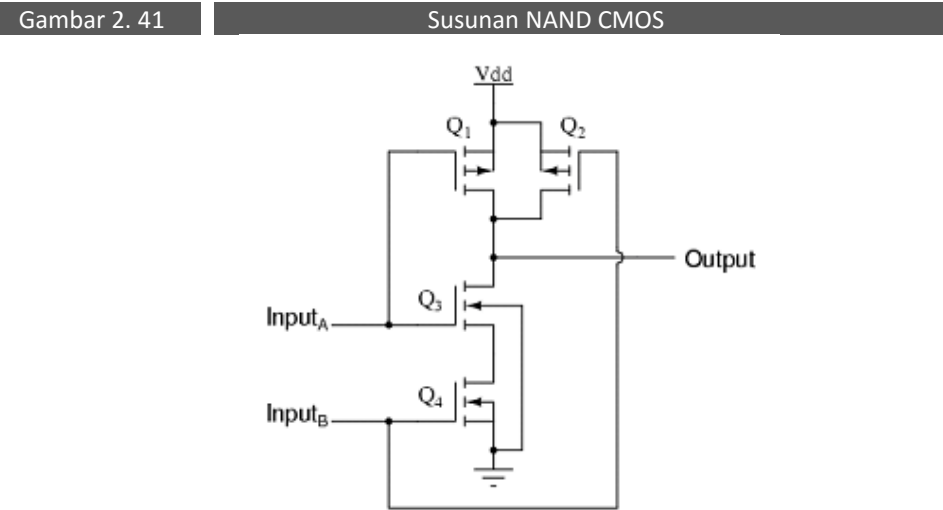
ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Gambar 14 memperlihatkan struktur gerbang NAND dengan CMOS



Gambar 13. Simbol Gerbang NOT

Tabel 2 Daftar kebenaran gerbang NAND

Masukan		Keluaran
A	B	A NAND B
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Sumber: Kang, 1996:176

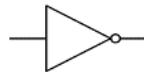
Pada NAND CMOS, jika A rendah, Q1 menyala dan Q4 mati, dan menyebabkan keluaran mempunyai tegangan sama dengan tegangan catu VDD (logika 1). Demikian juga halnya jika B rendah, Q2 menyala dan keluarannya juga tinggi. Jika A dan B keduanya tinggi, Q3 dan Q4 akan menyala, dan menyebabkan keluarannya bernilai logika 0, sehingga keluarannya merupakan fungsi NAND.

Inverter CMOS

Gerbang NOT atau gerbang inverter merupakan gerbang satu masukan yang berfungsi sebagai pembalik. Jika masukannya berlogika 1 maka keluarannya berlogika 0 dan Jika masukannya berlogika 0 maka keluarannya berlogika 1. Simbol gerbang NOT ditunjukkan Gambar 15 dan daftar kebenaran gerbang NOT ditunjukkan dalam Tabel 3. Rangkaian inverter CMOS ditunjukkan dalam Gambar 16. Berdasarkan Gambar 17, tegangan masukan dihubungkan ke terminal gerbang dari kedua transistor NMOS dan PMOS. Jadi, kedua transistor secara langsung digerakkan oleh sinyal masukan (V_{in}). Substrat transistor NMOS terhubung ke ground, sedangkan substrat transistor PMOS terhubung ke catu daya rangkaian, VDD tersambung ke drain dan sumber dibias balik.

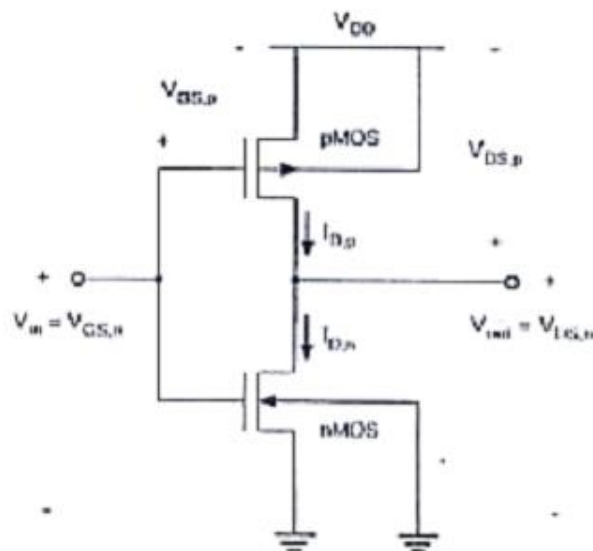
Gambar 2. 42

Simbol Gerbang NOT



Gambar 2. 43

Rangkaian Inverter CMOS



Sumber: Kang, 1996: 176

Berdasarkan Gambar dapat diketahui bahwa
 $V_{GS,n} = V_{in}$

$V_{DS,n} = V_{out}$

dan $V_{GS,p} = -(V_{DD} - V_{in})$

(41) $V_{DS,p} = -(V_{DD} - V_{out})$ (42)

Jika tegangan masukan lebih kecil daripada tegangan ambang NMOS, yakni $V_{in} < V_{T,n}$, maka transistor NMOS dalam kondisi cut-off. Pada saat yang sama, transistor sama dengan nol, yakni

$I_{D,n} = I_{D,p} = 0$

Tegangan drain-source transistor PMOS juga sama dengan nol dan tegangan keluaran V_{OH} sama dengan tegangan catu, yakni $V_{out} = V_{OH} = V_{DD}$

Jika tegangan masukan melebihi $V_{DD} = V_{T,p}$, transistor PMOS dalam kondisi cut-off. Dalam hal ini, transistor NMOS bekerja dalam daerah linear dan tegangan drain-source sama dengan nol Akibatnya, tegangan keluaran dari rangkaian adalah:

$V_{out} = V_{OL} = 0$

Transistor NMOS bekerja dalam daerah saturasi, jika $V_{in} > V_{T,n}$ dan jika: $V_{DS,n} \geq V_{GS,n} - V_{T,n} \leftrightarrow V_{out} \geq V_{in} - V_{T,n}$

Transistor PMOS bekerja dalam daerah saturasi, jika $V_{in} < (V_{DD} + V_{T0,p})$ dan jika : $V_{DS,p} \leq V_{GS,p} - V_{T,p}$

D. Aktivitas Pembelajaran

1. Kegiatan Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Komponen Aktif? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-2.1**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

2. Aktivitas 1 menafsirkan cara kerja komponen aktif melalui pengamatan pada hasil simulasi

Saudara akan mendiskusikan bagaimana komponen aktif bekerja. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang komponen aktif?
2. Mengapa Saudara perlu menafsirkan cara kerja komponen aktif berdasarkan karakteristiknya?
3. Menurut pendapat Saudara mengapa memilih komponen aktif didasari pada karakteristik dan prinsip kerja komponen?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-2.2**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang cara kerja komponen aktif, Bacalah Bahan Bacaan 2 tentang komponen aktif, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-2.2.P**

E. Rangkuman

Dioda memiliki fungsi yang unik yaitu hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari

sirkuit sumber listriknya. Dioda zener merupakan tulang punggung dari pengatur tegangan, yaitu rangkaian yang menjaga tegangan beban tetap.

Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik dan diatur berdasarkan arus inputnya *Bipolar Junction Transistor* (BJT) atau tegangan inputnya *Field Effect Transistor* (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

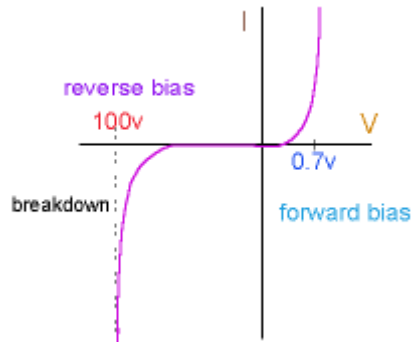
Pada FET hanya menggunakan satu jenis pembawa muatan, dikelompokkan sebagai devais unipolar. JFET tidak bekerja berdasarkan arus listrik melainkan akibat medan listrik yang terjadi tegangan input ke terminal gerbang (Gate). MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (Bipolar Junction Transistor), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah. Bila dilihat dari cara kerjanya, transistor MOS dapat dibagi menjadi dua, yaitu: Transistor Mode Pengosongan (Transistor Mode Depletion) dan Transistor Mode peningkatan (Transistor Mode Enhancement)

F. Test Formatif

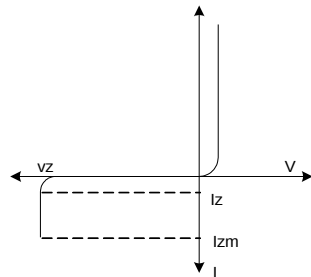
1. Gambarkan karakteristik kelistrikan diode penyearah !
2. Gambarkan karakteristik kelistrikan dari diode zener !
3. Sebutkan tiga konfigurasi bias transistor !
4. Apa perbedaan utama FET dengan transistor ?
5. Gambarkan sebuah rangkaian dari inverter CMOS !

G. Kunci Jawaban

1. Karakteristik kelistrikan diode penyearah



2. Karakteristik kelistrikan diode zener



3. Sebutkan tiga konfigurasi bias transistor!

Common Base

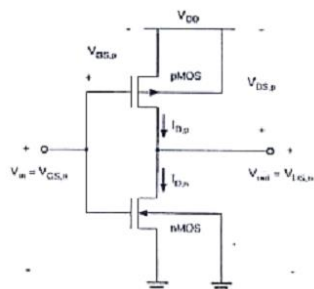
Common Emitter

Common collector

4. Apa perbedaan utama FET dengan transistor?

Pada transistor arus basis mengendalikan arus kolektor sedangkan pada FET tegangan Gate mengendalikan arus Drain

5. Gambarkan sebuah rangkaian dari inverter CMOS!



LEMBAR KERJA KB-2

LK – 2.1

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Komponen Aktif? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

LK – 2.2

1. Apa yang Saudara ketahui tentang komponen aktif?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa Saudara perlu menafsirkan cara kerja komponen aktif berdasarkan karakteristiknya?

.....

.....

.....

.....
.....

3. Menurut pendapat Saudara mengapa memilih komponen aktif didasari pada karakteristik dan prinsip kerja komponen?

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

LK – 2.2.P

TUGAS PRAKTIK:

Dengan menyelesaikan LK-2.2 saudara telah memahami cara kerja komponen aktif Untuk keperluan eksperimen cara kerja dan karakteristik komponen aktif saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk simulasi maupun praktikum;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap tegangan kerja simulator;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi penggunaan software simulasi atau pun buku manual trainer rangkaian elektronika sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja :

1. Berdo'alah sebelum memulai kegiatan belajar!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Gunakanlah peralatan praktikum dengan hati-hati!

4. Pastikan saudara sudah memakai APD.
5. Pastikan tegangan kerja telah sesuai.
6. Pastikan alat ukur bekerja dengan baik

3. Menafsirkan cara kerja diode penyearah

a. Peralatan :

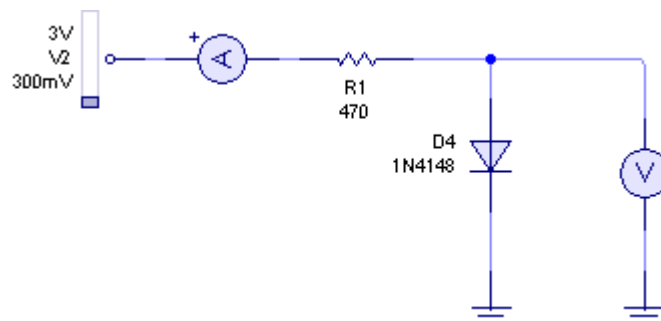
- Variabel catu daya
- Volt meter
- Amper meter

b. Bahan /Komponen :

- Resistor R1 470
- Dioda D4 1N4148

c. Langkah Kerja :

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah!



3. Sambungkan mAmper meter dan Volt meter seperti pada gambar
4. Atur catu daya variable sesuai tabel
5. Isilah tabel di bawah ini!

No	V in (mV)	VD4 (mV)	ID4(mA)
1	0		
2	100		
3	200		

4	300		
5	400		
6	500		
7	600		
8	700		
9	800		
10	900		
11	1000		
12	1500		
13	2000		
14	3000		

6. Dari data hasil pengujian buatlah kurva arus dan tegangan
7. Buatlah interpretasi data dan kesimpulan!

4. Menafsirkan cara kerja diode Zener

d. Peralatan :

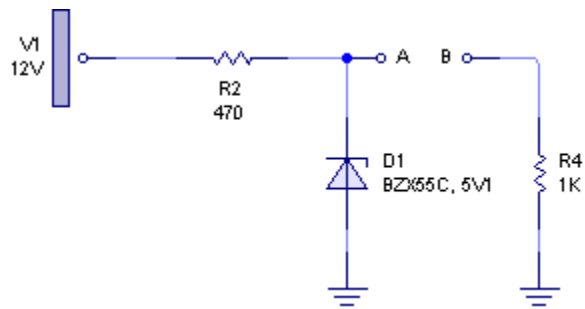
- Variabel catu daya
- Volt meter
- Amper meter

e. Bahan /Komponen :

- Resistor R2 470
- Dioda Zener D1 BZX55C (Zener 5,1V)
- Resistor 50,100,220,470,1k, 2.2k,10k

f. Langkah Kerja :

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah!



3. Sambungkan Volt meter pada titik A
4. Atur catu daya variable sesuai tabel
5. Isilah tabel di bawah ini!

No	V in (V)	VD1	ID1
1	0		
2	1		
3	2		
4	3		
5	4		
6	5		
7	6		
8	7		
9	8		
10	9		
11	10		
12	11		
13	12		

6. Dari data hasil pengujian buatlah kurva arus dan tegangan
7. Buatlah interpretasi data dan kesimpulan!
8. Tegangan input pada 12V.
9. Sambungkan titik A ke titik B
Vin =12 V, ganti R4 dengan nilai Rbeban seperti pada table

No	R beban	VA (Vz)
1	10k	
2	2k	
3	1k	
4	470	
5	220	
6	100	
7	50	

10. Apa pengaruh Perubahan R beban terhadap tegangan Zener

5. Menafsirkan cara kerja transistor

2. Ukurlah nilai resistansi transistor NPN 2N222

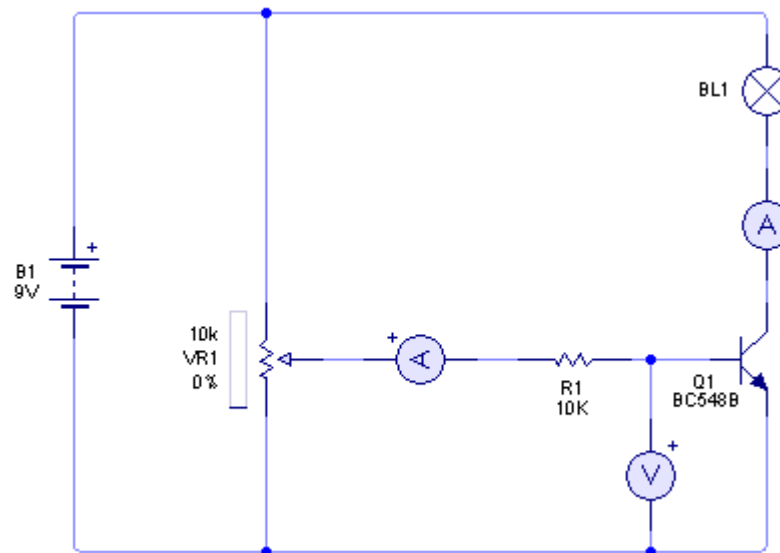
Probe Hitam	Probe Merah	Menyimpang	Tetap
B	C		
B	E		
C	E		
C	B		
E	B		
E	C		

3. Ukurlah nilai resistansi transistor PNP BC557

Probe Merah	Probe Hitam	Menyimpang	Tetap
B	C		
B	E		
C	E		
C	B		
E	B		

E	C		
---	---	--	--

4. Buatlah rangkaian sebagai berikut : Gunakan transistor NPN



VR1 ()	$V_{BE}(V)$	I_B	I_C	V_{CE}
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				

5. Buatlah kurva kolektor yaitu fungsi V_{CE} terhadap I_C , gambarkan pula fungsi I_C terhadap I_B ?
6. Bagaimana hubungan I_C terhadap I_B ?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : RANGKAIAN PENYEARAH DAN PENYETABIL

A. Tujuan

1. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan diode penyearah dengan teliti
2. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan diode zener dengan teliti
3. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan transistor bipolar
4. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan transistor JFET

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- a. Mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan diode penyearah
- b. Mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan diode zener
- c. Mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan transistor bipolar
- d. Mempormulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan transistor JFET

C. Uraian Materi

6. Rangkaian Penyearah

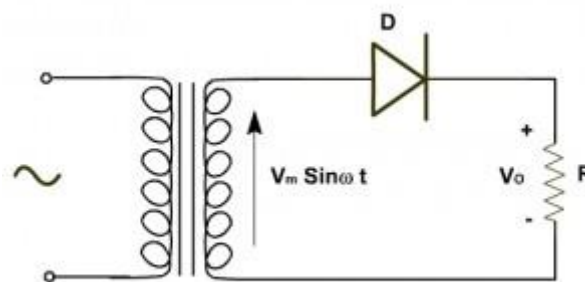
Konsep dasar penyearah gelombang yang dimaksud dalam buku ini adalah konsep penyearah gelombang dalam suatu power supply atau catu daya. Penyearah gelombang (rectifier) adalah bagian dari power supply / catu daya yang berfungsi

untuk mengubah sinyal tegangan AC (Alternating Current) menjadi tegangan DC (Direct Current). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasikan secara forward bias. Dalam sebuah power supply tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator stepdown. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu power supply yaitu, penurun tegangan (transformer), penyearah gelombang / rectifier (diode) dan filter (kapasitor) yang digambarkan dalam blok diagram berikut. Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

Penyearah Setengah Gelombang (Half Wave rectifier)

Gambar 3. 1

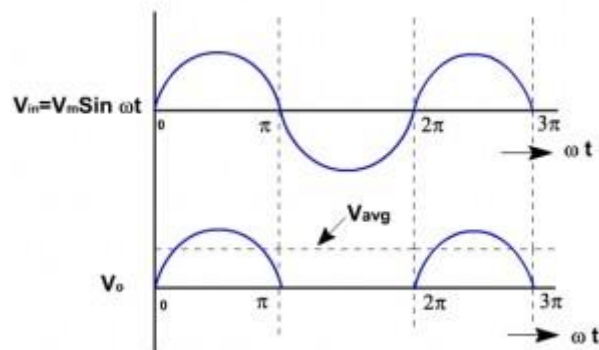
Rangkaian penyearah setengah gelombang



Penyearah setengah gelombang (half wave rectifier) hanya menggunakan 1 buah diode sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan output sisi positif dari gelombang AC maka diode dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi reverse bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar sinyal output penyearah setengah gelombang berikut.

Gambar 3. 2

Bentuk gelombang output penyearah setengah gelombang



Formulasi yang digunakan pada penyearah setengah gelombang sebagai berikut.

$$V_{AVG} = \frac{V_m}{\pi}$$

Dimana V_{AVG} = tegangan rata-rata DC

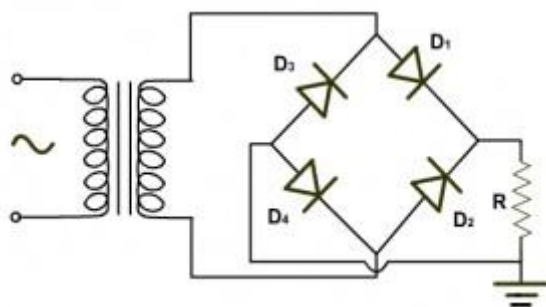
V_m = Amplitudo /tegangan maksimum

$$V_m = V_{rms}\sqrt{2}$$

Penyearah Gelombang Penuh (Full wave Rectifier)

Gambar 3. 3

Penyearah Gelombang Penuh

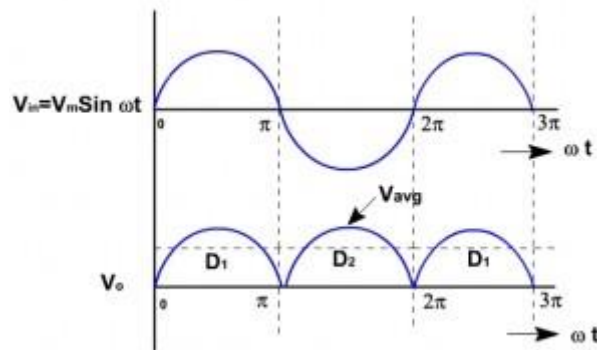


Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 diode dan 2 diode. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 diode

menggunakan transformator non-CT seperti terlihat pada gambar berikut : Prinsip kerja dari penyearah gelombang penuh dengan 4 diode diatas dimulai pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi forward bias dan D2, D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik output berikut.

Gambar 3. 4

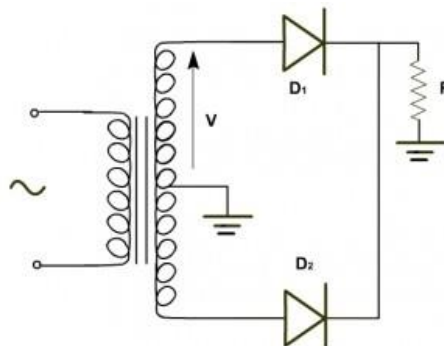
Bentuk Gelombang Penyearah Gelombang Penuh



Penyearah gelombang dengan 2 diode menggunakan tranformator dengan CT (Center Tap).

Gambar 3. 5 P

enyearah Gelombang Penuh dengan dua diode



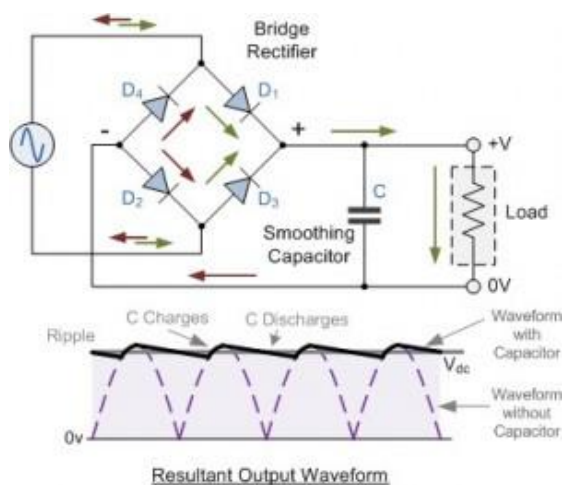
Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 diode dapat dilihat pada gambar berikut : Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda ini dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada gambar diatas dapat memberikan output tegangan AC pada kedua terminal output sekunder terhadap terminal CT dengan level tegangan yang berbeda fasa 180°. Pada saat terminal output transformator pada D1 memberikan sinyal puncak positif maka terminal output pada D2 memberikan sinyal puncak negatif, pada kondisi ini D1 pada posisi forward dan D2 pada posisi reverse. Sehingga sisi puncak positif dilewatkan melalui D1. Kemuudian pada saat terminal output transformator pada D1 memberikan sinyal puncak negatif maka terminal output pada D2 memberikan sinyal puncak positif, pada kondisi ini D1 posisi reverse dan D2 pada posisi forward. Sehingga sinyal puncak positif dilewatkan melalui D2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar output penyearah gelombang penuh berikut. Formulasi pada penyearah gelombang penuh sebagai berikut.

$$V_{dc} = \frac{2V_{max}}{\pi}$$

Penyearah Dilengkapi Filter Kapasitor Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang filter kapasitor pada bagian output rangkaian penyearah seperti terlihat pada gambar berikut.

Gambar 3. 6

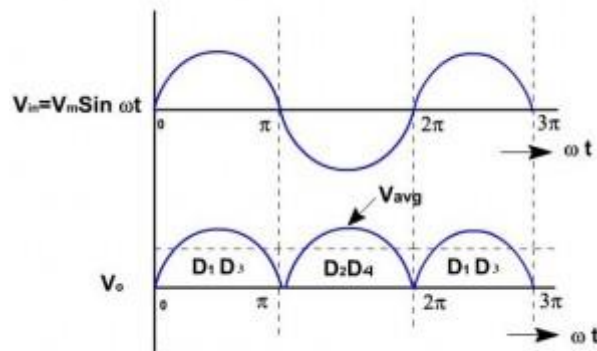
Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda



Fungsi kapasitor pada rangkaian diatas untuk menekan ripple yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Setelah dipasang filter kapasitor maka output dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC (Direct Current) yang dapat diformulasikan sebagai berikut :

Gambar 3. 7

Bentuk gelombang Penyearah Gelombang Penuh 4 dioda



Kemudian untuk nilai ripple tegangan yang ada dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{Ripple} = \frac{I_{Load}}{fC}$$

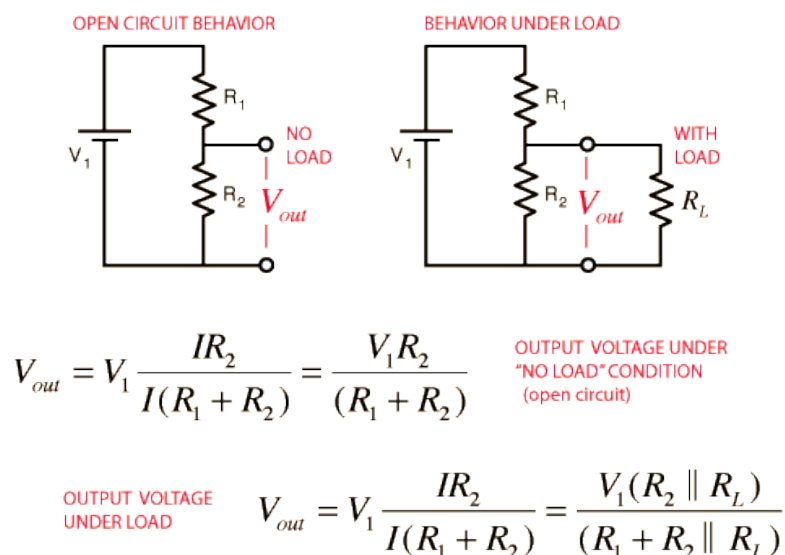
7. Rangkaian Penyetabil Tegangan

Penyetabil tegangan adalah bagian power supply yang berfungsi untuk memberikan stabilitas output pada suatu power supply. Output tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan. Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada power supply. Pada sebagian peralatan elektronika, terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius. Untuk mendapatkan pencatu daya yang stabil diperlukan regulator tegangan. Regulator tegangan untuk suatu power supply paling sederhana adalah menggunakan dioda zener. Rangkaian dasar penggunaan dioda zener sebagai regulator tegangan dapat dilihat pada gambar rangkaian dibawah. Regulator Tegangan Pada Power Supply Rangkaian pencatu daya (power supply) dengan regulator diode zener pada gambar rangkaian diatas, merupakan contoh sederhana cara pemasangan regulator tegangan dengan dioda

zener. Diode zener dipasang paralel atau shunt dengan L dan R . Regulator ini hanya memerlukan sebuah diode zener terhubung seri dengan resistor R_S . Perhatikan bahwa diode zener dipasang dalam posisi reverse bias. Dengan cara pemasangan ini, diode zener hanya akan berkonduksi saat tegangan reverse bias mencapai tegangan breakdown dioda zener. Penyearah berupa rangkaian diode tipe jembatan (bridge) dengan proses penyaringan atau filter berupa filter-RC. Resistor seri pada rangkaian ini berfungsi ganda. Pertama, resistor ini menghubungkan C1 dan C2 sebagai rangkaian filter. Kedua, resistor ini berfungsi sebagai resistor seri untuk regulator tegangan (dioda zener). Diode zener yang dipasang dapat dengan sembarang dioda zener dengan tegangan breakdown misal dioda zener 9 volt. Tegangan output transformer harus lebih tinggi dari tegangan breakdown dioda zener, misalnya untuk penggunaan dioda zener 9 volt maka gunakan output transformer 12 volt. Tegangan breakdown dioda zener biasanya tertulis pada body dari dioda tersebut. Ketika diperlukan tegangan yang berbeda dari suatu sumber tegangan DC, maka yang terpikir adalah dengan menggunakan hukum pembagian tegangan menggunakan Resistor seperti gambar dibawah ini.

Gambar 3. 8

resistor pembagi tegangan

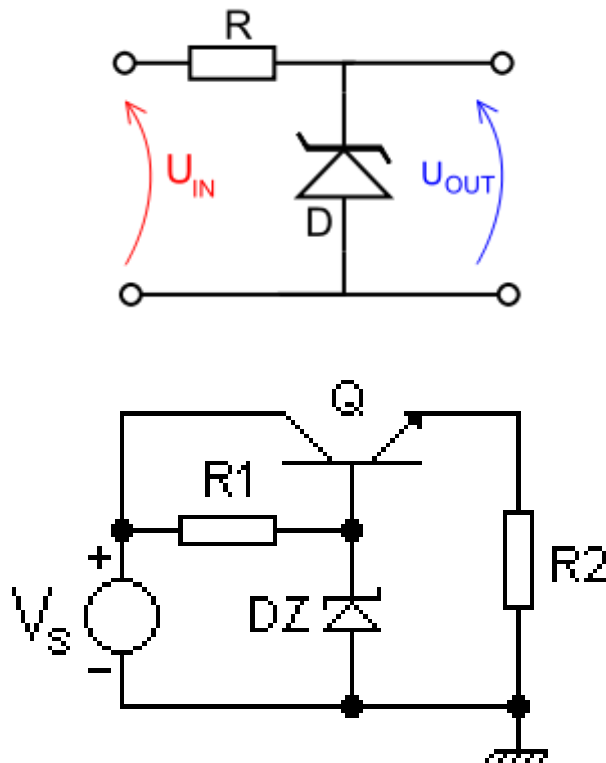


Berdasarkan rumus , V_{out} sangat dipengaruhi oleh resistansi/impedansi dari beban yang dipasang. Kemudian munculah solusi dengan menggunakan dioda "terbalik"

yang memanfaatkan tegangan breakdown dari dioda yang lazim disebut "ZENER".
Umumnya zener dipasang seperti gambar berikut :

Gambar 3. 9

Regulator tegangan dengan zener

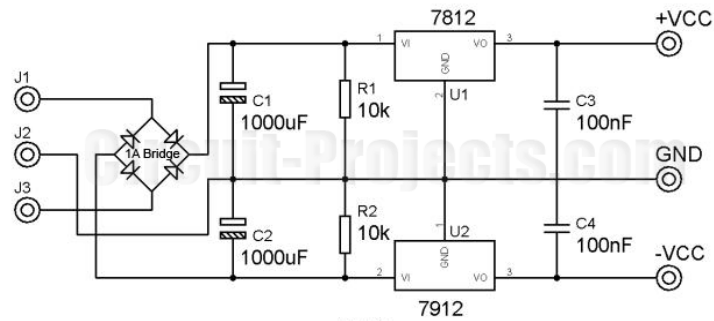


- a. Regulator tegangan dengan Zener b. Regulator tegangan disertai penguat arus

Kestabilan dari regulator menggunakan zener ditentukan oleh besar arus yang di alirkan ke beban. Selanjutnya para produsen komponen elektronika merancang komponen regulator tegangan linear dengan memanfaatkan sifat-sifat dari zener. Ada dua jenis linear regulator yaitu Fixed dan Variabel, untuk Fixed regulator umumnya berkode 78xx (positif regulator) dan 79xx (negatif regulator) sedangkan untuk Variabel regulator contoh yang paling banyak digunakan adalah LM317.

Gambar 3. 10

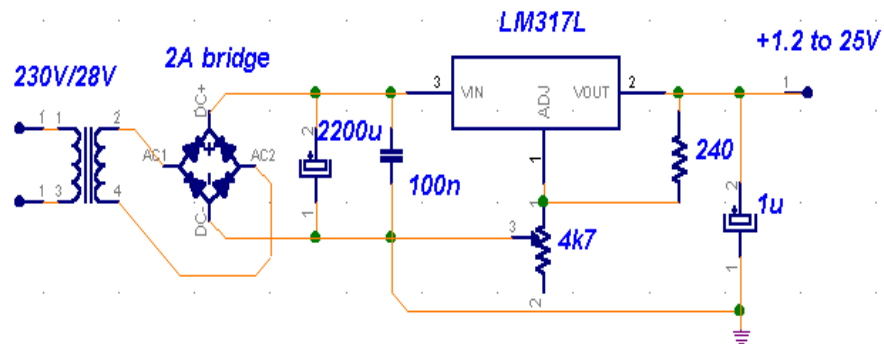
contoh rangkaian regulator +12v dan -12v



Untuk LM317 lebih flexibel dengan mengatur nilai resistor pada pembagian tegangan di kaki nomor 1

Gambar 3. 11

contoh rangkaian regulator variabel menggunakan LM317



IC 78xx maupun LM317 umumnya memiliki rating arus beban maksimum berkisar 1 Ampere, sehingga untuk melayani arus yang lebih dari 1 Ampere diperlukan rangkaian driver arus seperti berikut ini :

penggunaan TIP2955 / 2SC2955 (Transistor jengkol)
untuk menaikkan rating arus Max 5 Ampere



Aplikasi sumber arus aktif

TEKNIK KELISTRIKAN DAN ELEKTRONIKA SURYA DAN ANGIN
TEKNIK ENERGI TERBARUKAN –TEKNIK ENERGI SURYA DAN ANGIN

Rangkaian sumber arus sederhana dengan resistor

Bentuk yang paling sederhana dari sebuah sumber arus adalah resistor sederhana. Jika tegangan sumber lebih tinggi daripada tegangan dimana arusnya diperlukan, maka arus output hampir tergantung pada beban. Pada kondisi tersebut arus dapat dihitung dengan mudah dengan rumus $I = V/R$ karena V beban akan lebih kecil dari V sumber.

Bentuk sederhana dari sumber arus ini memiliki banyak keterbatasan:

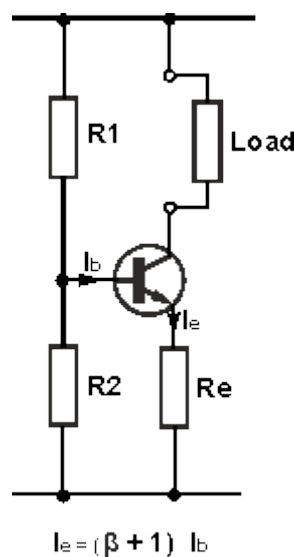
1. Sumber Tegangan tinggi diperlukan dan tidak selalu tersedia
2. Nilai resistansi tinggi memerlukan disipasi daya membuat rangkaian tidak efisien
3. Variasi beban dapat menyebabkan variasi arus jika nilai sumber tegangan tinggi tidak mencukupi.

Dasar-dasar sumber arus konstan dengan komponen aktif (transistor)

Penggunaan transistor memberikan sumber arus / regulator arus yang jauh lebih efektif. Sumber arus bekerja karena pada kenyataannya bahwa arus kolektor dalam sebuah transistor adalah β kali arus basis. Bebas dari tegangan kolektor, menyediakan tegangan yang cukup untuk memberikan arus pada beban melalui kolektor.

Gambar 3. 13

Sumber arus konstan dengan sebuah transistor



Pada rangkaian diatas arus kolektor adalah B kali arus basis. Umumnya B itu besar dan oleh karena itu dapat dianggap bahwa arus emitor yang besarnya (B+1) kali arus basis dan arus kolektor B kali arus basis sehingga dianggap sama.

$$I_e = (\beta + 1) I_b$$

$$I_{load} = I_C = \beta I_b$$

$$= \beta \frac{V_e}{(\beta + 1) R_e}$$

$$I_{load} = \frac{V_b - 0.6}{R_e}$$

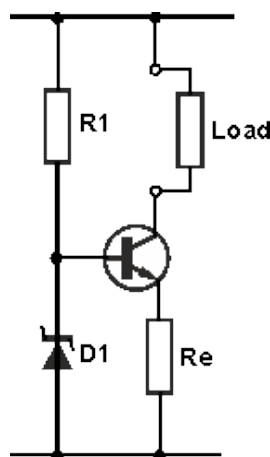
Dengan mengatur resistor R1 dan R2 memungkinkan dapat mengatur tegangan basis. Tegangan emitor akan berkurang 0,6 volt dengan menggampang sebuah transistor silicon. Dengan mengetahui tegangan emitor, memungkinkan arus emitor dan kolektor diketahui menggunakan hukum Ohm

Rangkaian sumber arus yang distabilkan

Untuk mengurangi fluktuasi pada arus pada catu daya cukup menambahkan rangkaian dasar regulasi. Hal ini dpat diperoleh dengan mengganti R2 dengan diode zener sebagai tegangan referensi.

Gambar 3. 14

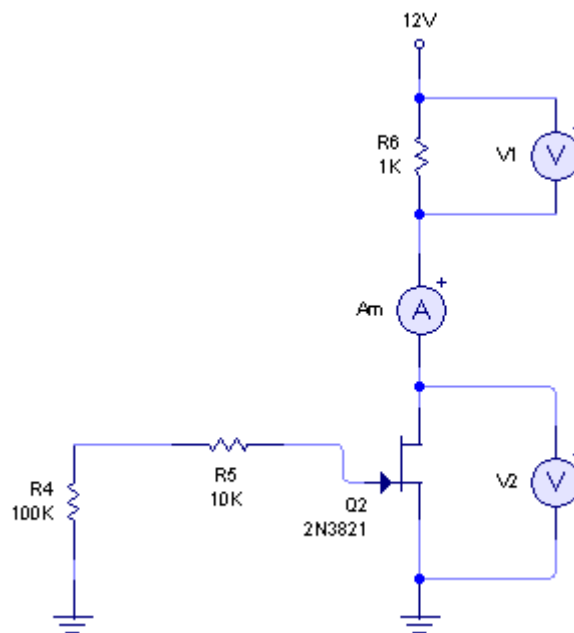
rangkaian arus konstan dengan regulasi transistor



Rangkaian dibawah ini merupakan padanan untuk sumber arus yang menggunakan FET. Arus drain yang mengalir akan konstan pada jangkauan beban tertentu. Tegangan pada R6 akan berubah sesuai besaran resistansinya.

Gambar 3. 15

rangkaian arus konstan dengan regulasi JFE



D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran rangkaian penyearah dan penyetabil? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-3.1**. Jika Saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran berikut ini.

Aktivitas 1 menafsirkan cara kerja rangkaian penyearah dan penyetabil

Saudara akan mendiskusikan bagaimana rangkaian penyearah dan penyetabil bekerja.

Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penyearah ?
2. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian penyearah ?
3. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penyetabil tegangan ?
4. Mengapa Saudara perlu menganalisis penyetabil tegangan ?
5. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penyetabil arus ?
6. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian penyetabil arus ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-3.2**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang cara kerja rangkaian penyearah dan penyetabil, Bacalah Bahan Bacaan 3 tentang rangkaian penyearah dan penyetabil, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-3.2.P**

E. Rangkuman

Penyearah gelombang (rectifier) adalah bagian dari power supply / catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (Alternating Current) menjadi tegangan DC

(Direct Current). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasikan secara forward bias.

Penyetabil tegangan adalah bagian power supply yang berfungsi untuk memberikan stabilitas output pada suatu power supply. Output tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan. Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada power supply. Regulator tegangan untuk suatu power supply paling sederhana adalah menggunakan dioda zener.

Regulator arus adalah alat yang dapat menghasilkan arus konstan/ teregulasi. Ada banyak contoh yang membutuhkan sumber arus konstan. Salah satu metoda yang mudah adalah dengan menggunakan rangkaian dasar transistor sebagai sumber arus constant aktif. Penggunaan transistor memberikan sumber arus / regulator arus yang jauh lebih efektif. Sumber arus bekerja karena pada kenyataannya bahwa arus kolektor dalam sebuah transistor adalah β kali arus basis. Bebas dari tegangan kolektor, menyediakan tegangan yang cukup untuk memberikan arus pada beban melalui kolektor.

F. Test Formatif

1. Sebuah penyearah setengah gelombang dipasang untuk menyearahkan tegangan rms 12 V, maka berapakah tegangan DC yang dihasilkan?
2. Dioda zener mempunyai $V_z = 10V$. Gunakan pendekatan zener ideal untuk menghitung arus zener minimum dan maksimum jika $V_s = 20-40V$ dan $R_s = 820\Omega$. Jika rangkaian tersebut belum di pasang beban R_L ?
3. Bagaimana prinsip kerja penyetabil tegangan menggunakan transistor bipolar
4. Bagaimana prinsip kerja penyetabil arus menggunakan FET
5. Gambarkan rangkaian penyetabil tegangan dengan transistor PNP?

G. Kunci Jawaban

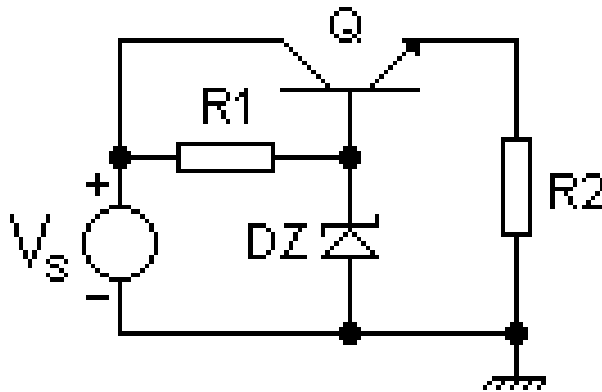
1. $V_{DC} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{V_{rms} \cdot \sqrt{2}}{3,14} = \frac{16,97}{3,14} = 5,4V$

2.

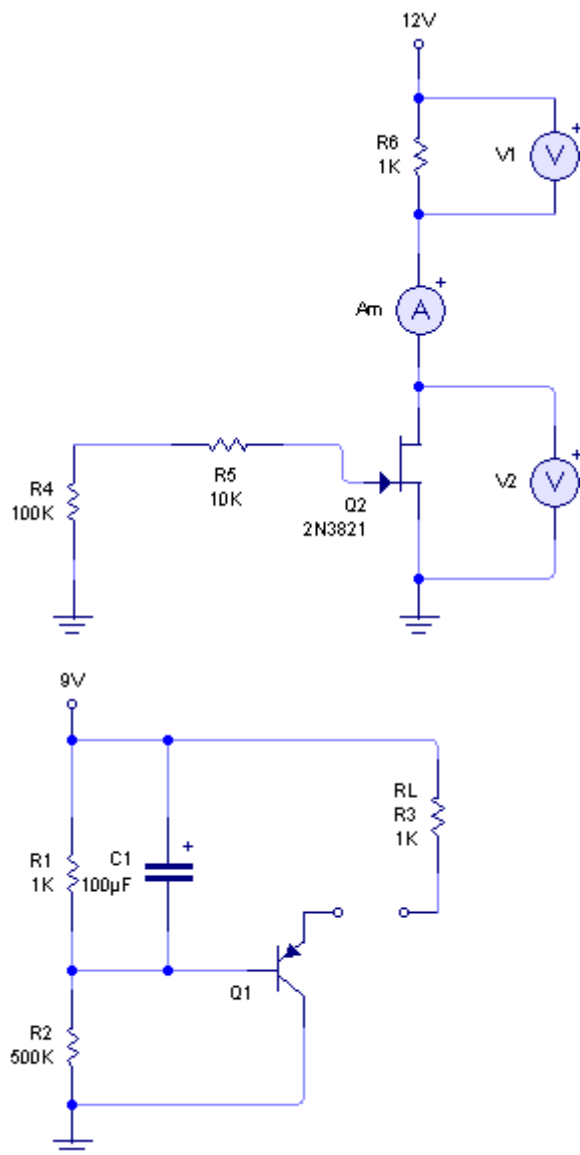
$$I_S = \frac{V_S - 10}{R_S}$$

$$I_{z \text{ min}} = \frac{20 - 10}{820} = 12,2mA$$

$$I_{z \text{ max}} = \frac{40 - 10}{820} = 36,6mA$$



3. Pada rangkaian diatas adalah transistor sebagai sumber tegangan dimana R_2 adalah sebagai tahanan beban. Pada beban tegangan akan dipertahankan yaitu sekitar tegangan Zener – 0,7 dengan asumsi transistor silikon walau pun adanya perubahan beban dan tegangan input. Pada saat beban besar maka akan ada arus yang mengalir melalui transistor Q .
4. Regulator arus menggunakan FET dapat diperoleh dengan memberikan tegangan bias pada Gate. Sebagai contoh pada gambar dibawah ini BF256 akan menghasilkan $I_{DS}=1,11mA$ jika pada $V_{GS}=0V$.



5. Rangkaian regulator tegangan dengan transistor PNP

LEMBAR KERJA KB-3

LK – 3.1

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran rangkaian penyearah dan penyetabil ? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

LK -3.2

1. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penyearah?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian penyearah?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penyetabil tegangan?

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

4. Mengapa Saudara perlu menganalisis penyetabil tegangan?

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

5. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penyetabil arus?

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

6. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian penyetabil arus?

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

LK-3.2P

TUGAS PRAKTIK:

Dengan menyelesaikan LK-2.2 saudara telah memahami cara kerja komponen aktif Untuk keperluan eksperimen cara kerja dan karakteristik komponen aktif saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk simulasi maupun praktikum;

2. Lakukan pemeriksaan terhadap tegangan kerja simulator;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi penggunaan software simulasi atau pun buku manual trainer rangkaian elektronika sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja :

1. Berdo'alah sebelum memulai kegiatan belajar!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Gunakanlah peralatan praktikum dengan hati-hati!
4. Pastikan saudara sudah memakai APD.
5. Pastikan tegangan kerja telah sesuai.
6. Pastikan alat ukur bekerja dengan baik

9. Menafsirkan Rangkaian Penyearah

g. Peralatan :

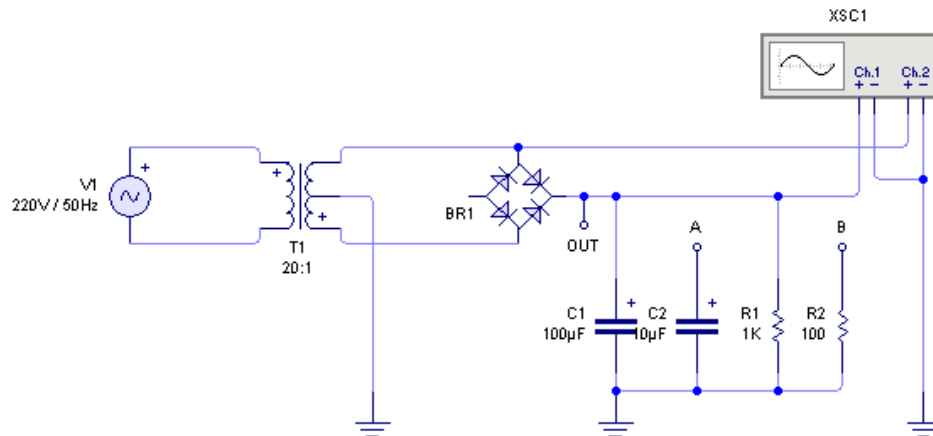
- Osiloskop 2 kanal
- Probe
- projectboard

h. Bahan /Komponen :

10 μ F Electrolytic Capacitor	1
100 Resistor (1/4W)	1
100 μ F Electrolytic Capacitor	1
1K Resistor (1/4W)	1
20:1 Transformer	1
Bridge Rectifier (Ideal)	1

i. Langkah Kerja :

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah !



3. Sambungkan alat ukur osiloskop seperti pada gambar
4. Gambarkan bentuk gelombang pada kanal 1 dan kanal 2 dari osiloskop
5. Pasang resistor R2 dan lepas R1
6. Gambarkan bentuk gelombang pada kanal 1 dan kanal 2 dari osiloskop
7. Lepas kapasitor C1 dan pasang kembali R1 dan lepas R2 gambarkan bentuk gelombangnya
8. Pasang kapasitor C2 sehingga diparalel dengan C1 gambar bentuk gelombang outputnya?
9. Dengan melihat gelombang output dari kombinasi C1,C2 dan R1, R2 Isilah table berikut
10. Buatlah interpretasi data dan kesimpulan !

	C1	C2
R1		

R2		
----	--	--

10. Menafsirkan Rangkaian Penyetabil tegangan dan arus

j. Peralatan :

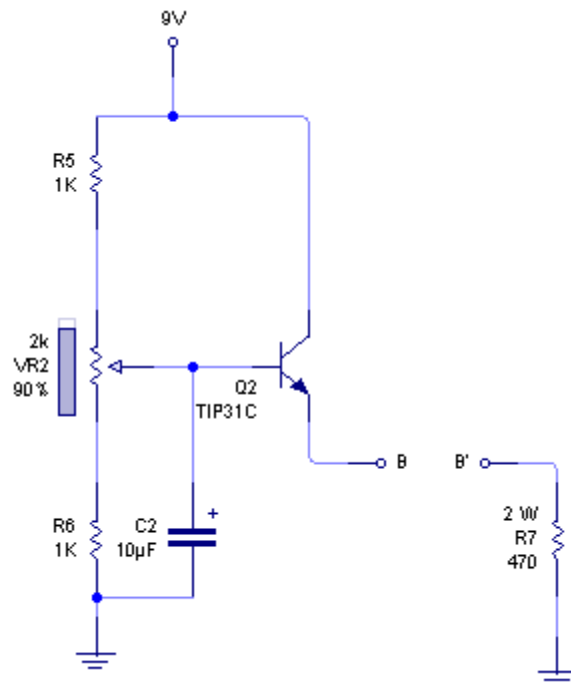
- AVO 2 buah
- Probe
- projectboard

k. Bahan /Komponen :

Name	Quantity
10μF Electrolytic Capacitor	2
1K Potentiometer	1
1K Resistor (1/4W)	2
22 Resistor (1/4W)	1
24V Voltage Rail (Ideal)	1
2K Potentiometer	1
390 Resistor (1/4W)	1
470 Resistor (1/4W)	2
8.2K Resistor (1/4W)	1
9V Voltage Rail (Ideal)	1
PNP Transistor (Ideal)	1
TIP31C NPN Transistor	1

l. Langkah Kerja :

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!
2. Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah!

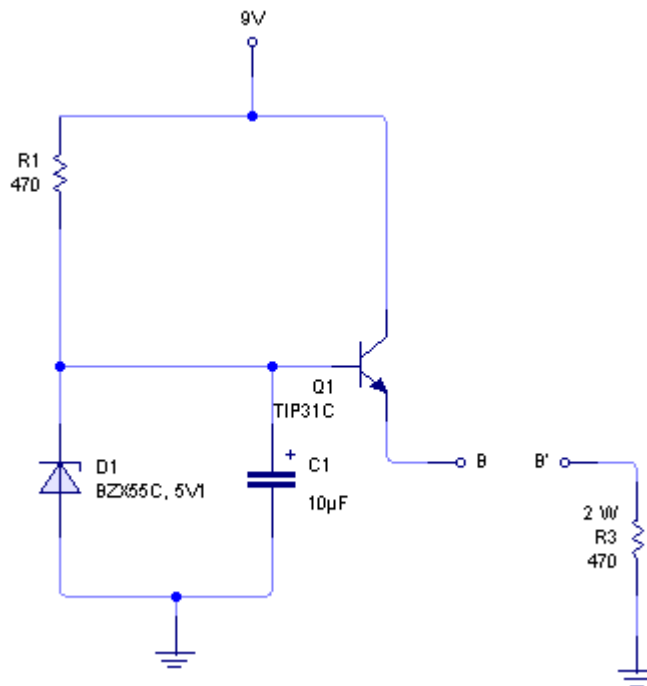


3. Sambungkan alat ukur osiloskop seperti pada gambar
4. Atur VR2=90%. Hubungkan B ke B'
5. Berapa Tegangan Vb dan Ve? Mengapa demikian.
6. Atur R4 dari 500-2000 ohm per 100 ohm kenaikan. Perhatikan Arus dan tegangan Pada beban dari tiap perubahan.

No	R4	I beban	V beban
1	500		
2	600		
3	700		
4	800		
5	900		
6	1000		
7	1100		
8	1200		
9	1300		
10	1400		

11	1500		
12	1600		
13	1700		
14	1800		
15	1900		
16	2000		

7. Amati hubungan antara R_{beban} , tegangan dan Arus
8. Apakah rangkaian ini merupakan regulator tegangan?
9. Lepas VR2 dan R6 ganti dengan diode zener 5,1V seperti gambar berikut

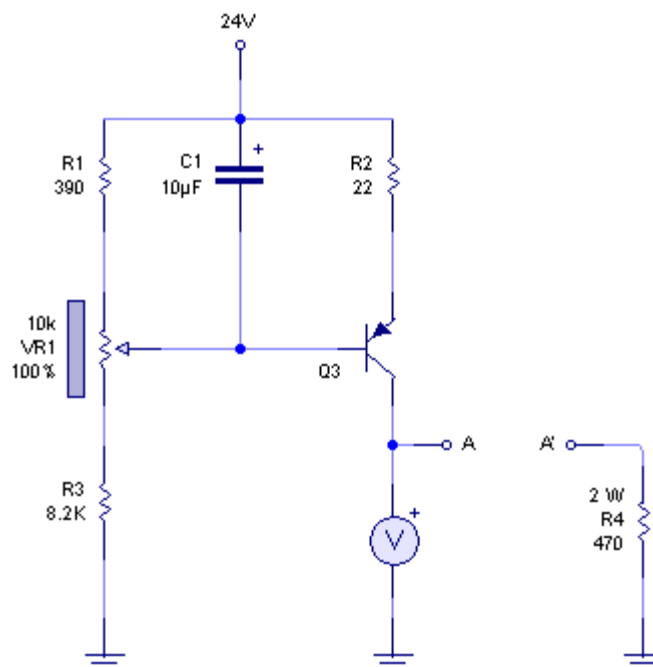


10. Ulangi langkah kerja 6 s.d 7 dan isilah table berikut ini

No	R4	I beban	V beban
1	500		
2	600		

3	700		
4	800		
5	900		
6	1000		
7	1100		
8	1200		
9	1300		
10	1400		
11	1500		
12	1600		
13	1700		
14	1800		
15	1900		
16	2000		

11. Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah!



12. Sambungkan A ke A'

13. Atur VR1=100%.

14. Berapa Tegangan dan Arus Pada R2? Mengapa demikian?

15. Atur R4 dari 100-2000 ohm per 200 ohm kenaikan. Perhatikan Arus dan tegangan Pada beban dari tiap perubahan.

No	R4	I beban	V beban
1	100		
2	300		
3	500		
4	700		
5	900		
6	1100		
7	1300		
8	1500		
9	1700		
10	1900		

16. Amati hubungan antara Rbeban,tegangan dan Arus beban!.

17. Apakah rangkaian ini merupakan sumber arus?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : RANGKAIAN TRANSISTOR SEBAGAI PENGUAT

A. Tujuan

- a. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat merancang transistor bipolar sebagai penguat kelas A, B, C, AB
- b. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat merancang transistor sebagai penguat audio
- c. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat merancang transistor sebagai penguat radio
- d. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat merancang transistor sebagai osilator
- e. Melalui presentasi peserta diklat dapat menyajikan hasil rancangan penguat transistor dengan percaya diri

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- a. Merancang transistor bipolar sebagai penguat kelas A, B, C, AB
- b. Merancang transistor sebagai penguat audio
- c. Merancang transistor sebagai penguat radio
- d. Merancang transistor sebagai osilator

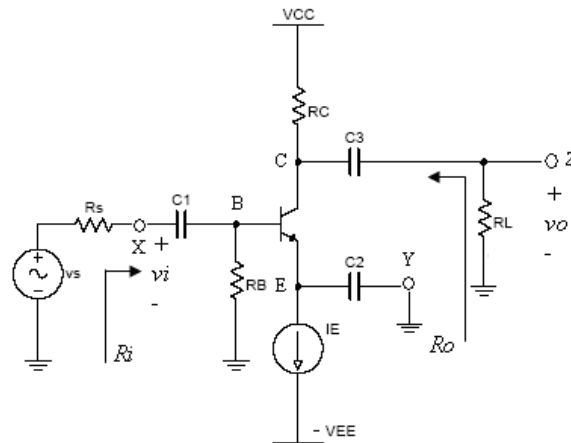
C. Uraian Materi

11. Konfigurasi Transistor

Konfigurasi *Common Emitter (CE)*

Konfigurasi ini memiliki resistansi input yang sedang, transkonduktansi yang tinggi, resistansi output yang tinggi dan memiliki penguatan arus (A_i) serta penguatan tegangan (A_v) yang tinggi. Secara umum, konfigurasi *common emitter* diilustrasikan oleh gambar 2.2 di bawah ini.

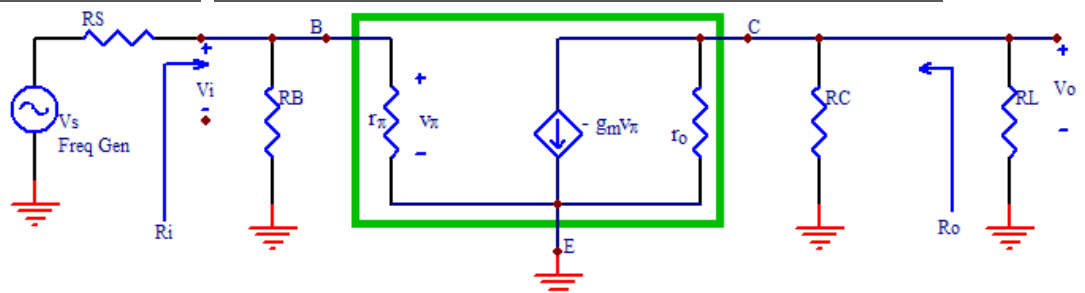
Gambar 4. 1

Konfigurasi *common emitter*

Untuk menentukan penguatan teoritis-nya, terlebih dahulu akan kita hitung resistansi input dan outputnya. Resistansi Input (R_i) adalah nilai resistansi yang dilihat dari masukan sumber tegangan v_i . Perhatikan bahwa R_s adalah resistansi dalam dari sumber tegangan. Sedangkan resistansi output (R_o) adalah resistansi yang dilihat dari keluaran. Jika rangkaian di atas kita modelkan dengan model- π , maka rangkaian tersebut dapat menjadi seperti gambar berikut ini.

Gambar 4. 2

Model phi



Dengan model ini, R_i (resistansi input) adalah:

$$R_i = R_B // r_{\pi}$$

Jika $R_B \gg r_{\pi}$ maka resistansi input akan menjadi :

$$R_i \approx r_{\pi}$$

Kemudian, untuk menentukan resistansi output konfigurasi CE, kita buat $V_s = 0$, sehingga $g_m v_{\pi} = 0$, maka:

$$R_o = R_c // r_o$$

untuk komponen diskrit yang $R_c \ll r_o$, persamaan tersebut menjadi

$$R_o \approx R_c$$

Dan untuk faktor penguatan tegangan, A_v merupakan perbandingan antara tegangan keluaran dengan tegangan masukan:

$$A_v \approx -\frac{\beta(RC // RL // r_o)}{r_\pi + R_s}$$

Jika terdapat resistor R_e yang terhubung ke emiter, maka berlaku:

$$R_i = R_B // r_\pi(1 + g_m R_e)$$

$$R_o \approx R_c$$

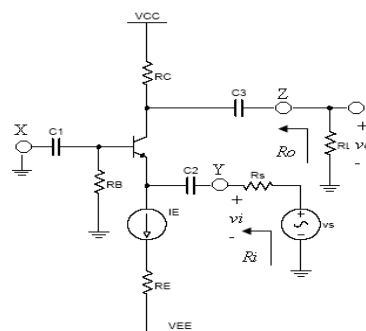
$$A_v \approx -\frac{RC // RL}{r_e + R_e}$$

Konfigurasi *Common Base (CB)*

Konfigurasi ini memiliki resistansi input yang kecil dan menghasilkan arus kolektor yang hampir sama dengan arus input dengan impedansi yang besar. Konfigurasi ini biasanya digunakan sebagai *buffer*. Konfigurasi common base ditunjukkan oleh Gambar 4.3.

Gambar 4. 3

Konfigurasi *common base*



Resistansi input untuk konfigurasi ini adalah : $R_i \approx r_e$

Resistansi outputnya adalah : $R_o = R_C$

Faktor penguatan keseluruhan adalah :
$$A_v = \frac{R_i}{R_i + R_s} G_m(R_C // R_L)$$

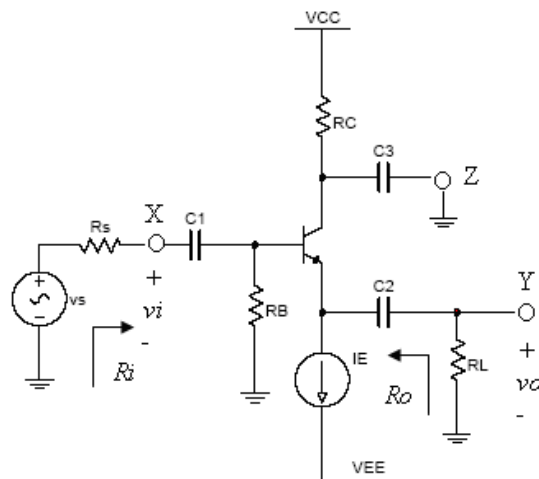
dengan, R_s adalah resistansi sumber sinyal input dan G_m adalah transkonduktansi.

Konfigurasi Common Collector(CC)

Konfigurasi ini memiliki resistansi output yang kecil sehingga baik untuk digunakan pada beban dengan resistansi yang kecil. Oleh karena itu, konfigurasi ini biasanya digunakan pada tingkat akhir pada penguat bertingkat. Konfigurasi common collector ditunjukkan oleh gambar berikut ini.

Gambar 4. 4

Konfigurasi *common collector*



Pada konfigurasi ini berlaku:

Resistansi input: $R_i \approx r_\pi + (\beta + 1)R_L$

Resistansi output: $R_o = r_e \frac{(R_s // R_B)}{\beta + 1}$

Faktor penguatan:
$$A_v = \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

12. Klasifikasi Penguat

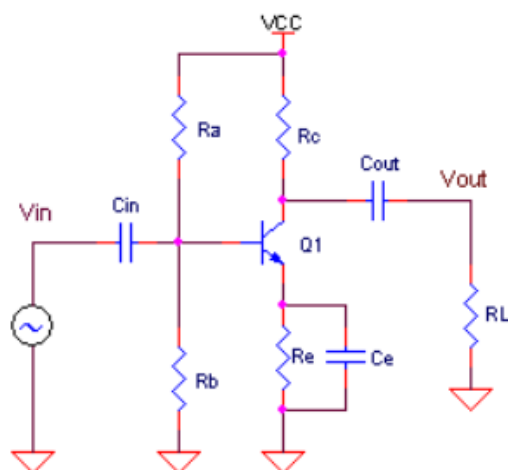
Kelas operasi dari sebuah penguat transistor ditentukan oleh jumlah waktu (dalam hubungannya dengan input) terhadap aliran arus output rangkaian. Ini merupakan fungsi dari titik kerja penguat. Titik operasi penguat ditentukan oleh bias yang diberikan pada transistor. Ada 4 Kelas operasi pada transistor. Operasi Kelas A, B, C, dan AB. Tiap Kelas operasi memiliki karakteristik dan kegunaan tertentu. Tidak ada satu kelas operasi yang lebih baik dari kelas yang lain. Kelas yang bagus untuk penguat *microphone* belum tentu bagus untuk penguat pemancar.

Operasi kelas A

Operasi kelas A berarti bahwa transistor (100%) selalu beroperasi di daerah aktif. Berarti arus kolektor mengalir sepanjang siklus (360°) dari siklus input AC. Penguat tipe kelas A dibuat dengan mengatur arus bias yang sesuai di titik tertentu yang ada pada garis bebannya sehingga titik Q berada tepat di tengah garis beban kurva V_{CE} - I_C dari rangkaian penguat tersebut dan sebut saja titik ini titik A. Gambar 4.64 berikut adalah contoh rangkaian *common emitter* dengan transistor NPN Q1.

Gambar 4. 5

Rangkaian Dasar Penguat Kelas A



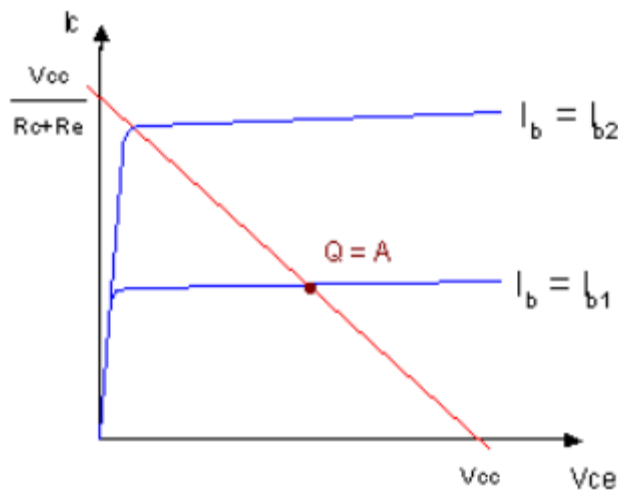
Garis beban pada penguat ini ditentukan oleh resistor R_c dan R_e dari rumus

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_c + I_E R_e.$$

Jika $I_e = I_c$ maka dapat disederhanakan menjadi $V_{CC} = V_{CE} + I_c.(R_c + R_e)$. Selanjutnya Anda dapat menggambar garis beban rangkaian ini dari rumus tersebut. Sementara itu, resistor R_a dan R_b dipasang untuk menentukan arus bias. Anda dapat menentukan sendiri besar resistor-resistor pada rangkaian tersebut dengan menetapkan berapa besar arus I_b yang memotong titik Q.

Gambar 4. 6

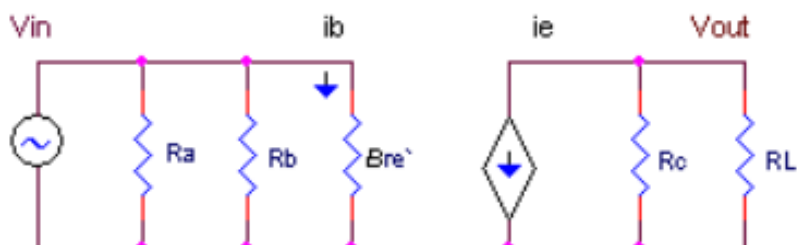
Garis Beban dan Titik Q Kelas A



Besar arus I_b biasanya tercantum pada *datasheet* transistor yang digunakan. Besar penguatan sinyal AC dapat dihitung dengan teori analisa rangkaian sinyal AC. Analisa rangkaian AC dilakukan dengan menghubungkan singkat setiap komponen kapasitor C dan secara imajiner menyambungkan V_{CC} ke ground. Dengan cara ini, rangkaian Gambar 4.5. dapat dirangkai menjadi seperti Gambar 4.7. Resistor R_a dan R_c dihubungkan ke ground dan semua kapasitor dihubung singkat.

Gambar 4. 7

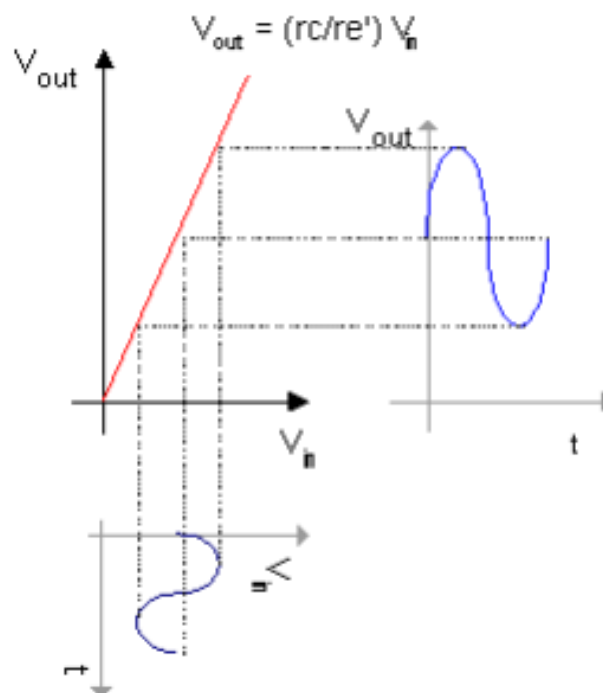
Rangkaian Imajiner Analisa ac Kelas A



Adanya kapasitor C_e menyebabkan nilai R_e pada analisa sinyal AC menjadi tidak berarti. Anda dapat mencari lebih lanjut literatur yang membahas penguatan transistor untuk mengetahui bagaimana perhitungan nilai penguatan transistor secara detail. Penguatan didefinisikan dengan $V_{out}/V_{in} = r_c/r_e'$, r_c adalah resistansi R_c paralel dengan beban R_L (pada penguat akhir, R_L adalah speaker 8 Ohm), dan r_e' adalah resistansi penguatan transistor. Nilai r_e' dapat dihitung dari rumus $r_e' = h_{fe}/h_{ie}$ yang datanya juga ada pada data sheet transistor. Gambar 4.67 menunjukkan ilustrasi penguatan sinyal input serta proyeksinya menjadi sinyal output terhadap garis kurva X-Y rumus penguatan $v_{out} = (R_c/R_e) V_{in}$.

Gambar 4. 8

Kurva Penguatan Kelas A



Ciri khas dari penguat kelas A adalah seluruh sinyal keluarannya bekerja pada daerah aktif. Penguat tipe kelas A disebut sebagai penguat yang memiliki tingkat fidelitas yang tinggi. Selama sinyal masih bekerja di daerah aktif, bentuk sinyal keluarannya akan sama persis dengan sinyal input. Akan tetapi, penguat kelas A ini memiliki efisiensi yang rendah kira-kira hanya 25%-50%. Hal ini karena titik Q yang ada pada titik A sehingga walaupun tidak ada sinyal input (atau ketika sinyal input = 0 Vac)

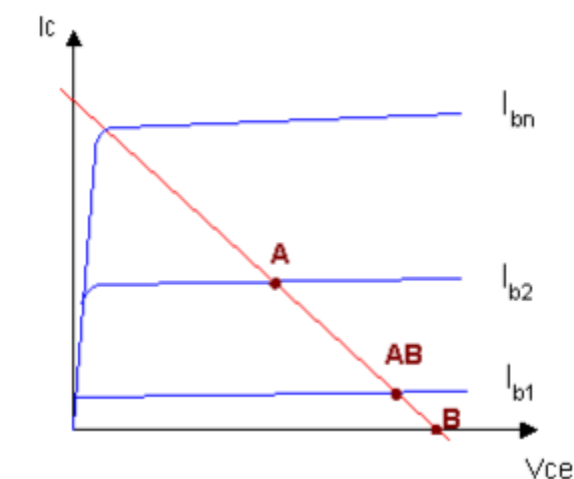
transistor tetap bekerja pada daerah aktif dengan arus bias konstan. Transistor selalu aktif (*ON*) sehingga sebagian besar dari sumber catu daya terbuang menjadi panas. Oleh karena itu, transistor penguat kelas A perlu ditambah dengan pendingin ekstra seperti *heatsink* yang lebih besar.

Operasi Kelas B

Titik B adalah satu titik pada garis beban dimana titik ini berpotongan dengan garis arus $I_b=0$. Letak titik yang demikian menyebabkan transistor hanya bekerja aktif pada satu bagian fasa gelombang saja. Kelas B hanya bekerja 50% dari sinyal input. Oleh karena itu, penguat kelas B selalu dibuat dengan 2 buah transistor Q1 (NPN) dan Q2 (PNP).

Gambar 4. 9

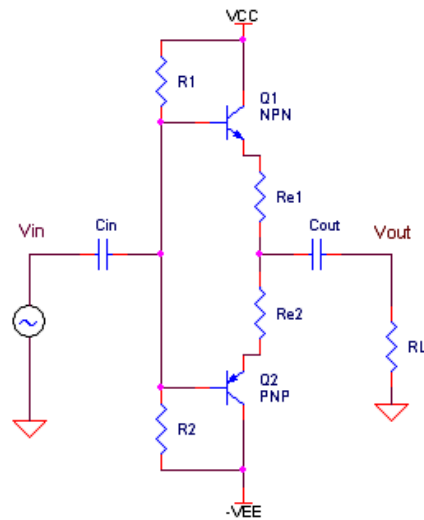
Titik Q penguat A, AB, dan B



Kedua transistor ini bekerja secara bergantian karena itu penguat kelas B sering dinamakan sebagai penguat *push-pull*. Rangkaian dasar *Power Amplifier* kelas B seperti pada Gambar 4. 11. Jika sinyalnya berupa gelombang sinus maka transistor Q1 aktif pada 50 % siklus pertama (fasa positif 0° - 180°), selanjutnya giliran transistor Q2 aktif pada siklus 50 % berikutnya (fasa negatif 180° – 360°). Penguat kelas B lebih efisien dibandingkan dengan kelas A sebab jika tidak ada sinyal input ($V_{in} = 0$ volt) maka arus bias I_b juga = 0 dan praktis membuat kedua transistor dalam keadaan OFF.

Gambar 4. 10

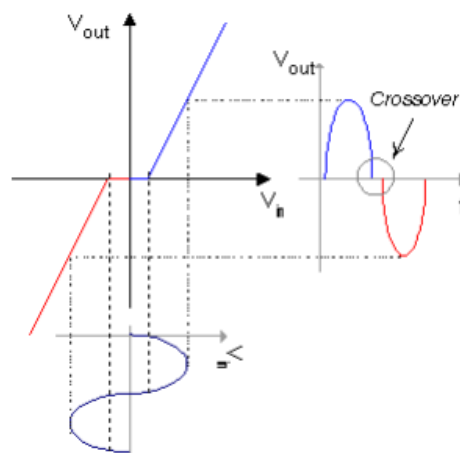
Rangkaian Dasar Penguat Kelas B



Efisiensi penguat kelas B kira-kira sebesar 75%. Akan tetapi bukan berarti masalah sudah selesai karena transistor memiliki ketidakidealan. Pada kenyataannya ada tegangan jepit V_{be} kira-kira sebesar 0.7 volt yang menyebabkan transistor masih dalam keadaan *OFF* walaupun arus I_b telah lebih besar beberapa mA dari 0. Hal ini menyebabkan masalah *cross-over* pada saat transisi dari transistor Q1 menjadi transistor Q2 yang bergantian menjadi aktif. Gambar 4.70 menunjukkan masalah *cross-over* yang menyebabkan adanya daerah mati/*dead zone* transistor Q1 dan Q2 pada saat transisi. Pada penguat akhir, salah satu cara mengatasi masalah *cross-over* adalah dengan menambah filter *cross-over* (filter pasif L dan C) pada masukan speaker.

Gambar 4. 11

Kurva Penguatan Kelas B

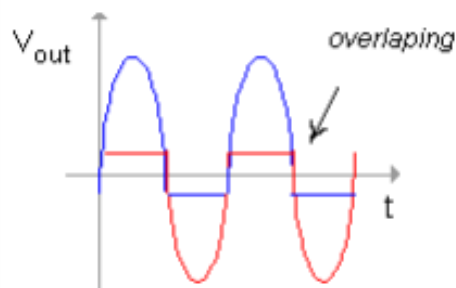


Operasi Kelas AB

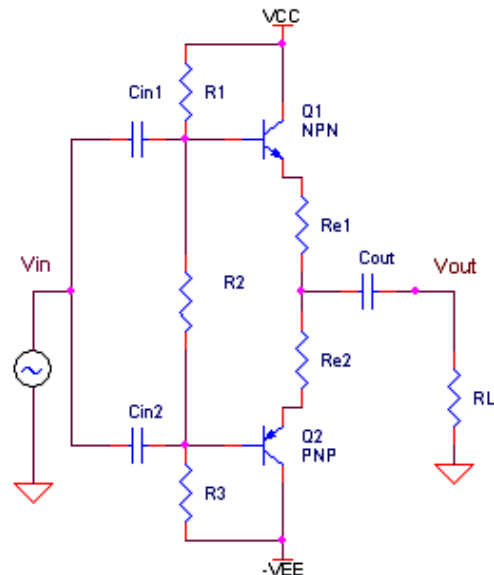
Cara lain untuk mengatasi *cross-over* adalah dengan menggeser sedikit titik Q pada garis beban dari titik B ke titik AB (Gambar 4. 71). Tujuannya adalah agar pada saat transisi sinyal dari fasa positif ke fasa negatif dan sebaliknya, terjadi *overlap* di antara transistor Q1 dan Q2. Pada saat itu, transistor Q1 masih aktif sementara transistor Q2 mulai aktif dan demikian juga pada fasa sebaliknya. Penguat kelas AB merupakan kompromi antara efisiensi (sekitar 51% - 99%) dengan mempertahankan fidelitas sinyal keluaran.

Gambar 4. 12

Overlapping Sinyal Keluaran Penguat Kelas AB



Ada beberapa teknik yang sering dipakai untuk menggeser titik Q sedikit di atas daerah *cut-off*. Daerah *cut-off* adalah daerah di mana transistor tidak bekerja. Salah satu contohnya adalah seperti Gambar 4.72 di bawah ini. Resistor R2 di sini berfungsi untuk memberi tegangan jepit antara *base* transistor Q1 dan Q2. Anda dapat menentukan berapa nilai R2 ini untuk memberikan arus bias tertentu bagi kedua transistor. Tegangan jepit pada R2 dihitung dari pembagi tegangan R1, R2 dan R3 dengan rumus $V_{R2} = (2V_{CC}) R2 / (R1 + R2 + R3)$. Lalu tentukan arus *base* dan lihat relasinya dengan arus I_c dan I_e sehingga dapat dihitung relasinya dengan tegangan jepit R2 dari rumus $V_{R2} = 2 \times 0.7 + I_e \cdot (R_{e1} + R_{e2})$. Penguat kelas AB ternyata punya masalah dengan teknik ini karena menyebabkan terjadinya penggemukan sinyal pada kedua transistornya yang aktif ketika sedang transisi. Masalah ini disebut dengan *gumming*.



Berdasarkan hal tersebut, dibuatlah teknik yang hanya mengaktifkan salah satu transistor saja pada saat transisi. Caranya adalah dengan membuat salah satu transistornya bekerja pada kelas AB dan satu lainnya bekerja pada kelas B. Teknik ini dapat dilakukan dengan memberi bias konstan pada salah satu transistornya yang bekerja pada kelas AB (biasanya selalu yang PNP). Caranya dengan memasang basis transistor tersebut menggunakan deretan dioda atau susunan satu transistor aktif. Penguat seperti ini disebut juga dengan penguat kelas AB plus B atau bisa saja diklaim sebagai kelas AB saja atau kelas B karena dasarnya adalah PA kelas B. Penyebutan ini tergantung dari bagaimana produk amplifier Anda mau diiklankan karena penguat kelas AB terlanjur memiliki konotasi lebih baik dari kelas A dan B. Terpenting adalah melalui teknik-teknik ini tujuan untuk mendapatkan efisiensi dan fidelitas yang lebih baik dapat terpenuhi.

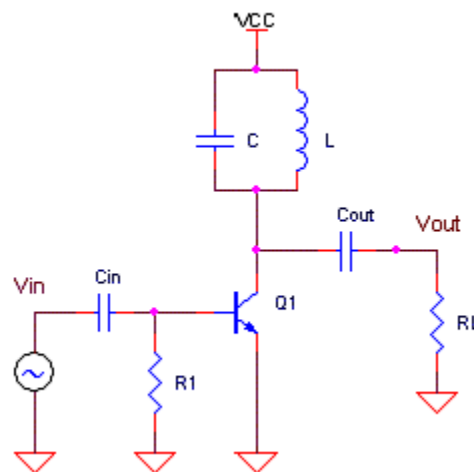
Operasi Kelas C

Penguat Kelas C digunakan jika hanya dibutuhkan sebagian kecil dari setengah gelombang sinyal input saja. Setiap penguat yang beroperasi kurang dari 50% sinyal

input adalah operasi kelas C. Jika penguat kelas B perlu 2 transistor untuk bekerja dengan baik maka ada penguat yang disebut kelas C dan hanya perlu 1 transistor. Ada beberapa aplikasi yang memang hanya memerlukan 1 fasa positif. Contohnya adalah pendeteksi dan penguat frekuensi pilot, rangkaian penguat tuner RF, dan sebagainya. Transistor penguat kelas C bekerja aktif hanya pada fasa positif saja, bahkan jika perlu cukup sempit hanya pada puncak-puncaknya saja yang dikuatkan. Sisa sinyalnya bisa direplika oleh rangkaian resonansi L dan C. Tipikal dari rangkaian penguat kelas C adalah seperti pada rangkaian berikut ini.

Gambar 4. 14

Rangkaian Dasar Penguat Kelas C



Rangkaian ini juga tidak perlu dibuatkan bias karena transistor memang sengaja dibuat bekerja pada daerah saturasi. Rangkaian L C pada rangkaian tersebut akan beresonansi dan ikut berperan penting dalam mereplika kembali sinyal input menjadi sinyal output dengan frekuensi yang sama. Rangkaian ini jika diberi umpan balik dapat menjadi rangkaian osilator RF yang sering digunakan pada pemancar. Penguat kelas C memiliki efisiensi yang tinggi bahkan sampai 100%, tetapi tingkat fidelitasnya lebih rendah. Selain daripada itu, sebenarnya fidelitas yang tinggi bukan menjadi tujuan dari penguat jenis ini.

13. Penguat Frekuensi Rendah

Penguat frekuensi rendah umumnya berhubungan dengan penguat audio yaitu penguat yang hanya melewatkan frekuensi antara 20 Hz sampai dengan 20kHz. Power Amplifier adalah sebuah rangkaian penguat getaran atau amplitude suatu sinyal. Rangkaian ini biasanya digunakan sebagai penguat audio

Penguat (bahasa Inggris: Amplifier) adalah rangkaian komponen elektronika yang dipakai untuk menguatkan daya (atau tenaga secara umum). Dalam bidang audio, amplifier akan menguatkan signal suara berbentuk analog dari sumber suara yaitu memperkuat signal/gain arus (I) dan tegangan (V) listrik berbentuk sinyal AC dari inputnya menjadi arus listrik AC dan tegangan yang lebih besar, juga dayanya akan menjadi lebih besar di bagian outputnya. Besarnya penguatan ini sering dikenal dengan istilah gain. Nilai dari gain yang dinyatakan sebagai fungsi penguat frekuensi audio, gain power amplifier antara 20 kali sampai 100 kali dari signal input.

Jadi gain merupakan hasil bagi dari daya di bagian output (P_{out}) dengan daya di bagian inputnya (P_{in}) dalam bentuk bentuk frekuensi listrik AC. Ukuran dari gain (G) ini satuannya adalah decibel (dB). Dalam bentuk rumus dinyatakan sebagai berikut:
 $G(dB)=10\log(P_{out}/P_{in})$.

P_{out} adalah Power atau daya pada bagian output, dan P_{in} adalah daya pada bagian inputnya.

Sebelum dayanya dikuatkan pada Power Amplifier ada bagian pengatur suara yaitu biasanya terdiri dari Volume, Bass, Treble, balance, loudness. Dalam bagian rangkaian Power Amplifier pada proses penguatan audio ini terbagi menjadi dua kelompok bagian penting yaitu bagian penguat signal tegangan (V) disebut driver kebanyakan menggunakan susunan transistor darlington, dan bagian penguat arus atau penguat daya susunannya transistor paralel, masing-masing transistor berdaya besar dan menggunakan sirip pendingin untuk membuang panas ke udara, sekarang ini banyak yang menggunakan transistor simetris komplementer.

Mengenal Power Amplifier Sistem OTL, OCL dan BTI

Power Amplifier merupakan suatu rangkaian penguat yang di dalamnya terdapat gabungan dari suatu rangkaian penguat tegangan dan penguat arus. sesuai dengan istilahnya yaitu *Power Amplifier* atau disingkat PA yang artinya penguatan daya, sesuai dengan persamaan Daya (P) yang menyatakan bahwa suatu daya nilainya adalah hasil kali antara tegangan (V) dan arus (I). Maka untuk mendapatkan suatu daya atau Power maka dua hal pokok yang perlu diperhatikan adalah arus dan tegangan, sehingga pada power amplifier ini untuk menentukan besarnya daya (Watt) pada perangkat power amplifier maka yang diperhatikan adalah rangkaian penguat tegangan dan rangkaian penguat arus.

Pada umumnya pada suatu rangkaian power amplifier, rangkaian penguat arus selalu berada di bagian paling akhir dari rangkaian setelah melewati rangkaian penguat tegangan. Hal ini agar sinyal dari suatu gelombang yang diterima pada rangkaian power amplifier mengalami penguatan terlebih dahulu oleh rangkaian penguat tegangan yang biasanya menggunakan suatu op-amp dengan penguatan tertentu atau dapat juga menggunakan transistor dengan arus dan daya rendah agar lebih sensitif terhadap sinyal gelombang masukan, sehingga setelah dikuatkan tegangan menjadi lebih besar beberapa kali lipat namun arusnya masih sangat kecil dan belum mampu untuk menggerakkan membran loudspeaker yang biasanya memiliki impedansi (4, 8 atau 16 ohm) oleh karena itu harus dikuatkan terlebih dahulu dengan suatu rangkaian penguat arus oleh transistor yang komplemen (kombinasi PNP dan NPN) dengan arus dan daya besar. Seperti halnya juga pada transistor penguat arus 2N 3055 yang digunakan pada suatu rangkaian regulator tegangan (misal: 7805) untuk mendapatkan tegangan 5 volt dengan arus yang melebihi dari batasan kemampuan dari arus IC regulator tersebut.

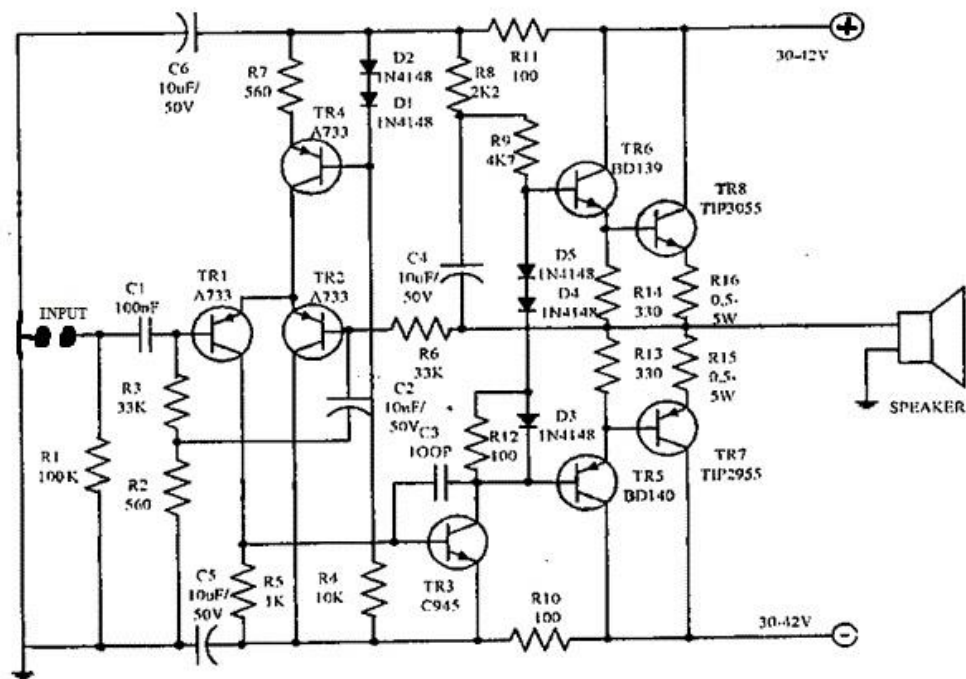
Pengklasifikasian penguat daya berdasarkan kopling outputnya dapat dibedakan sebagai berikut:

Power Amplifier OCL (*Output Capacitor Less*)

Power amplifier model OCL pada umumnya biasa dipakai untuk keperluan dengan daya yang sangat besar, karena pada power amplifier OCL ini didukung oleh catu daya atau power supply simetri V(+), V(-) dan Ground (0). Salah satu ciri yang paling penting pada power amplifier model ini adalah salah satu ujung beban pada keluaran atau output pada rangkaian power amplifier ini terhubung dengan CT transformator atau sumber tegangan sebagai titik simpul atau titik tengah dari suatu gelombang yang akan dihasilkan. Sehingga pergerakan amplitudo gelombang akan menuju V(+) dan V(-) melewati CT transformator sebagai ground dan titik tengah dari amplitudo gelombang tersebut.

Gambar 4. 15

Power Amplifier OCL



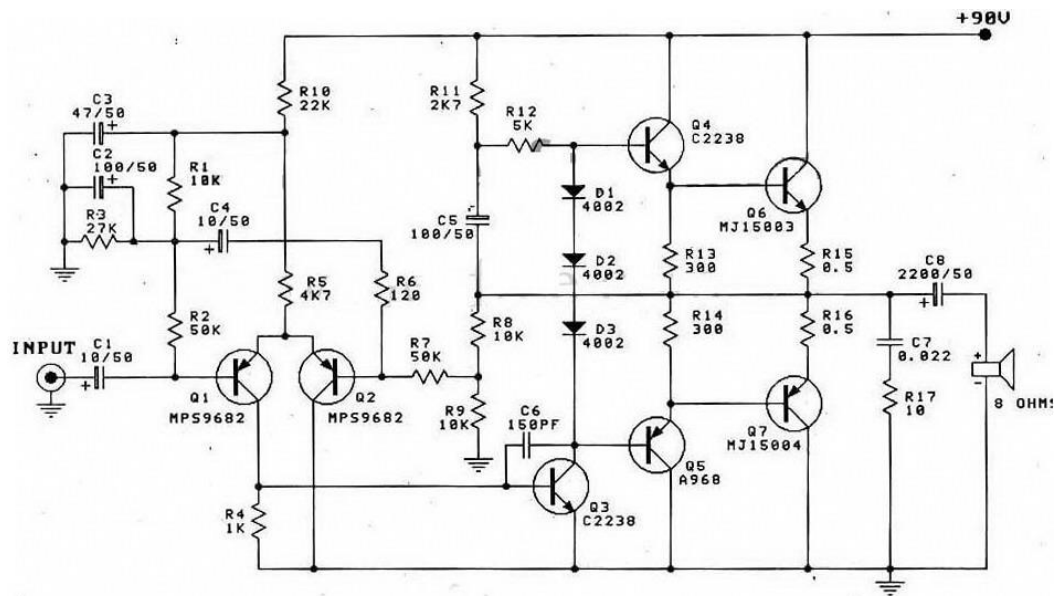
Power Amplifier OTL (*Output Transformer Less*)

Power amplifier model OTL merupakan salah satu model power amplifier yang digunakan untuk daya kecil sampai daya sedang tidak lebih dari 100 Watt. Mungkin dahulu masih ada yang menggunakan power amplifier model OTL ini untuk perangkat

sound sistem, tetapi untuk saat ini sudah jarang sekali digunakan. Akan tetapi saat ini tetap masih banyak digunakan pada beberapa perangkat elektronik untuk penghasil suara dengan daya kecil seperti televisi, radio, laptop, bahkan handphone yang kita gunakan setiap hari juga menggunakan tipe power amplifier OTL untuk penguat audionya. Salah satu ciri dari model power amplifier tipe OTL ini adalah dari catu dayanya atau power supply yang digunakan adalah non-simetri sehingga cukup menggunakan catu daya baterai (pada kutub + dan -) atau adaptor dengan $V(+)$ dan ground (0). Akan tetapi pada keluaran atau output pada power amplifier ini biasanya haruslah diberi coupling atau penghubung oleh sebuah kapasitor dengan ukuran yang cukup besar diatas 1000uF dan biasanya dipakai kapasitor berjenis elco polar. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan tegangan offset (DC) pada keluaran karena mengingat catu daya yang digunakan adalah catu daya non-simetri sehingga mengakibatkan amplitudo gelombang pada keluaran yang dihasilkan tidak memiliki titik simpul atau titik tengah pada tegangan 0 volt jika tidak diberi oleh kapasitor polar elco sebagai coupling. Hal ini untuk mencegah terjadinya kerusakan pada kawat email pada lilitan speaker karena tegangan DC yang keluar dari power amplifier dapat membuat kawat email menjadi cepat panas dan terbakar seperti layaknya elemen pemanas yang menggunakan tegangan DC. Maka dengan memanfaatkan sifat kapasitor sebagai penyimpan dan pembuang muatan maka tegangan offset keluaran (DC) pada power amplifier model OTL ini dapat diredam dan titik simpul dari amplitudo gelombang akan tetap berada pada 0 volt dengan bantuan kapasitor. Sehingga titik puncak $V(+)$ dan lembah $V(-)$ amplitudo gelombang dapat dicapai dengan memanfaatkan penyimpanan dan pembuangan dari kapasitor dengan ground (0 volt) sebagai titik tengahnya.

Gambar 4. 16

power amplifier model OTL

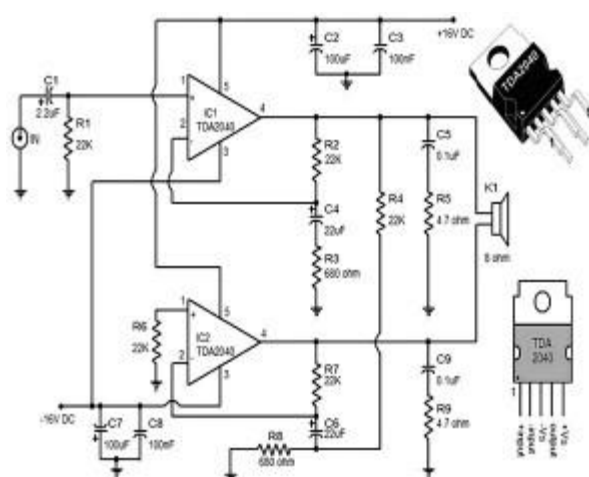


Power Amplifier BTL

Pada power amplifier model BTL (Bridge-Tied Load) ini dapat dibuat dengan mengkonfigurasi dua buah power amplifier model OCL atau dua buah power amplifier model OTL menjadi suatu model power amplifier menyerupai rangkaian jembatan.

Gambar 4. 17

power amplifier model BTL yang dibentuk dari 2 buah OCL

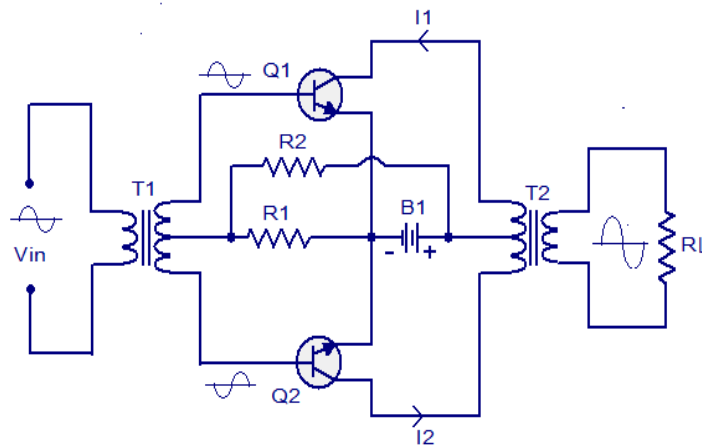


Penguat push pull kelas A gandeng transformator

Penguat push pull dapat dibangun melalui konfigurasi penguat kelas A, B, AB, atau kelas C. pada gambar dibawah adalah penguat push dengan konfigurasi kelas A. R1 dan R2 digunakan untuk membias transistor Q1 dan Q2. Transistor Q2 merupakan komplementer dari transistor Q1. kopling yang digunakan menggunakan transformator input dan output. sehingga selain berfungsi sebagai kopling juga berfungsi sebagai penyesuai impedansi output.

Gambar 4. 18

Penguat push pull kelas A gandeng transformator

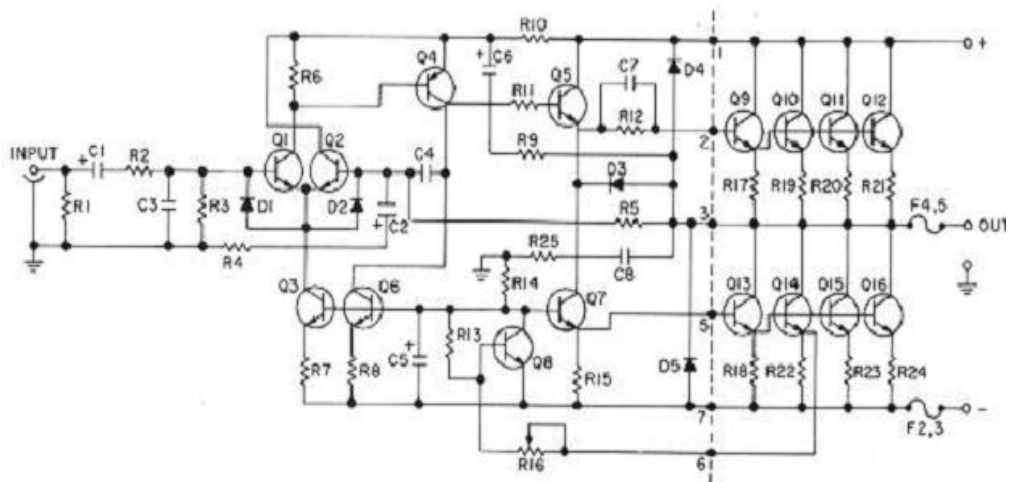


Latihan

Gambar 4.74 merupakan rangkaian utuh dari penguat Audio. Beroperasi pada kelas apakah masing-masing transistor (Q1 s/d Q16) tersebut jelaskan apa alasannya?

Gambar 4. 19

Rangkaian Amplifier Audio



14. Penguat Frekuensi Radio

Penguat daya RF atau RF power amplifier merupakan suatu rangkaian yang berfungsi untuk menguatkan sinyal termodulasi sebelum ditransmisikan atau dikirimkan ke antenna untuk dipancarkan. Kedudukan frekuensi adalah tetap setelah mengalami penguatan hanya saja terkadang timbul harmonik atau frekuensi bayangan yang tidak diinginkan kemunculannya. Biasanya jenis penguat RF dibangun oleh suatu komponen transistor dengan jenis penguat daya kelas C. Penguat daya kelas C dipilih karena kemampuan menguatkan frekuensi radio (diatas 20kHz) yang tidak membutuhkan linearitas dengan efisiensi tinggi. Transistor yang digunakannya pun khusus transistor RF, yang secara khusus diproduksi oleh pabrikan semikonduktor untuk fungsi ini. Berikut adalah contoh rangkaian RF power amplifier. Untuk meningkatkan power suatu pemancar dibutuhkan suatu rangkaian tambahan RF Amplifier, rangkaian ini berfungsi meningkatkan daya pancar yang akan berbanding lurus terhadap radius pancaran suatu transmitter. Tapi pada pengaplikasiannya RF Amplifier hanya salah satu faktor seberapa jauh radius pancaran, ada faktor lainnya, seperti: jenis antenna, ketinggian antenna, efisiensi pengumpan dan antenna, struktur alam, relief lokasi dan lainnya. 2SC2782 adalah transistor RF tipe NPN dengan power input sebesar +/-18W, power out sebesar +/-80W, input voltage +/-12.5V, lumayan cukup buat percobaan ataupun digunakan sebagai RF Amplifier dari sebuah stasiun radio lokal. Pada rangkaian diatas begitu banyak lilitan yang digunakan sebagai RFC atau RF-Choke atau peredam frekuensi radio, kemudian adanya komponen trimmer kapasitor dan kapasitor yang berfungsi sebagai penyesuaian impedansi antara input RF dan out RF. Hal ini bertujuan supaya tercapai “matching” antara peng-input sinyal dan penerima sinyal dari power RF ini. Diakhir penguatan digandengkan dengan rangkaian LPF atau low pass filter, yaitu pelolos tapis bawah. Fungsinya untuk memfilter sinyal-sinyal yang tidak diinginkan yang ikut dikuatkan oleh power amplifier atau timbul karena dipicu oleh rangkaian power amplifier itu sendiri. Transistor yang digunakan adalah 2SC2782 yang merupakan komponen semikonduktor produksi pabrikan Thosiba. Transistor ini mengkonsumsi tegangan kolektor sebesar 12.5Volt, diarea 9-15volt masih bisa beroperasi namun untuk mencapai keefektifan kerja transistor itu diambil

titik rekomendasi yaitu sekitar 12.5Volt dengan memakan arus sebesar 20A. Daya pemicu yang diinputkan supaya terbentuk daya out sebesar 80Watt adalah sebesar 18Watt. Jadi ketika suatu sinyal RF berdaya sekitar 18Watt dan ingin diperbesar daya tersebut maka hubungkanlah dengan rangkaian power RF ini, input 18Watt dan daya keluaran sebesar 80Watt, ini akan menambah jarak tempuh dari pemancar yang digunakan. Berikut adalah simulasi layout rangkaian. Berikut ini layout sederhana rangkaian RF Amplifier 2SC2782: Penempatan komponen: Dari layout terlihat penggunaan dioda di line DC-nya, yang bertujuan untuk proteksi kemungkinan V+ terbalik polaritasnya dan selalu menjaga line V+ supaya benar-benar positif. Ketika beroperasi transistor yang digunakan akan menimbulkan panas sehingga body dari transistor yang terbangun dari suatu logam harus dikontakan dengan sebuah heatsink dengan ukuran yang bersesuaian supaya panas dari transistor tersalurkan ke lingkungan, ini akan menjaga keawetan dari umur transistor. Mulai ke perakitan, berikut dokumentasinya; Dalam perakitan ini digunakan kapasitor tegangan tinggi diatas 1KV, dikarenakan ketahanan dalam menampung muatan cukup kuat dimana transistor RF yang digunakan berdaya cukup besar. Begitupun dengan trimmer, gunakan trimmer untuk daya besar. PCB yang digunakan adalah PCB Fiber, dimana PCB tersebut memiliki ketahanan yang dapat diandalkan. Berikut tampilan RF Ampli yang selesai diarakit; Dengan konsumsi sumber arus 20A sehingga PSU yang digunakan harus lebih dari 20A untuk menjaga efisiensi dan ketahanan masing-masing rangkaian.

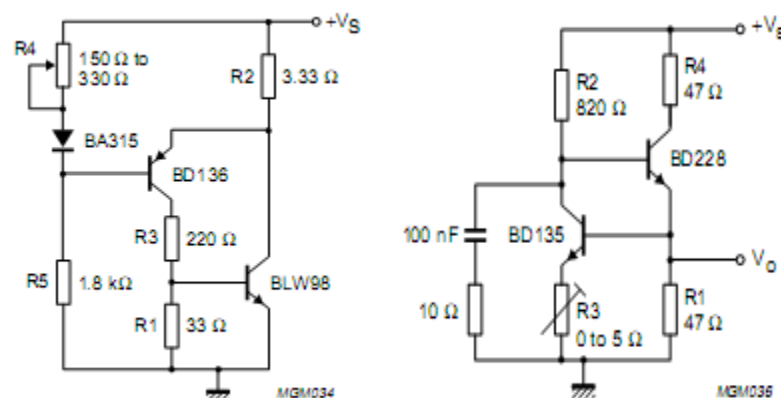
Penguat linier pada umumnya dibutuhkan orang untuk memperkuat sinyal SSB atau DSB sebelum dipancarkan dengan power besar. Mengapa demikian ? Karena dalam sinyal yang dibangkitkan telah terkandung informasi berupa sinyal yang sinkron dengan modulasi audio sehingga informasi ini harus tetap utuh ketika dipancarkan, tidak berubah bentuknya sejak dibangkitkan pada exciter sampai dipancarkan melalui antenna. Jenis penguat yang tetap mempertahankan bentuk informasi mulai tahap awal sampai tahap akhir ini dinamakan penguat linier. Penguat linear identik dengan penguat kelas A dan AB. Penguat kelas B dapat digunakan untuk penguat daya RF yang tidak membutuhkan linearitas sebagai contoh radio portable dan mobile, base station

(kecuali band 900MHz) dan pemancar FM. Untuk transistor bipolar tidak dibutuhkan bias $V_{BE} = 0V$ untuk MOSFET diperlukan sedikit arus drain 2 sampai 3% dari arus daya penuh. Efisiensi kira-kira 70% pada frekuensi VHF, sedangkan penguatan daya tergantung pada frekuensi operasi.

Pada operasi kelas C tidak disarankan menggunakan transistor karena usia hidupnya sangat pendek. Terkecuali dengan cara bias negatif yang kecil $< 100mV$. MOSFET lebih toleran dan dapat disetel pada $V_{GS} = 0$, menyebabkan penguatan daya hanya berkurang sedikit dB. Pada banyak kasus tidak bermasalah karena penguatan lebih tinggi. Keuntungan utama adalah efisiensi drain lebih tinggi. Contoh yang baik adalah BLF278 yang pada frekuensi 108MHz pada penguat kelas B memberikan efisiensi 70% pada penguatan 22dB. Dan pada kelas C efisiensinya 80% pada penguatan 18dB.

Kali ini akan mencoba eksperimen dengan penguat linier, disamping karena mencoba membuat pemancar DSB (Double Side Band – Supressed Carrier) atau juga SSB (Single Side Band), terutama disebabkan membuat pemancar AM dengan pembangkitan melalui Low Level Modulation. Sinyal RF – carrier – dimodulasi pada power kecil sehingga tidak membutuhkan rangkaian amplifier audio dan trafo modulasi untuk rangkaian modulatornya. menggunakan rangkaian IC MC1496 sebagai AM Modulator selanjutnya masuk ke penguat linier dengan power rendah yang kemudian akan masuk penguat Final yang sifatnya juga linier.

Gambar 4. 20 Rangkaian Bias transistor kelas A Rangkaian Bias transistor kelas AB

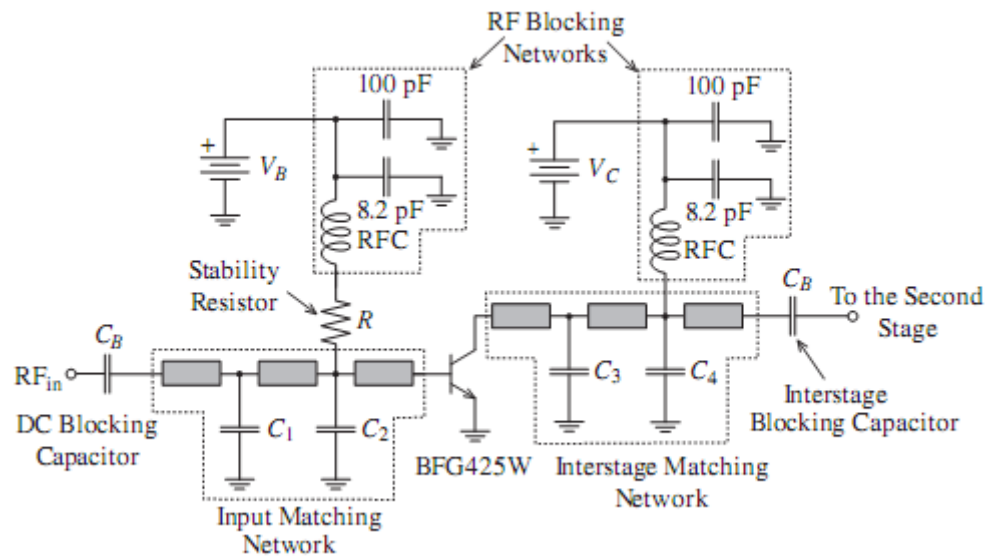


Aplikasi Penguat RF

Diagram Blok Sistem Frekuensi radio

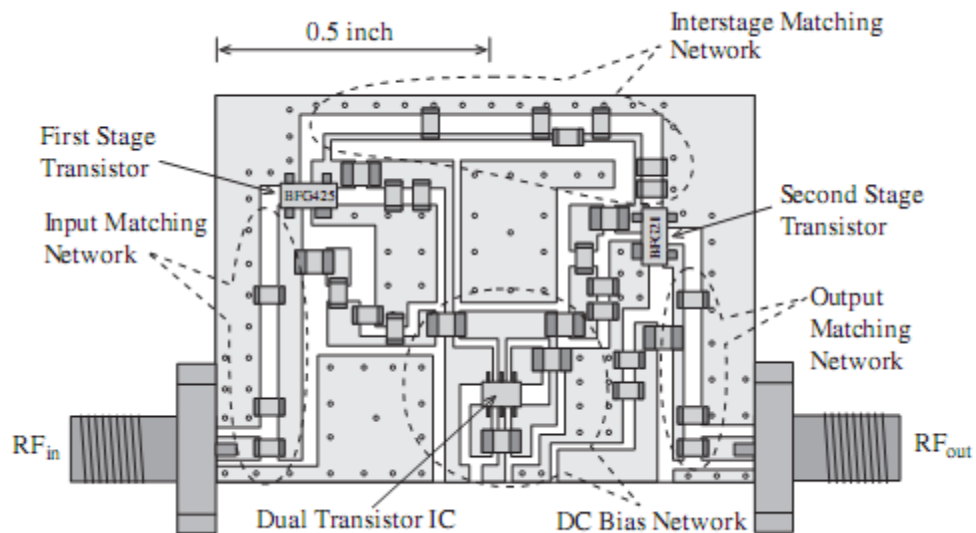
Gambar 4. 21

Penyederhanaan Diagram Rangkaian Penguat Daya RF 2 GHz untuk telepon mobile



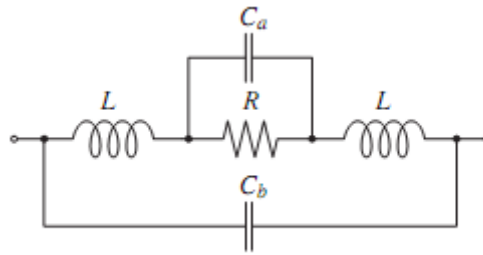
Gambar 4. 22

Lay out PCB power amplifier RF



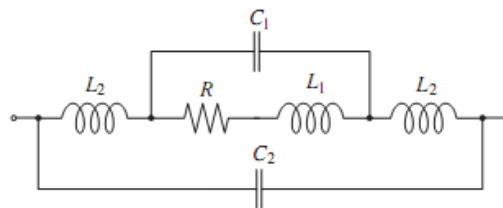
Gambar 4. 23

Representasi Ekuivalensi resistor pada frekuensi tinggi



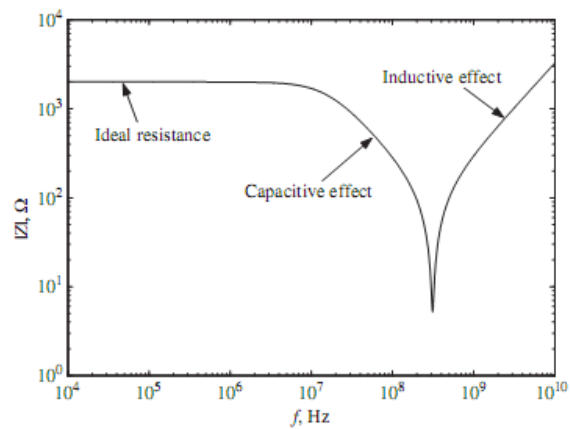
Gambar 4. 24

Representasi Ekuivalensi resistor wire wound pada frekuensi tinggi



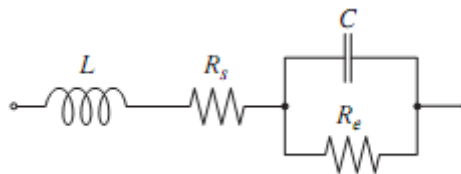
Gambar 4. 25

Harga impedansi absolute resistor metal film 2000 Ω pada frekuensi tinggi



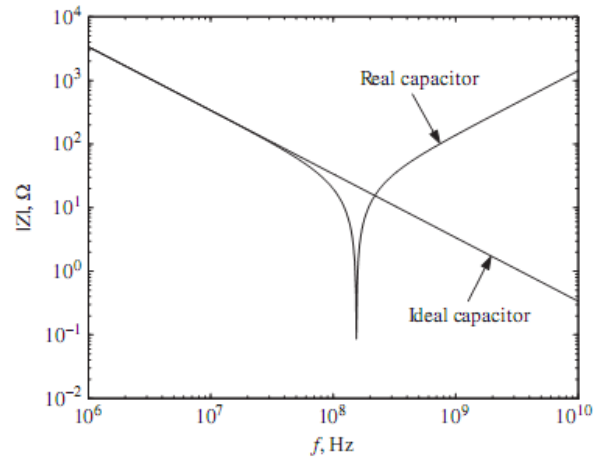
Gambar 4. 26

Rangkaian ekuivalen sebuah kapasitor pada frekuensi tinggi



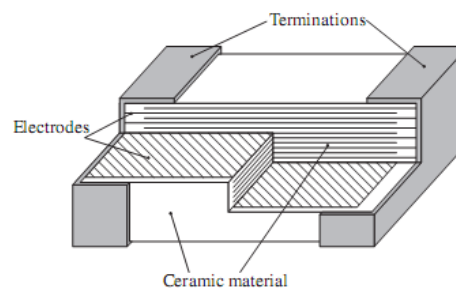
Gambar 4. 27

Harga impedansi absolute kapasitor sebagai fungsi frekuensi



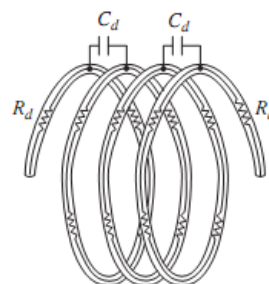
Gambar 4. 28

Konstruksi aktual multilayer kapasitor keramik



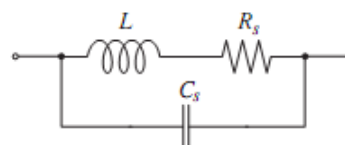
Gambar 4. 29

Resistansi dan kapasitansi terdistribusi pada inductor



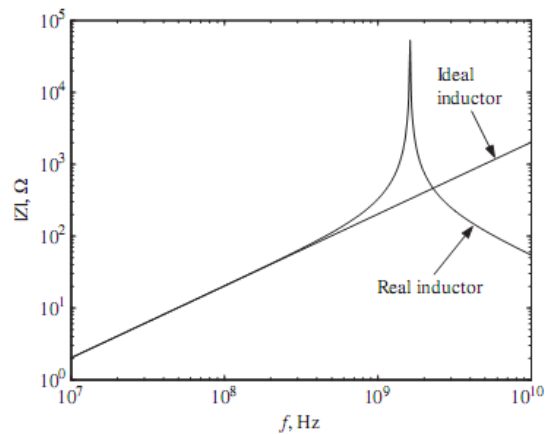
Gambar 4. 30

Ekivalensi Rangkaian inductor pada frekuensi tinggi



Gambar 4. 31

Harga impedansi absolute induktor sebagai fungsi frekuensi

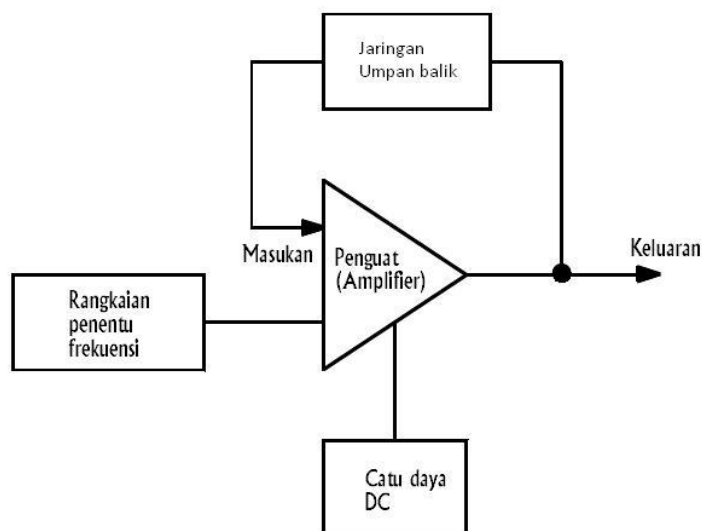


15. Rangkaian Osilator

Osilator adalah suatu rangkaian yang menghasilkan keluaran yang amplitudonya berubah-ubah secara periodik dengan waktu. Keluarannya bisa berupa gelombang sinusoida, gelombang persegi, gelombang pulsa, gelombang segitiga atau gelombang gigi gergaji. Osilator berbeda dengan penguat yang membutuhkan isyarat masukan untuk menghasilkan isyarat keluaran. Pada osilator tidak demikian karena ada isyarat masukan tanpa adanya isyarat keluaran. Osilator merupakan ini dari pemancar radio, maupun sebagai pencacah program pada mikroprosesor dan mikrokontroler.

Gambar 4. 32

Diagram blok rangkaian osilator



Prinsip Kerja Osilator

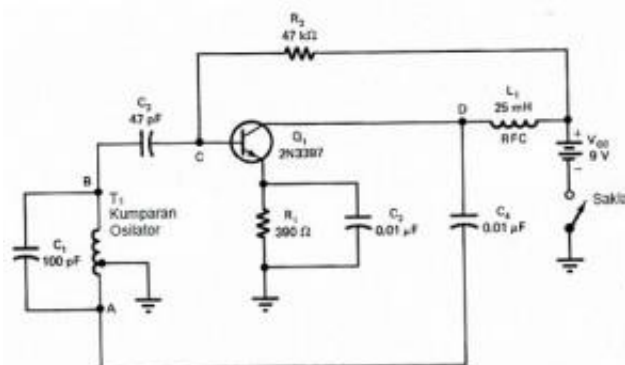
Jaringan umpan balik menghasilkan masukan yang diperoleh dari keluaran sedemikian rupa memiliki fasa yang sama dengan output. Rangkaian penguat atau amplifier dapat dibangun dengan transistor maupun OP-Amp. Rangkaian penentu frekuensi (tank circuit) dapat berupa rangkaian RC, RL, RLC, LC, maupun rangkaian Kristal. Jenis-jenis osilator dapat dilihat dari rangkaian penentu frekuensi ini.

Osilator Hartley

Osilator Hartley merupakan osilator yang banyak digunakan pada rangkaian penerima radio AM dan FM. Frekuensi resonansi ditentukan oleh harga T_1 dan C_1 . Kapasitor C_2 berfungsi sebagai kopling AC rangkaian tank circuit LC ke basis Q_1 . Tegangan bias Q_1 diberikan melalui resistor R_2 dan R_1 . Kapasitor C_4 sebagai kopling jaringan umpan balik output osilator hartley dengan rangkaian input melalui tank circuit T_1 . Kumparan RF (L_1) merupakan pull up tegangan dan untuk menahan sinyal AC agar tidak mempengaruhi rangkaian catu daya. Q_1 pada rangkaian osilator hartley dibawah merupakan transistor tipe n-p-n dengan konfigurasi common emitter. Untuk lebih detail dapat dilihat pada rangkaian osilator hartley berikut.

Gambar 4. 33

Osilator Hartley



Rangkaian Oscilator Hartley Pada saat rangkaian osilator hartley diatas diberikan sumber tegangan DC untuk pertama kali, tegangan DC mengalir ke kolektor melalui L_1 dan C_4 termuati, pada saat yang sama basis mendapat bias maju melalui R_2 sehingga transistor Q_1 konduk dan tegangan pada kolektor dialirkan ke ground

melalui emitor dan R1. Pada awalnya IE, IB dan IC mengalir pada Q1. Dengan IC mengalir lewat L1, tegangan kolektor mengalami penurunan. Tegangan ke arah negatif ini diberikan pada bagian bawah T1 oleh kapasitor C4. Ini mengakibatkan arus mengalir pada kumparan bawah. Elektromagnet pada T1 akan membesar di sekitar kumparan. Ini akan memotong kumparan bagian atas T1 dan memberikan tegangan positif untuk mengisi kapasitor C1. Tegangan ini kemudian diberikan pada Q1 melalui C2. Q1 akhirnya sampai pada titik jenuh dan mengakibatkan terjadinya perubahan pada VC. Medan di bagian bawah T1 akan dengan cepat habis dan mengakibatkan terjadinya perubahan polaritas tegangan pada bagian atas. Keping C1 bagian atas sekarang menjadi negatif sedangkan bagian bawah menjadi positif. Muatan C1 yang telah terakumulasi akan mulai dikosongkan melalui T1 pada proses rangkaian tangki (tank circuit). Tegangan negatif pada bagian atas C1 menyebabkan Q1 berubah ke negatif menuju cutoff. Selanjutnya ini akan mengakibatkan VC membesar dengan cepat. Tegangan ke arah positif kemudian ditransfer ke bagian bawah T1 oleh C4, sebagai jaringan umpan balik. Tegangan ini akan bertambah pada tegangan C1. Perubahan pada VC berangsur-angsur berhenti, dan tidak ada tegangan yang diumpanbalikan melalui C4. C1 telah sepenuhnya dikosongkan. Medan magnet di bagian bawah L1 kemudian menghilang. C1 kemudian termuati lagi, dengan bagian bawah berpolaritas positif dan bagian atas negatif. Q1 kemudian berkonduksi lagi. Proses ini akan berulang terus. Rangkaian tangki oscilator menghasilkan gelombang kontinyu dimana hilangnya muatan rangkaian tangki oscilator dipenuhi lagi melalui jaringan umpan balik C1. Sifat khusus oscilator Hartley adalah adanya tapped coil. Sehingga sejumlah variasi rangkaian dimungkinkan pada rangkaian oscilator hartley. Kumparan mungkin dapat dipasang seri dengan kolektor. Variasi ini biasa disebut sebagai oscilator Series-fed Hartley. Rangkaian seperti pada gambar diatas termasuk oscilator Shunt-fed Hartley

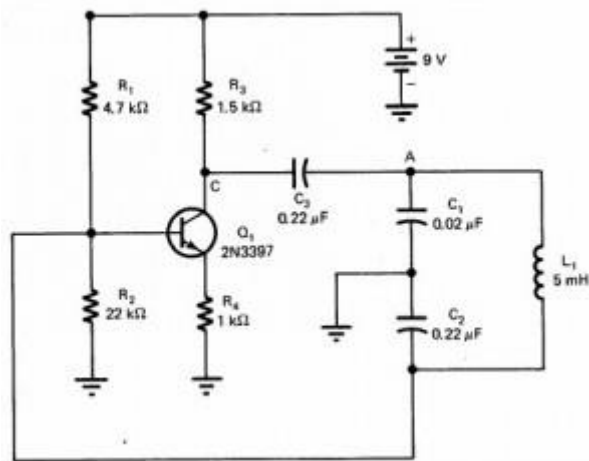
Oscilator Colpitts

Oscilator Colpitts pada dasarnya mirip dengan oscilator Hartley. Perbedaan yang mendasar terletak pada bagian rangkaian tangki (tank circuit). Pada oscilator Colpitts,

digunakan dua kapasitor sebagai pengganti induktor yang terbagi. Rangkaian umpan balik dibuat dengan menggunakan “medan elektrostatik” melalui jaringan pembagi kapasitor. Frekuensi resonansi rangkaian oscilator colpitts ditentukan oleh dua kapasitor terhubung seri dan induktor. Rangkaian oscilator colpitts secara detail dapat dilihat pada gambar berikut :

Gambar 4. 34

Oscilator Colpitts



Rangkaian Oscilator Colpitts Dari gambar rangkaian oscilator colpitts diatas tegangan bias untuk basis diberikan melalui R1 dan R2 sedangkan tegangan bias untuk emitor diberikan melalui R4. Kolektor diberi bias mundur dengan menghubungkan ke bagian positif dari VCC melalui R3. Resistor R3 juga berfungsi sebagai beban kolektor. Penguat transistor rangkaian oscilator colpitts dibuat dengan konfigurasi common emitor. Pada saat sumber tegangan DC diberikan pada rangkaian oscilator colpitts, arus mengalir dari bagian negatif VCC melalui R4, Q1 dan R3. Arus IC yang mengalir melalui R3 menyebabkan penurunan tegangan VC dengan harga positif. Tegangan yang berubah ke arah negatif ini juga diberikan ke bagian atas C1 melalui C3. Bagian bawah C2 bermuatan positif dan menambahkan ke tegangan basis sehingga menaikkan harga IB. Transistor Q1 akan semakin berkonduksi sampai pada titik jenuh. Saat Q1 sampai pada titik jenuh maka tidak ada lagi kenaikan IC dan perubahan VC juga akan terhenti. Sehingga tidak terdapat umpan balik ke bagian atas C2. Muatan pada C1 dan C2 akan dikosongkan melalui L1 dan selanjutnya medan magnet di sekitar L1 akan menghilang. Arus pengosongan tetap berlangsung untuk sesaat. Keping C2

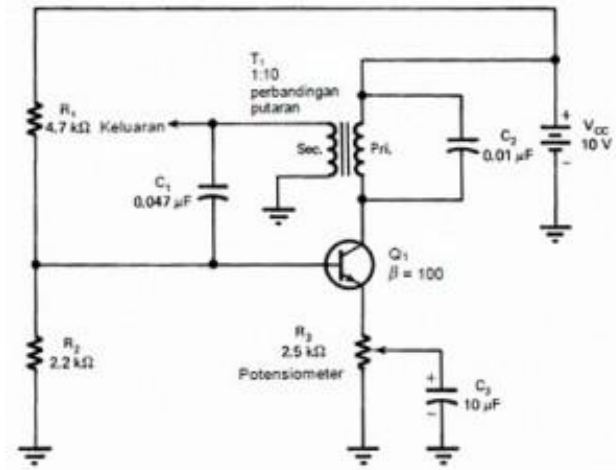
bagian bawah menjadi bermuatan negatif dan keping C1 bagian atas bermuatan positif. Ini akan mengurangi tegangan bias maju Q1 dan IC akan menurun. Harga VC akan mulai naik ke arah VCC, kenaikan ini akan diupankan kembali ke bagian atas keping kapasitor C1 melalui C3. C1 akan bermuatan lebih positif dan bagian bawah C2 menjadi lebih negatif. Proses ini terus berlanjut sampai Q1 pada rangkaian oscilator colpitts sampai pada titik cutoff. Pada saat Q1 rangkaian oscilator colpitts sampai pada titik cutoff, maka tidak ada arus IC. Tidak ada tegangan umpan balik ke C1. Gabungan muatan yang terkumpul pada C1 dan C2 dikosongkan melalui L1. Arus pengosongan mengalir dari bagian bawah C2 ke bagian atas C1. Muatan negatif pada C2 akan habis dengan cepat dan medan magnet di sekitar L1 akan menghilang. Arus yang mengalir masih terus berlanjut. Keping C2 bagian bawah menjadi bermuatan positif dan keping C1 bagian atas bermuatan negatif. Tegangan positif pada C2 menarik Q1 dari daerah cutoff. Selanjutnya IC akan mulai mengalir lagi dan proses dimulai lagi dari titik ini. Energi dari rangkaian umpan balik ditambahkan ke rangkaian tangki oscilator colpitts sesaat pada setiap adanya perubahan. Besarnya umpan balik pada rangkaian oscilator colpitts ditentukan oleh “nilai kapasitansi” C1 dan C2. Harga C1 pada rangkaian ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan C2 atau $X_{C1} > X_{C2}$. Tegangan pada C1 lebih besar dibandingkan pada C2. Dengan membuat C2 lebih kecil akan diperoleh tegangan balikan yang lebih besar. Namun dengan menaikkan balikan terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya distorsi. Biasanya sekitar 10-50% tegangan kolektor dikembalikan ke rangkaian tangki sebagai sinyal umpan balik rangkaian oscilator colpitts.

Oscilator Armstrong

Oscilator Armstrong merupakan hasil penerapan rangkaian tangki (tank circuit) kapasitor dan induktor LC. Rangkaian dasar dibuat dengan memberikan bias maju pada sambungan emitor-basis dan bias mundur pada kolektor. Pemberian bias tegangan ke basis, emitor dan kolektor dilakukan lewat resistor R3. Resistor R1 dan R2 yang berfungsi sebagai pembagi tegangan. Rangkaian oscilator armstrong dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4. 35

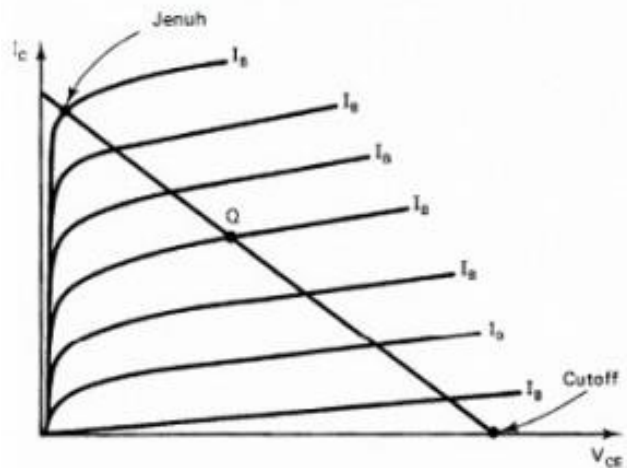
Oscilator Armstrong



Rangkaian Oscilator Armstrong Saat awal transistor diberi daya, resistor R1 dan R2 membawa transistor ke titik pengoperasian Q pada bagian tengah garis beban seperti pada gambar kurva karakteristik dibawah.

Gambar 4. 36

garis beban



Keluaran transistor (pada kolektor) secara ideal adalah 0 volt. Saat terjadi aliran arus awal pada saat dihidupkan, terjadi derau (noise) yang akan muncul pada kolektor. Namun biasanya berharga sangat kecil. Misalnya kita mempunyai isyarat -1 mV yang nampak pada kolektor. Transformator T1 akan membalik tegangan ini dan menurunkannya dengan faktor 10 (perbandingan jumlah lilitan primer-sekunder

1:10). Isyarat sebesar +0,1 mV akan diterima oleh C1 pada rangkaian basis. Kurva Karakteristik Transistor Pada Oscilator Armstrong Apabila transistor pada rangkaian oscilator armstrong diatas memiliki $\beta = 100$. dengan +0,1 mV berada pada basis, Q1 akan memberikan isyarat keluaran sebesar -10 mV pada kolektor. Perubahan polaritas dari + ke – pada keluaran akibat adanya karakteristik dasar penguat common emitor. Tegangan keluaran sekali lagi akan mengalami penurunan oleh transformator dan diberikan pada basis Q1. Isyarat kolektor sebesar -10 mV sekarang akan menyebabkan terjadinya tegangan sebesar + 1 mV pada basis. Melalui penguatan transistor, tegangan kolektor akan segera menjadi -100 mV. Proses ini akan berlangsung, menghasilkan tegangan kolektor sebesar -1 V dan akhirnya -10 V. Pada titik ini, transistor akan membawa garis beban sampai mencapai kejenuhan (perhatikan daerah ini pada garis beban). Sampai pada titik ini tegangan kolektor tidak akan berubah. Dengan tidak adanya perubahan V_c pada kumparan primer T1 oscilator , tegangan pada kumparan sekunder secepatnya akan menjadi nol. Tegangan basis akan kembali pada titik Q dengan cepat. Penurunan tegangan basis ke arah negatif ini (dari jenuh ke titik Q) membawa V_c ke arah positif. Melalui transformator, ini akan nampak sebagai tegangan ke arah positif pada basis. Proses ini akan berlangsung melewati titik Q sampai berhenti pada saat titik cutoff dicapai. Transformator selanjutnya akan berhenti memberikan masukan tegangan ke basis. Transistor segera akan berbalik arah. R1 dan R2 menyebabkan tegangan basis naik lagi ke titik Q. Proses ini akan terus berulang: Q1 akan sampai di titik jenuh – kembali ke titik Q – ke cutoff – kembali ke titik Q. Dengan demikian tegangan AC akan terjadi pada kumparan sekunder dari transformator. Frekuensi osilator Armstrong ditentukan oleh nilai C1 dan S (nilai induktasi diri kumparan sekunder) dengan mengikuti persamaan frekuensi resonansi untuk LC. Komponen C1 dan S membentuk rangkaian tangki dengan mengikutkan sambungan emitor-basis dari Q1 dan R1 . Keluaran dari osilator Armstrong seperti pada gambar diatas dapat diubah dengan mengatur harga R3. Penguatan akan mencapai harga tertinggi dengan memasang R3 pada harga optimum. Namun pemasangan R3 yang terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya

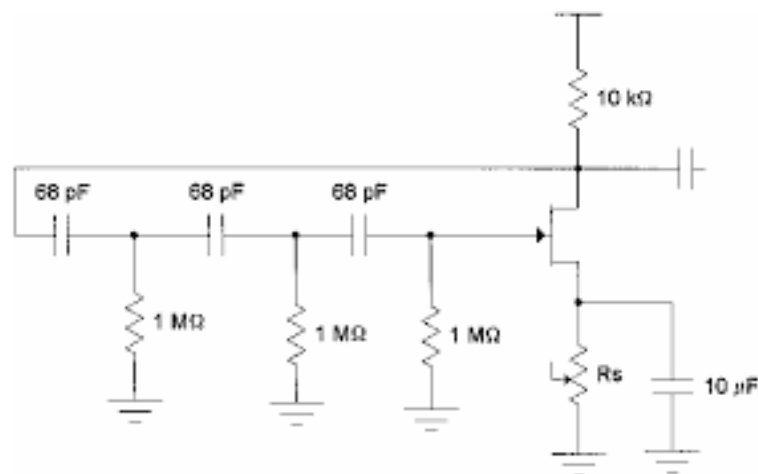
distorsi, misalnya keluaran akan berupa gelombang kotak karena isyarat keluaran terpotong.

Osilator Pergeseran Fasa

LC oscillator dan Qrystal oscillator yang telah dibahas di atas umumnya digunakan di wilayah RF (radio frequency). Namun untuk kebutuhan frequency rendah seperti frequency audio kedua model oscillator tadi kurang praktis dan mahal. Lalu dirancang RC oscillator untuk memenuhi kebutuhan akan frequency rendah. Cara kerja RC oscillator cukup simpel (Lihat gambar). Ketika Q1 konduksi, tegangan collector menurun. Fasa tegangan collector digeser 180 derajat oleh rangkaian penggeser fasa R1C1, R2C2, R3C3 sehingga base Q1 mendapat tegangan feedback positif, membuat Q1 saturasi. Akibat saturasi tegangan bias base Q1 menurun sampai Q1 cut-off. Ketika Q1 cut-off tegangan collector Q1 naik dan proses yang sama berulang. Output Q1 berupa gelombang sinusoidal.

Gambar 4. 37

Osilator pergeseran fasa

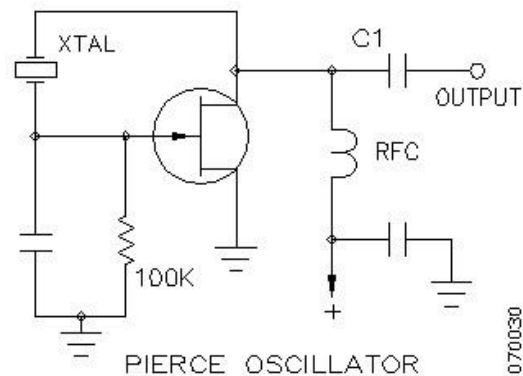


Osilator pergeseran fasa termasuk jenis osilator RC. Pada osilator pergeseran fasa terdapat sebuah pembalik fasa total 180 derajat. Pembalik fasa ini di menggeser fasa sinyal output sebesar 180 derajat dan memasukkan kembali ke input sehingga terjadi umpan balik positif. Rangkaian pembalik fasa ini biasanya dibentuk oleh tiga buah rangkaian RC.

Osilator Kristal

Gambar 4. 38

Osilator Kristal

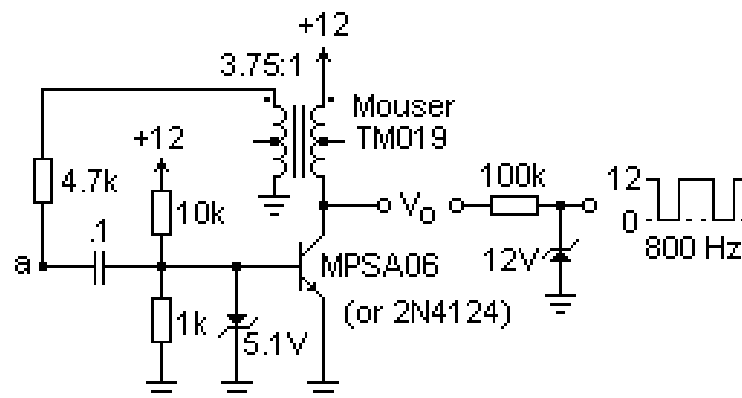


Osilator Kristal adalah osilator yang rangkaian resonansinya tidak menggunakan LC atau RC melainkan sebuah kristal kwarsa. Rangkaian dalam kristal mewakili rangkaian R, L dan C yang disusun seri. Osilator Pierce ditemukan oleh George W. Pierce. Osilator Pierce banyak dipakai pada rangkaian digital karena bentuknya yang simpel dan frekuensinya yang stabil.

Blocking Oscillator

Gambar 4. 39

Osilator Kristal



Gambar di samping menunjukkan rangkaian dasar suatu blocking oscillator. Cara kerjanya sbb. : Ketika rangkaian dihidupkan base Q1 mendapat tegangan positif dari rangkaian bias maju (tidak nampak) sehingga Q1 konduksi. Arus listrik collector mengalir melalui lilitan primer P. Aliran arus ini menimbulkan induksi tegangan positif

pada lilitan sekunder S yang dihubungkan dengan base Q₁ melalui C₁. Akibatnya Q₁ cepat saturasi. Dalam keadaan saturasi induksi tegangan jatuh menimbulkan tegangan negatif pada S, mendorong Q₁ cut-off. C₁ membuang muatan negatifnya melalui R₁. Ketika muatan C₁ habis Q₁ kembali konduksi. Proses yang sama berulang. Lamanya C₁ discharge (Q₁ cut-off/ frequency) ditentukan oleh nilai RC. Output gelombang segi empat diambil dari collector

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

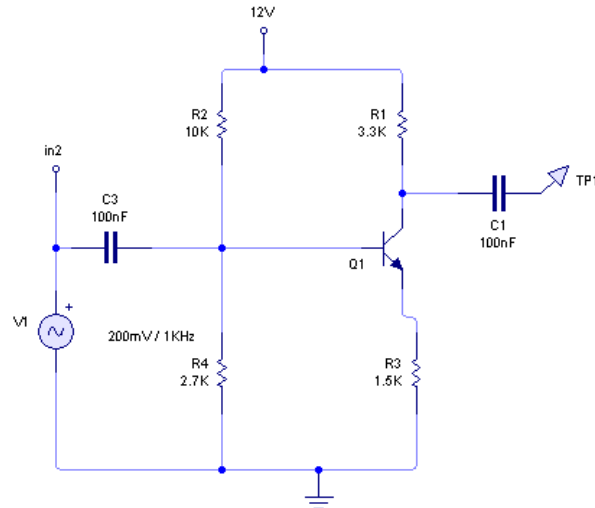
Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran transistor sebagai penguat ? Sebutkan !
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan !
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan !
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan !
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan !

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-4.1**.Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas menerapkan rangkaian penguat transistor pada penguat frekuensi rendah, radio maupun sebagai osilator

Saudara akan mendiskusikan bagaimana rangkaian penguat transistor. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.



1. Amati gambar diatas!
2. Apa yang Saudara ketahui tentang klasifikasi penguat transistor tersebut?
3. Mengapa Saudara perlu menganalisis kelas-kelas dari penguat transistor?
4. Apa yang Saudara ketahui tentang perbedaan penguat frekuensi rendah dengan penguata radio?
5. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penguat transistor sebagai osilator?
6. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian osilator?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-4.2**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang cara kerja rangkaian penyearah dan penyetabil, Bacalah Bahan Bacaan 3 tentang rangkaian penyearah dan penyetabil, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-4.2.P**

E. Rangkuman

Klasifikasi operasi dari sebuah penguat transistor ditentukan oleh jumlah waktu (dalam hubungannya dengan input) terhadap aliran arus output rangkaian. Ini merupakan fungsi dari titik kerja penguat. Titik operasi penguat ditentukan oleh bias yang diberikan pada transistor. Ada 4 Kelas operasi pada transistor. Operasi Kelas A, B, C, dan AB. Tiap Kelas operasi memiliki karakteristik dan kegunaan tertentu. Tidak ada satu kelas operasi yang lebih baik dari kelas yang lain. Kelas yang bagus untuk penguat *microphone* belum tentu bagus untuk penguat pemancar.

Penguat frekuensi rendah umumnya berhubungan dengan penguat audio yaitu penguat yang hanya melewatkan frekuensi antara 20 Hz sampai dengan 20kHz. Power Amplifier adalah sebuah rangkaian penguat getaran atau amplitudo suatu sinyal. Rangkaian ini biasanya digunakan sebagai penguat audio

Penguat daya RF atau RF power amplifier merupakan suatu rangkaian yang berfungsi untuk menguatkan sinyal termodulasi sebelum ditransmisikan atau dikirimkan ke antena untuk dipancarkan. Kedudukan frekuensi adalah tetap setelah mengalami penguatan hanya saja terkadang timbul harmonik atau frekuensi bayangan yang tidak diinginkan kemunculannya. Biasanya jenis penguat RF dibangun oleh suatu komponen transistor dengan jenis penguat daya kelas C. Penguat daya kelas C dipilih karena kemampuan menguatkan frekuensi radio (diatas 20kHz) yang tidak membutuhkan linearitas dengan efisiensi tinggi. Transistor yang digunakannya pun khusus transistor RF, yang secara khusus diproduksi oleh pabrikan semikonduktor untuk fungsi ini.

Penguat linier pada umumnya dibutuhkan orang untuk memperkuat sinyal SSB atau DSB sebelum dipancarkan dengan power besar. Mengapa demikian ? Karena dalam sinyal yang dibangkitkan telah terkandung informasi berupa sinyal yang sinkron dengan modulasi audio sehingga informasi ini harus tetap utuh ketika dipancarkan, tidak berubah bentuknya sejak dibangkitkan pada exciter sampai dipancarkan melalui antenna. Jenis penguat yang tetap mempertahankan bentuk informasi mulai tahap awal sampai tahap akhir ini dinamakan penguat linier. Penguat linear identik dengan penguat kelas A dan AB. Umpan balik positif dapat menimbulkan osilasi pada keluaran sistem loop tertutup. Bentuk Osilasi ini dapat berbentuk gelombang sinus, gelombang kotak maupun

gelombang gigi gergaji. Osilator dibangun dari sebuah penguat, umpan balik dan tank frekuensi. Beberapa jenis osilator diantaranya adalah osilator colfit, amstrong, jembatan wien, relaksasi, pergeseran fasa, Kristal, dan blocking.

F. Test Formatif

1. Apa yang menentukan dari klasifikasi operasi penguat?
2. Mengapa kelas C lebih efisien dibanding kelas A?
3. Kelas apa yang paling High Fidelity?
4. Mengapa penguat kelas A tidak cocok digunakan pada bagian output?
5. Penguat kelas C cocok digunakan pada penguat apa?

G. Kunci Jawaban

1. Titik kerja transistor dan jumlah waktu (dalam hubungannya dengan input) terhadap aliran arus output rangkaian.
2. Rangkaian pada kelas C tidak perlu dibuatkan arus bias karena transistor memang sengaja dibuat bekerja pada daerah saturasi.
3. Penguat kelas A
4. Karena pada bagian output membutuhkan arus yang besar, sehingga pada saat tidak bekerja(tidak ada isyarat input pun transistor sudah mendapatkan arus yang besar.
5. Penguat radio yang tidak perlu penguatan linear.

LEMBAR KERJA KB-4

LK – 4.1

Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran rangkaian penguat transistor ? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

LK - 4.2

1. Apa yang Saudara ketahui tentang klasifikasi penguat transistor?

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa Saudara perlu menganalisis kelas-kelas dari penguat transistor?

.....

.....

.....

.....

3. Apa yang Saudara ketahui tentang perbedaan penguat frekuensi rendah dengan penguat radio?

.....

.....

.....

.....

4. Apa yang Saudara ketahui tentang rangkaian penguat transistor sebagai osilator?

.....

.....

.....

.....

5. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian osilator?

.....

.....

.....

.....

LK - 4.2 P

TUGAS PRAKTIK:

Dengan menyelesaikan LK-4.2 saudara telah dapat menerapkan rangkaian penguat transistor Untuk keperluan eksperimen rangkaian penguat transistor saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk simulasi maupun praktikum;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap tegangan kerja simulator;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi penggunaan software simulasi atau pun buku manual trainer rangkaian elektronika sebelum melakukan tugas praktek ini;

5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja :

1. Berdo'alah sebelum memulai kegiatan belajar!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Gunakanlah peralatan praktikum dengan hati-hati!
4. Pastikan saudara sudah memakai APD.
5. Pastikan tegangan kerja telah sesuai.
6. Pastikan alat ukur bekerja dengan baik

16. Memahami klasifikasi penguat

m. Peralatan :

- Osiloskop 2 kanal
- Probe
- projectboard

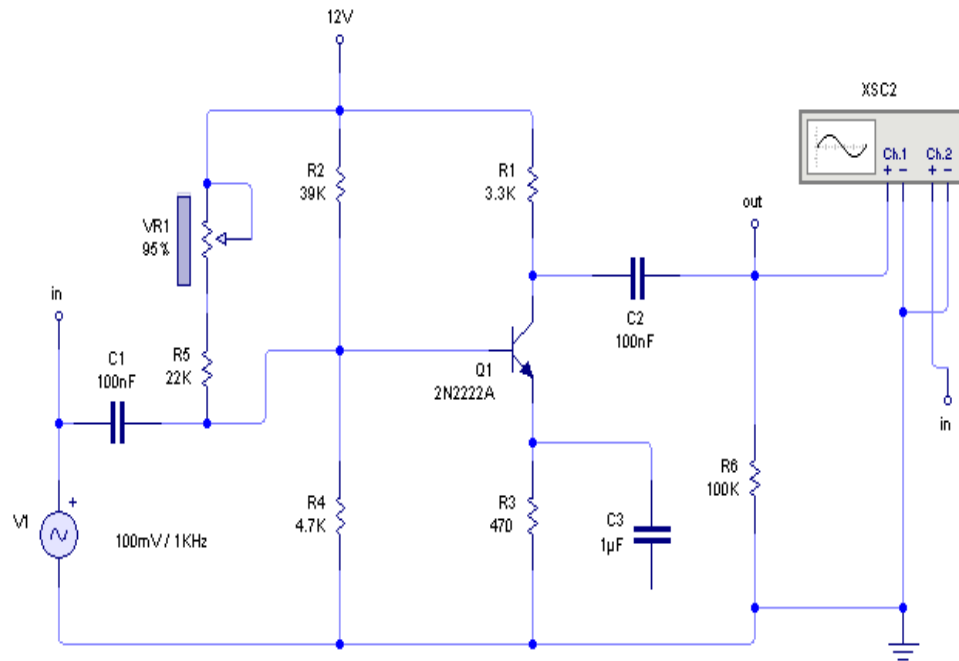
n. Bahan /Komponen :

Name	Quantity
1 μ F Capacitor	1
100K Potentiometer	1
100K Resistor (1/4W)	1
100nF Capacitor	2
12V Voltage Rail (Ideal)	1
22K Resistor (1/4W)	1
2N2222A NPN Transistor	1
3.3K Resistor (1/4W)	1
39K Resistor (1/4W)	1
4.7K Resistor (1/4W)	1
470 Resistor (1/4W)	1

o. Langkah Kerja :

Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan!

Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah!



Sambungkan alat ukur osiloskop seperti pada gambar

Gambarkan bentuk gelombang pada kanal 1 dan kanal 2 dari osiloskop

Isilah table dibawah ini frekuensi generator =1KHz

Vin(mV)	Vout	Av	Av hitung
100			
200			
300			
400			
500			
600			
700			
800			
900			
1000			

1100			
1200			
1300			

Ulangi pengisian tabel tersebut dengan menghubungkan kapasitor bypas C3. Cari Zin dan Zout!

Vin(mV)	Vout	Av	Av hitung
100			
200			
300			
400			
500			
600			
700			
800			
900			
1000			
1100			
1200			
1300			

Buatlah kesimpulan yang dapat saudara ambil!

17. Menerapkan penguat Frekuensi rendah

p. Peralatan :

- Osiloskop 2 kanal
- Probe
- projectboard

q. Bahan /Komponen :

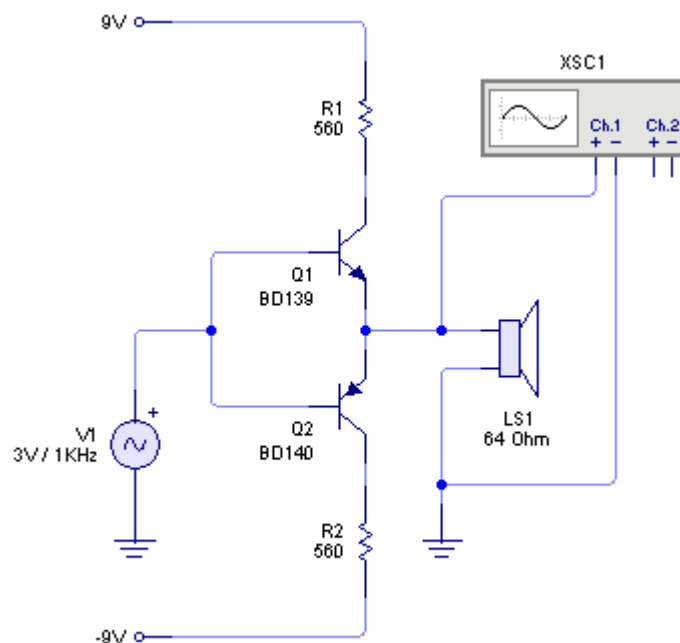
Name	Quantity
560 Resistor (1/4W)	2
9V Voltage Rail (Ideal)	1
-9V Voltage Rail (Ideal)	1
BD139 NPN Transistor	1
BD140 PNP Transistor	1
Loudspeaker (64 Ohm)	1

r.

s. Langkah Kerja :

Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan !

Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah !



Sambungkan alat ukur osiloskop seperti pada gambar

Gambarkan bentuk gelombang pada kanal 1 dan kanal 2 dari osiloskop

Isilah table dibawah ini F generator =1KHz

Vin(mV)	Vout	Av	Av hitung
---------	------	----	-----------

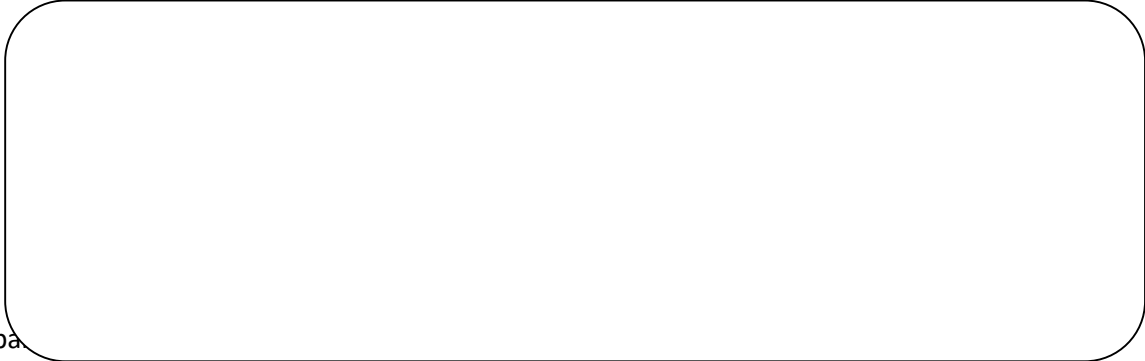
500			
1000			
2000			
3000			

Ulangi pengisian tabel tersebut dengan $V_{input} = 1$ Volt

F input	Vout	Av	Av hitung
100 Hz			
200 Hz			
500 Hz			
1kHz			
2kHz			
5kHz			
10kHz			
12kHz			
15kHz			
20kHz			
50kHz			
100kHz			
200kHz			

Gambarkan kurva respon frekuensinya

Apa



.....
.....
Termasuk kelas apakah rangkaian transistor tersebut?
.....
.....

Buatlah kesimpulan yang dapat saudara ambil!

18. Menerapkan penguat Frekuensi Radio

t. Peralatan :

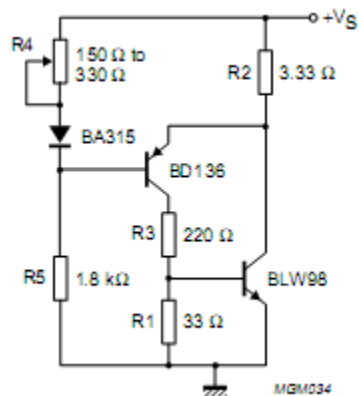
- Osiloskop 2 kanal
- Probe
- projectboard

u. Bahan /Komponen :

Nama	Jumlah
Transistor BD136	1
Transistor BLW98	1
Dioda BA135	1
Resistor R1 33 Ohm	1
Resistor R2 3,33 Ohm	1
Resistor R3 220 ohm	1
Resistor R4 150 s.d 330	1
Resistor R5 1,8 kOhm	1

v. Langkah Kerja :

1. Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan !
2. Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah !

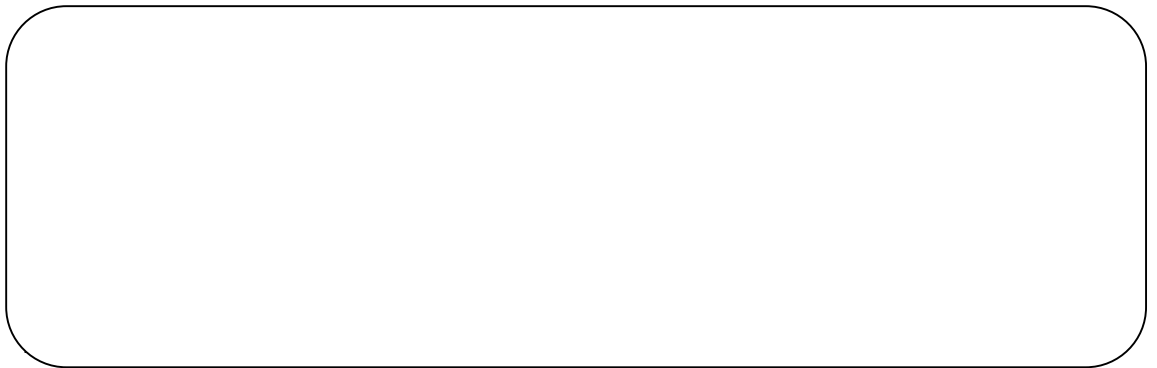


3. Sambungkan alat ukur osiloskop pada kaki kolektor BLW98
4. Berikan isyarat input pada kaki Basis BD136 melalui sebuah kopling kapasitor
5. Gambarkan bentuk gelombang pada kanal 1 dan kanal 2 dari osiloskop
6. Ulangi pengisian tabel tersebut dengan $V_{input} = 100 \text{ mV}$

F input	Vout	Av	Av hitung
1kHz			
2kHz			
5kHz			
10kHz			
20kHz			
50kHz			
100kHz			
1MHz			
2MHz			
5MHz			
10MHz			
20MHz			
50MHz			
100MHz			
200MHz			

7. Gambarkan kurva respon frekuensinya

8.



.....
.....

9. Termasuk kelas apakah rangkaian transistor tersebut ?

.....
.....

10. Buatlah kesimpulan yang dapat saudara ambil !

19. Menerapkan penguat Frekuensi Radio

w. Peralatan :

- Osiloskop 2 kanal
- Probe
- projectboard

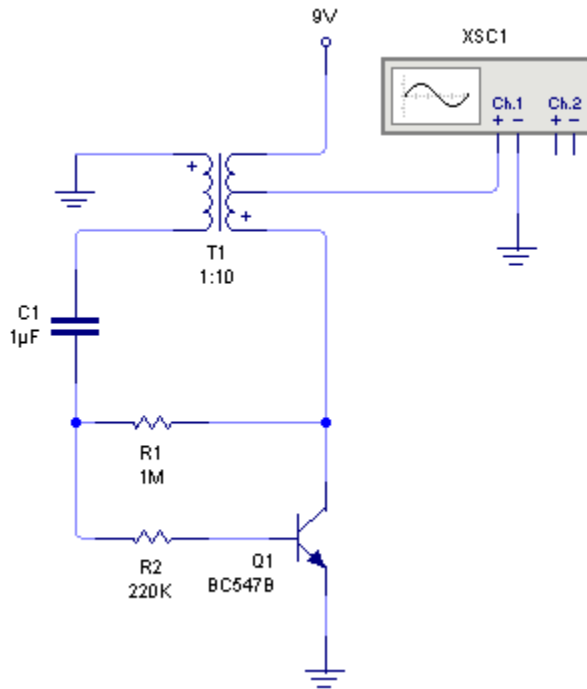
x. Bahan /Komponen :

Name	Quantity
1:10 Transformer	1
1 μ F Capacitor	1
1M Resistor (1/4W)	1
220K Resistor (1/4W)	1
9V Voltage Rail (Ideal)	1
BC547B NPN Transistor	1

y. Langkah Kerja :

Siapkanlah alat dan bahan yang akan digunakan !

Rangkailah Komponen seperti pada gambar dibawah !

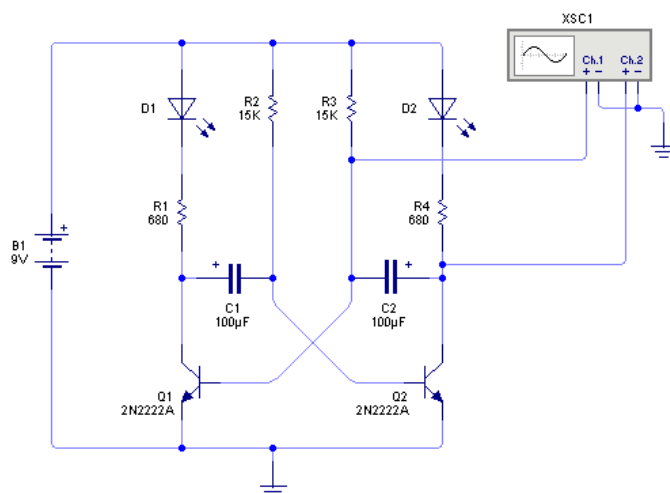


Sambungkan alat ukur osiloskop pada kaki kolektor BLW98

Gambarkan bentuk gelombang output pada kanal 1 osiloskop

Berapakah frekuensi yang dihasilkan

Berikut ini adalah rangkaian osilator dengan dua buah transistor atau dikenal sebagai multivibrator astabil



Name	Quantity
100μF Electrolytic Capacitor	2
15K Resistor (1/4W)	2
2N2222A NPN Transistor	2
680 Resistor (1/4W)	2
9V Battery (Ideal)	1
LED (Green)	1
LED (Red)	1

Amatilah kondisi kedua LED tersebut

Gambarkan bentuk gelombang dari kedua output tersebut!

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : OPERATIONAL AMPLIFIER (OP-Amp)

A. Tujuan

- a. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat menyajikan prinsip kerja dan karakteristik Op-Amp
- b. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat membangun rangkaian penguat inverting
- c. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat merangkai penguat non inverting
- d. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat membangun rangkaian komparator analog
- e. Melalui diskusi dan praktikum peserta diklat dapat membangun rangkaian penguat penjumlah
- f. Melalui presentasi peserta diklat dapat menyajikan hasil rancang bangun operasional amplifier

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- a. Menyajikan prinsip kerja dan karakteristik Op-Amp
- b. Membangun rangkaian penguat inverting
- c. Membangun rangkaian penguat non inverting
- d. Membangun rangkaian komparator analog
- e. Membangun rangkaian penguat penjumlah

C. Uraian Materi

20. Prinsip Kerja dan Karakteristik Op-Amp

OP-AMP atau operasional amplifier yang dikemas dalam bentuk IC merupakan penguat yang mudah untuk dioperasikan. Hanya dengan menambah beberapa

komponen kita dapat menggunakan OP-AMP. OP-AMP selain dapat digunakan dalam bentuk *feedback* negatif juga dapat digunakan dalam bentuk *feedback* positif.

Dalam bentuk *feedback* negatif di antaranya digunakan sebagai komparator, rangkaian gelombang kotak, penguat *noninverting*, penguat *inverting*, rangkaian dioda aktif, *clempers*, *clipper*, penguat instrumen, penguat logaritmik, *integrator*, *differentiator*, dan lain-lain. Sementara itu, dalam bentuk *feedback* positif dapat digunakan sebagai rangkaian penghasil gelombang atau *oscillator* baik sinus maupun non sinus.

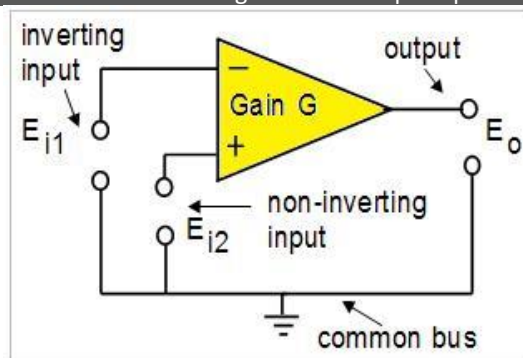
Karakteristik OP-AMP ideal

- 1) Impedansi input tinggi (tak hingga)
- 2) Impedansi output rendah (mendekati 0)
- 3) Memiliki penguatan yang sangat tinggi
- 4) Arus kedua inputnya 0 A
- 5) Tegangan antara V_1 dan V_2 adalah 0 Volt
- 6) Penguatan dari 0 sampai 10MHz.

Suatu operational amplifier/penguat operasi (OP-AMP) adalah merupakan suatu rangkaian amplifier lengkap berupa satu *chip* rangkaian terintegrasi (*integrated Circuit* / IC) dimana komponen-komponen seperti transistor, dioda, resistor, dan lain-lain diperkecil dan ditempatkan pada suatu wadah tunggal. OP-AMP dapat digunakan dengan berbagai cara dengan menambahkan sejumlah kecil komponen-komponen pasif eksternal seperti resistor dan kapasitor. OP-AMP memiliki gain yang sangat tinggi (rata-rata $G=10^5$).

Gambar 5. 1

Rangkaian dasar Op-Amp



Rangkaian dasar OP-AMP

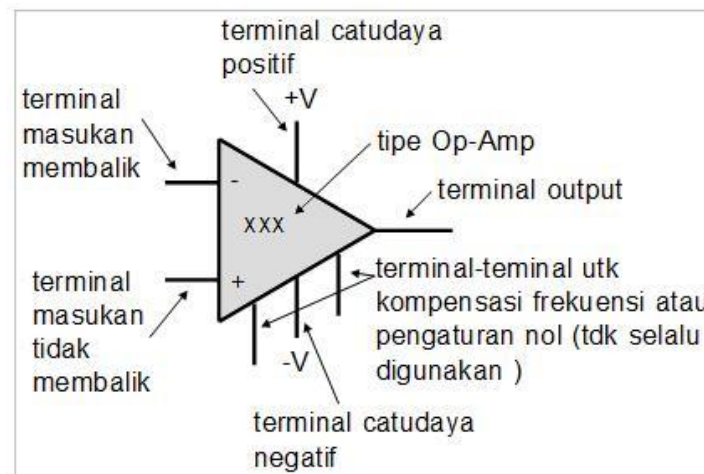
Menunjukkan simbol yang digunakan untuk mewakili suatu rangkaian OP-AMP. Dua jalur terminal input ditandai sebagai *inverting* (-) terminal dan *non-inverting* (+) terminal. *Common bus* adalah jalur negatif *ground* bersama antara input dan output. Besarnya tegangan input E_o dinyatakan sebagai

$$E_o = G(Ei_1 - Ei_2)$$

Berdasarkan persamaannya ternyata OP-AMP adalah suatu penguat diferensial. OP-AMP tidak digunakan sebagai suatu amplifier diferensial konvensional disebabkan sifat penguatannya yang sangat tinggi dan kestabilannya yang kurang baik. OP-AMP dapat digunakan dengan efektif apabila digunakan sebagai bagian dari suatu rangkaian yang besar. Beberapa penerapan penggunaan OP-AMP di antaranya adalah sebagai penguat penjumlah, pengikut tegangan, penguat terintegrasi, dan diferensial amplifier.

Gambar 5. 2

Keterangan Simbol untuk Terminal-Terminal Suatu OP-AMP



Arus Bias Input

Agar OP-AMP dapat bekerja, Anda harus menghubungkan catu daya V_{CC} dan V_{EE} . Akan tetapi, itu saja tidak cukup karena Anda juga harus menghubungkan pengembalian DC luar untuk input basis yang mengambang. Dengan kata lain arus basis Q1 dan Q2 harus

mengalir ke tanah karena ujung lain dari catu daya dihubungkan ke tanah. Makin kecil arus basis makin baik karena makin kecil kemungkinan ketidakseimbangan. Keluarga 741 memiliki arus bias input 80nA. Arus bias input adalah rata-rata dari dua arus input.

Arus Offset Input

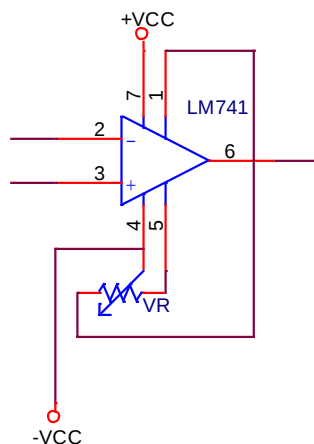
Arus *Offset input* adalah perbedaan antara dua arus input. Keluarga 741 memiliki arus *offset input* sebesar 20nA. Makin kecil arus *offset input* makin baik karena tidak menimbulkan sinyal input diferensial.

Tegangan Offset Input

Tegangan *offset input* adalah tegangan input diferensial yang diperlukan untuk menolkan tegangan input stasioner. Untuk 741 kita perlu memberikan input diferensial sebesar 5mV untuk menolkan tegangan output.

Gambar 5. 3

Pembuat Nol



OP-AMP yang memiliki penguatan yang sangat tinggi tidak dirancang untuk digunakan pada loop terbuka kecuali untuk komparator. OP-AMP digunakan pada penguatan tertutup atau *feedback* untuk aplikasinya.

21. Penguat Inverting

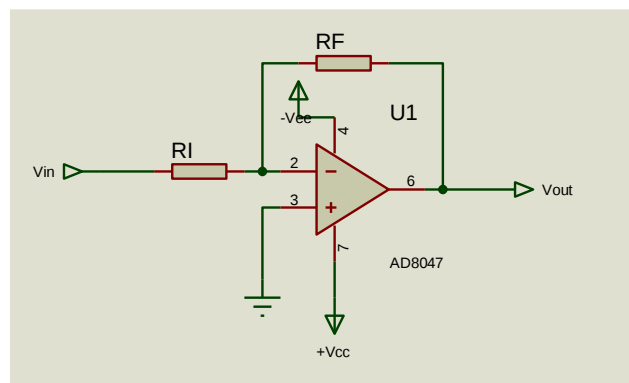
Inverting amplifier memiliki besar penguatan yang negatif. Jika masukan sinyalnya positif maka keluaran sinyalnya negatif. Begitu juga sebaliknya, jika sinyal masukan negatif maka akan menghasilkan sinyal keluaran positif. Antara masukan dan keluaran berbeda fase 180° atau berlawanan polaritas. pada rumus penguatannya. Penguatan *inverting* amplifier bisa lebih kecil nilai besarnya dari 1.

Gambar 5. 4

Rangkaian Proporsional Pembalik Fasa

Rumusnya adalah

$$V_o = -\frac{R_F}{R_i} \cdot V_i \dots \dots (4.4)$$



OP-AMP yang dikonfigurasi seperti rangkaian Gambar 5.79 merupakan bentuk penerapan OP-AMP sebagai penguat atau amplifier. Rangkaian ini disebut sebagai *inverting amplifier* (penguat membalik) karena sifat rangkaiannya yang akan membalikan fasa sinyal output sebesar 180° terhadap fasa sinyal masukan. Pembalikan fasa sinyal output sebesar 180° dilustrasikan pada Gambar 5.78.

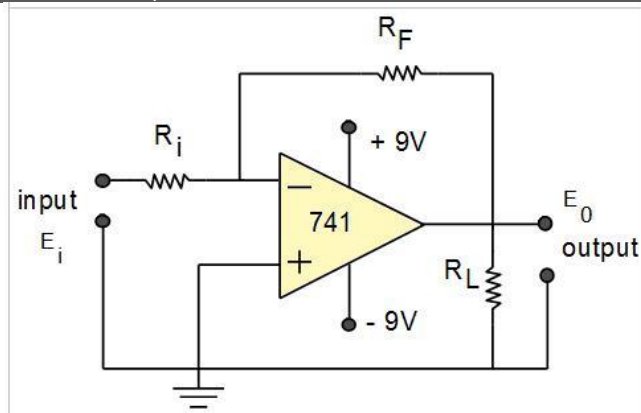
Gambar 5. 5

Pembalikan Fasa Sinyal Output (b); Terhadap Sinyal Input (c)



Gambar 5. 6.

Rangkaian Penguat Membalik Dengan Menggunakan OP-AMP Tipe LM 741



R_f = resistor *feed back* (resistor umpan balik)

R_i = resistor input

Faktor penguatan G dari rangkaian ini dinyatakan sebagai :

$$G = -\frac{R_F}{R_i}$$

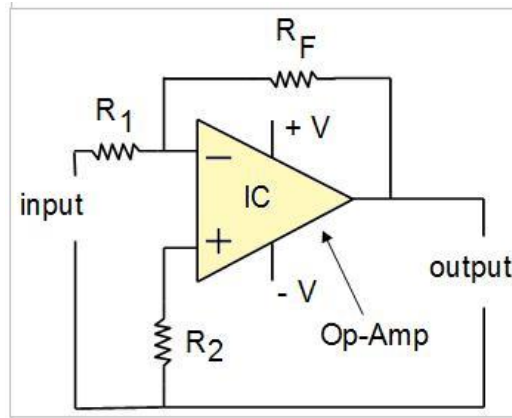
Contoh Soal

Jika $R_f = 100 \text{ K}\Omega$ dan $R_i = 10 \text{ K}\Omega$ maka,

$$G = -\frac{R_f}{R_i} = -\frac{100}{10} = -10$$

Jika pada terminal input diberikan tegangan masukan sebesar 0.02 V maka level tegangan ini akan diperkuat sebesar $-10 \times 0.02 \text{ V} = -0.2 \text{ V}$ (tegangan input diperbesar 10x dengan tanda minus menyatakan terjadinya pembalikan fasa sinyal).

Penguat umum yang digunakan adalah *Operational Amplifier* (Penguat Operasi) yang biasanya dalam bentuk *Integrated Circuit* (IC). Rangkaian dasar penguat sinyal atau tegangan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.80.



Faktor penguatan tegangan A_v dari rangkaian dapat dicari atau ditentukan dengan persamaan

$$A_v = -\frac{R_F}{R_1}$$

R_F : nilai resistor umpan balik.

R_1 : nilai resistor masukan pada terminal input membalik tanda minus menunjukkan bahwa tegangan keluaran akan berlawanan fasa dengan tegangan masukan atau akan terjadi pembalikan fasa.

22. Penguat Non-inverting

Rangkaian non *inverting* ini hampir sama dengan rangkaian *inverting*, perbedaannya adalah terletak pada tegangan inputnya dari masukan non *inverting*. Rumus untuk menghitung tegangan outputnya adalah sebagai berikut

$$V_o = \frac{R_f + R_i}{R_i} V_i$$

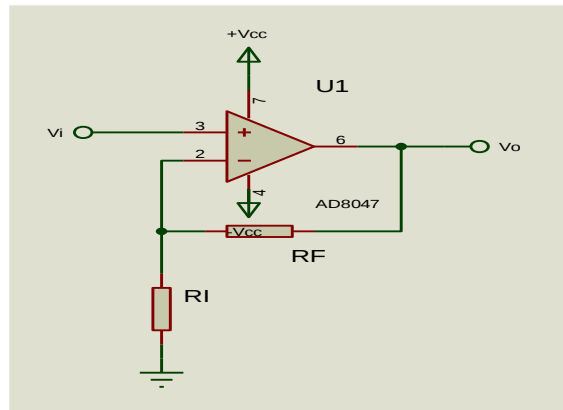
Sehingga persamaan menjadi

$$V_o = \left(\frac{R_f}{R_i} + 1 \right) V_i$$

Hasil tegangan output non *inverting* ini akan lebih dari satu dan selalu positif. Rangkaian penguat *non inverting* adalah seperti pada Gambar 5.83.

Gambar 5. 8

Rangkaian Proporsional dengan OP-AMP

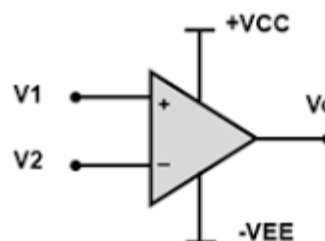


23. Komparator Analog

Operational Amplifier atau disingkat *op-amp* merupakan salah satu komponen analog yang populer digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Aplikasi *op-amp* populer yang paling sering dibuat antara lain adalah rangkaian *inverter*, *non-inverter*, *integrator* dan *differensiator*. Pada pokok bahasan kali ini akan dijelaskan aplikasi *op-amp* yang paling dasar, yaitu sebagai pembanding tegangan (komparator). Komparator digunakan sebagai pembanding dua buah tegangan. Pada perancangan ini, tegangan yang dibandingkan adalah tegangan dari sensor dengan tegangan referensi. Tegangan referensinya dilakukan dengan mengatur variabel resistor sebagai pembanding. Rangkaian dasar komparator dengan catu tegangan tunggal ditunjukkan pada Gambar 7.1.

Gambar 5. 9

Rangkaian Dasar Komparator



Prinsip kerja rangkaian adalah membandingkan amplitudo dua buah sinyal, jika $+V_{in}$ dan $-V_{in}$ masing-masing menyatakan amplitudo sinyal *input* tak membalik dan *input* membalik, V_o dan V_{sat} masing-masing menyatakan tegangan *output* dan tegangan saturasi, maka prinsip dasar dari komparator adalah

$+V_{in} \geq -V_{in}$ maka $V_o = V_{sat+}$

$+V_{in} < -V_{in}$ maka $V_o = V_{sat-}$

Keterangan:

$+V_{in}$ = Amplitudo sinyal input tak membalik (V)

$-V_{in}$ = Amplitudo sinyal input membalik (V)

V_{sat+} = Tegangan saturasi + (V)

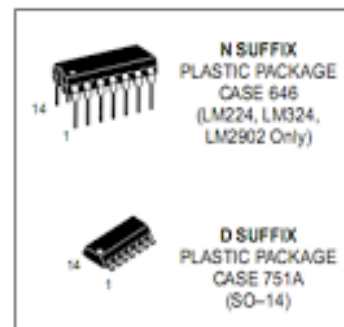
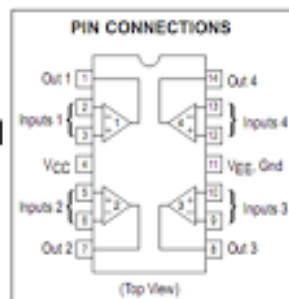
V_{sat-} = Tegangan saturasi - (V)

V_o = Tegangan output (V)

Bentuk fisik IC LM 324 sebagai komparator seperti Gambar 7.2.

Gambar 5. 10

Bentuk Fisik IC LM324 Sebagai komparator



Fungsi Pin IC:

Pin 1 = output 1

Pin 2 = input 1 negatif

Pin 3 = input 1 positif

Pin 4 = VCC

Pin 5 = input 2 positif

Pin 6 = input 2 negatif

Pin 7 = output 2

Pin 8 = output 3

Pin 9 = input 3 negatif

Pin 10 = input 3 positif

Pin 11 = GND

Pin 12 = input 4 positif

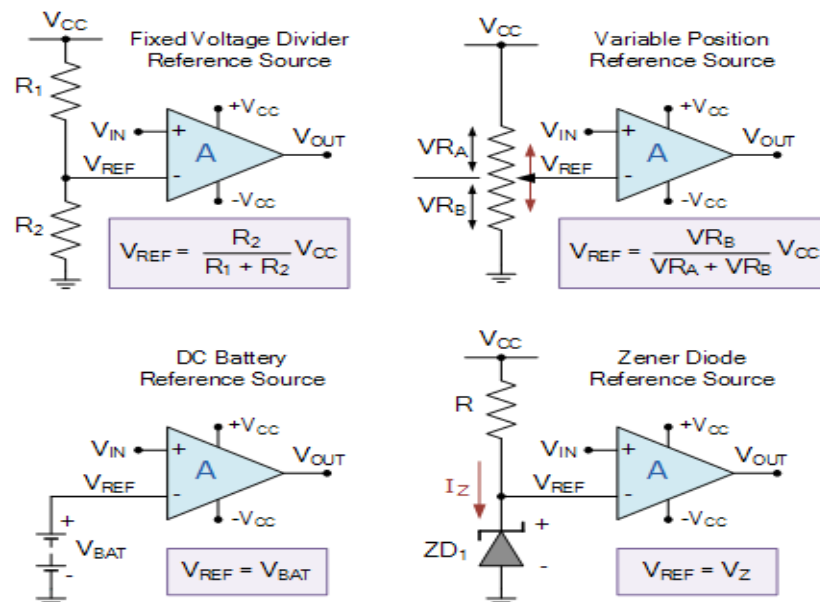
Pin 13 = input 4 negatif

Pin 14 = output 4

Tegangan Referensi pada Komparator

Gambar 5. 11

Pengaturan tegangan Referensi



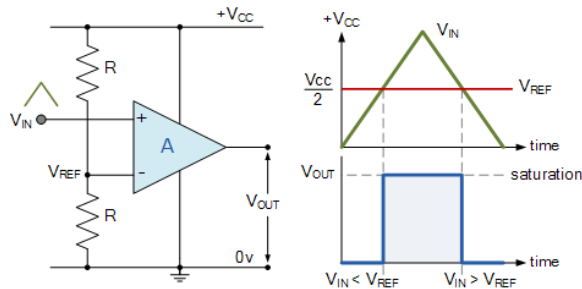
Secara teori tegangan referensi dapat diatur dimanapun dari 0 sampai tegangan sumber, namun secara praktis memiliki keterbatasan pada jangkauan tegangan catu daya tergantung pada komponen yang digunakan.

Komparator tegangan Positif

Konfigurasi dasar komparator tegangan positif, juga dikenal sebagai rangkaian komparator non-inverting mendeteksi ketika sinyal input V_{in} adalah diatas atau lebih positif dari tegangan referensi. V_{ref} menghasilkan output pada V_{out} yang tinggi seperti pada gambar

Gambar 5. 12

Komparator tegangan Positif

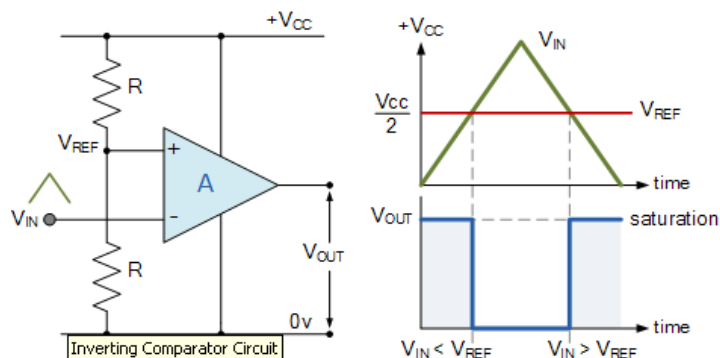


Komparator tegangan Negatif

Konfigurasi dasar komparator tegangan negatif, juga dikenal sebagai rangkaian komparator inverting mendeteksi ketika sinyal input V_{IN} adalah dibawah atau lebih negative dari tegangan referensi. V_{REF} menghasilkan output pada V_{OUT} yang tinggi seperti pada gambar

Gambar 5. 13

Komparator tegangan Negatif



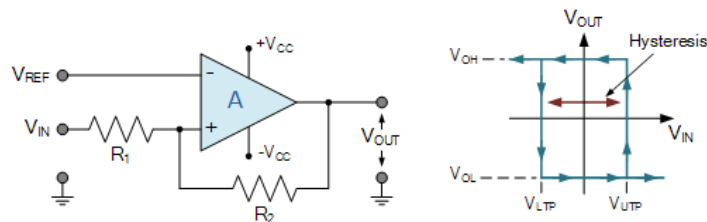
Komparator dengan hysteresis

Untuk komparator inverting dibawah, V_{IN} diberikan pada input inverting dari OP-Amp. Resistor R_1 dan R_2 merupakan rangkaian pembagi tegangan melalui penyediaan feedback positif dengan bagian dari tegangan output yang tampak pada input non inverting. Jumlahnya feedback ditentukan oleh perbandingan resistif dari dua resistor yang digunakanyang dinyatakan sebagai

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Gambar 5. 14

Komparator dengan hysteresis

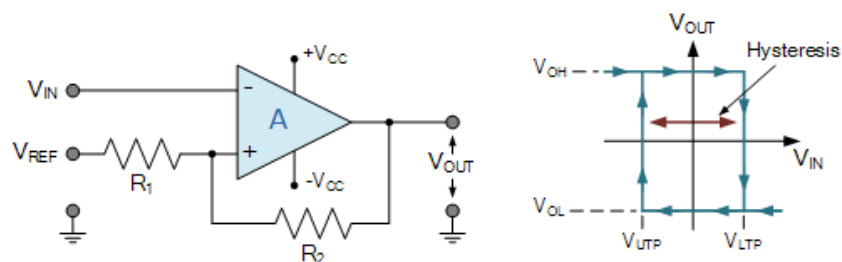


Komparator inverting

Catatan bahwa panah-panah pada graphic histerisis menunjukkan arah switching pada perjalanan ke atas dan ke bawah.

Gambar 5. 15

Komparator inverting



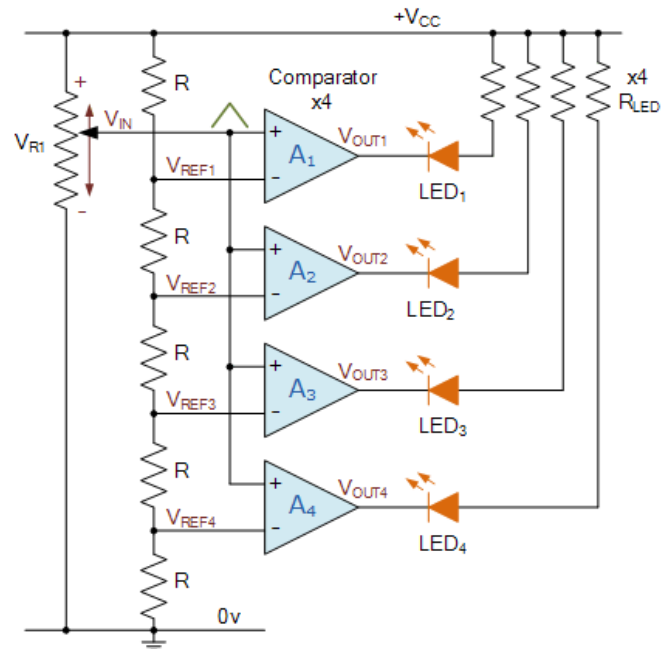
Komparator non inverting

komparator Detektor level tegangan

Seperti diatas jaringan pembagi tegangan menyediakan set tegangan referensi bagi masing-masing rangkaian komparator OP-Amp. Untuk menghasilkan 4 tegangan referensi membutuhkan 5 resistor. Persambungan pada pasangan bawah resistor akan menghasilkan tegangan referensi $1/5$ dari tegangan catu daya menggunakan resistor yang sama. Pasangan kedua $2/5$ V_{cc} , pasangan ketiga $3/5$ V_{cc} dan seterusnya.

Gambar 5. 16

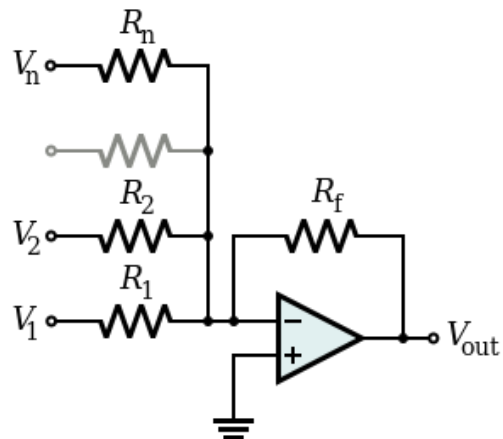
komparator Detektor level tegangan



24. Penguat Penjumlah

Gambar 5. 17

Penguat Penjumlah.



Penguat penjumlah menjumlahkan beberapa tegangan masukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{out} = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \cdots + \frac{V_n}{R_n} \right)$$

- 1) Saat $R_1 = R_2 = R \dots = R_n$, dan R_f saling bebas maka

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} (V_1 + V_2 + \cdots + V_n)$$

Saat $R_1 = R_2 = R \dots = R_n = R_f$, maka:

$$V_{out} = -(V_1 + V_2 + \cdots + V_n)$$

Keluaran adalah terbalik (berbeda fasa 180°).

- 2) Impedansi masukan dari masukan ke-n adalah $Z_n = R_n$

Rangkaian Pengurang/Subtractor

Dalam sistem kontrol umumnya rangkaian ini digunakan untuk mencari eror, yaitu selisih antara tegangan *set point* dengan sinyal dari sensor umpan balik. Rangkaian pengurang ini berasal dari rangkaian *inverting* dengan memanfaatkan masukan *non inverting* sehingga persamaannya menjadi sedikit ada perubahan. Supaya benar benar terjadi pengurangan maka nilai dibuat seragam seperti gambar. Rumusnya Adalah

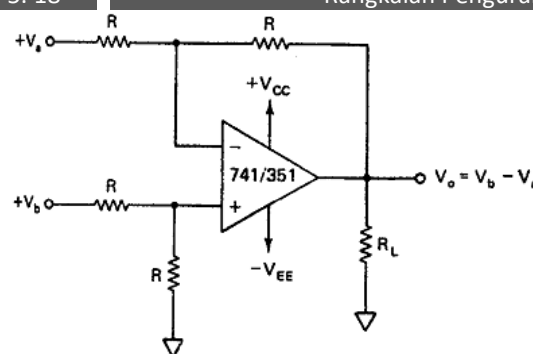
$$V_o = \left(\frac{R}{R} + 1 \right) \left(\frac{R}{R + R} \right) V_b - \frac{R}{R} V_a$$

Sehingga

$$V_o = (V_b - V_a)$$

Gambar 5. 18

Rangkaian Pengurangan



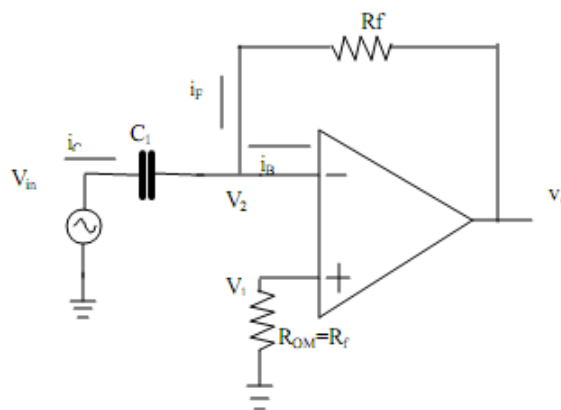
Rangkaian Differensiator/Derivative

Rangkaian *differensiator* adalah rangkaian aplikasi dari rumusan matematika yang dapat dimainkan (dipengaruhi) dari kerja kapasitor. Rangkaian seperti pada Gambar 5.85 dengan rangkaian sederhana dari *differensiator*. Untuk mendapatkan rumus differensiator, urutannya adalah sebagai berikut : $i_C = i_B + i_F$ dan selama nilai $i_C = i_F$ dan $i_B = 0$ selisih dari input *inverting* dan input *non inverting* (v_1 dan v_2) adalah nol dan penguatan tegangannya sangat besar, maka didapat persamaan pengisian kapasitor sebagai berikut

$$C_1 \frac{d}{dt}(v_{in} - v_2) = \frac{v_2 - v_o}{R_F} \text{ menjadi } C_1 \frac{dv_{in}}{dt} = -\frac{v_o}{R_F} \text{ atau } v_o = -R_F C_1 \frac{dv_{in}}{dt}$$

Gambar 5. 19

Differensiator OP-AMP



Pada rangkaian aplikasi rangkaian differensiator OP-AMP ini ada sedikit perubahan, yaitu penambahan tahanan dan kapasitor yang berfungsi untuk memfilter sinyal masukan. Seperti tampak pada Gambar 5.85 yang merupakan rangkaian *differensiator* yang dimaksud. Dengan demikian, ada batasan input dari frekuensi yang masuk dan batasan tersebut adalah

$$f_a = \frac{1}{2\pi R_F C_1}$$

Sementara itu, nilai frekuensi yang diakibatkan oleh R_F dan C_1 adalah sebagai berikut:

$$f_b = \frac{1}{2\pi R_F C_F} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Jika sinyal input melebihi frekuensi f_a maka hasil output akan sama dengan hasil input, alias fungsi rangkaian tersebut tidak differensiator lagi tapi sebagai pelewat biasa.

Rangkaian Integrator

Rangkaian OP-AMP *integrator* ini juga berasal dari rangkaian *inverting* dengan tahanan umpan baliknya diganti dengan kapasitor. Proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$I_1 = I_b + I_f, I_b \text{ diabaikan karena sangat kecil nilainya sehingga : } I_1 = I_f.$$

Arus pada kapasitor adalah

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

yang sama dengan I_f , sehingga

$$\frac{v_{in} - v_2}{R_1} = C_F \left(\frac{d}{dt} \right) (v_2 - v_o)$$

karena $v_1 = v_2 = 0$, karena penguatan A terlalu besar, sehingga

$$\frac{v_{in}}{R_1} = C_F \left(\frac{d}{dt} \right) (-v_o) \quad \text{---} \quad \int_0^t \frac{v_{in}}{R_1} dt = \int_0^t C_F \frac{d}{dt} (-v_o) dt = C_F (-v_o) + v_o \big|_{t=0}$$

$$v_o = -\frac{1}{R_1 C_F} \int_0^t v_{in} dt + C$$

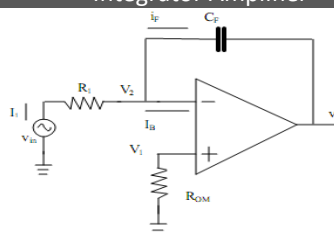
Batas frekuensi yang dilalui oleh kapasitor dalam rangkaian *integrator* adalah

$$f_a = \frac{1}{2\pi R_1 C_F}$$

Biasanya rangkaian untuk aplikasi ada penambahan tahanan yang diparalel atau diseri dengan kapasitor dengan nama RF. Seperti pada Gambar 5.86 rangkaian *integrator* yang belum ditambah tahanan yang diparalel dengan kapasitor. Nilai $R_{OM} < R_1$.

Gambar 5. 20

Integrator Amplifier



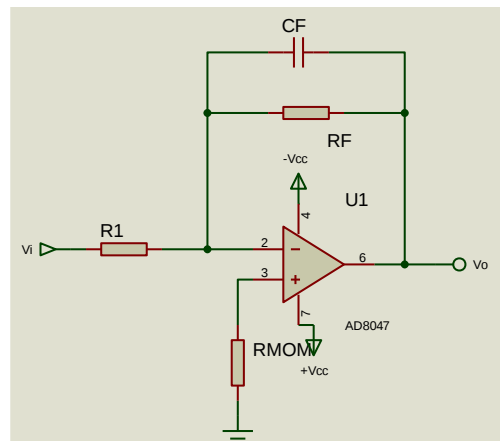
Perhitungan nilai untuk R_F berkaitan dengan komponen lainnya yaitu $f_a < f_b$ dimana rumus f_a adalah

$$f_b = \frac{1}{2\pi R_1 C_F}, f_a = \frac{1}{2\pi R_F C_F}$$

Sebagai contoh jika $f_a = f_b/10$.

Gambar 5. 21

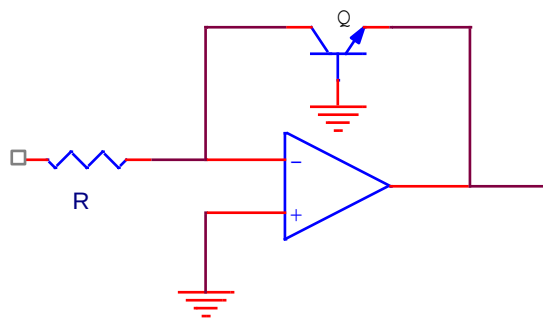
Rangkaian Integrator Praktis



Rangkaian Penguat Logaritmik

Gambar 5. 22

Penguat Logaritmik



Gambar 5.23 adalah sebuah penguat logaritmik karena pentanahan semu I_{IN} didorong melalui sebuah transistor, sehingga

$$I_C = I_N = \frac{V_{in}}{R}$$

Pentanahan semu juga menyatakan

$$V_{out} = -V_{BE}$$

Jika kurva-kurva transkonduktansi dari transistor adalah eksponensial maka tegangan output dihubungkan secara logaritmik dengan tegangan input. Penurunan lebih lanjut menunjukkan bahwa pada temperatur kamar,

$$V_{out} = -0,06 \log \frac{V_{IN}}{I_s R}$$

Dengan I_s adalah arus jenuh balik dari dioda basis emitor dan logaritma menggunakan bilangan pokok 10. Tanda negatif menunjukkan inversi fasa.

Setiap kali tegangan input bertambah dengan faktor 10 (satu dekade) tegangan output bertambah dengan 60mV berarti tegangan input telah bertambah 20 dB.

Satu penggunaan dari penguat logaritmik ini adalah konversi desibel. Kegunaan lain adalah konversi jangkauan sinyal dengan jangkauan dinamik yang sangat lebar akan menjenuhkan penguat linear, tetapi penguat logaritmik tidak seperti itu. Jangkauan semula dapat dipulihkan dengan sebuah penguat anti logaritmik. Jangkauan semula dapat dipulihkan dengan sebuah penguat anti logaritmik.

Soal

Penguat log dalam gambar 6 mempunyai harga $I_s R$ sebesar 1mV. Hitung tegangan output untuk tegangan input berikut. 10mV, 100mV, 1V, 10V, dan 100V.

Penyelesaian

Untuk $V_{IN} = 10\text{mV}$, Persamaan memberikan

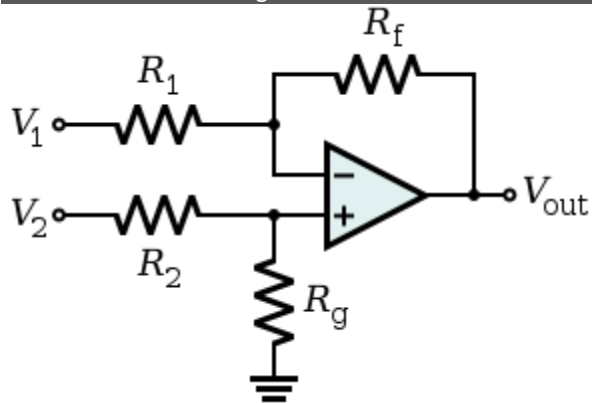
$$V_{out} = -0,06 \log \frac{10\text{mV}}{1\text{mV}} = -0,06\text{V}$$

untuk $V_{IN} = 100\text{mV}$

$$V_{out} = -0,06 \log \frac{100\text{mV}}{1\text{mV}} = -0,12\text{V}$$

Setiap penambahan tegangan input satu decade membuat output lebih negatif 60mV. Oleh karena itu, output sisa adalah -0.18 , -0.24 dan -0.30V.

Penguat Diferensial



Penguat diferensial digunakan untuk mencari selisih dari dua tegangan yang telah dikalikan dengan konstanta tertentu yang ditentukan oleh nilai resistansi, yaitu sebesar $\frac{R_f}{R_1}$ untuk $R_1 = R_f$ dan $R_f = R_g$. Penguat jenis ini berbeda dengan *differensiator*.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut

$$V_{out} = \frac{(R_f + R_1) R_g}{(R_g + R_2) R_1} V_2 - \frac{R_f}{R_1} V_1$$

Sedangkan untuk $R_1 = R_2$ dan $R_f = R_g$ maka V_{out} diferensial adalah:

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Contoh soal

Hitunglah V_{out} dari penguat diferensial jika rangkaiannya seperti pada Gambar 5.15 dengan $R_1 = 2k\Omega$, $R_2 = 5k\Omega$, $R_g = 5k\Omega$, $R_f = 10k\Omega$ dan $V_1 = 2mV$, $V_2 = 1mV$

Penyelesaian

$$V_o = \left(\frac{R_g}{R_g + R_2} \cdot V_2 \cdot \frac{R_f + R_1}{R_1} \right) - \left(\frac{R_f}{R_1} \cdot V_1 \right)$$

$$V_o = \left(\frac{5k}{5k + 5k} \cdot 2mV \cdot \frac{10k + 2k}{2k} \right) - \left(\frac{10k}{2k} \cdot 1mV \right)$$

$$V_o = \left(\frac{5k}{5k + 5k} \cdot 2mV \cdot \frac{10k + 2k}{2k} \right) - \left(\frac{10k}{2k} \cdot 1mV \right)$$

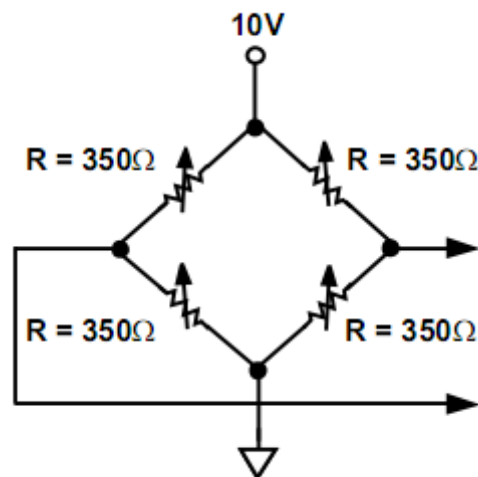
$$V_o = (6V - 5V) = 1V$$

Instrumentasi Amplifier (IN-AMP)

Adakalanya sensor tersusun dari rangkaian *Bridge Transducer* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.91. Transducer tekanan, gaya, torsi, timbangan, dan lain-lain umumnya menggunakan *bridge transducer*.

Gambar 5. 24

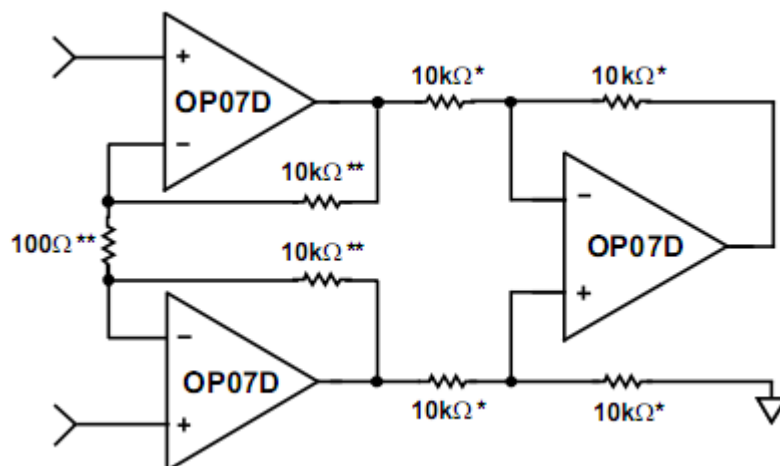
Tranduser Jembatan



Rangkaian penguat/amplifier yang dapat digunakan untuk mengondisikan sinyal dari dua output tersebut adalah dengan rangkaian instrumentasi amplifier yang dibentuk dari 3 OP-AMP.

Gambar 5. 25

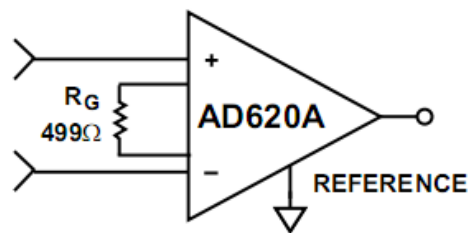
Rangkaian OP-AMP Sebagai Penguat Instrumentasi



Untuk lebih praktisnya Anda dapat menggunakan IN-AMP (instrumentasi amplifier) yang merupakan gabungan dari OP-AMP sudah dikemas menjadi satu chip IC. Anda cukup menambahkan satu komponen resistor luar untuk mengatur penguatannya. Anda dapat menggunakan IN-Amp AD620 atau IN-AMP yang sejenis untuk penguat dengan *transducer bridge*.

Gambar 5. 26

Rangkaian IN-AMP



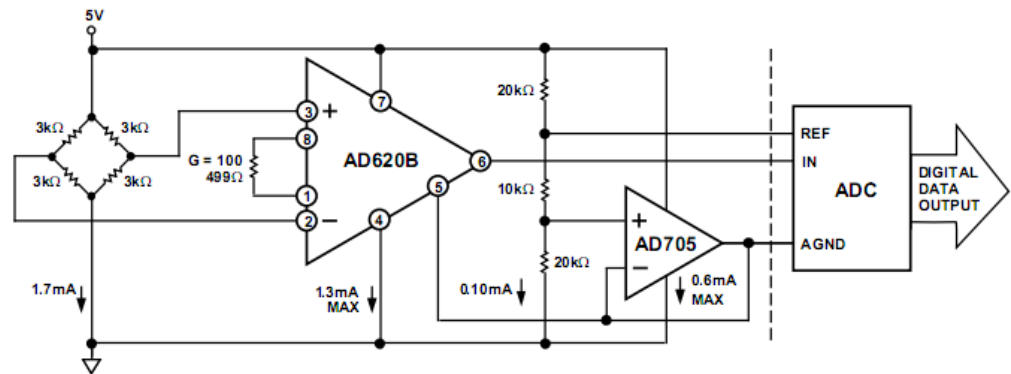
Gambar 5.27 sebagai salah satu contoh penggunaan IN-AMP untuk mengukur torsi dari sebuah putaran turbin. Besarnya penguatan dengan $R_o = 499\Omega$ dapat Anda lihat dalam *data sheet* komponen yang bersangkutan.

Atau dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_G = \frac{49.4k\Omega}{G-1}$$

Gambar 5. 27

Aplikasi Instrumentasi Amplifier pada Pengukuran Torsi Turbin



Pemakaian OP-AMP dengan Catu Daya Tunggal

Pemakaian OP-AMP biasanya memakai catu daya simetris (+, GND, -), tetapi tidak tertutup kemungkinan menggunakan OP-AMP dengan catu daya tunggal (+, 0). Prinsip penggunaan OP-AMP dengan menggunakan catu daya tunggal tidak jauh berbeda dengan catu daya simetris. Ada sedikit yang harus diperhatikan dalam pemakaian OP-

AMP dengan catu daya tunggal, yaitu adanya tegangan penumbu yang berfungsi mengatur keadaan output pada kondisi tanpa sinyal.

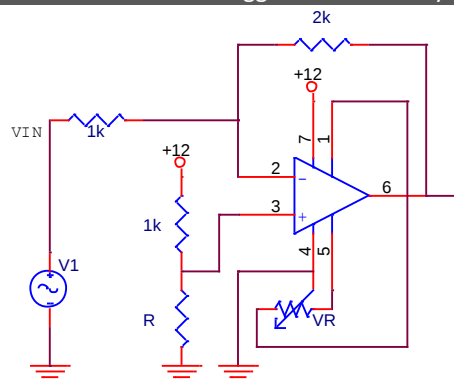
Pada keadaan catu daya tunggal output dalam keadaan nol, jika diberi input *inverting* maka output tidak bisa lebih kecil dari nol. Oleh sebab itu, perlu penentuan titik kerja stasioner berada pada titik tengahnya seperti kelas A. Agar keluarannya bisa mengayun ke atas maupun ke bawah. Untuk mengatur level V_o pada kondisi tersebut kita membutuhkan V penumbu pada salah satu inputnya. Misalkan V_1 dijadikan V penumbu yang dihubungkan ke V_{cc} . Agar ayunan outputnya maksimal maka kita setel $V_{out} \frac{1}{2} V_{cc}$.

Contoh Soal

Hitunglah R dari OP-AMP catu daya tunggal jika rangkaiannya seperti pada Gambar 5.28.

Gambar 5. 28

OP-AMP menggunakan catu daya tunggal.



Penyelesaian

$$V_{IN} = 0 \text{ maka } V_2 = V_3$$

Jika V_{IN} tidak ada sinyal maka tidak ada arus yang mengalir melalui R 2K sehingga $V_o = V$ di 2 dan V di 3

$$V_3 = 6 \text{ Volt sehingga}$$

$$\frac{6}{12} = \frac{R}{R + 1k}$$

$$R = 1k$$

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan Pengantar Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran rangkaian OP-Amp? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-5.1**.Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran berikut ini.

Peralatan yang Dibutuhkan :

- a. Catu daya polaritas ganda ± 15 Volts
- b. Osiloskop
- c. *Function* generator
- d. AVO meter

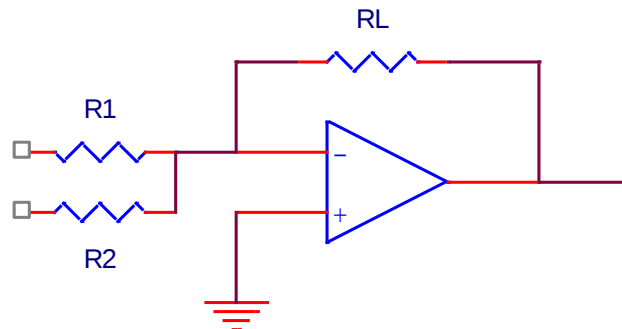
Komponen yang Diperlukan :

Modul aplikasi OP-AMP

Langkah Kerja :

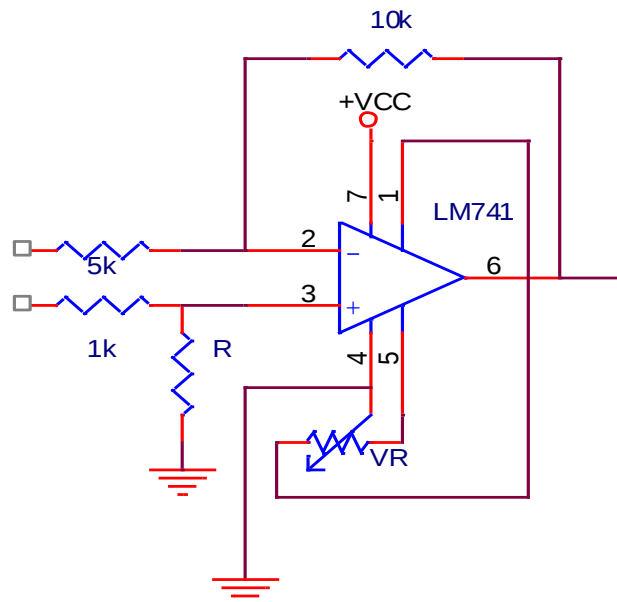
- a. Ambil modul 17 aplikasi OP-AMP beri tegangan ± 15 Volt
- b. Kedua input dihubungkan ke *ground*.

- c. Ukurlah tegangan keluaran dengan voltmeter dan yakinkan keluarannya 0V jika tidak, Aturlah VR sehingga diperoleh keluaran 0 volt
- d. Hubungkan rangkaian seperti yang diperlihatkan di bawah



1. Input R_1 dihubungkan dengan frekuensi generator 1kHz dan ukurlah input dan output dari rangkaian menggunakan kanal osiloskop yang berbeda. Aturlah amplitudo input agar keluarannya tidak cacat. Sketsalah bentuk gelombang keluarannya.
.....
.....
.....
.....
2. Masukkan juga tegangan yang sama ke R_2 (A) dari frekuensi generator. Gambar kembali bentuk gelombang keluarannya.
.....
.....
.....
.....
3. Masukkan tegangan DC 500mV ke input R_1 ukurlah keluarannya berapa Volt.
.....
.....
.....
.....
4. Masukkan tegangan DC 500mV ke input R_2 ukurlah keluarannya

5. Masih rangkaian yang di atas. Tegangan (-Vcc) pin 4 diganti dengan 0V.



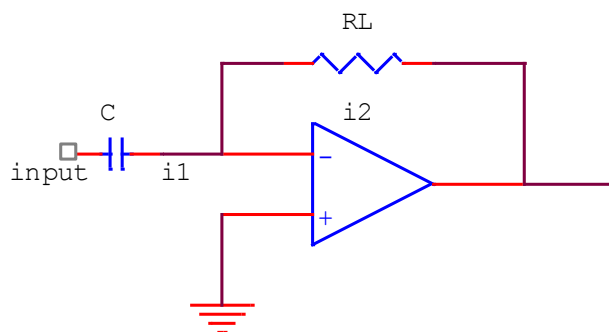
6. Ukur berapa tegangan keluarannya dengan menggunakan Voltmeter
7. Tegangan yang diinginkan adalah kira –kira $\frac{1}{2} V_{cc}$ Jika tegangannya masih 0 V hubungkan input noninverting ke Vcc melalui pembagi tegangan.

-
-
8. Ukur berapa tegangan keluaran menggunakan voltmeter
-
-

9. Input R_1 dihubungkan dengan frekuensi generator 1kHz dan dari keluaran penguat penjumlah diukur menggunakan osiloskop. Sketsalah bentuk gelombang masukan dan keluarannya.
-
-
-
-

10. Masukan juga tegangan yang sama ke R_2 dari frekuensi generator. Gambar kembali kedua bentuk gelombang keluarannya!
-
-
-
-

11. Rangkaian menggunakan tegangan simetris yaitu dihubungkan kembali seperti semula pada pin 4 menggunakan tegangan ($-V_{cc}$). Hubungkan rangkaian seperti pada Gambar.



12. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 1KHz ,50mVpp amplitudonyan dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop.

Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

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

13. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 400KHz, 50mVpp dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

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

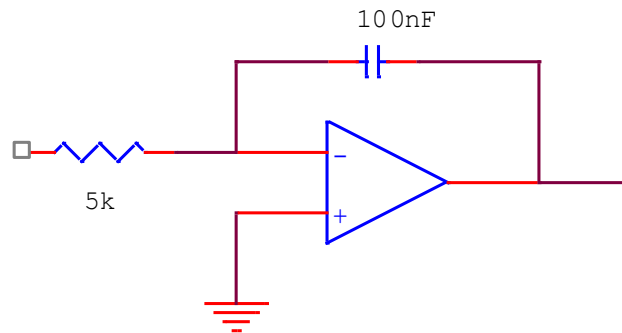
14. Jika terjadi osilasi inputnya diseri dengan R1 yaitu inputnya dihubungkan ke A atau C. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 1KHz, dan 0,5Vpp ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

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

15. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 400KHz, 0.5Vpp dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

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

16. Hubungkan rangkaian seperti pada Gambar berikut.



17. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 1KHz, 2Vpp ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

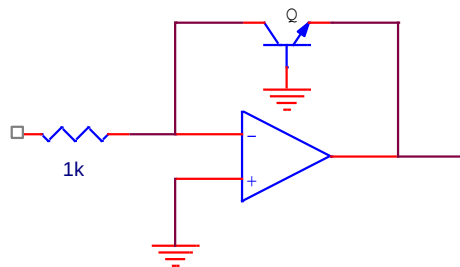
18. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 10KHz, 2 Vpp ,dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

19. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 1KHz, 2Vpp dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

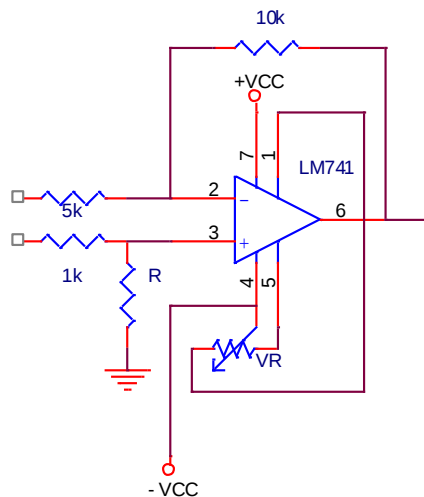
20. Hubungkan input ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 10KHz, dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!
21. Hubungkan inputnya ke tegangan DC yang bervariasi dari 10mV, 100mV, 1V, dan 10V, ukur tegangan tersebut menggunakan voltmeter. Ukurlah keluarannya dengan osiloskop atau voltmeter. Aturlah volt/div agar diperoleh gambar yang lebih baik.



22. Dari hasil pengukuran, berapakah tegangan keluaran untuk masing-masing masukan?

.....

23. Rangkailah seperti Gambar di bawah ini



24. Hubungkan input positif ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 1KHz, 1V dan ukurlah keluaran rangkaian dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

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

25. Hubungkan input negatifnya pada frekuensi dan tegangan yang sama ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 1KHz, 1V dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

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

26. Hubungkan input positif ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 2KHz, 1V dan ukurlah keluaran rangkaian dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

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

27. Hubungkan input negatifnya pada tegangan DC 1V dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

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

Aktivitas 1

Saudara akan mendiskusikan bagaimana menerapkan fungsi OP-AMP. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang karakteristik OP-Amp?
2. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian OP-Amp?
3. Apa yang Saudara ketahui tentang penguat inverting dari sebuah Op-Amp?
4. Apa yang Saudara ketahui tentang penguat Non-inverting dari sebuah Op-Amp?
5. Apa yang Saudara ketahui tentang sebuah Op-Amp sebagai komparator?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-5.2**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang cara kerja rangkaian OP-Amp, Bacalah Bahan Bacaan 5 tentang rangkaian OP-Amp, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-5.2.P**

E. Rangkuman

OP-AMP atau operasional amplifier yang dikemas dalam bentuk IC merupakan penguat yang mudah untuk dioperasikan. Hanya dengan menambah beberapa komponen kita dapat menggunakan OP-AMP. Karakteristik OP-AMP ideal adalah sebagai berikut : Impedansi input tinggi (tak hingga), Impedansi output rendah (mendekati 0), Memiliki penguatan yang sangat tinggi, Arus kedua inputnya 0 A, Tegangan antara V_1 dan V_2 adalah 0 Volt, Penguatan dari 0 sampai 10MHz.

Suatu penguat operasi dapat digunakan sebagai aplikasi rangkaian dengan memberikan komponen diskrit pada rangkaian *eksternal*.

OP-AMP yang memiliki penguatan yang sangat tinggi tidak digunakan tetapi menggunakan penguatan loop tertutup dengan penggunaan *feedback*.

Penggunaan OP-AMP sebagai penguat penjumlah outputnya ditentukan dengan rumus :

$$V_o = -\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}\right)R_L$$

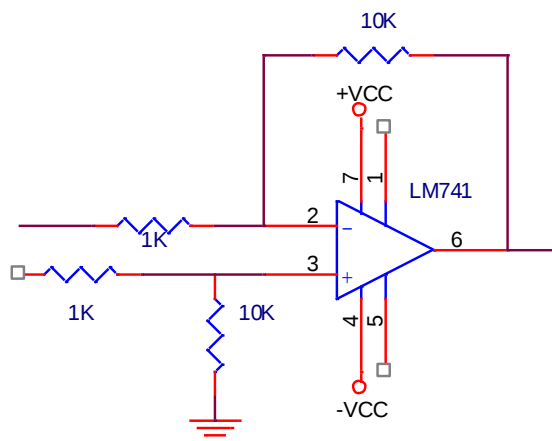
OP-AMP dapat digunakan untuk aplikasi penguat, diferensiator, integrator, penguat logaritmik, pengurang, penjumlah, komparator, *instrument* amplifier, osilator dan lain-lain.

Pemakaian OP-AMP dengan catu daya tunggal perlu adanya tegangan penumbu yang berfungsi mengatu keadaan output pada kondisi tanpa sinyal. Tegangan penumbu diberikan pada salah satu inputnya agar outputnya $\frac{1}{2}$ dari tegangan catu.

F. Test Formatif

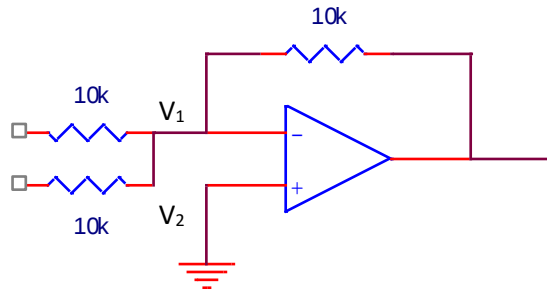
Jawablah Pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan karakteristik dari sebuah OP-AMP Ideal.
2. Sebutkan penggunaan dari OP-AMP yang Anda ketahui.
3. Sebutkan pengertian dari :
 - a. Arus bias input
 - b. Arus *offset* input
 - c. Tegangan *offset* input
4. Bagaimana membuat rangkaian OP-AMP dengan catu daya tunggal?

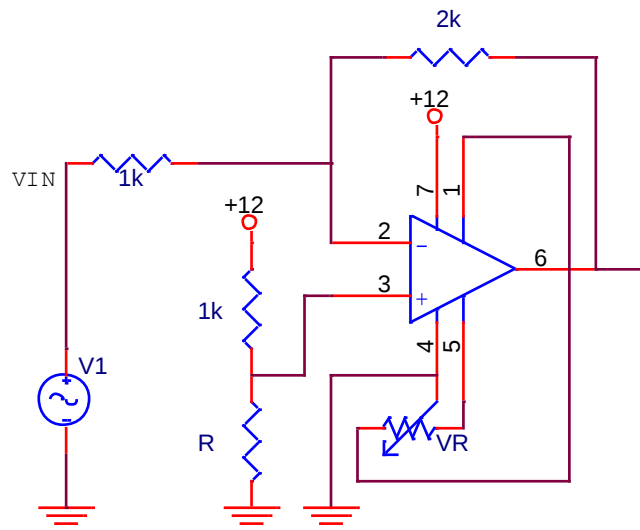


5. Hitunglah V_{out} dari penguat diferensial jika rangkaiannya seperti pada Gambar 5.102. $V_1 = 2\text{mV}$ dan $V_2 = 1\text{mV}$!

6. Hitunglah tegangan keluaran dari penguat penjumlah jika rangkaiannya seperti pada gambar dengan $V_1 = 2V$ dan $V_2 = 3V$



7. Hitunglah tegangan keluaran dari penguat dengan catu daya tunggal jika $R = 1k\Omega$, $V_i = 4V$ pada rangkaian seperti Gambar 5.103.



G. Kunci Jawaban

1. Karakteristik OP-AMP ideal

- Impedansi input tinggi (tak hingga)
- Impedansi output rendah (mendekati 0)
- Memiliki penguatan yang sangat tinggi
- Arus kedua inputnya 0 A
- Tegangan antara V_1 dan V_2 adalah 0 Volt
- Penguatan dari 0 sampai 100MHz.

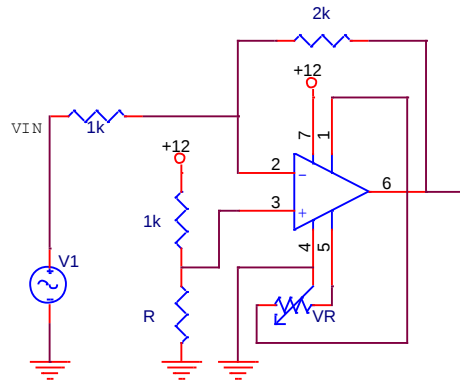
2. penggunaan dari OP-AMP

OP-AMP dapat digunakan untuk aplikasi penguat, diferensiator, integrator, penguat logaritmik, pengurang, penjumlah, komparator, *instrument* amplifier, osilator.

3. Sebutkan pengertian dari :

Agar OP-AMP dapat bekerja, Anda harus menghubungkan catu daya V_{CC} dan V_{EE} . Akan tetapi, itu saja tidak cukup karena Anda juga harus menghubungkan pengembalian DC luar untuk input basis yang mengambang. Dengan kata lain arus basis Q1 dan Q2 harus mengalir ke tanah karena ujung lain dari catu daya dihubungkan ke tanah. Makin kecil arus basis makin baik karena makin kecil kemungkinan ketidakseimbangan. Keluarga 741 memiliki arus bias input 80nA. Arus bias input adalah rata-rata dari dua arus input. Arus *Offset input* adalah perbedaan antara dua arus input. Keluarga 741 memiliki arus *offset input* sebesar 20nA. Makin kecil arus *offset input* makin baik karena tidak menimbulkan sinyal input diferensial.

Tegangan *offset input* adalah tegangan input diferensial yang diperlukan untuk menolak tegangan input stasioner. Untuk 741 kita perlu memberikan input diferensial sebesar 5mV untuk menolak tegangan output.



4. Op-Amp dengan catu daya tunggal

5.
$$V_{out} = \frac{R_f}{R_i}(V_2 - V_1)$$

$$V_{out} \frac{10k}{1k} (2 - 1) = 10mV$$

6.
$$V_{out} = -(V_1 + V_2 + \dots + V_n)$$

$$= -(2+3)$$

$$= -5V$$

7.
$$V_o = -\frac{R_F}{R_i} \cdot V_{in}$$

$$V_{ref} = \frac{1k}{2k} \cdot 12V = 6V$$

$$V_o = -\frac{2k}{1k} \cdot (4 - 6) = 4 + 6 = 10V$$

LEMBAR KERJA KB-5

LK – 5.1

- 1) Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran OP-AMP? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

- 2) Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

- 3) Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

- 4) Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

- 5) Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

- 6) Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

LK-5.2

1. Apa yang Saudara ketahui tentang karakteristik OP-Amp?

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa Saudara perlu menganalisis rangkaian OP-Amp?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa yang Saudara ketahui tentang penguat inverting dari sebuah Op-Amp?

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

4. Apa yang Saudara ketahui tentang penguat Non-inverting dari sebuah Op-Amp?

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

5. Apa yang Saudara ketahui tentang sebuah Op-Amp sebagai komparator?

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

LK-5.2P

TUGAS PRAKTIK:

Dengan menyelesaikan LK-5.2 saudara telah dapat menerapkan rangkaian OP-Amp
Untuk keperluan eksperimen rangkaian OP-Amp saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan untuk simulasi maupun praktikum;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap tegangan kerja simulator;

3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi penggunaan software simulasi atau pun buku manual trainer rangkaian elektronika sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja :

1. Berdo'alah sebelum memulai kegiatan belajar!
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar !
3. Gunakanlah peralatan praktikum dengan hati-hati!
4. Pastikan saudara sudah memakai APD.
5. Pastikan tegangan kerja telah sesuai.
6. Pastikan alat ukur bekerja dengan baik

Peralatan yang Dibutuhkan :

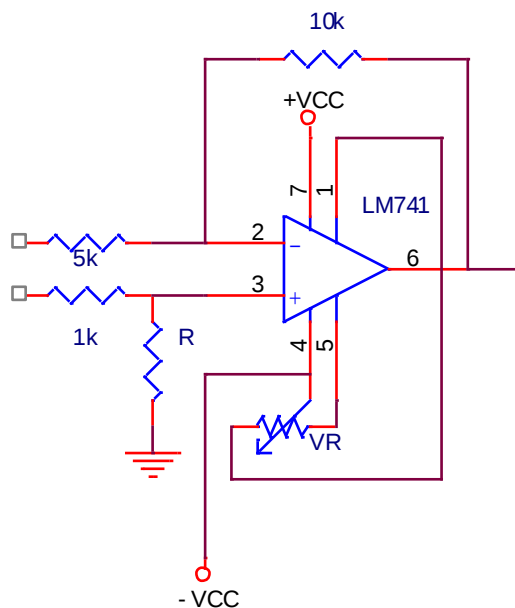
1. Catu daya polaritas ganda ± 15 Volts
2. Osiloskop
3. *Function* generator
4. AVO meter

Komponen yang Diperlukan :

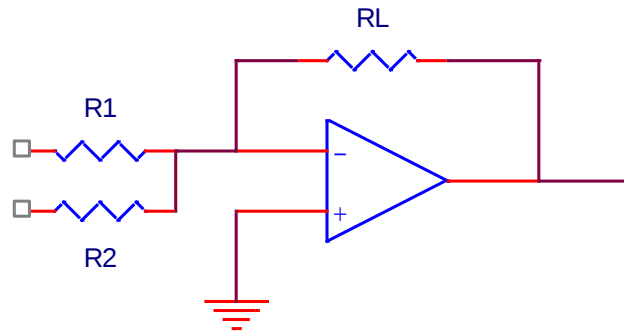
Name	Quantity
1 μ F Capacitor	2
100K Potentiometer	1
100nF Capacitor	2
10K Resistor (1/4W)	5
220K Resistor (1/4W)	2
33K Resistor (1/4W)	2
33pF Capacitor	1
4.7K Resistor (1/4W)	2
470K Resistor (1/4W)	1
50K Resistor (1/4W)	1
9V Voltage Rail (Ideal)	4
-9V Voltage Rail (Ideal)	4
Operational Amplifier (Ideal)	4

Langkah Kerja :

1. Buat rangkaian seperti berikut beri tegangan $V_{cc} = \pm 15$ Volt



2. Kedua input dihubungkan ke ground (Pin 2 dan Pin 3).
3. Ukurlah tegangan keluaran dengan voltmeter dan yakinkan keluarannya 0V jika tidak, Aturlah VR sehingga diperoleh keluaran 0 volt
4. Hubungkan rangkaian seperti yang diperlihatkan di bawah (tegangan sumber dan variable pengatur tegangan offset tidak digambarkan)



5. Input R_1 dihubungkan dengan frekuensi generator 1kHz dan ukurlah input dan output dari rangkaian menggunakan kanal osiloskop yang berbeda. Aturlah amplitudo input agar keluarannya tidak cacat. Sketsalah bentuk gelombang keluarannya.

.....

.....

.....

.....

.....

6. Masukkan juga tegangan yang sama ke R_2 (A) dari frekuensi generator. Gambar kembali bentuk gelombang keluarannya.

.....

.....

.....

.....

.....

7. Masukkan tegangan DC 500mV ke input R_1 ukurlah keluarannya berapa Volt.

.....

.....

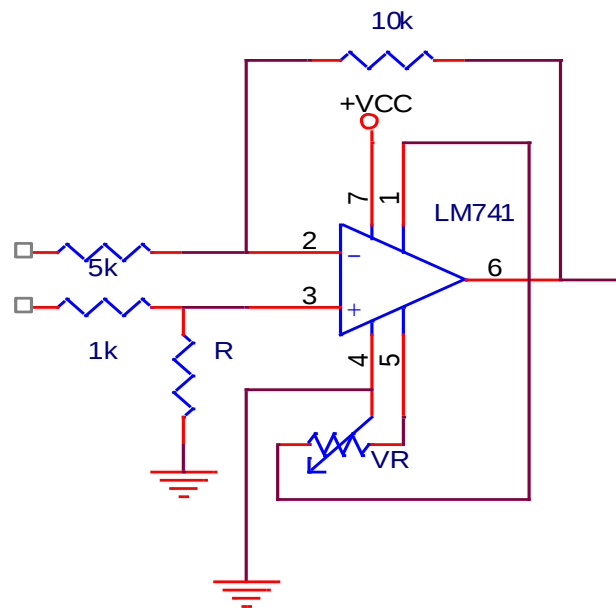
.....

.....

.....

8. Masukkan tegangan DC 500mV ke input R_2 ukurlah keluarannya

9. Masih rangkaian yang di atas. Tegangan (-Vcc) pin 4 diganti dengan 0V.



10. Ukur berapa tegangan keluarannya dengan menggunakan Voltmeter

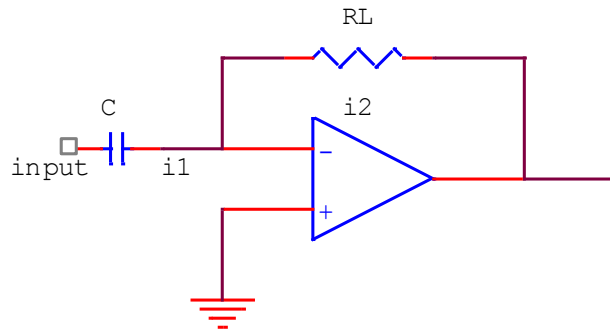
11. Tegangan yang diinginkan adalah kira-kira $\frac{1}{2} V_{cc}$ Jika tegangannya masih 0 V hubungkan input *noninverting* ke Vcc melalui pembagi tegangan.

.....
.....
12. Ukur berapa tegangan keluaran menggunakan voltmeter

.....
13. Input R_1 dihubungkan dengan frekuensi generator 1kHz dan dari keluaran penguat penjumlah diukur menggunakan osiloskop. Sketsalah bentuk gelombang masukan dan keluarannya.
.....
.....
.....
.....

.....
14. Masukan juga tegangan yang sama ke R_2 dari frekuensi generator. Gambar kembali kedua bentuk gelombang keluarannya!
.....
.....
.....
.....
.....

15. Rangkaian menggunakan tegangan simetris yaitu dihubungkan kembali seperti semula pada pin 4 menggunakan tegangan ($-V_{cc}$). Hubungkan rangkaian seperti pada gambar



16. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 1KHz ,50mVpp amplitudonyan dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

.....

.....

.....

.....

17. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 400KHz, 50mVpp dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

.....

.....

.....

.....

18. Jika terjadi osilasi inputnya diseri dengan R1 yaitu inputnya dihubungkan ke A atau C. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 1KHz, dan 0,5Vpp ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

.....

.....

.....

.....

19. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 400KHz, 0.5Vpp dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

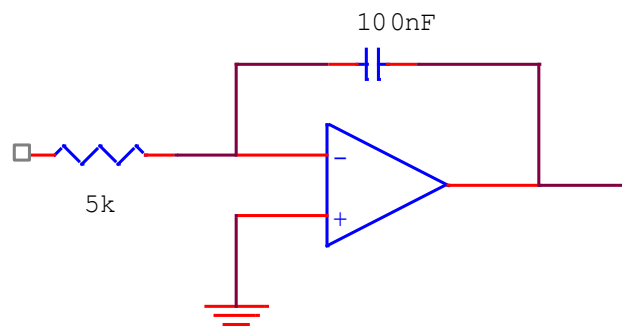
.....

.....

.....

.....

20. Hubungkan rangkaian seperti pada gambar berikut.



21. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 1KHz, 2Vpp ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

.....

.....

.....

.....

22. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 10KHz, 2 Vpp ,dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

.....

.....

.....

.....

23. Hubungkan inputnya ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 1KHz, 2Vpp dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya.

.....

.....

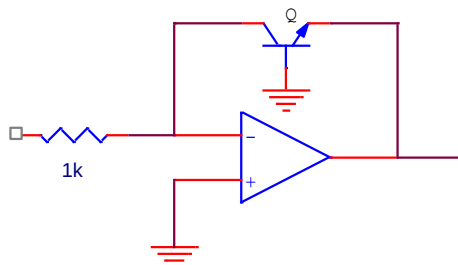
.....

.....

.....

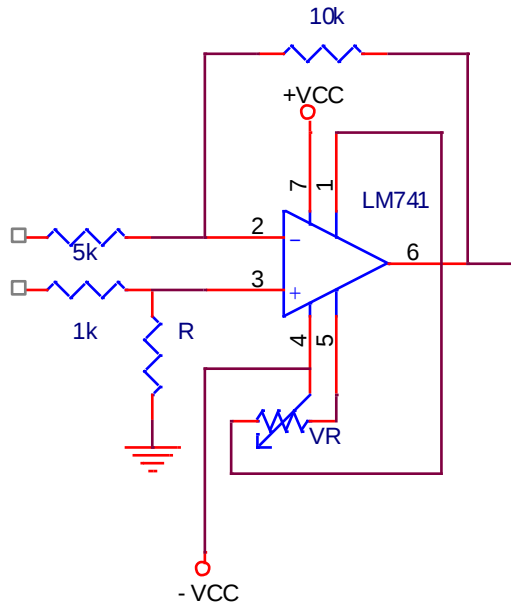
24. Hubungkan input ke *function* generator gelombang persegi pada frekuensi 10KHz, dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

25. Hubungkan inputnya ke tegangan DC yang bervariasi dari 10mV, 100mV, 1V, dan 10V, ukur tegangan tersebut menggunakan voltmeter. Ukurlah keluarannya dengan osiloskop atau voltmeter. Aturlah volt/div agar diperoleh gambar yang lebih baik.



26. Dari hasil pengukuran, berapakah tegangan keluaran untuk masing-masing masukan?

27. Rangkailah seperti gambar di bawah ini :



28. Hubungkan input positif ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 1KHz, 1V dan ukurlah keluaran rangkaian dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

29. Hubungkan input negatifnya pada frekuensi dan tegangan yang sama ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 1KHz, 1V dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

.....

.....

30. Hubungkan input positif ke *function* generator gelombang sinus pada frekuensi 2KHz, 1V dan ukurlah keluaran rangkaian dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

.....

.....

.....

.....

31. Hubungkan input negatifnya pada tegangan DC 1V dan ukurlah keluarannya dengan osiloskop. Aturlah time/div agar diperoleh gambar yang lebih baik. Gambarkan bentuk gelombangnya!

.....

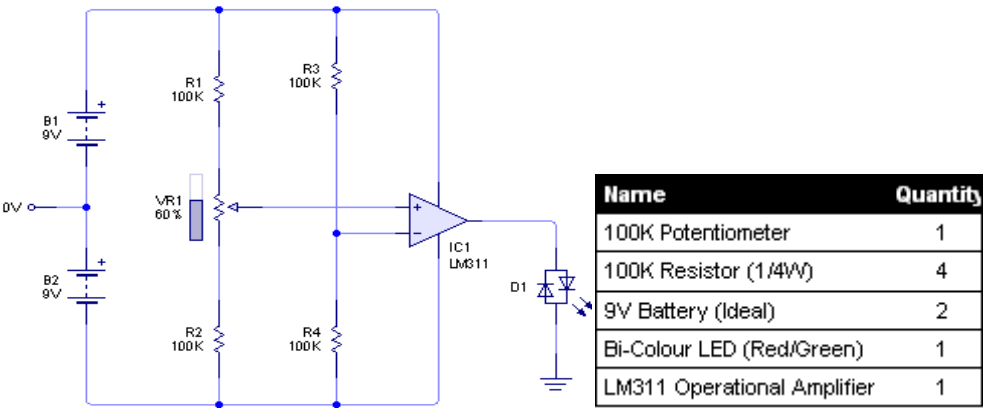
.....

.....

.....

Rangkaian Komparator

32. Buatlah rangkaian OP-AMP yang difungsikan sebagai pembanding level tegangan seperti gambar berikut ini



33. VR1 dalam keadaan minimum,

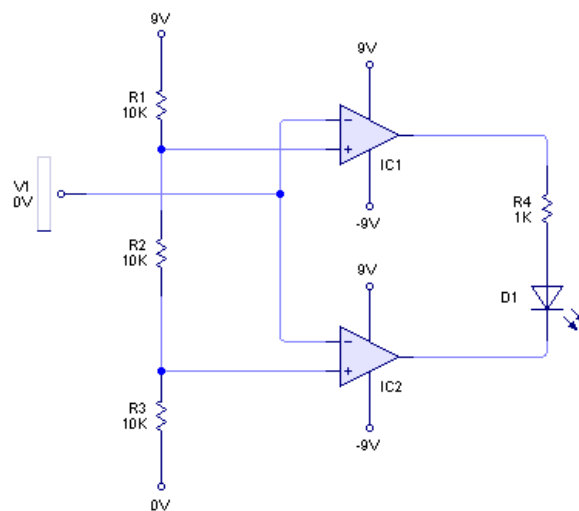
34. LED warna apa yang menyala

.....
.....

35. putar V1 searah jarum jam sampai titik kritis warna LED yang menyala berubah.

36. Ukurlah tegangan out V1

.....
.....



Dual Komparator digunakan untuk menyediakan indicator level tegangan menengah

37. Buatlah rangkaian dual komparator seperti pada gambar diatas

38. V1 dalam keadaan minimum, putar V1 searah jarum jam sampai titik kritis indicator LED menyala.

39. Ukurlah tegangan out V1

.....
.....

40. putar V1 searah jarum jam lagi sampai titik kritis indicator LED mati.

41. Ukurlah tegangan out V1

.....
.....

BAB III

PENUTUP

Pembangunan di Indonesia yang sangat pesat menyebabkan permintaan kebutuhan energi meningkat tajam. Permintaan ini meliputi energi listrik dan energi termal. Untuk daerah di pulau Jawa dan Bali penyediaan energi ini sudah cukup baik, akan tetapi di luar wilayah ini masih kurang. Hal ini terjadi karena belum meratanya sarana dan prasarana yang ada serta masih terbatasnya produksi energi di Indonesia, meskipun sebagian sumber energi termal berasal dari luar wilayah Jawa dan Bali. Oleh karena itu kegiatan produksi energi harus terus dilakukan.

Dengan dukungan pemerintah yang sangat besar dalam pengembangan teknologi energi terbarukan maka perlu disiapkan sumber daya manusia yang akan menangani pembangunan instalasi pembangkit energi listrik.

Buku Teknik Kelistrikan dan Elektronika Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Angin ini diharapkan mampu memberi kontribusi dalam penyiapan-penyiapan SDM dalam bidang teknik bangunan. Buku ini merupakan salah satu bagian dari buku-buku lain dalam mata pelajaran teknik energi terbarukan.

Teknik Kelistrikan dan Elektronika Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Angin membahas secara umum mengenai: dasar-dasar gambar teknik kelistrikan dan elektronika dasar, instalasi listrik, dan dasar elektronika pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Angin. Untuk hal yang spesifik akan dibahas dalam mata pelajaran yang khusus sesuai yang sudah direncanakan.

Dengan memahami dan menguasai materi dalam buku ini, berarti telah siap untuk melakukan pelaksanaan pekerjaan terutama pekerjaan teknik kelistrikan dan elektronika dalam pembangunan instalasi pembangkit energi.

Uji Kompetensi

1. Penilaian Ranah Sikap (Kepribadian)

a. Instrumen dan Rubrik Penilaian

No	Nama Peserta	Disiplin				Jujur				Tanggung Jawab				Santun				Nilai Akhir
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.																		
2.																		
3.																		
N																		

b. Rubrik Penilaian

Peserta didik memperoleh skor:

4 = jika empat indikator terlihat

3 = jika tiga indikator terlihat

2 = jika dua indikator terlihat

1 = jika satu indikator terlihat

Indikator Penilaian Sikap:

Disiplin

- 1) Tertib mengikuti instruksi
- 2) Mengerjakan tugas tepat waktu
- 3) Tidak melakukan kegiatan yang tidak diminta
- 4) Tidak membuat kondisi kelas menjadi tidak kondusif

Jujur

- 1) Menyampaikan sesuatu berdasarkan keadaan yang sebenarnya
- 2) Tidak menutupi kesalahan yang terjadi

- 3) Tidak menyontek atau melihat data/pekerjaan orang lain
- 4) Mencantumkan sumber belajar dari yang dikutip/dipelajari

Tanggung Jawab

- a) Pelaksanaan tugas piket secara teratur
- b) Peran serta aktif dalam kegiatan diskusi kelompok
- c) Mengajukan usul pemecahan masalah
- d) Mengerjakan tugas sesuai yang ditugaskan

Santun

- a) Berinteraksi dengan teman secara ramah
- b) Berkomunikasi dengan bahasa yang tidak menyinggung perasaan
- c) Menggunakan bahasa tubuh yang bersahabat
- d) Berperilakusopan

Nilai akhir sikap diperoleh berdasarkan modus (skor yang sering muncul) dari keempat aspek sikap di atas.

Kategori nilai sikap:

- Sangat baik : apabila memperoleh nilai akhir 4
- Baik : apabila memperoleh nilai akhir 3
- Cukup : apabila memperoleh nilai akhir 2
- Kurang : apabila memperoleh nilai akhir 1

H. Penilaian Ranah Pengetahuan

a. Kisi-kisi dan Soal

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
Menyajikan cara kerja dan parameter	1. Menafsirkan cara kerja komponen aktif (diode,	1. Peserta dapat menjelaskan cara kerja komponen aktif.	Essay

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
kelistrikan rangkaian aktif berdasarkan proses pengamatan dalam eksperimen rangkaian aktif	zener, transistor bipolar, FET, MOSFET dan Op-Amp) berdasarkan karakteristik kelistrikannya 2. Memformulasikan besaran listrik yang terdapat pada rangkaian yang menerapkan komponen aktif (diode, zener, transistor bipolar, FET, MOSFET dan Op-Amp) 2. Merancang transistor bipolar, Field Effect Transistor/ FET atau MOSFET sebagai switch berdasarkan karakteristiknya 3. Membangun rangkaian yang	2. Peserta dapat merinci konfigurasi transistor bipolar 3. Peserta dapat menghitung tegangan DC dari rangkaian penyearah 4. Peserta dapat menentukan fungsi regulator arus dan tegangan 5. Peserta dapat merancang transistor sebagai penguat kelas A, B, AB, dan C 6. Peserta dapat merancang rangkaian osilator 7. Peserta dapat membangun	

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
	menerapkan komponen aktif (diode, zener, transistor bipolar, FET, MOSFET dan Op-Amp)	rangkaian menggunakan OP-AMP	

b. Instrumen dan Rubrik Penilaian

No.	Nama Peserta	Skor setiap nomor soal					Nilai
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							

Perolehan skor peserta didik untuk setiap nomor soal, sebagai berikut:

Indikator penilaian pengetahuan

- a. Cara kerja komponen aktif ((diode, zener, transistor bipolar, FET, MOSFET dan Op-Amp)
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

- b. Peserta dapat merinci konfigurasi transistor bipolar
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

- c. Peserta dapat menghitung tegangan DC dari rangkaian penyearah
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3

3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor1
- d. Peserta dapat menentukan fungsi regulator arus dan tegangan
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor1

Rumus pengolahan Nilai adalah $Nilai = \frac{Jumlah\ skor\ yang\ diperoleh}{20} \times 4 = \underline{\hspace{2cm}}$

I. Penilaian Ranah Keterampilan

Instrumen dan Rubrik Penilaian Keterampilan

No.	Nama Siswa/Kelompok	Merancang Rangkaian Komponen Aktif				Membangun Rangkaian komponen Aktif				Nilai
		1	2	3	4	1	2	3	4	
1.										
2.										
3.										

Rubrik Penilaian:

Peserta didik mendapat skor:

- 4 = jika empat indikator dilakukan.
- 3 = jika tiga indikator dilakukan.
- 2 = jika dua indikator dilakukan.

1 = jika satu indikator dilakukan.

Indikator penilaian keterampilan

a) Merancang Rangkaian Komponen Aktif.

Memilih komponen sesuai fungsi dan karakteristiknya

Menggambar rangkaian menggunakan standar symbol yang berlaku

Menghitung dan menganalisis besaran kelistrikan

Memilih konfigurasi rangkaian sehingga rangkaian efektif dan efisien.

b) Membangun Rangkaian Komponen Aktif.

Pemilihan alat dan bahan sesuai LK.

Pemasangan komponen sesuai layout yang telah dibuat.

Perakitan dilakukan dengan rapih dan kokoh.

Selama bekerja selalu menerapkan K3.

Pengolahan Nilai KD- Keterampilan

Aspek/Indikator	Tes ke	Skor	Keterangan
Merancang Rangkaian Komponen Aktif	1	2	belum tuntas
	2	4	tuntas
Membangun Rangkaian Komponen Aktif	1	3	tuntas
	2		
Nilai KD – Keterampilan ditentukan berdasarkan skor rerata optimum (nilai tertinggi) dari aspek (Indikator pencapaian kompetensi) yang dinilai		$(4+3)/2=3,5$	B+

DAFTAR PUSTAKA

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/ietron2/SC5.gif>

Albert Paul Malvino, Elektronik Principle - McGraw-Hill 6th edition 1999.

Analog Device, **AD620 Instrumentation Amplifier.**

Malvino Leach, **Prinsip-prinsip dan Penerapan Digital**, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta, 1994.

National Semiconductor, LM393 low power low offset voltage dual comparators

<http://www.elektroniclabb.com>

<http://elektronika-dasar.web.id/regulator-tegangan/>

www.freescale.com/files/rf_if/AN211A.pdf

ismail_muchsin.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/43887/BAB5.pdf

staff.ui.ac.id/system/files/users/sastra.kusuma/material/09fetdanujt.pdf

adharul.lecture.ub.ac.id/files/2010/12/PrinsipkerjaFET1.pdf (**prinsip kerja FET**)

http://www.freescale.com/files/rf_if/doc/app_note/AN211A.pdf

www.mhhe.com/engcs/electrical/.../ch05.pdf ,**FET**

<http://www.electronics-tutorials.ws/opamp/op-amp-comparator.html>

<http://maulana.lecture.ub.ac.id/files/2014/03/Teori-Dasar-MOSFET-Metal-Oxide-Semiconductor-Field-Effect-Transistor.pdf>

